



PRIMEIRO RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO NACIONAL VOLUME 3 – MITIGAÇÃO À MUDANÇA CLIMÁTICA

Capítulo 3. CAMINHOS PARA A MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICA

Capítulo	3	
Título	CAMINHOS PARA A MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICA	
Sub-Capítulos	3.1. Avaliação dos Caminhos de Transformação 3.2. Sistemas Energéticos 3.3. Transportes 3.4. Edificações e Entorno Construído 3.5. Indústria 3.6. Agropecuária e Silvicultura 3.7. Mudança no Uso da Terra	
Autores	Autores Coordenadores	Amaro Olimpio Pereira Junior -UFRJ Bruno Alves - Embrapa Carolina Burle Schmidt Dubeux - UFRJ Eleonora Assis - UFMG Ilton Curty Leal Jr - UFF Jerfeson Borgueti Soares - EPE Liana Anderson - UO/INPE Manuel Eduardo Ferreira – UFG/IESA Marcio de Almeida D´Agosto - UFRJ Mercedes Bustamante - UnB Osvaldo Soliano – CBEM
	Autores Principais	Amaro Olimpio Pereira Junior -UFRJ Angelo Costa Gurgel – USP Bruno Alves - Embrapa Carolina Burle Schmidt Dubeux - UFRJ Eleonora Assis - UFMG Gilberto de Martino Jannuzzi - UNICAMP Ilton Curty Leal Jr - UFF Iraci Miranda Pereira - UFMG Jean Pierre Henry Balbaud Ometto - INPE Jerfeson Borgueti Soares - EPE José Feres - IPEA Liana Anderson - UO/INPE Lineu Belico dos Reis - USP Manuel Eduardo Ferreira – UFG/IESA Márcia Real - UFF Marcio de Almeida D´Agosto - UFRJ Maurício Henriques Junior - Instituto Nacional de Tecnologia Mercedes Bustamante - UnB Milton Ribeiro - UNESP Osvaldo Soliano - CBEM Silvio Carlos Anibal de Almeida - UFRJ Suani Teixeira Coelho - USP Tereza Mousinho - UNIFACS

		Vanderlei Borsari – CETESB
	Autores Colaboradores	<p>Alcione Gonçalves Borges Borja – UFG Alexandre Berndt - Embrapa Alexandre Salem Szklo - COPPE/UFRJ Bernardo Strassburg - Universidade de East Anglia Carlos Padovani - CPAP Celso Aita - UFSM Cristiane Duarte Ribeiro de Souza - COPPE/UFRJ Eduardo Cabaleiro Cortizo - UFMG Eliana Fonseca - UFRGS Elizabeth Marques Duarte Pereira - Centro Universitário UMA Érika Flávia Machado Pinheiro - UFRRJ Fábio Venturoli - UFG Francine Neves Calil - Universidade Federal de Goiás Geraldo Lúcio Tiago Filho - UNIFEI - Itajuba Gian Gomes Marques - SAE Brasil Gustavo Barbosa Mozzer - EMBRAPA Gustavo Manzon Nunes - UFMT Humberto Alves Barbosa - Universidade Federal de Alagoas João Alencar Oliveira Júnior - MPOG João Vila - EMBRAPA Joyce Carlo - UFV Luciana Sanches - Embrapa/Pantanal Magda Aparecida Lima -Embrapa Marcelo de Carvalho Alves - UFMT Maria das Graças Figueiredo - UNIFACS Maria Olívia de Souza Ramos - UNIFACS Patrícia Guardabassi - USP Pierre Girard - UFMT Rejane Magiag Loura - UFMG Ricardo Dutra Robert Micahel Boddey - Embrapa/CNPAB Roberto Zilles - USP Rosana Clara Victoria Higa - Embrapa Sandro José Giacomini - UFSM Segundo Sacramento Urquiaga Caballero - UFRRJ Sérgio Mattos-Fonseca - APREC Vanderley Moacyr Jonh - USP Warwick Manfrinato - Plant Environmental Intelligence</p>
	Autores Revisores	<p>Adilson de Oliveira - UFRJ Aldomar Pedrini - UFRN Arnaldo Carneiro Filho - SAE Carlos Eduardo Cerri - ESALQ/USP Eduardo Alcantara de Vasconcellos – USP Francisco Barbosa - UFMG José Joaquim Guilhoto - USP José Roberto Moreira - USP Luiz Augusto Horta - UNIFEI - Itajuba Manoel Nogueira - Universidade do Pará Marcelo Theoto Rocha – ESALQ/USP Maria Akutsu - IPT Plínio Barbosa de Camargo - USP - CENA Roberto Scheffer – UFRJ Ricardo Bomfim Machado - UnB</p>
Data	14.12.2012	

9

10	Índice	
11		
12	3.1. Avaliação dos Caminhos de Transformação	4
13	Introdução	4
14	3.1.1. Ferramentas de Análise.....	5
15	3.1.2. Estudos Existentes	7
16	Referências Bibliográficas	28
17		
18	3.2. Sistemas Energéticos.....	29
19	Introdução	29
20	3.2.1 Situação do Setor	31
21	3.2.2 Potencial de Recursos Energéticos Primários e a Indústria de Energia Elétrica	
22	(G,T&D).....	33
23	3.2.3 Potenciais e Custos da Mitigação	53
24	3.2.4 Políticas e Instrumentos	60
25	3.2.5 Políticas Energéticas no Contexto de Desenvolvimento Sustentável	69
26	Referências Bibliográficas	76
27		
28	3.3. Transportes.....	83
29	3.3.1. Visão geral sobre o transporte no Brasil	84
30	3.3.2. Opções para mitigação de emissões de CO2	88
31	3.3.4. Considerações finais, limitações e sugestões.....	102
32	Referências Bibliográficas	104
33		
34	3.4. Edificações e Entorno Construído.....	108
35	Introdução	108
36	3.4.1. Consumo energético das edificações brasileiras.....	109
37	3.4.2 Emissões de GEE nas edificações brasileiras	113
38	3.4.3. Cenários resultantes do uso de energia em edificações	119
39	3.4.4 Opções de mitigação de emissões em edifícios e equipamentos	123
40	3.4.5 Políticas públicas para promover a mitigação de GEE em edificações	131
41	3.4.8. Limitações e lacunas do conhecimento.....	133
42	Referências Bibliográficas	133
43		
44	3.5. Indústria.....	141
45	3.5.1. “Status” do setor	141
46	3.5.2.Tendências de Emissões de GEE na Indústria Brasileira	143
47	3.5.3.Opções de mitigação de emissões de GEE na indústria	144
48	3.5.4.Potencial para a implementação das medidas de mitigação	156
49	3.5.5.Políticas setoriais e do clima relacionadas à indústria e mudanças climáticas ..	158
50	Referências Bibliográficas	165
51		
52	3.6. Agropecuária e silvicultura.....	168
53	Introdução	168
54	3.6.2. Agricultura Brasileira.....	169

55	3.6.3. Emissões no setor.....	173
56	3.6.3.Cenários futuros e Políticas setoriais	178
57	3.6.4 Práticas de Mitigação.....	180
58	3.6.5. Efetividade da mitigação.....	189
59	3.6.6. Demandas de conhecimentos	197
60	Referências Bibliográficas	197
61		
62	3.7. Mudança no Uso da Terra	210
63	Introdução	210
64	3.7.2. Impacto de mudanças climáticas	237
65	3.7.3. Estoques de Carbono e Fluxos de CO ₂ , e outros gases de efeito estufa.....	243
66	3.7.4. Medidas e Políticas de Mitigação	246
67	3.7.4.2. Monitoramento e Redução de Queimadas	254
68	3.7.5. Lacunas no conhecimento.....	267
69	Referencias Bibliográficas	268
70		
71	Apêndice – Leitura Complementar	297
72	1. Tecnologias e práticas de Mitigação em Florestas	297
73	1.1. Reflorestamento	297
74	2. Efetividade de Mitigação	305
75	3. Implicações para o desenvolvimento sustentável	309
76	Referências Bibliográficas	310
77		
78		
79		

3.1. AVALIAÇÃO DOS CAMINHOS DE TRANSFORMAÇÃO

Introdução

Este capítulo analisa os cenários de transformação da economia tradicional para a economia de baixo carbono construídos para o Brasil. São descritas as ferramentas e o instrumental de análise de que se dispõe na literatura especializada e levantados os estudos existentes para o País, bem como apresentados seus resultados.

O instrumental de que se dispõe para a realização desta análise são os modelos *top-down*, *bottom-up* e híbridos utilizados nos diferentes estudos e que têm por finalidade descrever distintas trajetórias (cenários) e respectivos custos, de modo que se possa estimar o “potencial de mitigação” da economia brasileira em curto e médio prazos (dependendo do horizonte temporal de cada estudo).

O conceito de "potencial de mitigação" foi desenvolvido para avaliar escalas de redução de gases de efeito estufa que poderiam ser adotadas e é expresso em custo por unidade de emissões de dióxido de carbono equivalente evitado ou reduzido. O potencial de mitigação é diferenciado em termos de “potencial técnico”, “potencial econômico” e "potencial de mercado". Neste capítulo, iremos analisar os dois últimos que se referem respectivamente a:

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

No que se refere aos estudos analisados, alguns dos principais desenvolvidos para o País que tratam dos custos para a economia brasileira de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) estão a seguir.

112

113

- *Assisting Developing Country Negotiators through Analysis and Dialogue – CCAP* (La Rovere *et al.*, 2006)

114

115

- **Estudo de Baixo Carbono para o Brasil - Banco Mundial** - (Gouvello *et al.*, 2010)

116

117

- **Caminhos para uma Economia de Baixa Emissão de Carbono no Brasil** – (McKinsey, 2009)

118

- **Economia da Mudança do Clima no Brasil** – EMCB (Margulis *et al.*, 2011)

119

120

121

- **Estudo Comparativo entre Três Cenários de Emissão de Gases de Efeito Estufa no Brasil e uma Análise de Custo-Benefício** – MMA/PNUD (La Rovere *et al.*, 2011)

122

123

3.1.1. Ferramentas de Análise

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

O potencial de mitigação, seja econômico ou de mercado, é estimado a partir da descrição matemática das relações econômicas de todas as atividades produtivas do país que emitem gases de efeito estufa. Os estudos, dessa maneira, podem se basear em avaliação das opções de mitigação, ressaltando tecnologias e regulamentações específicas e são comumente denominados de modelos técnico-econômicos, ou *bottom-up*. Alternativamente, podem-se utilizar informações agregadas da economia, com estruturas consistentes, sobre as opções de mitigação, capturando os impactos macroeconômicos e de mercado. Tal abordagem é denominada de modelos *top-down* e avalia o potencial de mitigação da economia, ou de um setor, como um todo. Várias vantagens e desvantagens podem ser apontadas a uma e outra abordagem, no entanto, vários trabalhos mostram que a integração entre essas duas vertentes (modelos híbridos) traz resultados mais consistentes.

136

137

Os modelos técnico-econômicos são tipicamente estudos setoriais considerando os dados macroeconômicos como exógenos. A partir desses tipos de modelo, podem-se identificar

138 tecnologias e limitações do mercado, que permitem avaliar o potencial de mitigação de
139 uma economia. Tais modelos podem ainda ser classificados em modelos de otimização,
140 modelos de simulação dos agentes econômicos e modelos contábeis, dependendo da
141 forma como os dados são tratados.

142 Os modelos de otimização identificam soluções de mínimo custo para um conjunto
143 potencial de medidas de mitigação, sujeito a várias restrições, tais como de
144 disponibilidade tecnológica, de igualdade entre a oferta e a demanda, restrições
145 ambientais, de investimento, entre outras. Normalmente usam técnicas de programação
146 matemática para as tais soluções. A solução de mínimo custo também contempla o custo
147 marginal de abatimento¹ (solução dual).

148 Esta abordagem é a mais conveniente para análises do tipo *backcasting*², por definir
149 adequadamente trajetórias de crescimento, porém são limitados para analisar escolhas
150 políticas, pois assumem dados econômicos e sociais como exógenos. As soluções de
151 modelos de otimização, entretanto, podem ser do tipo “tudo ou nada”. Isto significa que
152 uma pequena mudança nas restrições ou nos custos pode provocar uma drástica alteração
153 nos resultados. A desvantagem da utilização de tal abordagem está no fato de que
154 normalmente é necessária a adoção de hipóteses que podem produzir resultados
155 indesejáveis.

156 Os modelos de simulação dos agentes econômicos, por sua vez, determinam o
157 comportamento dos consumidores e produtores em relação a um conjunto de bens
158 econômicos, a partir da variação de preços, renda e progresso tecnológico. Normalmente
159 determinam o equilíbrio do mercado a partir de uma abordagem iterativa, por isso, esses
160 modelos não são limitados pelo comportamento ótimo dos agentes. Entretanto, as
161 relações entre os agentes econômicos podem ser controversas e difíceis de parametrizar.
162 As projeções também são bastante sensíveis às condições e aos parâmetros iniciais.

163 Por fim, os modelos contábeis, também conhecidos como modelos paramétricos, são os
164 mais simples de serem modelados, pois utilizam somente as quantidades de fluxos de
165 bens e serviços especificados na descrição da economia em análise. As projeções são
166 normalmente baseadas em especificações determinadas pelo usuário. A principal função
167 destes modelos é gerenciar dados e resultados, por isso são bastante úteis para soluções
168 do tipo *what if*. Apesar de serem mais simples e flexíveis, podem gerar soluções
169 inconsistentes.

170 Os modelos *top-down*, conforme mencionados anteriormente, utilizam dados mais
171 agregados da economia como um todo, ou de um setor, ou ainda de determinadas
172 relações econômicas. Tais modelos podem ser classificados como modelos de equilíbrio
173 parcial e modelos de equilíbrio geral. Os primeiros se baseiam em funções de demanda e
174 de oferta, que normalmente são construídas a partir de regressões econométricas, e
175 permitem obter uma solução de equilíbrio de mercado em um determinado setor. Tais
176 modelos são de fácil construção, mas costumam ser fortemente baseados em informações
177 do passado, que podem não representar bem o futuro. Por isso, sua aplicação é bastante
178 limitada.

¹ Custo da redução das emissões a partir da implementação de tecnologias menos poluentes.

² Análises que consistem em determinar a melhor trajetória para metas definidas no futuro.

179 Os modelos de equilíbrio geral, por outro lado, são usados para estudar uma classe
180 completa e homogênea de consumidores e não levam em conta necessariamente a sua
181 estrutura tecnológica. Tais modelos geram um conjunto consistente de valores para níveis
182 de atividade econômica e os preços do capital, do trabalho e de materiais primários. Estas
183 características permitem que sejam feitas análises custo/benefício de um conjunto de
184 medidas de mitigação através de dados agregados da economia, o que possibilita também
185 a avaliação da implementação de políticas macroeconômicas. Além disso, eles permitem
186 verificar os efeitos inter setoriais de determinadas medidas pontuais. Os modelos *top-*
187 *down*, entretanto, mostram-se limitados quando há necessidade de se avaliar
188 detalhadamente as tecnologias.

189 Como foi visto, é possível destacar várias vantagens e desvantagens dos dois tipos de
190 abordagens (*top-down* e *bottom-up*), por isso, é possível conciliar a consideração de
191 detalhes importantes dos modelos *top-down*, como a determinação de forma endógena
192 das variáveis macroeconômicas, e incorporar as interações econômicas de modelos
193 técnico-econômicos (tais como, modelos energéticos, de uso do solo, climáticos etc.) em
194 uma estrutura econômica mais consistente. Tais modelos, denominados de híbridos,
195 fazem projeções simultâneas da matriz insumo-produto (principal dado de entrada dos
196 modelos de equilíbrio geral) e dos modelos técnico-econômicos. Normalmente, a
197 comunicação entre a parte *top-down* e a *bottom-up* do modelo é feita de forma iterativa
198 em termos de variações de preços e de quantidades. Dessa forma, obtém-se o equilíbrio
199 entre produção e consumo de bens e serviços de toda a economia, diferentemente de
200 modelos *bottom-up* que tratam parcialmente a economia.

201

202 **3.1.2. Estudos Existentes**

203 Os valores encontrados pelos estudos aqui descritos se referem a medidas de mitigação
204 que se contrapõem à cenários de referência específicos e que não são coincidentes. Da
205 mesma forma, os horizontes temporais variam conforme os pressupostos, as hipóteses e
206 as taxas de desconto, entre outros fatores, o que resulta em resultados econômicos
207 igualmente distintos. A tabela (3.3.1), a seguir, apresenta as principais características dos
208 estudos existentes para o Brasil.

209

210 Tabela 3.3.1 - Síntese dos Principais Estudos sobre Custos de Mitigação de Emissões de GEE no Brasil

211

	CCAP	Banco Mundial	EMCB	McKinsey	MMA/PNUD
1) NATUREZA DOS MODELOS UTILIZADOS	<i>Bottom-up</i>	<i>Bottom-up</i>	Híbrido para taxa de carbono; <i>bottom-up</i> para florestas	<i>Bottom-up</i>	
2) ESTIMATIVAS REALIZADAS					
2.1) Custos de mitigação (custo de ações de redução de emissões), nos seguintes setores:	energia (refino e geração), indústria (cimento, ferro e aço e papel e celulose), transporte, comércio, serviços, agropecuária e floresta)	energia (prod. petróleo e gás, refino e geração de eletricidade), indústria, transporte, comércio e serviços, residencial, resíduos sólidos e efluentes, agropecuária e floresta		geração de eletricidade, transporte rodoviário, indústria (siderurgia, química e cimento) resíduos sólidos e efluentes, edificações, agropecuária e floresta	geração de eletricidade, transporte rodoviário, indústria, resíduos sólidos e efluentes, agropecuária e floresta
2.2) Custos de mitigação (custo de oportunidade do desmatamento)			dois estudos sobre custo de oportunidade da floresta (valor do PIB agropecuário a ser perdido com a manutenção da floresta)		
2.3) Análise macroeconômica	impactos sobre necessidade de investimentos e nível de emprego (análise apenas indicativa e de tendências)	impactos sobre PIB e emprego (modelo de insumos e produtos)	efeitos de uma taxa de carbono na economia		

212

213

214

215

216

3) CENÁRIO ECONÔMICO	Trajetórias dos cenários A2 e B2 do IPCC			Trajetória única (B1 do PNE, 2030)		Trajetória única (sem descrição)		Trajetória do cenário B2 do IPCC	
3.1) Períodos	(2005-10); (10-15); (15-20); (20-25)			2010-2030	estudo 1 = 2010-2050 estudo 2 = período de 30 anos	até 2015	2015-2030	até 2020	2020-2030
3.2) Evolução do PIB (% a.a.)	4,26%; 4,11%; 4,05%; 4,05% **			4,1%		3,5%	2,8%	5%	4%
3.3.) Cresc. População (% a.a.)		2000-2015	2015-2025	0,94%		0,9%			
	rural	0,75%	0,66%						
	urbana	1,52%	1,00%						
3.4) Preços da economia	US\$ de 2004 (= R\$ 2,70)			US\$ 1 = R\$ 2,2	US\$ de 2008	euros de 2005 (US\$ 1,5/€)		US\$ de 2009	
3.5) Preço do petróleo	US\$ 30,31 em 2025 (crescente ao longo do tempo)			US\$45/barril		US\$ 60/barril			
3.6) Taxa de desconto (% a.a.) - ótica social				8,0% para análise macroeconômica e 4,0% ; 8,0% e 12,0% para microeconômica	5% (nos dois estudos)	4,0%		8%	
3.7) Taxa interna de retorno (% a.a.) - ótica privada				uma taxa diferente para cada setor					

217
218
219
220
221
222

4) CENÁRIOS DE EMISSÃO/MITIGAÇÃO	para cada cenário econômico, um cenário de emissões com políticas e projetos anunciados até 2000 (referência) e dois cenários de mitigação: um com políticas e ações até 2005 e outro a partir de 2006***		um cenário de referência e um cenário de baixo carbono	um cenário de referência e um cenário de baixo carbono	um cenário de referência e um cenário de baixo carbono	um cenário central de emissões (Cenário B) e cenários contrastados (Cenários A e C). Até 2020, o cenário B incluiu os objetivos de mitigação da Política Nacional sobre Mudança do Clima. O cenário A é tendencial e o Cenário C representa um esforço maior de mitigação.
4.1) unidade de mensuração	emissões no último ano de cenário em Mt CO2		mitigação no período 2010-2030 em Mt CO2		emissões no último ano de cenário em Mt CO2 e	emissões a cada 5 anos em Mt CO2 e
4.2) cenário referência	1.224 Mt CO2	1.265 Mt CO2			2.880 Mt CO2	4.434 Mt CO2e
4.3) cenário de mitigação	cen.1 = 1.104 Mt CO2 cen.2 = 936,6 Mt CO2	cen.1 = 952,2 Mt CO2 cen.2 = 810,5 Mt CO2	11.294 Mt CO2	estudo 1 = redução de 70% nas emissões do desmatamento estudo 2 = emissões do desmatamento próximas a zero	1.530 Mt CO2	cenário B = 2530 Mt CO2e cenário C = 1731 Mt CO2e
* a análise não inclui estimativas monetárias						
** a evolução do PIB setorial em A2 é diferente de em B2 (ver detalhes no item 1.1)						
***a análise não inclui estimativas econômicas para agropecuária e floresta						
Células sem valores = valores não identificados ou que não se aplicam						

223 Fonte: Dados obtidos em CCAP (2006), Gouvello et al. (2010) Margulis et al. (2011) e McKinsey (2009)

224 Nota: qualquer imprecisão ou erro nas informações da tabela são de responsabilidade dos autores do presente estudo

225

226

227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237

238

239 **Box 3.3.1 - A importância da taxa de desconto**

Uma dos aspectos mais relevantes na questão da análise econômica diz respeito à alocação intertemporal de recursos. Esta questão decorre do fato de que os indivíduos preferem o consumo presente ao consumo futuro atribuindo, portanto, mais valor a um bem no presente do que ao mesmo bem no futuro. Um grande instrumento de política econômica para a alocação intertemporal eficiente de recursos é o uso da taxa de desconto (d) que reflete a razão entre a preferência dos indivíduos pelo consumo presente em relação ao consumo futuro.

Países com economia desenvolvida apresentam taxas de desconto menores em comparação às dos países em desenvolvimentos pois (1) o nível de desenvolvimento alcançado reduz a demanda por investimentos e (2) a oferta de fundos é grande, dado o nível de poupança alcançado. Nas economias em desenvolvimento ocorre o oposto: a demanda por investimentos é relativamente superior, enquanto os recursos para investimento são escassos. Neste caso, a preferência social é pela utilização dos poucos recursos disponíveis no presente, observando-se assim uma alta taxa de desconto. Em economias ricas a literatura sugere taxas que variam entre 2 e 5% a.a., enquanto que em economias em desenvolvimento esta taxa se situa entre 8 e 17% a.a.

Portanto, o desempenho econômico de um projeto é influenciada pela taxa de desconto em função da distribuição temporal dos seus custos e dos seus benefícios ao longo do tempo. Quanto mais distante o retorno do investimento (benefício) no tempo, tanto menos viável será o projeto quanto mais alta for a taxa de desconto. No caso de projetos de mesmo benefício (por exemplo, benefício = receita com a geração elétrica) com tecnologias diferentes (eólica ou termelétrica), aqueles que têm custos totais (investimento e operação) distribuídos em mais longo prazo em vez de realizados em curto prazo, tornam-se de mais baixo custo quanto maior for a taxa de desconto (geralmente porque o custo operacional alto no futuro será baixo em valor presente).

O estudo do Banco Mundial compara os custos das tecnologias de mitigação que compõem o cenário de baixo carbono com os custos das tecnologias previstas no cenário de referência. Observa-se que em sua grande maioria, as tecnologias de mitigação apresentam menores custos de abatimento quanto menor a taxa de desconto. Por exemplo, o custo de geração de eletricidade de fonte eólica, comparativamente ao custo da geração do cenário de referência que contém fontes convencionais (um mix de fontes de geração), apresenta um custo negativo de US\$ 162/tCO₂ a uma taxa de desconto de 4% e um custo positivo de US\$ 64/tCO₂ a uma taxa de desconto de 12%. Isto significa que a 4%, a cada tonelada abatida, o empreendimento tem um retorno de US\$ 162 e que a 12% tem um custo de US\$ 64 necessitando, neste caso, um subsídio para tornar-se viável. Portanto, uma alta taxa de desconto penaliza grande parte dos investimentos em energias alternativas.

240

241 Uma síntese das metodologias e principais resultados de todos os estudos aqui
242 apresentados encontra-se a seguir:

243

244 **3.1.2.1. Estudo 1. Assisting Developing Country Negotiators through Analysis and**
245 **Dialogue – CCAP (LA ROVERE et al, 2006)**

246 A Tinker Foundation, a Fundação Hewlett, o Center for Clean Air Policy (CCAP) e
247 organizações líderes em quatro países em desenvolvimento chave (Brasil, China, Índia e
248 México), realizaram um estudo denominado Assistência a Negociadores Climáticos
249 Através de Projeto de Análise e Diálogo. O objetivo foi desenvolver uma análise
250 abrangente das fontes de emissões de gases de efeito estufa (GEE), realizar projeções e
251 identificar o potencial de opções de mitigação, respectivos custos, co-benefícios e
252 políticas de implementação nestes quatro países. No Brasil, foi desenvolvido pelo
253 Centro Clima/COPPE/UFRJ (energia), EMBRAPA (agropecuária) e Instituto
254 Interamericano para Pesquisa em Mudança Global (Uso do Solo).

255 O projeto representou um passo importante nas discussões sobre o pós-2012 à ocasião
256 de sua realização por fornecer análises e resultados concretos para ajudar as
257 deliberações internas destes quatro países e da comunidade internacional.

258 Foram realizadas análises individuais de redução de emissões para os principais setores
259 da economia. Os setores analisados foram eletricidade, cimento, ferro e aço, celulose e
260 papel, transporte, comercial, agricultura, habitação e silvicultura. Especificamente, cada
261 análise por país incluía os seguintes elementos:

- 262 • Conhecimento da perspectiva atual de cada setor econômico, incluindo o
263 número de unidades/ano e capacidade de produção, produção, consumo de
264 combustível, emissões de GEE, intensidade energética e intensidade de emissões
265 de GEE.
- 266 • Prospecção das emissões de gases de efeito estufa a longo prazo (até o ano 2025
267 ou 2030) para cada setor econômico sob distintos cenários de referência. Isso
268 incluiu cenários de produção anual, consumo de combustível, emissões de GEE,
269 intensidade energética e intensidade das emissões de GEE.
- 270 • Construção de curvas de custo marginal de redução de emissões de GEE para
271 tecnologias-chave e outras opções para mitigação em cada setor. Isso incluiu a
272 estimativa do potencial de redução das emissões totais de GEE e respectivos
273 custos (por tonelada de GEE reduzida) para 2010, 2015 e 2020.
- 274 • Avaliação do impacto da implementação dos pacotes selecionados de opções de
275 mitigação de GEE. Os resultados incluíram a variação anual (até 2030) do
276 consumo e da intensidade de energia, das emissões e da intensidade de gases de
277 efeito estufa, custos totais e custos de produção bem como co-benefícios.
- 278 • Avaliação dos custos para toda a economia e os impactos econômicos dos
279 pacotes de mitigação para parâmetros, tais como, PIB, emprego, preços ao
280 consumidor, estrutura da economia, e distribuição, utilizando modelos
281 macroeconômicos e estruturas de otimização que incorporam dados de custo
282 potencial de execução e de redução das emissões de GEE para as tecnologias-
283 chave.
- 284 • Análise preliminar do potencial de políticas nacionais para a implementação de
285 cada opção de mitigação, incluindo o quadro jurídico e regulatório nacional,
286 barreiras políticas, econômicas, técnicas e legais para sua implementação,
287 potenciais atores-chave e instituições, bem como possibilidades de
288 financiamento.
- 289 • Avaliação das opções de política internacional e respectivas implicações para
290 cada setor econômico.

291

292 A análise do potencial de mitigação de GEE foi realizada com base em cenários
293 específicos do País para evolução da população e do produto interno bruto (PIB). As
294 equipes desenvolveram duas alternativas de cenários de referência para cada setor,
295 baseadas nos cenários A2 e B2 do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática
296 (IPCC) - Relatório Especial sobre Cenários de Emissões SRES (IPCC, 2000). Os
297 cenários A2 e B2 foram escolhidos por serem divergentes e terem uma razoável
298 probabilidade de representar a realidade futura. O cenário A2 é caracterizado por fluxos
299 comerciais relativamente mais baixos, volume de renovação de estoque de capital lento

300 e taxas mais lentas de mudança tecnológica. O mundo B2 é caracterizado pela
 301 preocupação relativamente maior com o meio ambiente e sustentabilidade social. Estes
 302 dois cenários do IPCC foram adaptados especificamente para o País.

303 No que se refere às estimativas de crescimento do PIB, a Tabela 3.1.2 a seguir apresenta
 304 os valores estimados:

305 **Tabela 3.1.2 - Hipóteses de Crescimento Real do PIB e de Valores Adicionados Setoriais para a**
 306 **Economia Brasileira (%/ano)**

Cenário Base B2	2005/10	2010/15	2015/20	2020/2015
PIB	4,26	4,11	4,05	4,05
Agricultura	4,00	3,00	1,86	1,80
Indústria	4,45	4,42	3,45	3,27
Extração Mineral (exceto combustível)	3,50	1,50	1,20	1,00
Extração de Petróleo e Gás	4,00	3,00	1,20	1,00
Indústria da Transformação	3,96	4,05	3,86	3,71
Serviço Público	5,00	5,00	4,00	3,00
Construção	6,00	6,00	3,00	3,00
Serviços	4,19	4,13	4,88	4,93
Cenário Base A2	2005/10	2010/15	2015/20	2020/2015
PIB	4,26	4,11	4,05	4,05
Agricultura	3,58	3,55	3,38	3,26
Indústria	5,42	5,16	5,03	4,98
Extração Mineral (exceto combustível)	6,70	6,18	6,03	5,91
Extração de Petróleo e Gás	5,15	5,19	5,07	4,95
Indústria da Transformação	5,34	5,01	4,87	4,81
Serviço Público	3,60	2,80	2,49	2,38
Construção	6,46	6,43	6,21	6,09
Serviços	3,60	3,45	3,42	3,46

307 Fonte: La Rovere et al. (CCAP,2006)

308

309 Tendo em vista a relevância do setor de indústrias de transformação, foram estimados os
 310 percentuais de crescimento do PIB para os principais subsectores (minerais não
 311 metálicos, siderurgia, metalurgia, papel e celulose, alimentos e bebidas, química e
 312 refino, têxtil e outros), cujos valores estão disponíveis para consulta no estudo
 313 publicado.

314 As projeções de crescimento populacional para ambos os cenários foram obtidas no
 315 IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e no IPEA (Instituto de Pesquisa
 316 Econômica Aplicada - Bonelli e Gonçalves, 1999), este último subsidiando a
 317 discriminação entre urbano e rural realizada pela equipe do projeto. A população total
 318 estimada alcança 230 milhões de habitantes em 2030 e detalhes sobre urbano e rural,
 319 número de domicílios, habitantes/domicílio etc, também estão disponíveis no estudo
 320 publicado.

321 Cada um dos dois cenários de base foi dividido em um cenário admitindo a execução
 322 apenas das políticas e projetos anunciados até 2000 (Cenário de Políticas Pré-2000) e
 323 outro cenário com aplicação de todas as políticas anunciadas antes de 2006 (Cenário de
 324 Políticas Recentes). Ambos começam em 2000. Um terceiro cenário foi então
 325 desenvolvido e assumiu a execução de opções de mitigação após 2005 (Cenário de
 326 Opções Avançadas).

327 Os custos obtidos estão na Tabela 3.1.3 abaixo e os resultados das reduções de emissão
 328 estão na Figura 3.1.1 a seguir.

329

330 **Tabela 3.1.3 - Custos de Abatimento de Emissões de GEE em Energia – Cenário B2 de Opções**
 331 **Avançadas (com Políticas a partir de 2006)**

MEDIDAS	2010		2015		2020	
	US\$ / T CO2	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO NO ANO (MTCO2)	US\$ / T CO2	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO NO ANO (MTCO2)	US\$ / T CO2	POTENCIAL DE MITIGAÇÃO NO ANO (MTCO2)
PCH*	190,4	2,35	(49,6)	12,43	(115)	15,23
Eólica	283,9	2,31	81,88	14,53	30,9	19,57
Bagaço de Cana	361,6	2,48	101,3	14,74	51,1	19,84
Biodiesel	114,5	8,83	113,7	9,64	107,6	9,99

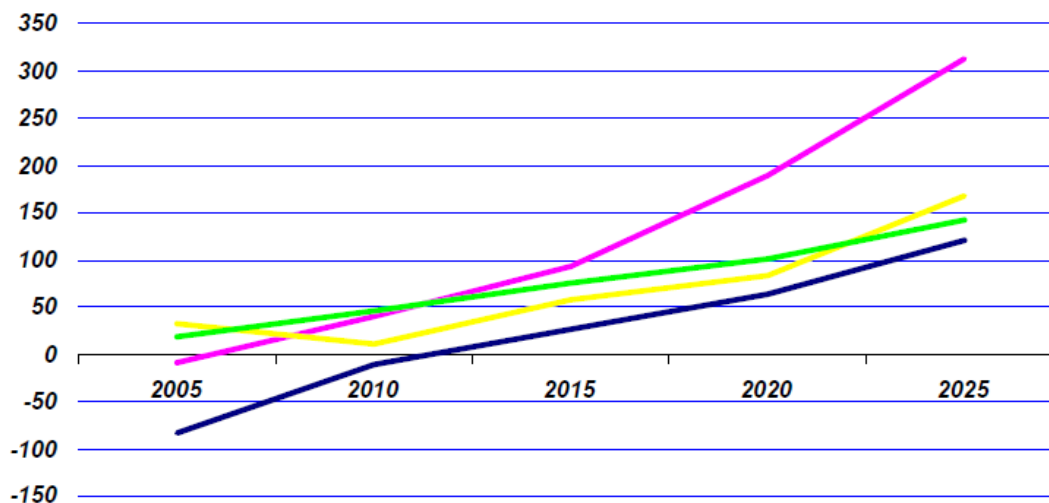
332

* Pequenas Centrais Hidrelétricas

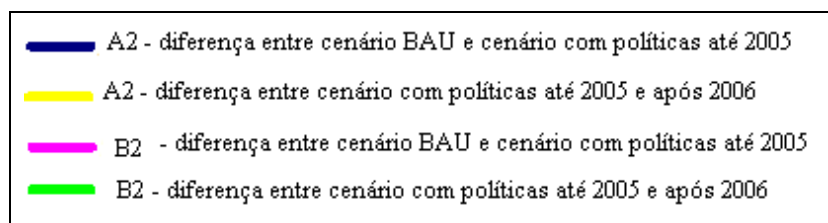
333

Fonte: Elaboração a partir de La Rovere et al. (CCAP, 2006)

334



335



336

Figura 3.1.1- Reduções de Emissão a serem obtidas com os cenários (Mt CO2)

337

Fonte: La Rovere et al. (CCAP, 2006)

338

339 **3.1.2.2. Estudo 2) Estudo de Baixo Carbono para o Brasil - Banco Mundial (Gouvello**
 340 **et al., 2010)**

341 O Banco Mundial estimou os custos de redução de emissões no Brasil, no período 2010-
 342 2030 (Gouvello et al., 2010). Os setores analisados foram:

- 343 • Uso do Solo
- 344 • Energia
- 345 • Transportes
- 346 • Resíduos

347 Para o estudo, o Banco Mundial utilizou a seguinte abordagem: (i) antecipou a evolução
 348 futura das emissões de GEE do Brasil para estabelecer um cenário de referência, (ii)
 349 identificou e quantificou as opções de menor intensidade de carbono para reduzir as
 350 emissões, bem como opções potenciais de sequestro de carbono, (iii) avaliou os custos
 351 das opções de baixo carbono, e (iv) construiu um cenário de baixas emissões de carbono
 352 que atenda às expectativas de desenvolvimento.

353 O Banco Mundial (Gouvello et al., 2010) realizou avaliações econômicas em dois
 354 níveis:

355 Microeconômico (bottom-up): Uma análise custo-benefício permitiu comparações entre
 356 as opções individuais no cenário de baixas emissões de carbono, e entre o conjunto
 357 global de opções de emissões de carbono dos cenários de baixa emissão e de referência.
 358 Esta análise usou duas abordagens complementares:

359 Abordagem social: forneceu uma base para fazer uma comparação transversal da
 360 relação custo-efetividade de 40 opções de mitigação e sequestro de carbono
 361 consideradas no estudo. Foi utilizada uma taxa de desconto social para calcular os
 362 custos marginais de abatimento (MACs)³.

363 a) Abordagem privada: avaliou as condições em que as medidas
 364 propostas poderiam se tornar atraentes para que os agentes
 365 econômicos decidam investir em alternativas de baixo carbono no
 366 lugar das opções mais intensivas em carbono encontradas no cenário
 367 de referência. Estimou, portanto, o incentivo econômico que os
 368 agentes precisariam receber para tornar atraente a medida de
 369 mitigação proposta. Este incentivo poderia ser um valor a ser
 370 recebido pelo carbono não emitido, um subsídio a tecnologias limpas
 371 ou outra forma qualquer de subsídio creditício, entre outras opções
 372 financeiras.

373 Em primeiro lugar, estimou-se a taxa interna de retorno mínima
 374 (TIR) que os agentes econômicos poderiam esperar em determinado
 375 subsetor para que a medida de mitigação proposta fosse
 376 implementada. Depois, estimou-se o incentivo mínimo necessário

³ Os custos e benefícios da opção implementada no cenário de referência durante o período foram subtraídos ano a ano a partir dos custos e benefícios das propostas da opção de baixo carbono implementadas durante o mesmo período. Então em 2009 o valor presente líquido (VPL) dos custos e benefícios anuais incrementais foram calculados para determinar a média ponderada por tCO₂e evitada ou CMA durante o período. O VPL foi calculado usando a taxa de desconto social de 8 por cento utilizada no PNE 2030 e pelo BNDES em suas análises para financiamento de projetos.

377 como uma receita a ser recebida por t CO₂ evitada que elevaria a TIR
 378 ao patamar mínimo necessário anteriormente estimado⁴. Esta
 379 abordagem denomina-se breakeven carbon price.

380

381 Os resultados da análise microeconômica encontram-se nas tabelas a seguir para três
 382 taxas de desconto social e para a taxa de retorno privada.

383 **Tabela 3.1.1 - Potencial de Mitigação e Custo Marginal de Abatimento das Várias Alternativas,**
 384 **com base em Três Taxas de Desconto**

Opções de mitigação	% de redução de emissões (2010-30)	redução de emissões (MtCO ₂) (2010-30)	Custo de abatimento Us\$/tCO ₂		
			8%	4%	12%
Opção de Mitigação com CMA < US\$50/tCO₂					
Iluminação residencial	0	3	(120) *	(164)	(92)
Cogeração de cana de açúcar	1	158	(105)	(219)	(43)
Sistemas de recuperação de vapor	0	37	(97)	(157)	(62)
Sistema de recuperação de calor	0	19	(92)	(147)	(60)
Iluminação industrial	0	1	(65)	(122)	(36)
Energia térmica solar	0	26	(55)	(89)	(35)
Iluminação comercial	0	1	(52)	(104)	(27)
Motores elétricos	0	2	(50)	(154)	(6)
Otimização da combustão	1	105	(44)	(71)	(28)
Refrigeradores (MEPs)	0	10	(41)	(151)	5
Reciclagem	1	75	(35)	(53)	(24)
Linha de transmissão Brasil-Venezuela	0	28	(31)	(32)	(29)
Sistema de recuperação de calor de fornalha	3	283	(26)	(49)	(13)
Gás natural substituindo outros combustíveis	0	44	(20)	(53)	(4)
Outras medidas de eficiência energética	0	18	(14)	(24)	(8)
Etanol substituindo gasolina no mercado energético	2	176	(8)	(15)	(2)
Energia eólica	0	19	(8)	(162)	64
Otimização do trânsito	0	45	(2)	(4)	0
Gás para Líquido (GTL)	1	128	(2)	(7)	1
Redução do desmatamento + pecuária	53	6041	(0)	(4)	1
Plantio direto aumentado	3	355	(0)	(1)	(0)
Investimento em ciclovias	0	17	1	(2)	3
Exportação de etanol substitui a gasolina no exterior	6	667	2	(15)	9
Novos processos industriais	1	135	2	(53)	26
Destruição de metano em aterro	9	963	3	4	2
Aquecimento solar (residencial)	0	3	4	(186)	84
Refinarias existentes (integração energética)	0	52	7	(5)	11
Tratamento com águas servidas + destruição de metano (res. e com.)	1	116	10	14	8
Novas refinarias	0	52	19	21	16
Carvão renovável substituindo carvão não renovável	5	567	21	14	32
Investimento em ferrovias e hidrovias	1	63	29	21	15
Reflorestamento	10	1085	39	39	39
Total (CMA<US\$50)	100	11.294			

⁴ US\$/tCO₂ para tornar o VPL dos custos e benefícios incrementais iguais a zero, usando a TIR como uma taxa de desconto privada.

Opção de Mitigação com CMA > US\$50/tCO ₂					
Refinarias existentes (controles de incrustação)		7	73	121	46
Refinarias existentes (controles avançados)		7	95	112	79
Tratamento de águas servidas		238	103	140	80
Investimento em metrô		174	106	100	83
Trem-bala (São Paulo e Rio de Janeiro)		12	400	358	331
Total (CMA>US\$50)		438			

* Os valores entre parênteses representam custos negativos

Fonte: Gouvello et al. (2010)

Tabela 3.1.2 - Comparação entre os Custos Marginais de Abatimento (calculados com taxa de desconto social de 8%) e os Preços de Equilíbrio de Carbono para Diversas Opções de Mitigação e Remoção (calculados com as taxas de retorno privadas de referência nos Setores)

Opção de mitigação	Custo de abatimento (US\$/tCO ₂) (taxa de desconto social de 8%)	Incentivo de Carbono – Abordagem incremental (US\$/tCO ₂)	Benchmark TIR (%)
	Iluminação residencial	(120)	(243)
Sistemas de recuperação de vapor	(97)	(228)	15
Sistemas de recuperação de calor	(92)	(220)	15
Iluminação industrial	(65)	(173)	15
Energia térmica solar	(55)	(123)	15
Otimização de combustão	(44)	(104)	15
Reciclagem	(35)	(91)	15
Sistema de recuperação de calor da fornalha	(26)	(41)	15
Outras medidas de eficiência energética	(14)	(22)	15
Plantio direto aumentado	(0)	0	8
Otimização do trânsito	(2)	4	15
Desmatamento evitado + pecuária	(0)	6	10
Destruição de metano em aterro	3	7	12
Cogeração de cana de açúcar	(105)	8	18
Gás natural substituindo outros combustíveis	(20)	10	15
Reflorestamento	39	12	10
Etanol substituindo gasolina no mercado doméstico	(8)	24	15
Investimento em ciclovias	1	25	15
Tratamento de águas servidas + destruição de metano (res. e com.)	10	33	12
Gás para líquido (GTL)	(2)	34	25
Exportação de etanol substitui a gasolina no exterior	2	48	15
Motores elétricos	(50)	72	15
Refinarias existentes (integração energética)	7	75	15
Energia eólica	(8)	93	10
Carvão renovável substituindo carvão não renovável	21	95	15
Investimento em ferrovias e hidrovias versus rodovias	29	97	17
Novas refinarias	19	106	15
Iluminação comercial	(52)	122	15
Novos processos industriais	2	174	15
Refinarias existentes (controle de incrustação)	73	209	15
Linha de transmissão Brasil-Venezuela	(31)	216	15
Refrigeradores (MEPS)	(41)	223	15
Tratamento de águas servidas + destruição de metano (ind.)	103	251	12
Investimento em metro	106	371	17
Refinarias existentes (controles avançados)	95	431	15

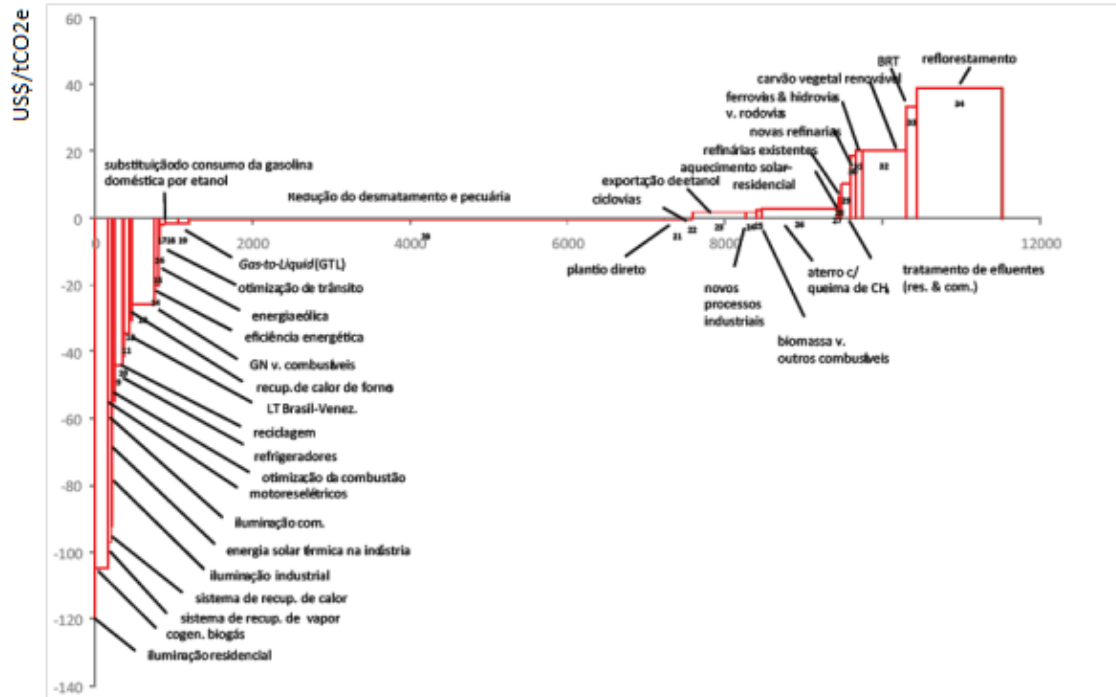
Aquecimento solar (residencial)	4	698	15
Trem bala (São Paulo e Rio de Janeiro)	400	7.787	19

Fonte: Gouvello et al. (2010)

391
392

393 Note-se que os valores das Tabelas 3.1.4 e 3.1.5 acima são apresentados também em
394 formato de curvas de custo marginal de abatimento. A título de exemplo, vê-se a seguir
395 a curva a preços sociais (8% de taxa interna de retorno) para opções cujos custos
396 marginais estão abaixo de US\$50/tonelada de dióxido de carbono e, em seguida, para
397 opções com custos marginais acima de US\$50/tonelada.

398



399

400 Nota: O preço do petróleo é o mesmo utilizado pelo PNE 2030 (US\$45 por barril), sendo considerado baixo em
401 comparação ao preço atual (\$70 por barril). Uma análise de sensibilidade foi realizada para as opções de mitigação
402 afetadas pelo consumo de petróleo e gás (ex., substituição de gasolina por etanol)

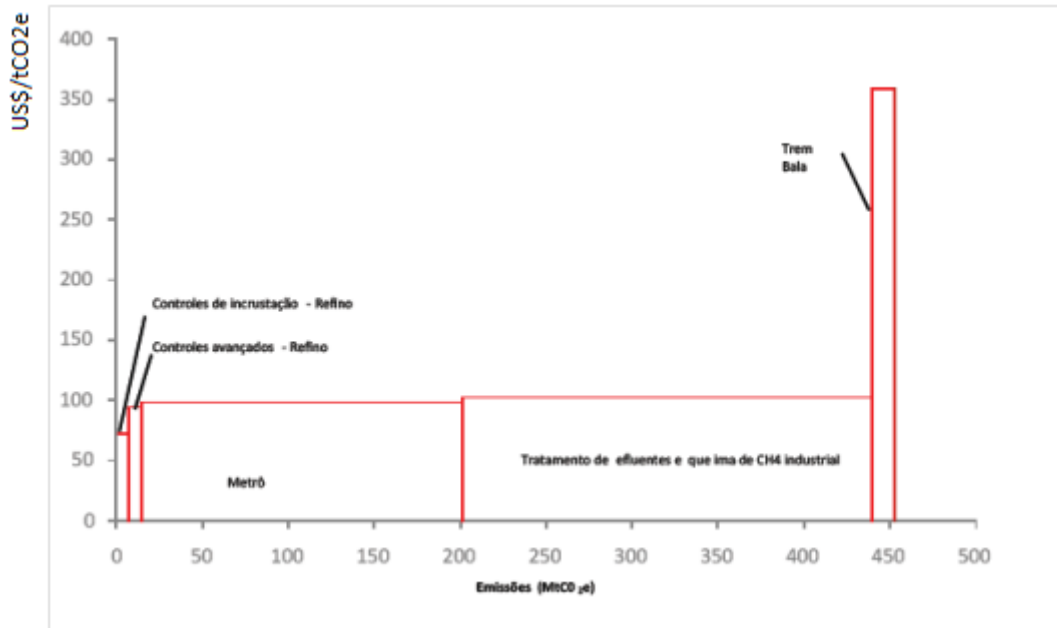
403 **Figura 3.1.2 -Curvas de Custos Marginais de Abatimento para Medidas de Mitigação com CMAs**
404 **abaixo de US\$50 por tCO2e (taxa de desconto social de 8%). Fonte: Gouvello et al. (2010)**

405

406

407

408



409

410

411

412

Figura 3.1.3 - Curvas de Custo Marginal de Abatimento para Medidas de Mitigação acima de US\$50 por tCO₂e (taxa de desconto social de 8%). Fonte: Gouvello et al. (2010)

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

- ii. Macroeconômica (top-down). Um modelo macroeconômico baseado na matriz insumo-produto foi utilizado para comparar o conjunto de opções de sequestro e mitigação de carbono (ou seja, o cenário de baixas emissões de carbono) em relação ao cenário de referência para explorar a sustentabilidade macroeconômica de uma mudança para o cenário de baixo carbono. “No arcabouço utilizado... para avaliar os impactos macroeconômicos, a análise de custos feita para calcular os custos de abatimento providencia a informação sobre a mudança nos investimentos e no consumo de combustíveis (e mudança nos produtos de qualquer outro setor) induzida pela escolha do Cenário de Baixo Carbono ao invés do Cenário de Referência. Dependendo do mapeamento das opções de abatimento nos setores econômicos disponíveis na tabela de insumos e produtos, as mudanças nos investimentos e produtos são alocadas para diversos setores. Por exemplo, o investimento incremental para medidas de eficiência energética que substituem aparelhos elétricos ineficientes por suas contrapartidas eficientes é tratado como aumento de produto do setor eletromecânico da tabela de insumos e produtos. Da mesma forma, uma redução no consumo energético, resultante dos programas de eficiência energética, é tratada como redução do produto do setor elétrico. Como bens importados não produzem efeitos econômicos fora dos países onde são produzidos, a equipe do estudo considerou apenas a fração doméstica da mudança de demanda total devido às opções de mitigação de GEE. Essas mudanças na demanda doméstica por bens e serviços foram então multiplicadas por coeficientes de insumos e produtos para determinar os impactos de produto bruto das opções de mitigação. Finalmente, duas razões – (i) PIB sobre produto bruto e (ii) emprego sobre produto bruto – foram utilizadas para calcular os respectivos efeitos das opções de mitigação sobre o PIB e o emprego” (Gouvello et al., 2010).

440

441

Em Gouvello et al. (2010) “para os setores de uso da terra no Brasil relacionados com a agricultura e a silvicultura, estima-se que as atividades de mitigação de GEE gerariam

442 US\$ 305 bilhões em PIB e 44 milhões de empregos, durante o período 2010-30. Os
 443 efeitos das atividades relativas ao uso da terra sobre o nível de emprego são
 444 particularmente notáveis, pois estas atividades tendem a ser trabalho-intensivas”.
 445 Assim, podemos concluir que o aumento da eficiência das atividades econômicas que
 446 reduziriam a demanda por terras florestadas e, conseqüentemente, a redução de
 447 emissões de GEE do desmatamento, são medidas que do ponto de vista do equilíbrio
 448 macroeconômico são altamente benéficas.

449 O impacto econômico global de medidas de mitigação de GEE no setor de energia do
 450 Brasil pode aumentar em US\$ 25,9 bilhões dólares o PIB no período 2010-30, ou cerca
 451 de US\$ 1,23 bilhões dólares por ano e, além disso, gerar 4,4 milhões de empregos no
 452 período, o equivalente a 203 mil empregos por ano. Enquanto as opções de eficiência
 453 energética para reduzir as emissões de GEE têm impactos econômicos negativos, pelo
 454 fato de reduzir a demanda por combustíveis e outros vetores energéticos, outras opções
 455 têm efeitos econômicos positivos por aumentarem os investimentos no país e gerarem
 456 mais empregos.

457 O setor dos transportes exige um investimento de cerca de US\$ 150 bilhões no período
 458 2010-30. Curiosamente, as opções de mitigação de GEE em setores como a indústria
 459 parecem atraentes no nível de projeto ou atividade, uma vez que têm custos de
 460 abatimento negativo. Mas a partir de uma perspectiva de economia de escala, podem
 461 não ser as melhores opções. Inversamente, o setor dos transportes tem opções que
 462 aparecem menos atraentes no projeto ou nível de atividade, mas são mais atraentes do
 463 ponto de vista macroeconômico.

464 O Estudo chama a atenção para o fato de que a maioria dos estudos existentes foca
 465 apenas em nível de projeto de análise do custo de abatimento e não captura os impactos
 466 em toda a economia. Dessa maneira, as políticas e estratégias de execução com base em
 467 tais análises limitadas poderiam ser enganosas. Ainda assim, devem-se ressaltar as
 468 limitações da análise insumo-produto para estimar impactos econômicos pelo fato de se
 469 tratar de uma abordagem estática.

470

471 ***3.1.2.3. Estudo 3) Caminhos para uma Economia de Baixa Emissão de Carbono no*** 472 ***Brasil – (McKinsey, 2009)***

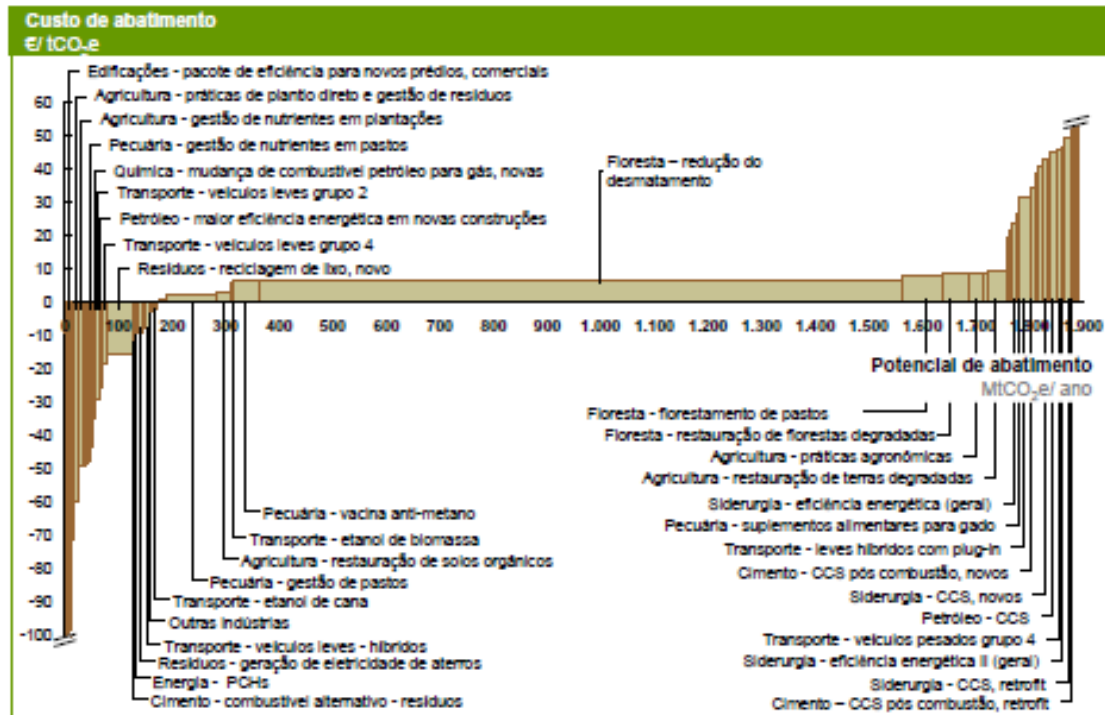
473 Outro estudo que estima os custos de abatimento das emissões de GEE no Brasil
 474 denomina-se “Caminhos para uma Economia de Baixa Emissão de Carbono no Brasil”,
 475 realizado pela McKinsey & Company, em 2009. Este estudo avaliou as emissões atuais
 476 e a evolução das projeções futuras a partir do caso base, nomeado BAU (*business as*
 477 *usual*) nos seguintes setores:

- 478 • Agricultura
- 479 • Florestas
- 480 • Matriz Energética (energia e transportes terrestres)
- 481 • Setores industriais (siderurgia, química, cimento, petróleo e gás, outras)
- 482 • Setor de Consumo (resíduos e edificações)

483

484 O estudo avaliou mais de 120 oportunidades de redução de GEE em todos os principais
 485 setores da economia brasileira. Os resultados apontam para um potencial de redução das

486 emissões estimadas para 2030 de 2,8 GtCO₂e para 0,9 GtCO₂e, ou seja, uma redução de
 487 1,9 GtCO₂e, o que equivale a uma redução de 70% das emissões. A figura a seguir,
 488 ilustra as principais iniciativas que compõem esse volume de redução de gases de efeito
 489 estufa e o custo associado a cada uma delas.



490
 491 **Figura 3.1.4 - Curva de Custo Marginal de Abatimento.**

492 Fonte: McKinsey (2009)

493
 494 A racionalidade do estudo obedeceu à seguinte ordem: “Em primeiro lugar, foi
 495 determinado um caso base mantendo as tendências atuais para emissões atuais e futuras.
 496 Em seguida, foram identificadas as oportunidades para a redução de emissões e, com
 497 base em fatos, feitas estimativas dos custos e do volume potencial de redução
 498 apresentado por cada oportunidade. Em terceiro lugar, os custos e volumes foram
 499 agregados formando a curva de custos de redução de emissão de gases de efeito estufa
 500 para o Brasil. A quarta e última etapa consistiu em analisar o impacto dos possíveis
 501 cenários em termos de regulamentação e tecnologia sobre os custos e potencial de
 502 redução e quantificar as prováveis consequências econômicas para o Brasil”
 503 (McKinsey, 2009).

504 O cenário de referência, ao qual se contrapõe o custo de mitigação neste estudo,
 505 “considera uma taxa projetada de crescimento econômico de 3% a.a, o que significa que
 506 a intensidade de carbono da economia (produção econômica por unidade de emissão de
 507 carbono) continuará a cair, de acordo com a tendência padrão de longo prazo resultante
 508 de um desenvolvimento econômico do caso base, ou seja, sem grandes mudanças. Para
 509 cada oportunidade analisada, o custo de redução é considerado como o custo adicional
 510 para a sociedade com a implementação da oportunidade comparado ao custo da
 511 atividade que ocorreria sem a adoção de qualquer medida (caso base)”. (McKinsey,
 512 2009).

513 Por exemplo, “o custo de redução da energia eólica é calculado pelo custo adicional de
 514 geração acima do custo médio de geração de ativos energéticos, mantida a situação atual

515 (caso base), e pela quantidade de emissões que pode ser evitada com cada unidade de
 516 produção de energia eólica. O modelo de custo é elaborado com base no custo total
 517 durante a vida útil da oportunidade ou do ativo”. (McKinsey, 2009).

518 O potencial de cada oportunidade pressupõe a tomada de ações globais agressivas, a
 519 partir de 2010 até 2030, para capturar a oportunidade específica e, portanto, não
 520 representa uma previsão da evolução de cada oportunidade. A altura da barra representa
 521 o custo médio de se evitar a emissão de uma tonelada de CO₂ e no período. Todos os
 522 custos estão expressos em euros reais e a taxa de desconto utilizada foi de 4% a.a.

523 “O custo de redução das curvas McKinsey é calculado a partir de uma perspectiva social
 524 (excluindo impostos e subsídios, com custo de capital similar às taxas de títulos do
 525 governo). Significa que os custos calculados são diferentes dos custos que seriam
 526 observados por uma empresa ou consumidor, uma vez que tais tomadores de decisão
 527 incluiriam impostos, subsídios e diferentes taxas de juros em seus cálculos. Dessa
 528 forma, a curva não pode ser utilizada para determinar mudanças em dados econômicos
 529 para fazer investimentos, ou para prever preços de CO₂. O custo de cada oportunidade
 530 também exclui custos transacionais e de programas de implementação em grande escala,
 531 pois estes dependem significativamente das decisões dos criadores de políticas”.
 532 (McKinsey, 2009)⁵.

533 Note-se que para cada setor há uma curva específica, por intervalo de valores.
 534 Entretanto, os valores específicos, em forma de tabela, foram identificados apenas para
 535 redução de emissões do desmatamento e são utilizados apenas na análise do setor de
 536 Mudança do Uso do Solo.

537

538 **3.1.2.4. Estudo 4) Economia da Mudança do Clima no Brasil (Margulis et al.,** 539 **2011)⁶**

540 O estudo intitulado “Economia da Mudança do Clima no Brasil” tem por foco os custos
 541 da mudança do clima para a economia brasileira até 2050. Este estudo se divide em
 542 cinco capítulos, dos quais somente o quinto apresenta custos de mitigação de emissões.
 543 A saber:

544 Cap.1) Cenários de clima para o Brasil (*dowscaling dos cenários A2 e B2 do*
 545 *IPCC*);

546 Cap.2) Impactos Ambientais, Econômicos e Sociais da Mudança do Clima
 547 (recursos hídricos, oferta e demanda de energia, produção agrícola,
 548 padrão de uso da terra, biodiversidade e zona costeira);

549 Cap.3) Custos de Adaptação à Mudança do Clima (setor agrícola, setor
 550 energético e zona costeira);

551 Cap.4) Análise macroeconômica (impactos da mudança do clima na economia:
 552 PIB nacional, regional, estadual e setorial, renda familiar, etc. , com
 553 simulação realizada por meio de um modelo de equilíbrio geral); e,

554 Cap.5) Oportunidades de Redução de Emissões (redução do desmatamento,
 555 biocombustíveis e taxação de emissões de carbono na economia).

⁵ Segundo o estudo, todos os custos estão expressos em euros reais corrigidos pela inflação de 2005.

⁶ Este estudo foi primeiramente publicado com o título de “Economia da Mudança do Clima no Brasil: custos e oportunidades” (Margulis et al., 2010) em versão sintética e, posteriormente, publicado em versão extensa com o título de “Economia da Mudança do Clima no Brasil” (Margulis et al., 2011).

556

557 No que se refere ao Capítulo (5), objeto de interesse deste capítulo, os itens referentes a
 558 biocombustíveis tratam de cenários de oferta e demanda e de impactos da expansão da
 559 cana de açúcar sem, entretanto, apresentar resultados econômicos. No caso da taxaço
 560 de carbono, Haddad et al. (2011) estimaram o impacto nas emissões e no PIB da adoção
 561 de uma taxa de carbono⁷.

562 A maior taxa testada foi de US\$ 50/tCO₂e resultando em uma queda de emissões de
 563 1,82% com uma redução de PIB de 0,13%. A análise relativa ao desmatamento, está
 564 detalhada a seguir.

565 Para estimar os custos associados ao abatimento das emissões do desflorestamento na
 566 Amazônia Legal foram realizadas duas análises sobre os custos de oportunidade do
 567 desmatamento evitado⁸:

568 **Análise 1)** Modelo desenvolvido por Strassburg (2009) – “é um modelo de equilíbrio
 569 parcial constando de três exercícios. O primeiro identifica para quais usos da terra a
 570 Amazônia brasileira tem sido convertida historicamente e, então, estima seu retorno
 571 econômico. Incluem-se 64 diferentes produtos em cada uma das 102 micro-regiões da
 572 Amazônia Legal, para o período 1997-2006. O segundo estima o retorno máximo que
 573 poderia ser obtido na mesma área. Um terceiro exercício estima os futuros usos da terra
 574 e o retorno econômico associado a um cenário de desmatamento no período de 2010-
 575 50.” (Margulis, et al., 2011).

576 **Análise 2)** IPAM (Nepstad et al., 2007) “desenvolve um modelo *bottom-up* que impõe
 577 limitações biofísicas, climáticas e de infraestrutura à expansão da agricultura e pecuária
 578 nas regiões de floresta tropical. O estudo é composto por duas partes: na primeira, os
 579 modelos são combinados para estimar os custos de oportunidade da conservação da
 580 floresta usando modelos de renda para as três principais atividades – madeira, soja e
 581 gado. O segundo exercício calcula os custos de se reduzirem as emissões de carbono do
 582 desmatamento para próximo de zero, em um período de dez anos. Além dos custos do
 583 programa, é feita uma avaliação inicial dos benefícios dessas reduções para a sociedade
 584 brasileira e os elementos da organização institucional necessários”.

585 As estimativas médias do custo de oportunidade das duas análises deste estudo (ver item
 586 4.3) diferem por um fator pouco maior que dois. A justificativa principal é o fato que,
 587 ao considerar apenas três culturas alternativas, o estudo do IPAM ignora “outras
 588 culturas”, que têm um custo de oportunidade líquido muito alto (cerca de 10 vezes
 589 maior que o da pastagem) e ocupam 19% da área segundo Strassburg. Strassburg, por
 590 outro lado, inclui estas culturas, mas superestima seu potencial de expansão ao não
 591 considerar no modelo de expansão do desmatamento a adequação da terra e do clima,
 592 bem como a existência ou não de infraestrutura e mercados.

⁷ “A tributação por tonelada de emissão foi transformada em imposto *ad-valorem* (AV), a partir das informações da base de dados do modelo utilizado (assume-se que todos os usuários de um combustível emissor sofrem a mesma tributação). Tributam-se também as emissões decorrentes do nível de atividade dos setores (não decorrentes do uso de combustíveis). Os impostos afetam preços relativos, que alteram uso de insumos, nível de atividade e emissões endogenamente. Adota-se um mecanismo de tributação neutro, de forma que a receita com impostos retorna às famílias por meio de subsídio ao preço dos produtos. As simulações adotam as hipóteses de que o consumo do governo, o investimento e consumo das famílias são exógenos (fixos)” (idem). Note-se que as emissões do desmatamento não são consideradas.

⁸ Custo correspondente ao valor do PIB agropecuário a ser perdido em função da não abertura de novas fronteiras agrícolas pela manutenção da floresta em pé.

593 A Tabela 3.1.6 apresenta um conjunto de suposições revisadas para cada modelo,
 594 representando uma aproximação às correções das limitações identificadas em cada um.
 595 Para o estudo de Strassburg, o custo de oportunidade das outras culturas foi reduzido
 596 por conta dos problemas de mercados e volumes projetados. Para o modelo do IPAM
 597 permitiu-se introduzir "outras culturas", mas em apenas 10% da terra. O resultado
 598 mostra os dois modelos convergindo para um custo de oportunidade de US\$ 1.000 por
 599 hectare. Sugerem-se estes US\$1.000/ha/ano como uma estimativa indicativa razoável
 600 para o custo de oportunidade médio para agricultura em terras da floresta Amazônica.

601

602 **Tabela 3.1.3 - Convergência entre os resultados dos dois estudos sobre o custo de oportunidade do**
 603 **desmatamento na Amazônia**

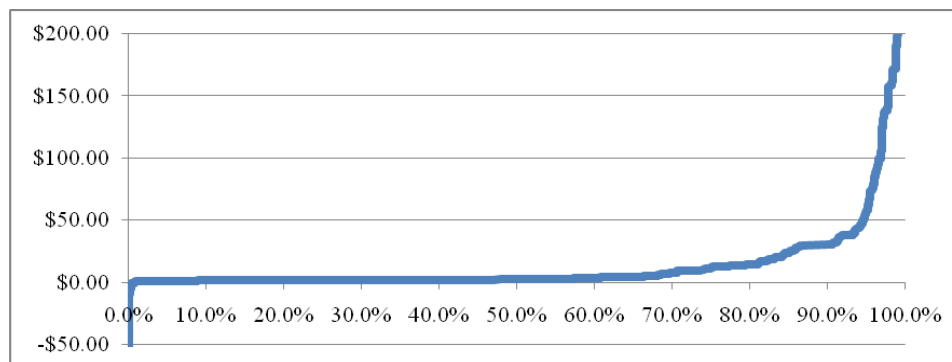
Uso agrícola	Alocação de terra (% do total)		Custo de oportunidade (US\$/ha/ano)	Participação no hectare médio (US\$/ano)	
	Strassburg	IPAM	Strassburg	Strassburg	IPAM
Pastagem	69%	84%	402	277	338
Soja	12%	6%	2.051	246	123
Outras culturas	19%	10%	3.500	665	350
Total ponderado	100%	100%	--	1.189	811

604

Fonte: Margulis et al., 2011

605 Com base neste valor ajustado entre as duas análises, estima-se que uma compensação
 606 ao produtor rural da Amazônia superior a US\$ 3/tC (aproximadamente US\$ 450/ha)
 607 desestimularia efetivamente grande parte das criações de gado da Amazônia, exceto as
 608 mais lucrativas (15-30% do total). Isto porque embora seja responsável por
 609 aproximadamente 70% do desmatamento, a criação de gado gera apenas 20% do valor
 610 líquido de produção total, sugerindo que a maior parte das áreas desmatadas poderiam
 611 não sê-las pagando-se aos agricultores um mínimo valor pela preservação do estoque de
 612 carbono contido na floresta. A Figura 3.1.5 apresenta a curva com o custo de
 613 oportunidade do carbono do desmatamento. Ela indica que cerca de 95% de todo
 614 desmatamento poderia ser evitado pagando-se em média US\$ 50 por tonelada de
 615 carbono (contido na floresta). Isto porque a renda das atividades nestas áreas seria
 616 inferior ao estoque de carbono na floresta desde que remunerado a US\$50/tonelada.
 617 Observa-se, também, que 70% do desmatamento poderiam ser evitados pagando-se
 618 apenas US\$3/tonelada de carbono.

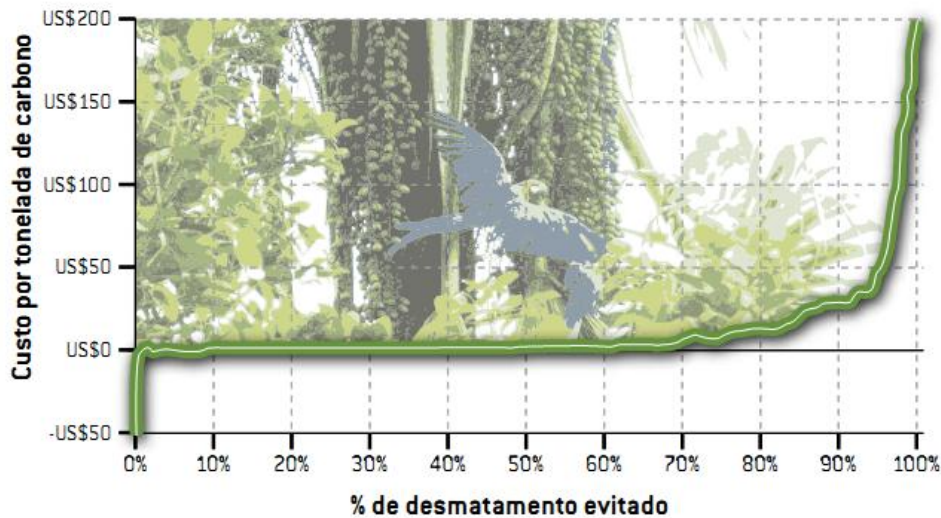
619



620

621

622



623 **Figura 3.1.5 - Custo do carbono de desmatamento, 1997-2006.**

624 Fonte: Margulis et al., 2010

625

626

627 Pode ser observado que estes valores refletem apenas o PIB agropecuário gerado em
 628 áreas onde há supressão de florestas para fins econômicos. Não contabilizam os custos
 629 de regularização fundiária, nem de gerenciamento e monitoramento florestal, ou
 630 qualquer custo institucional relacionado à conservação da floresta.

631 3.1.2.5 Estudo 5) Estudo Comparativo entre Três Cenários de Emissão de Gases de
 632 Efeito Estufa no Brasil e uma Análise de Custo-Benefício - MMA/PNUD (La Rovere
 633 *et.al.*, 2011)

634 Este estudo construiu três cenários prospectivos das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no
 635 Brasil: um cenário central de emissões de GEE (Cenário B) e cenários contrastados (Cenários A e C)
 636 e realizou uma análise econômica para estimar os custos a serem incorridos pelos cenários B e C
 637 quando comparados a A. São seis os setores analisados: geração de energia elétrica, transportes,
 638 indústria, resíduos, mudança de uso do solo e florestas e agropecuária.

639 O horizonte temporal da simulação é 2030, com valores para períodos intermediários quinquenais.
 640 Até 2020, o cenário central (B) incluiu os objetivos voluntários de mitigação assumidos pelo Brasil
 641 no âmbito do Acordo de Copenhague, discriminados na Lei Federal que institui a Política Nacional
 642 sobre Mudança do Clima, e, posteriormente detalhados pelo Decreto Federal nº 7390 de 09 de
 643 dezembro de 2010. Foram reproduzidos os valores referenciais do decreto⁹ com a construção do
 644 Cenário A, que representa a tendência, pois exclui as medidas de mitigação de emissões que
 645 constam no cenário central (adotadas a partir de 2009), como por exemplo, a construção de grandes
 646 empreendimentos como a usina hidrelétrica de Belo Monte. O Cenário C se distingue do B em razão
 647 das ações complementares ao Acordo de Copenhague. A partir de 2020, a diferença entre os três
 648 cenários demonstra as oportunidades existentes para ampliação dos esforços brasileiros

649 Os cenários de mitigação de emissões foram construídos em uma base comum de
 650 desenvolvimento socioeconômico. A construção deste cenário socioeconômico
 651 brasileiro seguiu o modelo de construção dos inúmeros cenários de crescimento
 652 econômico mundial do IPCC¹⁰ (família de Cenários A1, A2, B1 e B2). Neste trabalho

⁹Apresentados em seu anexo.

¹⁰Sigla em inglês para Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima.

653 utilizou-se a concepção do Cenário B2, não somente compatível com o cenário adotado
 654 em estudo da Empresa de Pesquisa Energética-EPE, no Plano Nacional de Energia
 655 (PNE) 2030 bem como com a Política Nacional sobre Mudança do Clima.

656 A evolução do PIB brasileiro foi estimada em 5% a.a até 2020 e 4% a.a. de 2021 a
 657 2030. A população deverá atingir 207,7 milhões de habitantes em 2020 e 216,8 milhões
 658 em 2030.

659 Por fim, para calcular os custos de mitigação associados às ações previstas nos
 660 diferentes cenários, foram construídas curvas de custo marginal de abatimento. Para o
 661 cálculo destes custos, os preços utilizados foram os médios de 2009 e a taxa de desconto
 662 foi de 8% a.a.

663 Quando se compara o cenário B com o cenário A no horizonte temporal de 2030, os
 664 resultados indicam que as ações mais relevantes em termos de potencial de mitigação
 665 (acima de 100 Mt CO₂e no período) e que apresentam custos até o limite de US\$
 666 10/tCO₂e são (por ordem crescente de custos): hidroeletricidade, eficiência energética
 667 (combustíveis industriais), renováveis, eficiência energética (setor elétrico), fixação
 668 biológica de nutrientes na agricultura, plantio direto, recuperação de pastagens, aumento
 669 do uso do etanol, integração lavoura-pecuária, redução do desmatamento na Amazônia e
 670 no Cerrado, incremento do uso de carvão vegetal na siderurgia e aumento das florestas
 671 plantadas. O total das emissões evitadas no período pode alcançar MtCO₂e 26 mil.

672 Já na comparação entre os cenários C e B, considerando os mesmos critérios acima, tais
 673 ações são: incremento do uso de etanol, eficiência energética (setor elétrico), , fixação
 674 biológica de nutrientes, plantio direto, recuperação de pastagens, integração lavoura-
 675 pecuária, redução do desmatamento na Amazônia, renováveis, redução do
 676 desmatamento no Cerrado, produção de ferro (novas tecnologias), redução do
 677 desmatamento na Mata Atlântica, destruição de metano em aterros e expansão das
 678 florestas plantadas. O total das emissões evitadas a mais no período pode alcançar
 679 MtCO₂e 7,5 mil.

680

681 **Considerações Finais**

682 Os estudos acima apresentados são abrangentes e incluem diferentes setores da
 683 economia e, por isso, envolvem uma gama considerável de especialistas de diversas
 684 formações. Em relação aos resultados dos estudos, verifica-se que, de uma forma geral,
 685 as medidas de eficiência energética são as que apresentam os menores custos de
 686 mitigação, verificando-se, em alguns, casos custo marginal de abatimento negativo.
 687 Algumas fontes renováveis de geração de energia, tais como pequenas centrais
 688 hidrelétricas (PCH) e térmicas a bagaço de cana-de-açúcar também apresentam essas
 689 características. Por outro, lado, medidas relacionadas a novos desenvolvimentos
 690 tecnológicos, como CCS (*Carbon Capture and Storage*) e a geração a partir de novas
 691 fontes renováveis, como a solar (fotovoltaica ou CSP – *Concentrated Solar Power*),
 692 estão entre as que apresentam os maiores custos. Neste caso, os estudos mostram que
 693 para torná-las viáveis são necessários investimentos em P&D e introdução de
 694 mecanismos regulatórios de incentivo a tais tecnologias.

695 A energia eólica (e renováveis em geral, à exceção de hidroeletricidade) aparece nestes
 696 estudos como medida de mitigação relativamente cara, porém, nos últimos anos, várias
 697 medidas foram implementadas para que esta fonte renovável de energia se tornasse

698 viável, tais como o PROINFA (Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia
699 Elétrica), os leilões de fontes alternativas e os leilões de energia de reserva, de forma
700 que hoje ela já é competitiva frente às fontes convencionais, como apresentado no
701 estudo MMA/PNUD, o mais recente. Este é um bom exemplo a ser seguido.

702 Dentre as medidas analisadas, as relacionadas a mudanças no uso do solo são que, de
703 longe, apresentam o maior potencial de mitigação, com destaque para a redução do
704 desmatamento.

705 Por fim, cabe ressaltar que os estudos utilizam modelos *bottom-up*, sendo que o do
706 Banco Mundial (Gouvello et al., 2010) utiliza a análise insumo-produto para avaliar os
707 impactos macroeconômicos (em termos de geração de emprego e renda) de cada
708 medida; e o EMCB (Margulis et al, 2011) um modelo de equilíbrio geral (*top down*)
709 para o estimar o impacto de uma taxa de carbono na economia.

710 Atualmente, esforços de aprimoramento vêm sendo feitos no sentido de se
711 desenvolverem novos estudos baseados em modelos híbridos que incorporam as
712 interações econômicas de modelos técnico-econômicos em uma representação da
713 estrutura econômica nacional cada vez mais consistente.

714

715 **Referências Bibliográficas**

716 Böhringer, C. 1998. The synthesis of bottom-up and top-down in energy policy modeling. **Energy**
717 **Economics** (1998), 20, pp.233-248.

718 Bonelli, R., Gonçalves, R., 1999. Industrial development patterns in Brazil 1980-95. Rio de
719 Janeiro: IPEA.

720 Costa, R.C da, 2001. Do model structures affect findings? Two energy consumption and CO₂
721 emission scenarios for Brazil in 2010. **Energy Policy** 29, pp.777-785.

722 Gouvello, C; Soares-Filho, B. S e Nassar, A. 2010. Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Uso
723 da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Floresta. Banco Mundial. 288p.

724 IPCC. 200. **Report on emissions scenarios (SRES)**. In: Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart
725 (Eds.). Cambridge University Press, UK. pp 570

726 Haddad, E., Domingues, E. e Perobelli, F. 2011b. Efeitos de Taxação de Carbono na Economia
727 Brasileira, p.299-316. In: Margulis, S. Dubeux, C. B. S. e Marcovitch, J. – **Economia da**
728 **Mudança do Clima no Brasil** (2011). Synergia Editora.

729 Jannuzzi, G. M; Swisher, J. N.P. 1997. **Planejamento integrado de recursos energéticos**.
730 Campinas, SP: Autores Associados.

731 La Rovere, E. L.; Pereira, A.; Avzaradel, A. C.; Simões, A.F.; Dubeux, C. B. S.; Mariano, J.B.;
732 Soares, B.J.; Costa, R.C.; Wills, W.; Krug, T.; Lima, M.A.; Barioni, L.G.; Martha, G.; Machado
733 Filho, H. (2006). **Greenhouse Gas Mitigation in Brazil: Scenarios and Opportunities**
734 **through 2025**. Center For Clean Air Policy (CCAP), Washington, 2006.

735 La Rovere, E.L.; Dubeux, C.B.S. ; Pereira, A. O.; Medeiros, A.; Carloni, F.B.; Turano, P.;
736 Aragão, R.; Solari, R.; Wills, W.; Hashimura, L.; Burgi, A.S.; Fiorini, A.C. (2011). **Estudo**
737 **Comparativo entre Três Cenários de Emissão de Gases de Efeito Estufa no Brasil e uma**
738 **Análise de Custo-Benefício**. MMA/PNUD, 2011.

739 Margulis, S., Dubeux, C. e Marcovitch, J. 2010. **Economia da Mudança do Clima no Brasil:**
740 **custos e oportunidades**, IBEP gráfica, São Paulo, p.81.

741 Margulis, S., Dubeux, C. e Marcovitch, J. 2011. **Economia da Mudança do Clima no Brasil**.
742 Editora Synergia, Rio de Janeiro, p.331.

743 McKinsey & Company.2009.**Caminhos para uma economia de baixa emissão de carbono no**
744 **Brasil**, São Paulo, SP,p. 47.

745 Nepstad, D.; Soares-Filho, B.; Merry, F.; Moutinho, P.; Bowman, M.; Schwartzman, S.;
746 Almeida, O.; e Rivero, S. 2007. **The costs and benefits of reducing carbon emissions from**
747 **deforestation and forest degradation in the Brazilian amazon**. Woods Hole Research Center,
748 p. 28.

749 Strassburg, B. B. N. 2011. Os determinantes agrícolas e o retorno econômico do desmatamento
750 na Amazônia brasileira entre 1997-2006 e 2010-2050, p.232-257. In: Margulis, Dubeux e
751 Marcovitch. 2011. **Economia da Mudança do Clima no Brasil**. Synergia Editora. Rio de
752 Janeiro, p. 331.

753

754

755 **3.2. SISTEMAS ENERGÉTICOS**

756

757 **Introdução**

758 O Setor Elétrico Brasileiro tem algumas peculiaridades que o distingue da maior parte
759 daquelas de outros países. A principal delas é o fato de que o Brasil historicamente
760 sempre teve uma matriz elétrica baseada no uso maciço da energia hidrelétrica,
761 portanto, fortemente dependente de reservatórios hidrelétricos para garantir a
762 confiabilidade do suprimento. Sua componente térmica ainda continua relativamente
763 pequena, e em nenhum dos cenários disponíveis esta componente ultrapassa 30% da
764 oferta de energia, devendo-se todavia ressaltar que há uma tendência a uma
765 carbonização crescente do setor elétrico nacional.

766 O modelo do setor instituído em 2004 para o setor elétrico definiu que a
767 comercialização de energia elétrica passaria a ser realizada em dois ambientes de
768 mercado: o Ambiente de Contratação Regulada – ACR e o Ambiente de Contratação
769 Livre – ACL. No primeiro, ACR, a contratação é feita em pool por todas as
770 distribuidoras em leilões organizados pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE e
771 operacionalizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE. Neste
772 ambiente estão concentradas as operações de compra e venda de energia envolvendo as
773 distribuidoras e os agentes vendedores, titulares de concessão, permissão ou autorização
774 para gerar, importar ou comercializar energia elétrica. Já no Ambiente de Contratação
775 Livre, atuam os agentes de geração, de comercialização, de importação, de exportação e
776 os consumidores livres em contratos bilaterais de compra e venda de energia livremente
777 negociada, não sendo permitida a distribuidora aquisição de energia neste mercado.

778 Com a implementação, em 2005,da sistemática de leilões reversos (ganha quem oferece
779 o menor preço) realizados três ou cinco anos antes da entrega, a energia nova contratada
780 nos três primeiros anos foi eminentemente térmica, em torno de 70%, com repercussões
781 nos níveis de emissões futuros. Exceção foram os três grandes projetos hidrelétricos
782 (Jirau, Santo Antônio e Belo Monte). A partir de 2008 começaram a existir os leilões
783 específicos para energias renováveis (biomassa em 2008 e eólica em 2009, renováveis
784 em 2010, retomando um histórico de matriz elétrica limpa (Pereira *et al* , 2010, FBDS).

785 O cenário do Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) sinaliza uma maior
 786 participação dos combustíveis fósseis do que das novas energias renováveis, fazendo
 787 saltar as emissões de 29,07 milhões de toneladas de CO₂ (MtCO₂) em 2005 para
 788 64,63MtCO₂ em 2020. O PDE 2020 sinaliza que os novos leilões a serem realizados a
 789 partir de 2011 não contemplarão mais novos aproveitamentos termelétricos de fontes
 790 fósseis, o que, entretanto parece inverossímil diante do fato de que ainda não foi
 791 completamente equacionada a questão do licenciamento das hidrelétricas, e o Plano
 792 Estratégico da Petrobras (2007) prevê a construção de térmicas a gás. Mesmo com este
 793 cenário, as emissões do setor elétrico saltariam de 27MtCO₂eq, em 2010, para 50
 794 MtCO₂eq, em 2020, sem contabilizar as emissões dos sistemas isolados. Este aumento
 795 significativo na quantidade de emissões, da ordem de 96% em uma década, elevará a
 796 participação do setor elétrico no total das emissões energéticas de 7% para 8%, o que,
 797 todavia, ainda se caracteriza como uma participação pequena no total de emissões do
 798 setor energético. Vale ressaltar que de acordo com o PDE 2020, as emissões de CO₂
 799 para o setor elétrico, e são significativamente inferiores ao que foi previsto no PNE 2030
 800 para o mesmo horizonte, notando-se, todavia, que no primeiro caso as estimativas estão
 801 em MtCO₂ enquanto no segundo em MtCO₂eq, diferença que não é significativa no
 802 setor elétrico.

803 De acordo com dados do Banco de Informações de Geração – BIG/ANEEL, a
 804 capacidade instalada total do sistema elétrico brasileiro em julho de 2011 era de 122.836
 805 MW. Este total engloba as unidades geradoras do Sistema Interligado Nacional (SIN) e
 806 também aquelas instaladas nos sistemas isolados, bem como a auto produção – geração
 807 de energia elétrica instalada no local do consumo sendo que do total hidrelétrico 3.700
 808 MW são oriundos de 402 pequenas centrais hidrelétricas (PCH). A Tabela 3.7 sintetiza
 809 esta informação.

810
 811

Tabela 3. 4 - Capacidade Instalada no Brasil: Empreendimentos em Operação

Empreendimentos em Operação							
Tipo	Capacidade Instalada			%	Total		
	N.º de Usinas	(kW)			N.º de Usinas	(kW)	%
Hidro		924	81.456.730	66,31	924	81.456.730	66,31
Gás	Natural	99	11.404.088	9,28	137	13.193.271	10,74
	Processo	38	1.789.183	1,46			
Petróleo	Óleo Diesel	872	3.880.082	3,16	902	6.675.209	5,43
	Óleo Residual	30	2.795.127	2,28			
Biomassa	Bagaço de Cana	337	6.616.956	5,39	412	8.311.331	6,77
	Licor Negro	14	1.245.198	1,01			
	Madeira	41	359.527	0,29			
	Biogás	14	70.742	0,06			
	Casca de Arroz	6	18.908	0,02			
Nuclear		2	2.007.000	1,63	2	2.007.000	1,63
Carvão Mineral	Carvão Mineral	10	1.944.054	1,58	10	1.944.054	1,58
Eólica		56	1.073.542	0,87	56	1.073.542	0,87
Importação	Paraguai		5.650.000	5,46		8.170.000	6,65
	Argentina		2.250.000	2,17			
	Venezuela		200.000	0,19			
	Uruguai		70.000	0,07			
	Total	2.445	122.835.487	100	2.445	122.835.487	100

812
 813
 814

Fonte: Aneel - Banco de Informações de Geração ANELL/2011

815 Ao longo desta seção será analisada a situação do setor elétrico nacional e suas
 816 perspectivas, o potencial energético nacional para a produção de energia elétrica,
 817 cenários potenciais de mitigação as políticas e instrumentos de mitigação e uma análise
 818 sucinta sobre a relação do setor elétrico com o desenvolvimento sustentável, entretanto
 819 sendo aqui identificado um *knowledge gap*, pelo pequeno volume de literatura
 820 identificado pelos autores neste tema.

821 3.2.1 Situação do Setor

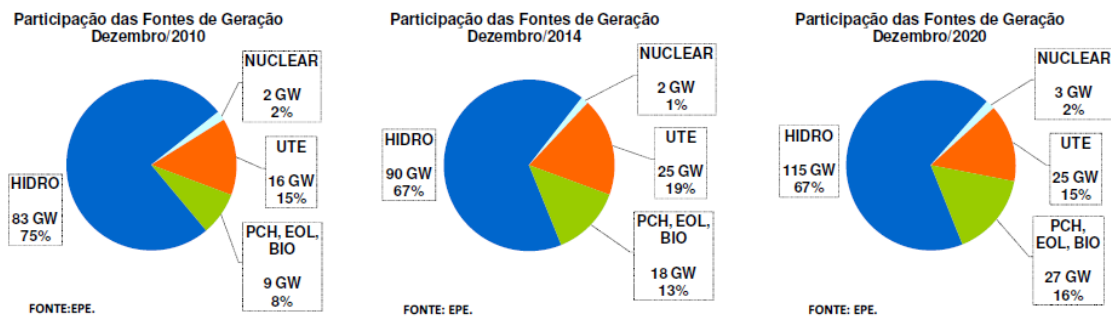
822 3.2.1.1 Tendências de Desenvolvimento no Setor Energético (Produção e Consumo)

823 O Brasil tem características muito particulares na composição de sua matriz energética e
 824 na disponibilidade de recursos naturais. De um modo geral não existe escassez seja de
 825 recursos de origem renovável ou fóssil. No entanto, a utilização desses recursos está
 826 fortemente condicionada a considerações de ordem econômica e socioambiental. Assim,
 827 por exemplo, o potencial hidroelétrico ainda disponível é grande, mas localizado em
 828 regiões distantes dos principais centros de carga e com fortes impactos ambientais.

829 *Produção*

830 A geração de eletricidade no País tem sido e continuará a ser predominantemente feita a
 831 partir de fontes renováveis, estabilizada em torno de 83% da eletricidade gerada nos
 832 próximos 10 anos, segundo previsão do PDE 2020. A hidroeletricidade é a principal
 833 fonte primária, mas progressivamente haverá maior participação de outras fontes como
 834 biomassa e eólica. A Figura 3.6 apresenta a participação das fontes e como ela está
 835 planejada para o horizonte 2010-2020.

836



838 **Figura 3.6 - Participação das Fontes de Geração**

839 Fonte: Relatório Final do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2020) – EPE/2010b

840

841

842 *Consumo*

843 O PDE 2019 estimava que o setor elétrico crescerá 5,3% ao ano (a.a.) entre 2010 e
 844 2019, saltando de um consumo de 455,2 TWh no início do período para 712 TWh no
 845 final do período. O consumo de eletricidade na rede do SIN aumentará de 409 para 631
 846 TWh. Em 2019, o consumo dos autoprodutores somará 79,2TWh e os sistemas isolados
 847 totalizarão 1,8 TWh consistindo basicamente dos sistemas geradores amazônicos de
 848 pequeno porte alimentados com óleo diesel. A carga do SIN atingirá em 2019 85.231
 849 MW_{med}¹¹, com uma demanda máxima instantânea de 109.385 MW.

850 Estes valores foram alterados pelo PDE 2020 caindo a taxa anual de crescimento do
 851 consumo no período 2011-2020 para 4,9%, com um consumo no final do período de
 852 aproximadamente 730,1 TWh, sendo 656,6 TWh consumidos no SIN, 71 TWh pelos
 853 autoprodutores e 2,5 TWh pelos sistemas isolados. O incremento médio anual da carga
 854 de energia elétrica no SIN será de 3.200 MW_{med} no período 2011-2020. Deste montante,

¹¹ MW med (megawatt médio): é a quantidade de energia demandada em um intervalo de tempo. 1 MW med por ano = 8.760 MWh/ano.

855 os subsistemas Sul, Sudeste/Centro-Oeste e Acre/Rondônia respondem por 66%, 2.120
 856 MW_{med} ao ano, enquanto que os subsistemas Norte, Nordeste e Manaus/Amapá
 857 crescem, em média, 1.080 MW_{med} ao ano neste período. A carga do SIN fechará 2020
 858 com um valor da ordem de 88.600MW_{med}. Em termos de evolução da capacidade
 859 instalada no país a estimativa é chegar em 2020 com 171 GW (PDE 2020), sem
 860 considerar a autoprodução

861 O PDE 2020 informa que em 2011 o setor industrial representou 44% do consumo de
 862 energia elétrica na rede, isto é, sem considerar a autoprodução que ocorre quase
 863 totalmente neste setor. No final do horizonte do estudo espera-se que este segmento
 864 mantenha aproximadamente o mesmo patamar. Já o setor comercial será o que mais
 865 crescerá no período, com uma taxa de 6,0% a.a., atingindo uma faixa de 18% do
 866 consumo, enquanto o residencial ficará na faixa de 25%.

867 **3.2.1.2 Tendências de Emissão de Gases de Efeito Estufa**

868 Em termos per capita, o país apresenta índices muito baixos de emissões oriundas do
 869 consumo de combustíveis fósseis, resultado de décadas de investimentos em fontes
 870 renováveis como hidroeletricidade e etanol. No entanto, para manter-se nessa condição
 871 serão necessários novos investimentos em alternativas de baixa intensidade de carbono
 872 e em maior eficiência energética. É importante ressaltar que diferentemente da grande
 873 maioria dos países, o setor energético brasileiro não é o principal responsável pelas
 874 emissões: apenas um quinto das emissões nacionais é atribuído ao uso e produção de
 875 energia (Gouvello, 2010).

876 O PNE 2030 apresenta em seu cenário de referência um aumento das emissões durante
 877 o período 2010-30. No entanto, estudos subsequentes referentes aos planos decenais
 878 revisam essa tendência e vêm apresentando projeções para os próximos dez anos com
 879 reduções nas emissões totais do setor em relação ao PNE 2030. O PDE 2019 apresenta
 880 uma estimativa para 2019 de aumento de emissões oriundas do setor energético em 65%
 881 em relação ao ano de 2010. Ainda segundo essas estimativas oficiais, a maior parte
 882 desse incremento virá do consumo de energia do setor industrial que deverá aumentar
 883 em 82% suas emissões em 2019 com relação a 2010. Esses valores foram ligeiramente
 884 modificado no PDE 2020 que estima um incremento de 27 MtCO₂eq em 2010 para 50
 885 MtCO₂ eq em 2020, ou seja 85% a mais de aumento no período.

886 Para reverter ou estabilizar a quantidade de emissões, medidas mais agressivas de
 887 controle de crescimento da demanda através de investimentos em eficiência energética,
 888 reformas estruturais na economia, maior uso de reciclagem de materiais e combustíveis
 889 com menor conteúdo de carbono serão necessários.

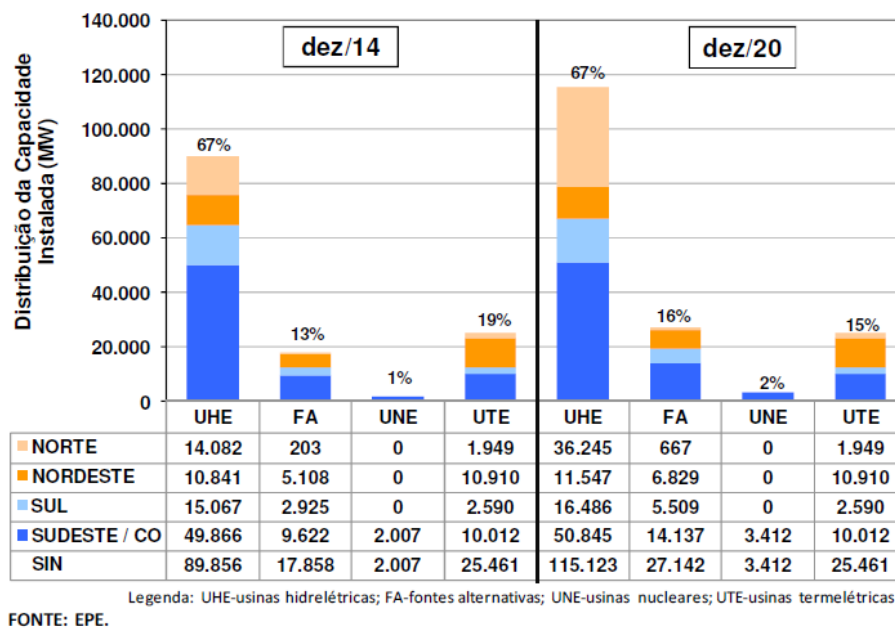
890 **3.2.1.3 Tendências de Desenvolvimento Regional**

891 A Figura 3.7, extraída do PDE 2020 apresenta um resumo da participação das fontes de
 892 produção de energia no início do ano de 2015 e no final de 2020, por região e por tipo
 893 de fonte. Observa-se uma perda de importância da fonte térmica e um aumento das
 894 fontes alternativas, mantendo as hidrelétricas sua participação na matriz elétrica.
 895 Destaca-se a participação das fontes alternativas na matriz do Nordeste com quase 20%
 896 no final do horizonte.

897 Segundo a EPE (2010b), no PDE 2020, a análise da projeção do consumo por
 898 subsistema elétrico revela maior crescimento no subsistema Norte, numa faixa de 9,3%
 899 ao ano, atribuído ao efeito conjugado da instalação de grandes cargas industriais na

900 região e da interligação de sistemas isolados promovida pela LT Tucuruí-Macapá-
 901 Manaus, que fará com que um sistema que até então era eminentemente térmico, passe a
 902 ter um nível de emissão muito mais baixo por estar conectado ao SIN. A Região
 903 Sudeste/Centro-Oeste representará ao final do período 58% do consumo nacional, tendo
 904 iniciado no patamar de 51%.

905 O PDE 2020 também mostra que o nível de perdas da região norte, com 18,8%, está
 906 num nível muito maior que a média nacional que é de 15,4%. Já a região Sul
 907 apresentará perdas de 11,7%. A carga dos subsistemas varia de 9,3 GW_{med}, na Região
 908 Norte, passando por uma faixa de 13,5 GW_{med} nas regiões Nordeste e Sul e saltando
 909 dramaticamente para 52 GW_{med} na Região Sudeste/Centro-Oeste.



910

911

Figura 3.7 - Distribuição da Capacidade Instalada por Região

912 Fonte: Relatório Final do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2020) - EPE,2010b

913

914

3.2.2 Potencial de Recursos Energéticos Primários e a Indústria de Energia Elétrica (G,T&D)

915

916

3.2.2.1 Fontes Primárias

917

Hidroeletricidade de grande porte

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

Segundo o PDE 2020, a participação das fontes renováveis na matriz de energia elétrica brasileira em 2012 é de 83,6%, sendo 74% correspondente às grandes centrais hidrelétricas. O PNE 2030, citando o PDE 2015, estima o potencial hidrelétrico no Brasil em 260 GW, sendo 126 GW o potencial aproveitável, uma vez abatido o potencial cuja concessão já foi outorgada (usinas em operação, em construção e em processo de licenciamento). Desse total, mais de 70% estão nas bacias dos Rios Amazonas, Tocantins e Araguaia. A Tabela 3.8 sumariza o potencial hidrelétrico brasileiro, desagregado por estágio dos aproveitamentos e bacias hidrográficas. Os números dessa tabela mostram que apenas a bacia do Paraná apresenta um índice de aproveitamento que se aproxima de 80%. Já na bacia Amazônica, aquela que apresenta o maior potencial, o nível de aproveitamento é inferior a 1%. Obviamente, a região é

929 muito sensível do ponto de vista ambiental e apresentará limitações significativas a
 930 níveis muito elevados de aproveitamento. No conjunto das bacias, ao se considerar as
 931 diversas interferências consideradas intransponíveis por afetar parques e florestas
 932 nacionais ou terras indígenas, o potencial remanescente ainda totaliza 45,5 GW. Ao
 933 final, assumindo algumas hipóteses de trabalho, o Plano estima que se possa chegar a
 934 uma potência hidrelétrica de até 174 GW em 2030.

935

936 **Tabela 3.5 - Potencial Hidrelétrico Brasileiro por Bacia (MW).**

Bacia	Aproveitado	Inventário	Estimado	TOTAL ³¹	%
Amazonas	835	77.058	28.256	106.149	42,2
Paraná	41.696	10.742	5.363	57.801	23,0
Tocantins/Araguaia	12.198	11.297	4.540	28.035	11,2
São Francisco	10.290	5.550	1.917	17.757	7,1
Atlântico Sudeste	4.107	9.501	1.120	14.728	5,9
Uruguai	5.182	6.482	1.152	12.816	5,1
Atlântico Sul	1.637	1.734	2.066	5.437	2,2
Atlântico Leste	1.100	1.950	1.037	4.087	1,6
Paraguai	499	846	1.757	3.102	1,2
Parnaíba	225	819	0	1.044	0,4
Atlântico NE Oc.	0	58	318	376	0,1
Atlântico NE Or.	8	127	23	158	< 0,1
TOTAL	77.777	126.164	47.549	251.490	
%	30,9	50,2	18,9	100,0	100,0

Observações: 1/ potencial aproveitado inclui usinas existentes em dezembro de 2005 e os aproveitamentos em construção ou com concessão outorgada;

2/ inventário nesta tabela indica o nível mínimo de estudo do qual foi objeto o potencial;

3/ valores consideram apenas 50% da potência de aproveitamentos binacionais;

4/ Foi retirado o potencial das usinas exclusivamente de ponta.

937

938

939

940

941 Outra fonte que apresenta o potencial hidráulico total nacional é o Sistema do Potencial
 942 Hidráulico Brasileiro (SIPOT/ELETROBRAS) cujos dados totalizam um potencial é
 943 242.362 MW (incluídas as PCHs). Deste total, 97.250 MW (ou 40,13%) estão na região
 944 Norte, assim divididos: 46.862 MW estudados, 35.693 MW estimados, 3.268 MW em
 945 construção e 11.427 MW em operação. A Figura 3.8 apresenta esta distribuição.
 946 Segunda esta referência o potencial a ser aproveitado seria de 155.827 MW dispersos
 947 por todas as regiões do Brasil, mas com uma concentração da ordem de 53% na Região
 948 Norte, portanto longe dos centros de carga.

949

950

951

952

953

954

955

956

Segundo o PDE 2020, os projetos já concedidos a serem viabilizados de 2018 a 2020 somam 786 MW, já os novos projetos hidrelétricos a serem viabilizados de 2016 a 2020 somam 18.185 MW. Ainda segundo este Plano, a capacidade de geração hidráulica aumentará de 83.000MW, em 2011, para 115.000MW até 2020. Na região Norte é onde ocorrerá a maior expansão hidrelétrica, devido à entrada em operação de grandes empreendimentos, a partir de 2012, incluindo as UHE Santo Antônio, Jirau e Belo Monte. A expansão hidrelétrica já contratada no horizonte do Plano soma 23.614 MW enquanto a parcela indicada pelo plano, mas ainda não contratada, agrega 8.570 MW.

957

958

959

960

961

Observa-se, todavia, que nesta expansão a tendência é de construção de usinas hidrelétricas a fio d'água, sem a existência de reservatório de acumulação, tornando os valores de suas densidades de potência (km² inundado/MW instalado) muito inferiores em relação às usinas instaladas na região nas décadas anteriores. As usinas hidrelétricas em construção no rio Madeira – Santo Antônio e Jirau – serão usinas a fio d'água

962 fazendo uso de turbinas Bulbo, utilizadas em rios de baixa queda e grande volume de
 963 água. Todavia, essas centrais, por serem a fio d'água, tendem a ter um preço do MWh
 964 bem superior as com reservatório regulador. Essa é uma preocupação do CNI, pois o
 965 aumento do custo da energia implicará no aumento do custo do produto final e
 966 consequentemente queda da competitividade dos produtos brasileiros (CNI, 2010).

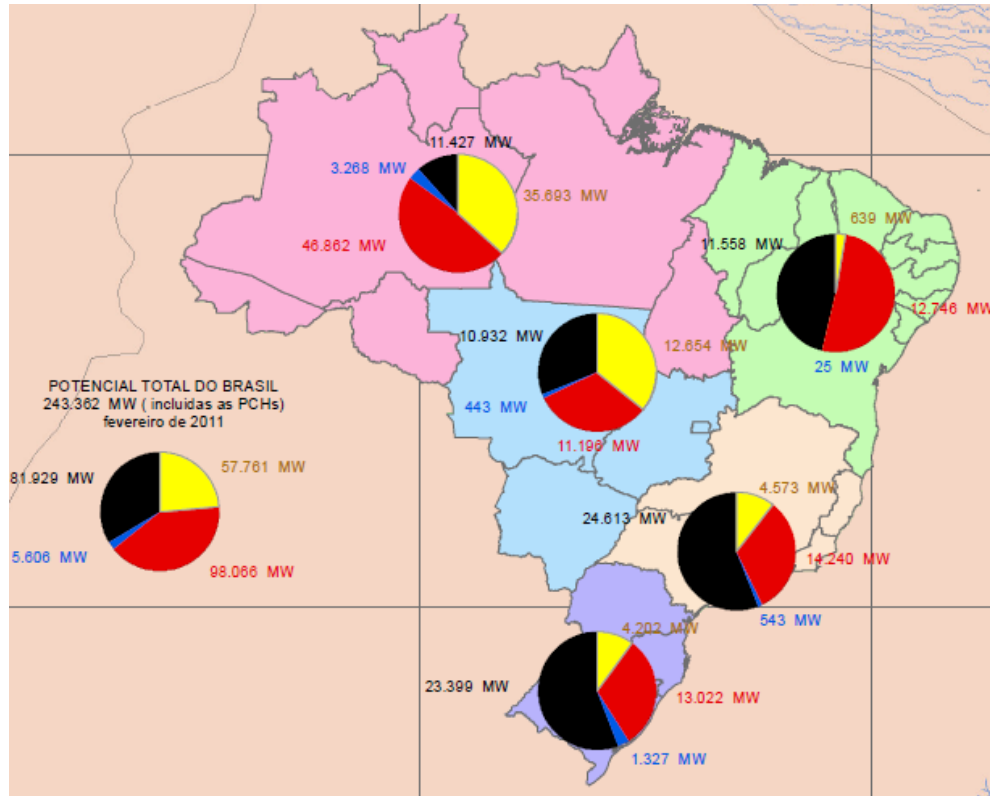


Figura 3.8 - Potencial Hidráulico Brasileiro por região

Fonte: ELETROBRAS, 2011.

967
 968
 969
 970

971 • Combustíveis Fósseis e Carbon Capture and Storage – CCS (Sklo)

972 Usinas Termoelétricas (UTES) convencionais a carvão emitem cerca de 900-1000
 973 gCO₂/kWh, enquanto UTES avançadas a carvão emitem entre 700 e 800 gCO₂/kWh e a
 974 gás natural (GN) operando em ciclo combinado emitem cerca de 370 gCO₂/kWh.

975 Alguns estudos têm se debruçado sobre a captura e seqüestro de carbono (CCS) de
 976 UTES a GN. Dificilmente, porém, os estudos enfatizam a introdução de sistemas de
 977 captura em UTES a GN operando em ciclo “aberto” (Brayton). Assim, são enfatizadas
 978 as alternativas de captura na pós-combustão e na oxi-combustão de UTES a GN em
 979 ciclo combinado.

980 A realidade da expansão do sistema elétrico mundial mostra um quadro pouco
 981 promissor para CCS em UTES a GN. De fato, como bem mostra o levantamento
 982 detalhado de IEA/NEA (2010), não se prevêem atualmente a construção de UTES a GN
 983 com CCS. De um lado, a própria UTE a GN (sem CCS), ao substituir plantas a carvão,
 984 per se, já representa uma redução de mais de 50% das emissões de carbono por MWh
 985 gerado. De outro, a UTE a GN apresenta custos variáveis relativamente elevados, o que
 986 pode afetar muito a economicidade desta planta, quando se lhe adiciona a unidade de
 987 captura – este fato é particularmente verdadeiro para as usinas que disputarão os futuros

988 leilões de expansão do sistema elétrico brasileiro. De fato, o custo do CO₂ evitado (em
 989 US\$/tCO₂) para as UTEs a GN que operam em ciclo combinado é maior do que aquele
 990 estimado para UTEs a carvão (RUBIN et al., 2007a). A principal explicação para este
 991 fato se deve à baixa concentração do CO₂ no gás de exaustão da turbina a gás (cerca de
 992 2 a 4% em volume e cerca de 1 bar de pressão). O atual estágio de desenvolvimento
 993 tecnológico da captura de carbono faz com que, neste caso, a absorção química seja a
 994 única opção comercialmente disponível (Blomenet al; 2009).

995 Ademais, UTEs a GN operando em ciclo aberto normalmente têm a função de atingir
 996 plena carga rapidamente, sendo usadas para atender a ponta do sistema ou mesmo para
 997 complementar usinas de geração variável. Neste caso, a adição de uma unidade de
 998 captura comprometerá o *ramp-up* da usina (sua tomada de carga). Este é exatamente o
 999 caso de UTEs a GN no Brasil que operam em ciclo Brayton.

1000 Existe a possibilidade de desenvolvimento de novos solventes químicos e mesmo de
 1001 processos diferentes de captura, como a adsorção química em estruturas covalentes
 1002 (Chaffee, et al., 2007), (Grande & Rodrigues, 2007), mas, atualmente tal possibilidade
 1003 ainda se encontra em estágio inicial de desenvolvimento, fazendo com que
 1004 mundialmente se considere a UTE a GN (sem captura) como uma alternativa de
 1005 mitigação da emissão de carbono da UTE a carvão que ela substitui.

1006 No caso brasileiro, tal fato não é necessariamente verdade: a UTE a GN provavelmente
 1007 não deverá substituir uma UTE a carvão. Contudo, para o Brasil, sendo a UTE a GN
 1008 complementar a fontes variáveis de geração de eletricidade, como hidroelétricas a fio
 1009 d'água e energia eólica, deve-se analisar com cuidado em que medida faz sentido
 1010 comprometer a flexibilidade operacional desta UTE a GN com unidades de captura à
 1011 jusante do bloco de potência.

1012 A questão da captura para UTEs a carvão é diferente. É notória a necessidade da
 1013 redução de emissões de CO₂ de térmicas a carvão, através do aumento da eficiência
 1014 termodinâmica dos ciclos a vapor e da adição de sistemas de captura de armazenamento
 1015 de carbono.

1016 O sequestro geológico demonstra ser a opção de menor custo e maior escala no curto
 1017 prazo, inclusive para o sistema energético brasileiro, pois, ainda que algumas
 1018 referências¹²envidem esforços em analisar a possibilidade do seqüestro químico do CO₂,
 1019 a etapa de captura de carbono compreende acima de 70% dos custos totais do sistema
 1020 CCS para térmicas a carvão.

1021 A capacidade instalada atualmente no Brasil em UTE a carvão é 1.944 MW, em 10
 1022 plantas que representam 1,6% da capacidade total instalada no país (ANEEL, 2011).
 1023 Contudo, esta capacidade deverá ser ampliar já no curto prazo, diante de 3 plantas em
 1024 construção totalizando 1.440 MW, todas localizadas no Nordeste (Itaqui e Pecém I e II),
 1025 processando, sobretudo, carvão colombiano (ANEEL, 2011), e no médio prazo, diante
 1026 de 6 plantas em outorga, totalizando 3.364 MW, neste caso com destaque para duas
 1027 plantas no Sul do país processando carvão nacional (Candiota e Treviso) e uma no Rio
 1028 de Janeiro (Itaguaí), processando, sobretudo, carvão importado (ANEEL, 2011).
 1029 Ademais, a maior utilização do carvão nacional se esteia, em grande medida, na
 1030 existência de reservas de carvão, sobretudo, no sul do país. BP (2011) estima as reservas
 1031 provadas (probabilidade de 90%) de carvão no Brasil em 4.559 milhões de toneladas,

¹² Medeiros et al (2008) e Moretz-Sohn (2009)

1032 localizadas principalmente no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Os dados do
 1033 DNPM (2006), a partir de uma abordagem determinista de reservas, por sua vez, são
 1034 diferentes, conforme é mostrado na Tabela 3.9.

1035 Devido à baixa qualidade do carvão nacional, as usinas termelétricas que utilizam
 1036 carvão nacional estão todas localizadas nas proximidades da mina, conforme
 1037 demonstrado na Tabela 3.10. A baixa qualidade do carvão afeta não apenas a sua
 1038 queima, como também as opções de captura de carbono.

1039 **Tabela 3.6 - Reservas de Carvão no Brasil em 2005**

1040

Estado	Reservas (10 ³ t)			
	Medida	Indicada	Inferida	Lavrável
Maranhão	1.092	1.728	-	1.092
Paraná	4,184	212	-	3.509
Rio Grande do Sul	5.255.915	10.098.475	6.317.050	5.376.789
Santa Catarina	1.354.211	593.216	217.069	1.212.340
São Paulo	2.050	1.111	1.263	2.050
Total	6.617.453	10.694.744	6.535.382	6.595.781

1041 Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2006

1042

1043

1044 Uma alternativa de melhoria da queima de carvões de baixa qualidade como o brasileiro
 1045 (alto teor de cinzas), que levaria a uma pequena redução das emissões de carbono seria a
 1046 combustão em leito fluidizado. Contudo, o porte típico de plantas de leito fluidizado é
 1047 de 150 a 300 MW. Plantas de maior porte se encontram em fase (Hoffmann et al., 2012)
 1048 de demonstração. Outra opção seria o aumento da criticalidade do ciclo a vapor. Por
 1049 exemplo, os principais resultados obtidos por Rochedo e Szklo (2012) indicaram que, se
 1050 o objetivo for a redução das emissões de CO₂ em até 10% do total emitido na planta de
 1051 referência, a “captura virtual”, ou seja, redução de emissões por aumento da condição de
 1052 criticalidade do vapor poderia ser uma alternativa mais custo-efetiva, se comparada a
 1053 instalações de captura de carbono. Neste caso, as componentes do ciclo a vapor
 1054 precisariam ser modificadas para poder resistir a pressões e temperaturas maiores.
 1055 Atualmente, uma série de plantas ultra super críticas que operam com pressões de 32
 1056 MPa e temperaturas até 600/610° C foi instalada na Europa, China e Japão.

1057 No caso de maiores taxas de captura de CO₂ (acima de 10%) em UTEs a carvão no
 1058 Brasil, Hoffmann et al (2011) demonstram a necessidade de instalação de sistemas
 1059 CCS. Neste caso, o impacto do sistema CCS sobre a economicidade das UTEs são
 1060 consideráveis: para plantas com taxa de captura de 90 % e fator de capacidade de 60%,
 1061 os custos nivelados¹³ (US\$/MWh) aumentaram em cerca de 70%, os custos de
 1062 investimento (US\$/kW) em cerca de 90% e o custo de abatimento ficou em torno de
 1063 70US\$/tCO₂. Em linhas gerais, o custo de capital das plantas operadas com carvão
 1064 colombiano se mostrou inferior ao custo de capital das plantas operadas com carvão

¹³ O custo nivelado considera a recuperação do investimento que é realizado no sistema energético, segundo uma taxa de desconto determinada e o tempo de operação atribuído ao sistema. Neste caso, o custo nivelado é definido como o custo unitário da energia que leva a que o valor descontado do empreendimento energético se anule conforme uma taxa de desconto e um tempo de vida útil.

1065 brasileiro. Contudo, plantas convencionais operando com carvão brasileiro apresentam
1066 o menor custo nivelado, o que se deve ao menor preço-relativo do carvão nacional.

1067

1068

1069

Tabela 3.7 - : Características gerais dos carvões brasileiros

UF	Jazida	Poder Calorífico (kcal/kg)	Carbono (% m/m)	Cinzas (% m/m)	Enxofre (% m/m)
PR	Cambuí	4.850	30,0	45,0	6,0
	Sapopema	4.900	30,5	43,5	7,8
SC	Barro Branco	2.700	21,4	62,1	4,3
	Bonito	2.800	26,5	58,3	4,7
RS	Candiota	3.200	23,3	52,5	1,6
	Santa Teresinha	3.800-4.300	28,0-30,0	41,0- 49,5	0,5-1,9
	Morungava/Chico Lomã	3.700-4.500	27,5-30,5	40,0- 49,0	0,6-2,0
	Charqueadas	2.950	24,3	54,0	1,3
	Leão	2.950	24,1	56,6	1,3
	Iruí	3.200	23,1	52,0	2,5
	Capané	3.100	29,5	52,0	0,8

Fonte: Ministério de Minas e Energia (MME), 2009

1070

1071

1072

1073 Quanto à questão do armazenamento do carbono capturado na UTE a carvão no Brasil,
1074 o potencial de armazenamento é de 2000 Gt para aquíferos salinos, 200 Gt para jazidas
1075 de carvão e cerca de 2500 MtCO₂ para campos de produção de petróleo (Kettzer et al.,
1076 2007), (Rockett et al., 2011) e gás. Em particular as bacias de Recôncavo, Santos,
1077 Campos e Solimões, representam um bom potencial na estocagem de CO₂ em campos
1078 de petróleo/gás e aquíferos salinos. Para a bacia do Paraná, o CO₂ seria armazenado em
1079 camadas de carvão e ou aquíferos salinos.

1080

- Energia Nuclear

1081 O PNE 2030 indica uma potencialidade significativa de utilização da energia nuclear no
1082 final do horizonte, com hipóteses de trabalho do valor das reservas medidas e indicadas
1083 variando de um custo de exploração inferior a US\$ 40/kgU₃O₈ até um custo superior a
1084 US\$ 80/kgU₃O₈. O potencial poderia chegar a 33 GW, conforme demonstrado na
1085 Tabela 3.11. Já os Planos Decenais nos horizontes de 2019 e 2020 trabalham apenas
1086 com a incorporação de Angra 3 que totaliza 1.405 MW.

1087

Tabela 3.8 - - Brasil: Potencial de Geração de Energia Nuclear em 2030

Cenário	Volume de Reservas	Potencial Total	Potencial de Novas Usinas	
	t U ₃ O ₈	MW	MW	Unidades
1	66.200	7.800	4.500	4
2	177.500	20.800	17.500	17
3	309.370	36.400	33.000	33

Fonte: Plano Nacional de Energia (PNE 2030) – EPE (2007)

1088

1089

1090 *Observações: 1) os valores do potencial estão arredondados; 2) o potencial de novas*
 1091 *usinas inclui Angra 1 e 2, em operação, e Angra 3.*

- 1092 • Energia Renovável (exceto grandes hidrelétricas)
- 1093 ○ Biomassa

1094 Segundo dados do PNE 2030 a disponibilidade de terras adicionais para cultivo de
 1095 novas culturas no País é da ordem de 90 milhões de hectares, ou seja, quase 11% da
 1096 área total do território brasileiro, o que abre espaço para a expansão de culturas
 1097 energéticas, incluindo a cana-de-açúcar, cujos resíduos (bagaço e palha) são muito
 1098 importantes para a geração de energia elétrica, e outras culturas, como o capim elefante,
 1099 que já foi utilizado em leilões para entrega futura, ou florestas energéticas.

1100 Ainda segundo o PNE 2030, o conteúdo energético do resíduo produzido em 2007 foi
 1101 da ordem de 4,2 milhões bep/dia, sendo que em parte esse potencial é atualmente
 1102 aproveitado, especialmente o bagaço da cana-de-açúcar e a lixívia para produção de
 1103 energia elétrica, em geral na forma de autoprodução. No caso específico do bagaço,
 1104 avanços tecnológicos aumentaram a perspectiva de maior eficiência de seu uso e o
 1105 aproveitamento da palha na geração de eletricidade, ainda que uma parte do bagaço
 1106 possa ser usada para a produção de etanol celulósico, caracterizando a possibilidade de
 1107 disputa do mesmo insumo para a produção de etanol e de eletricidade.

1108 Segundo a ANEEL (2012), a potência instalada em 2011 no País para produção de
 1109 energia elétrica a partir da biomassa é 8,3 GW, distribuída em 413 usinas, sendo o
 1110 bagaço responsável por 80% da capacidade instalada, em 336 usinas. Outras fontes são:
 1111 licor negro (15%) – subproduto da produção da celulose nas indústrias de celulose e
 1112 integradas (papel e celulose), resíduos de madeira (4%), além de carvão vegetal, casca
 1113 de arroz, biogás, principalmente de aterros sanitários, capim elefante e óleo de palma,
 1114 com participações inferiores a 1%. Outros 3,3 GW encontram-se em construção ou
 1115 outorgados, sempre com o bagaço representando mais de 80% e um crescente destaque
 1116 para o licor negro, resíduos de madeira e capim elefante.

1117 O PNE 2030 estima que a produção de energia elétrica a partir de biomassa possa
 1118 chegar a 8,1 TWh/ano. A mesma fonte avalia que com o uso de tecnologias mais
 1119 modernas poder-se-ia atingir uma produção três vezes maior, de até 24,3 TWh/ano.
 1120 Também, a recuperação de parte da palha, visando à utilização como biomassa para fins
 1121 energéticos, permitiria elevar a produção de eletricidade em cerca de 40%. Assim, nas
 1122 condições de safra de cana-de-açúcar e para as tecnologias descritas pelo PNE 2030, em
 1123 2005, a geração de eletricidade poderia atingir entre 11,3 e 34,0 TWh/ano.

1124 Segundo dados do PDE 2019, o potencial de utilização do bagaço atingiria o valor de
 1125 10.174 MW_{med} em 2019. O total até então comercializado nos leilões do PROINFA e de
 1126 Energia de Reserva supera em pouco 1.500MW_{med}, o que garante um grande volume a
 1127 ser explorado em leilões futuros e no Ambiente de Comercialização Livre – ACL. A
 1128 este potencial pode-se adicionar o potencial de utilização da palha e ponta estimado
 1129 entre 8,9 GW_{med} até 14,1 GW_{med} ao final período decenal, levando em conta uma taxa
 1130 de aproveitamento entre 500 e ponta e 787,5 kWh/tonelada de palha e ponta.

1131 Outra importante fonte de biomassa para geração de energia elétrica são os resíduos
 1132 urbanos, que segundo dados do PNE 2030, somarão um potencial no final deste
 1133 horizonte entre 1.230 a 8.440 MW, dependendo da tecnologia utilizada. A mesma varia
 1134 desde a digestão anaeróbica (1230 MW – limite inferior) até ciclo combinado otimizado

1135 (8440 MW – limite superior), passando pelas alternativas de aproveitamento através de
1136 biogás de aterros (2.600 MW) e incineração (5.280 MW). No que se refere à
1137 silvicultura, o Atlas de Bioenergia, estudo desenvolvido pelo Centro Nacional de
1138 Referência em Biomassa –CENBIO (2012) mostra que o potencial brasileiro de geração
1139 de energia elétrica por meio de resíduos deve estar entre 1.434 MW a 2.867 MW,
1140 dependendo da tecnologia considerada.

1141 Finalmente, outra matéria-prima que vem sendo utilizada com viabilidade econômica,
1142 tendo já projetos contabilizados no leilão de reserva e habilitados para futuros leilões é o
1143 capim elefante (ANEEL, 2012), cujo potencial está ligado à viabilidade da sua
1144 utilização em áreas agriculturáveis e degradadas. No entanto, não se tem notícia de
1145 resultados concretos sendo alcançados.

1146 Estudo realizado pelo CGEE (2001) analisa as principais oportunidades no Brasil no
1147 uso de resíduos para a geração de energia nos setores: sucroalcooleiro, celulose e papel,
1148 grãos e na indústria da madeira. Resíduos agrícolas, excetuados os da cana-de-açúcar,
1149 representam uma disponibilidade energética da ordem de 37,5 milhões de TEP anuais,
1150 equivalentes a 747 mil barris diários de petróleo, praticamente não aproveitada.

1151 A Comissão Especial de Bioenergia do Estado de São Paulo (GOLDEMBERG et. al.,
1152 2008) realizou uma avaliação do potencial de expansão de geração de energia elétrica a
1153 partir de biomassa no Estado de São Paulo, baseado na expectativa de aumento de
1154 moagem de cana e na disponibilidade de palha para a geração, supondo diferentes
1155 tecnologias de conversão. Foram também avaliados os potenciais de geração de energia
1156 elétrica a partir de biogás e de biomassa florestal.

1157 Relatório CONAB (2011) sobre a geração termoelétrica a partir do bagaço, baseado no
1158 desempenho da safra 2009-2010 compara a geração elétrica de todas as fontes
1159 energéticas brasileiras no ano de 2009 e a geração elétrica, atual e potencial, com a
1160 queima do bagaço no período da safra e produz uma fotografia ampliada da situação da
1161 geração termoelétrica com a queima do bagaço em todos os estados que têm atividade
1162 sucroalcooleira, além de fazer projeções para os próximos dez anos do comportamento
1163 dos mercados do açúcar e do álcool etílico.

1164 Em uma simulação da quantidade de energia que poderia estar sendo gerada caso todas
1165 as usinas dispusessem da melhor tecnologia em uso em unidades de porte equivalente, o
1166 total de energia gerada passaria dos atuais 20 TWh para 39,95 TWh, sendo que o
1167 autoconsumo varia pouco e chegaria a apenas 15,2 TWh, restando assim 24,7 TWh para
1168 serem comercializados, ante os 7,5 TWh realizados. Esta baixa capacidade é reflexo da
1169 falta de investimento na reforma dos equipamentos de geração.

1170 Os autores ainda estabeleceram cenários referentes aos potenciais de geração para a
1171 próxima década, considerando a produção de 1,04 bilhões de toneladas de cana-de-
1172 açúcar, projetou-se um cenário conservador, onde toda a energia seria produzida em
1173 sistemas equivalentes ao em uso atualmente, um cenário intermediário no qual apenas o
1174 bagaço adicional seria utilizado em tecnologias eficientes e um cenário otimista que
1175 considera toda a geração baseada em sistemas eficientes. Assim, o potencial de geração
1176 de energia varia de 34,46 TWh a 68,73 TWh, sendo o excedente disponível para venda
1177 variável de 12,92 TWh a 42,57 TWh.

1178 No entanto, estes cenários podem ou não se concretizar, haja vista que houve queda de
1179 produção na última safra, o que pode levar a um comportamento diferente. Este fato é

1180 recente e é necessário aguardar a evolução das próximas safras para verificar se é um
1181 fator estrutural ou momentâneo.

1182 O ICLEI (2011) analisou as alternativas para aproveitamento de biogás gerado em
1183 aterros, inclusive a geração de energia elétrica e térmica. Várias outras referências
1184 incluem CETESB & SMA (2006) que estima a geração de energia com biogás e a
1185 produção de energia elétrica a partir do biogás proveniente do tratamento de esgoto;
1186 Abreu (2011) que produz uma análise de viabilidade técnica e econômica do seu
1187 aproveitamento energético. Já Salomon (2007) analisa o potencial energético do biogás
1188 no Brasil por diferentes fontes e produz uma modelagem da produção de biogás e
1189 geração de eletricidade.

1190 Além da biomassa sólida, é possível a utilização de óleos vegetais *in natura* em motores
1191 (Coelho et. al., 2005). Tal tecnologia ainda encontra-se em estágio de demonstração,
1192 entretanto pode ser uma alternativa energética, especialmente para comunidades
1193 isoladas. Não há no país comercialização de óleo vegetal *in natura*.

1194 No que diz respeito às tecnologias de aproveitamento da biomassa, a evolução do setor
1195 de biomassa em termos de eficiência energética tem sido lenta e vem ocorrendo aos
1196 poucos, especialmente no setor de açúcar e álcool. A partir da década de 90 passou-se a
1197 adotar caldeiras de alta pressão, que além de mais eficientes, emitem menos poluentes
1198 atmosféricos. Por sua vez, o setor de papel e celulose já emprega tecnologias mais
1199 modernas, como caldeiras de leito fluidizado. Vale ressaltar que ambos os setores
1200 utilizam tecnologia nacional.

1201 ○ Eólica

1202 A energia eólica no Brasil teve um significativo crescimento a partir de 2002 com a
1203 criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica –
1204 PROINFA através da Lei nº 10.438 de 26 de Abril de 2002. Até então com
1205 aproximadamente 30 MW de projetos eólicos instalados, o PROINFA possibilitou a
1206 contratação de 1.420 MW em projetos eólicos dos quais mais de 1 GW encontrava-se
1207 instalado e em operação em 2011 (ANEEL, 2011).

1208 Com a mudança do modelo do setor elétrico implementado em 2004 através da Lei nº
1209 10.848/2004, o sistema de contratação de novos empreendimentos de geração de
1210 energia elétrica passou a ser realizado através de leilões de energia como o meio mais
1211 eficaz para se garantir a modicidade tarifária (um dos três pilares do novo modelo). A
1212 partir de então, as fontes alternativas renováveis que participaram do PROINFA (PCH,
1213 Biomassa e Eólica) deveriam, competir – todas as fontes juntas no mesmo certame -
1214 pela menor tarifa em leilões específicos. Os oito leilões para fontes alternativas
1215 realizados no período de 2005 até 2008 não tiveram a participação da fonte eólica
1216 principalmente pela participação de todas as fontes alternativas em um mesmo certame.
1217 Durante este período houve um forte debate sobre formas mais efetivas da participação
1218 da energia eólica nos leilões que viabilizou a realização do primeiro Leilão de Energia
1219 de Reserva exclusivamente para fonte eólica em 2009, dois leilões em 2010 na
1220 modalidade de Energia de Reserva e Fontes Alternativas e dois novos leilões em 2011
1221 na modalidade de Energia Nova e Energia de Reserva. Os resultados dos leilões
1222 realizados em 2009, 2010 e 2011 possibilitaram a contratação de 6.759 MW de 258
1223 projetos eólicos (EPE, 2010a, 2011) e também tarifas competitivas cuja média foram de
1224 R\$ 148,39/MWh (2009), R\$ 130,86/MWh (2010) e R\$ 101,45/MWh (2011). Estes

1225 valores levam o preço da energia eólica no Brasil a patamares inferiores à média
1226 internacional reportada em relatórios como IPCC 2011 e REN21 2011.

1227 Com resultados tão expressivos dos leilões, a energia eólica passou a ter uma
1228 perspectiva mais significativa na participação do mix de geração de energia elétrica. O
1229 PDE2019 aponta uma participação da energia eólica em 6.041 MW até o final de 2019
1230 representando 3,6% da matriz de geração. Com base nos últimos leilões e fortemente
1231 influenciado pelas perspectivas do mercado de curto prazo, a versão em consulta
1232 pública do PDE 2020 (MME/EPE, 2011) prevê um aproveitamento ainda maior da
1233 energia eólica nos próximos dez anos: 11.532 MW (6,7% da matriz).

1234 Sem dúvida alguma, o estado atual da energia eólica no Brasil e suas perspectivas são
1235 influenciados, entre outros fatores, pelo potencial eólico de alta qualidade presente em
1236 várias partes do território nacional. Em sua primeira versão, o Atlas do Potencial Eólico
1237 Brasileiro (Cepel, 2001) apontou as melhores regiões para o desenvolvimento de
1238 parques eólicos além de calcular, com base nos aerogeradores disponíveis
1239 comercialmente (50m de altura) e outras premissas, que o potencial bruto de geração
1240 eólica era de 143 GW (CEPEL, 2001). A Figura 4 mostra este potencial desagregado
1241 por Região. Dada a grande importância da localização dos ventos e suas principais
1242 características, vários outros Estados patrocinaram a elaboração de seus próprios atlas
1243 utilizando o mesmo modelo para novas alturas e novos modelos de aerogeradores.

1244 O Atlas Eólico do Rio Grande do Sul elevou o potencial comercial do estado de 15,8
1245 GW, a 50m, para 115,2 GW, a 100 m, tendo referência um limiar de velocidade média
1246 de 7 m/s. Para o mesmo limiar de velocidade de vento e altura, o potencial eólico do
1247 estado de Alagoas é de 650 MW. Já o estado do Espírito Santo, adotando a mesma base
1248 chegou a um potencial de 1.143 MW. Em Minas Gerais, o potencial eólico a 100 m
1249 chega a 40 GW. No Rio Grande do Norte, o potencial a 100 m é de 27 GW, no Paraná
1250 este número ficaria na faixa de 3,4 GW e no Rio de Janeiro em 922 MW. Somando-se
1251 apenas estes seis estados que já apresentaram seus atlas a 100 m, chega-se a uma
1252 potência próxima de 190 GW (PEREIRA *et al*, 2010).

1253 Os projetos SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment) e SONDA
1254 (Sistema de Organização de Dados Ambientais) também disponibilizam dados de
1255 potencial eólico de alta confiabilidade integrados a uma ferramenta computacional
1256 capaz de cruzar diversas informações energéticas fornecendo assim, subsídios
1257 necessários para a tomada de decisões em vários níveis¹⁴.

1258

¹⁴O banco de dados eólicos está disponível no site do INPE: <http://sonda.ccst.inpe.br/>.

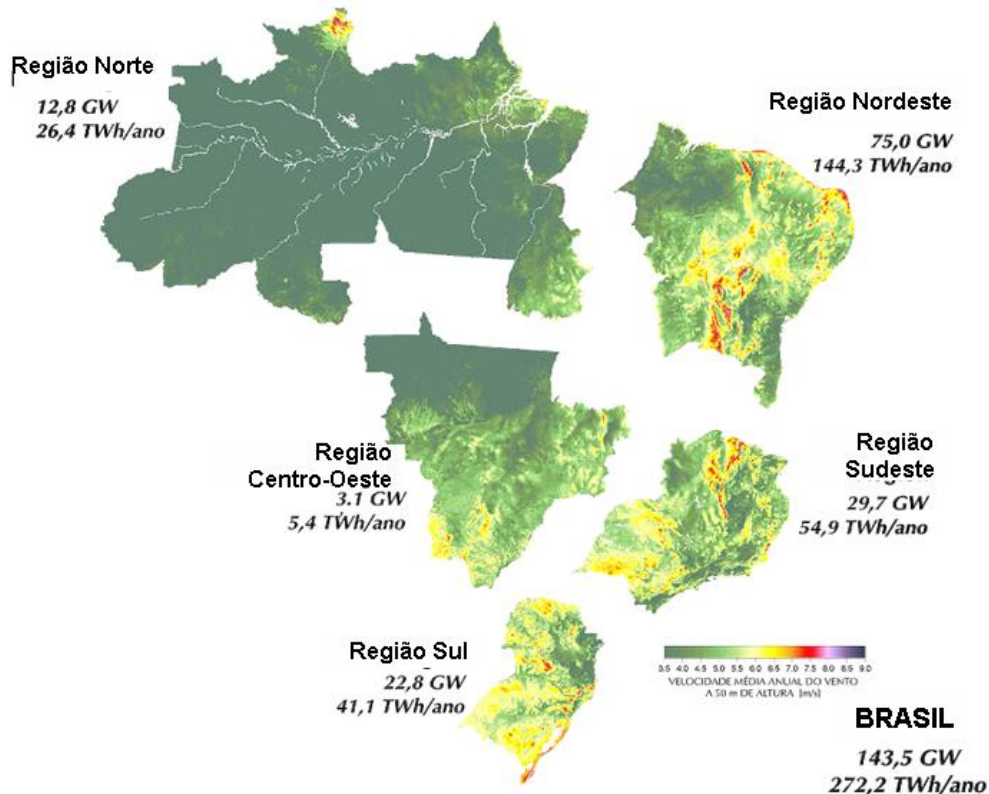


Figura3. 9 - Potencial Eólico Brasileiro.
Fonte: CEPEL, 2001

1259

1260

1261

1262

1263

- PV e CSP

1264

1265

1266

1267

1268

1269

1270

1271

1272

1273

A partir do atlas de irradiação solar do Brasil (Colle e Pereira, 1998) a energia solar global diária média anual sobre uma superfície horizontal é de: 5,5 kWh/m² na região Norte; 5,7 kWh/m² na região Nordeste; 5,6 kWh/m² na região Centro-Oeste; 5,5 kWh/m² na região Sudeste e 5,0 kWh/m² na região Sul. O recurso solar disponível no Brasil é considerável. Em média anualmente essa disponibilidade está entre 1.900 kWh/m² e 2.100 kWh/m² (Martins et al, 2007), mas segue sendo marginal a utilização da conversão direta da luz solar em eletricidade, seja através de da utilização de sistemas fotovoltaicos ou de sistemas solares de concentração. Um outro Atlas Solarimétrico foi produzido pela Universidade Federal de Pernambuco (Tiba *et al.*), com pequenas variações torno deste números.

1274

1275

1276

1277

1278

1279

1280

1281

1282

1283

1284

No Brasil a utilização de sistemas fotovoltaicos para eletrificação de domicílios isolados foi regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, Resolução Normativa N^o. 83 de 20 de setembro de 2004, “Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes”, SIGFI. A partir dessa Resolução as empresas de distribuição de eletricidade passaram a utilizar sistemas fotovoltaicos para cumprimento das metas de universalização. Neste contexto destaca-se a atuação da COELBA com mais de 20.000 domicílios atendidos com sistemas fotovoltaicos. Estima-se que a potência instalada em sistemas fotovoltaicos para eletrificação rural, no Brasil, esteja próxima a 30 MW. Estes sistemas, devido suas particularidades, operam com fator de capacidade anual entre 9 a 10%. Portanto, a partir dessas premissas, entre 23 a 26 GWh de eletricidade são produzidos por ano por estes sistemas.

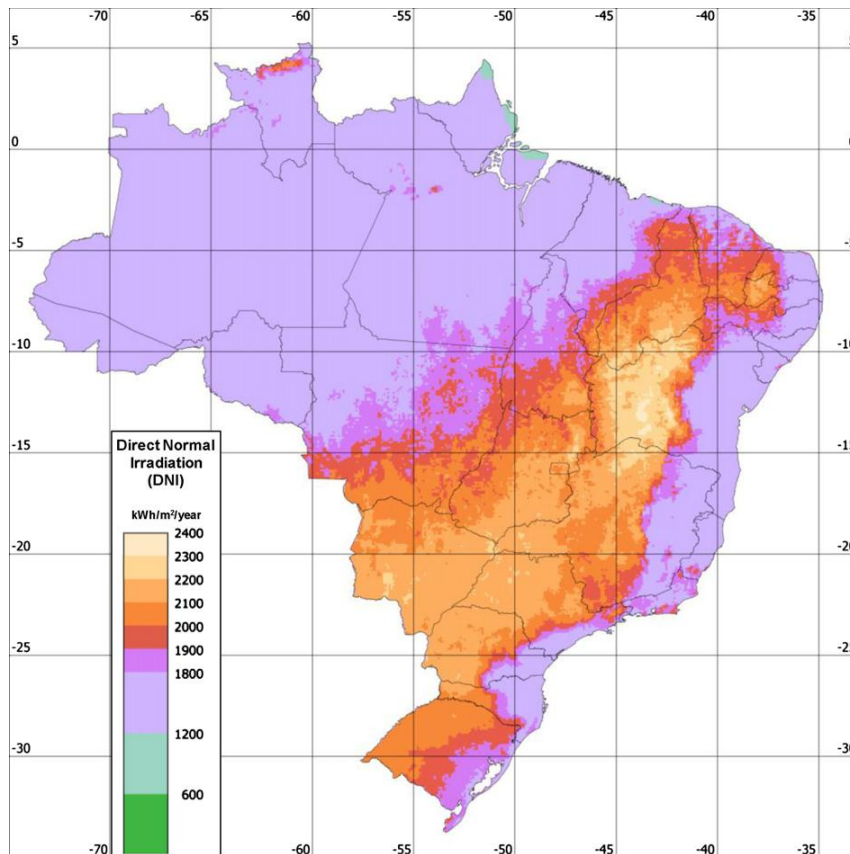
1285 Já no que diz respeito à geração distribuída com sistemas fotovoltaicos conectados à
1286 rede, o Brasil já tem alguma experiência com estes sistemas. Estas micro-usinas, de
1287 operação automática, que não requerem operadores e que não ocupam espaço extra por
1288 fazerem parte de prédios já existentes, contam, atualmente mais de 60 sistemas
1289 distribuídos que totalizam aproximadamente 400 kW de potência instalada. Deste total
1290 apenas 5 sistemas, totalizando 85 kW, estão oficialmente registrados e outorgados pela
1291 ANEEL.

1292 Estes sistemas de geração distribuída de eletricidade, dependendo da localização
1293 geográfica, podem operar com fatores de capacidade entre 13 a 17% e, em algumas
1294 situações, já há registro de sistemas operando competitivamente, com custos de geração
1295 em paridade com as tarifas da concessionária (Ordenes et al, 2007) (Rüther e Zilles,
1296 2011). Ainda no que tange a produção de eletricidade com sistemas fotovoltaicos
1297 destaca-se a recente implantação e início de operação da central solar fotovoltaica de 1
1298 MW no município de Tauá, Ceará; o Relatório do Grupo de Trabalho de Geração
1299 Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos – GT-GDSF “Estudo e propostas de utilização
1300 de geração fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas” (MME,
1301 2010), e a Resolução Normativa ANEEL No. 482/2012. O Relatório conclui que “a
1302 aplicação desses sistemas interligados à rede ainda está incipiente no Brasil e os custos e
1303 as implicações de um programa de larga escala é de fundamental importância a
1304 promoção de um projeto-piloto de pesquisa e desenvolvimento, com a instalação,
1305 operação e acompanhamento do desempenho desses sistemas conectados à rede em um
1306 conjunto de residências numa região escolhida e monitorada, permitindo uma análise
1307 sistemática das possíveis implicações”. Já a Nota Técnica apresentou os principais
1308 instrumentos regulatórios utilizados no Brasil e em outros países para incentivar a
1309 geração distribuída de pequeno porte, a partir de fontes renováveis de energia,
1310 conectada na rede de distribuição, assim como buscar contribuições para questões que o
1311 regulador deve enfrentar para reduzir as barreiras existentes. Esta iniciativa poderá
1312 estabelecer as condições de contorno necessárias para a implantação de geradores
1313 fotovoltaicos em telhados de consumidores de baixa tensão.

1314 No que diz respeito à geração de eletricidade com sistemas solares de concentração, sua
1315 utilização está restringida a algumas experiências piloto (Guimarães *et al.*, 2002) de
1316 centros de pesquisa associadas com projetos de P&D. O potencial de aproveitamento do
1317 recurso solar disponível no país, utilizando concentradores solares, depende da
1318 proporção da irradiação solar direta. Este potencial foi recentemente analisado por
1319 Viana et al (2011) sendo apresentado na Figura 3.10. É evidente que este potencial é
1320 significativamente mais elevado na região oeste do estado da Bahia, expandindo-se para
1321 regiões limítrofes.

1322 A utilização de concentradores solares para produção de eletricidade está ganhando
1323 espaço na matriz de alguns países (Vieira *et al.*, 2012a). No Brasil, destaca-se a
1324 iniciativa do Ministério de Ciência Tecnologia, MCT, e da Financiadora de (Vieira *et*
1325 *al.*, 2012b) Estudos e Projetos, FINEP, para implantação de uma planta piloto de
1326 geração Heliotérmica na região do semi-árido do Brasil. Esta deverá ocorrer nos
1327 próximos dois anos e possibilitará o estabelecimento, a partir da infraestrutura e dos
1328 recursos humanos formados, das bases para implantação centrais solares de
1329 concentração no país.

1330



1331

1332 **Figura 3.10 - - Mapa do total anual de Irradiação Direta Normal, em kWh/m2/ano, realizado com**
 1333 **dados derivados de satélite**

1334

Fonte: Viana, T. S., Ruther, R., et al., (2011)

1335

1336 ○ Pequenas Centrais Hidrelétricas PCH

1337 A Lei nº 9.648/1998 e a Resolução ANEEL nº. 394/1998 estabeleceram critérios
 1338 atuais para o enquadramento de empreendimentos hidrelétricos na condição de
 1339 Pequenas Centrais Hidrelétricas. Passaram a ser consideradas PCHs os aproveitamentos
 1340 hidrelétricos com as seguintes características:

- 1341 • Potência igual ou superior a 1,0 MW e igual ou inferior a 30,0 MW;
 1342 • Área total de reservatório igual ou inferior a 3,0 km²;
 1343 • Cota d'água associada à vazão de cheia com tempo de recorrência de 100 anos.

1344 Em 2003, a ANEEL através da Resolução 652 altera a área do reservatório. Caso o
 1345 limite de 3,0 km² seja excedido, o aproveitamento ainda será considerado com
 1346 características de PCH se forem atendidas pelo menos duas condições:

- 1347 a) Que atenda a inequação: $A \leq 14,3 \cdot P/H_b$, onde A[km²] é área máxima do
 1348 reservatório, P[MW] é a potência da central e H_b[m] é a queda bruta da central,
 1349 definido pelo nível máximo normal à montante do reservatório e a norma a
 1350 jusante, no canal de fuga.
 1351 b) Em reservatórios que comprovadamente, tiverem seus dimensionados baseados
 1352 em outros objetivos que não o de geração de energia elétrica.

1353 De acordo com a resolução da COP 7, da UNFCCC, estão inseridas no Mecanismo de
 1354 Desenvolvimento Limpo projetos de pequena escala para energias renováveis com
 1355 capacidade máxima até 15 MW ou equivalente, o que são grande parte dos casos das
 1356 PCHs.

1357 Segundo o PDE 2019, atualmente a participação das PCHs na matriz de energia elétrica
 1358 brasileira é em torno de 3,6% da capacidade instalada. Essa participação tende a crescer
 1359 para 4,1% até o final da década. Conforme mostrado na Tabela 3.12, o crescimento da
 1360 capacidade instalada das PCH, tomando-se com base o ano anterior, tem-se dado de
 1361 forma decrescente: 36,6% em 2009; 14,0% em 2010 e apenas 2,6% até o mês de maio
 1362 de 2011. Assim como a intensidade de crescimento das usinas em construção tem
 1363 diminuído a taxa de 21,04% em 2009; 21,8% em 2010 e 11,3% em 2011.

1364 A desaceleração do crescimento das PCHs tem-se dado por diferentes fatores, tais como
 1365 os aspectos regulatórios, de mercado e de procedimentos para obtenção do
 1366 licenciamento ambiental, que têm onerado e/ou inviabilizado muitos projetos de PCHs.
 1367 A falta de informação quanto aos reais impactos ambientais; a resistência da
 1368 comunidade quanto a “aceitar” a implantação da usina; as dificuldades face às leis
 1369 ambientais; as condicionantes que oneram o empreendimento acima do factível; os altos
 1370 custos para elaboração dos EIA/RIMA; o processo de licenciamento ambiental
 1371 demorado; aliado à demora do trâmite dos processos nos diferentes órgãos que
 1372 compõem os sistemas de licenciamento ambiental são alguns dos entraves que têm
 1373 onerado em muito o desenvolvimento de novos projetos, sendo que o atual crescimento
 1374 tem-se dado de forma vegetativa, devido aos projetos já elaborados e, por isso mesmo,
 1375 tende a decrescer.

1376 Por outro lado, o Brasil é capaz de produzir todos os equipamentos necessários para
 1377 uma central, podendo, inclusive, exportar equipamentos e serviços para os vizinhos.
 1378 Finalmente deve-se ressaltar que o inventário nacional ainda não pode ser considerado
 1379 completo na medida em que existem locais ainda não identificados para PCH na região
 1380 norte do País.

1381

1382 **Tabela 3.9- Capacidade das PCHs no período 2008 a 2011**

Situação		PCH							
		2008		2009		2010		2011	
		Qtd	MW	Qtd	MW	Qtd	MW	Qtd	MW
Em Operação		310	2.209	358	3.018	389	3.440	397	3.530
Em Construção		77	1.264	73	998	61	780	52	692
Autorização (outorgados)		161	2.396	145	2.067	147	2.048	152	2.076
Inventariado	Em processo de elaboração	169	-	470	1.042	505	669	1	10
	Em processo de aceite	20	560	52	560	30	-	0	0
	Em processo de análise	86	1.775	129	4.443	203	3768	40	625
	Complementação	-	-	-	-	-	-	4	85
	Disponíveis	484	2.649	396	8.738	493	9.071	13	75
Projeto Básico	Em processo de elaboração	-	-	-	-	-	-	181	1.072
	Em processo de Registro	215	1.421	1133	-	-	-	-	-
	Em processo de aceite	30	385	59	317	47	150	22	116
	Em processo de análise e complementação	282	3.525	343	1272	454	4754	467	3532

	Aprovado	-	-	-	-	-	-	75	616
TOTAL		1.834	16.184,00	3.158	22.455,72	2.329	24.680,00	1.404	12.429,00

Fonte:Tabela elaborada em função dos dados disponibilizados no Boletim de Informações de Geração - BIG (ANEEL/2011).

Acesso 02/05/2011. www.aneel.gov.br

1383

1384

- Conclusão

1385

1386

1387

1388

1389

1390

1391

1392

O potencial de recursos energéticos primários no País, como demonstrado nesta seção é gigantesco, e em muito fundado em fontes renováveis, particularmente a hidroeletricidade e a energia eólica. A primeira fonte poderia chegar a uma potência instalada entre 155 e 174 GW, segundo as diferentes referências citadas, enquanto a eólica teria um potencial aproveitável entre 143 a 190 GW. A biomassa centrada sobretudo no bagaço e nos resíduos urbanos, poderia contribuir, no cenário mais otimista, com quase 24 GW. A energia solar, apesar de ainda ser aplicável apenas em alguns nichos, tem um potencial ilimitado.

1393

1394

1395

1396

1397

1398

Entre as fontes não renováveis, o país tem reservas significativas de urânio, podendo chegar a 2030 com uma capacidade instalada de 36,4 GW, sem acrescentar emissões de gases de efeito estufa. Tem-se ainda gás natural, o menos emissor dos combustíveis fósseis, e reservas de carvão que apesar de não ser de melhor qualidade, quando acoplado à captura geológica, pode no longo prazo, também contribuir para uma matriz elétrica com baixos níveis de emissão de gases de efeito estufa.

1399

1400

3.2.2.2 Indústria de Energia Elétrica (G,T&D)

1401

Auto produção e cogeração

1402

1403

1404

De acordo com o PNE 2030, existem hoje, no Brasil, diversas formas de geração elétrica para consumo próprio que podem ser classificadas como autoprodução. Neste contexto, se ressaltam a cogeração e a geração distribuída.

1405

1406

1407

1408

1409

1410

1411

A cogeração tem seu mercado potencial constituído, essencialmente, em setores industriais, tais como papel e celulose, químico e petroquímico, siderurgia, açúcar e álcool, alimentos e bebidas, e têxtil. Há também processos de cogeração no setor de comércio e serviços, como, por exemplo, em *shopping centers*, aeroportos, hospitais, frigoríficos. A geração distribuída, conectada à rede ao nível da distribuição, tem grande potencial de crescimento e é tratada mais especificamente no item Transmissão, Distribuição e Armazenamento, a seguir.

1412

1413

1414

1415

De acordo com o PNE 2030 em 1990, a proporção de autoprodução no sistema elétrico brasileiro era de pouco mais de 6%, com perspectivas de crescimento à pouco mais que 9% da demanda total em 2030, no cenário para o qual se efetuou a prospecção do futuro.

1416

Transmissão, Distribuição e Armazenamento

1417

1418

1419

1420

1421

A área de suprimento de energia, além da geração, envolve o transporte das diferentes formas de energia aos locais onde a mesma pode ser convertida em serviços úteis (eletricidade, calor, etc.). Este sistema de transporte pode afetar a produção de gases do efeito estufa por diversos motivos, como, por exemplo, vazamentos ou perdas, que vão resultar na necessidade de maior produção de energia para atender ao mesmo consumo.

1422 Nos países onde predomina a utilização de combustíveis fósseis para geração de energia
1423 elétrica, isto se reflete de forma praticamente direta na emissão de gases do efeito
1424 estufa, como no caso dos sistemas isolados brasileiros, onde a geração é feita
1425 basicamente com óleo Diesel. Mas, no cômputo geral do sistema elétrico nacional o
1426 impacto não é tão significativo, devido à baixa participação dos sistemas isolados no
1427 consumo total.

1428 Do ponto de vista de emissões atmosféricas, são pequenos os impactos causados pelos
1429 sistemas de transmissão e distribuição de energia. Mas, mesmos estes apresentam
1430 potencial para redução dos gases do efeito estufa.

1431 No caso específico da energia elétrica no Brasil, tais sistemas incluem, basicamente:

1432 • Um grande sistema interligado, formado por longas linhas de transmissão de
1433 grande porte, que permitem o escoamento da eletricidade das grandes unidades
1434 de geração, em geral hidrelétricas, distantes dos centros de consumo e por linhas
1435 menores e com menor capacidade formando sistemas malhados mais próximos
1436 aos grandes centros consumidores.

1437 • Sistemas isolados de energia elétrica, com característica local, e que não estão
1438 conectados às redes interligadas.

1439 Com relação aos sistemas de transmissão, cumpre salientar que boa parte deles, devido
1440 ao envelhecimento dos equipamentos, à congestão da rede e a demandas extremas de
1441 carga de pico têm apresentado, ao longo do tempo, aumento das perdas e redução da
1442 confiabilidade, justificando ações de revitalização, assim como de modernização, para
1443 incorporar avanços tecnológicos. Uma incorporação de avanços tecnológicos, incluindo
1444 aqueles aplicáveis às redes e os disponíveis do lado do consumo, com objetivos
1445 principais de diminuir as perdas e aumentar a confiabilidade (disponibilidade e
1446 segurança), e também incorporar maior grau de tecnologia de informação e controles e
1447 integrar sistemas energéticos com baixas emissões. Isto deve resultar também em maior
1448 flexibilidade de controle de sistemas locais, melhor desempenho do sistema como um
1449 todo, melhor uso de recursos energéticos, principalmente dos renováveis.

1450 Neste contexto, existem diversas tecnologias e procedimentos operacionais que podem
1451 ser utilizados para os fins acima apresentados. No cenário tecnológico e operacional da
1452 transmissão e da distribuição, pode se distinguir tecnologias e procedimentos que, ou já
1453 se encontram inseridos tradicionalmente no setor elétrico (mas podem ser
1454 aperfeiçoados), ou estão disponíveis para aplicação imediata e em curto prazo, ou ainda
1455 em fase de aperfeiçoamento para aplicação comercial ainda um pouco distante no
1456 tempo.

1457 Neste conjunto, se ressaltam: políticas e programas de eficiência energética e combate
1458 ao desperdício pelo lado da oferta¹⁵; desenvolvimento adequado de interconexões
1459 elétricas; geração hidrelétrica com velocidade ajustável; sistemas energéticos
1460 descentralizados e geração distribuída; sistemas avançados de armazenamento, dentre
1461 outros. Todos apresentam diversas perspectivas favoráveis de uso para resolver os
1462 problemas citados, principalmente quando utilizando os grandes avanços da tecnologia
1463 de informação (TI) e da automação.

¹⁵ As políticas e programas de eficiência pelo lado da demanda serão tratadas no capítulo sobre construções

1464 ***Políticas e programas de eficiência energética e combate ao desperdício***

1465 São políticas e programas de incentivo à eficiência energética e combate ao desperdício
 1466 de energia enfocando toda a cadeia da eletricidade, geração, transmissão e distribuição.
 1467 Nesta parte da cadeia predominam as ações e avanços tecnológicos. A se destacar, um
 1468 problema de grandes dimensões e difícil solução, para solução do qual, muitas ações
 1469 tem sido tentadas, com diferentes graus de sucesso: as perdas comerciais, associadas à
 1470 retirada clandestina da energia das redes.

1471 ***Interconexões Elétricas***

1472 Interconexões elétricas representam um meio eficiente de melhorar o desempenho de
 1473 sistemas de geração renovável uma vez que permitem uma operação integrada
 1474 objetivando o melhor uso dos recursos disponíveis. O sistema elétrico interconectado
 1475 tem sido a razão do bom desempenho do sistema de potências no Brasil. Suas linhas de
 1476 grande comprimento e os sistemas malhados interligam usinas hidrelétricas das diversas
 1477 bacias hidrográficas do país, algumas apresentando sensíveis diferenças de
 1478 comportamento sazonal, e permitem o melhor uso energético da água. Nesses casos, as
 1479 interconexões podem ser consideradas uma espécie de “vias de água”, por permitirem
 1480 operação dos reservatórios de maneira integrada. A determinação do cronograma de
 1481 operação não é tarefa simples e demanda uma complexa análise que implica diversos
 1482 cálculos, estudos, simulações e também a participação de todas as empresas envolvidas
 1483 na geração e transmissão. No sistema interligado brasileiro isto é gerenciado pelo ONS.

1484 ***Geração hidrelétrica com velocidade ajustável***

1485 As tecnologias que permitem o desenvolvimento de hidrelétricas capazes de operar com
 1486 rotação ajustável são promissoras para aplicação em situações específicas. Esse tipo de
 1487 geração baseia-se no uso de equipamentos eletrônicos pertencentes à família dos
 1488 FACTS (“Flexible AC Transmission Systems” – Sistemas Flexíveis de Transmissão de
 1489 Corrente Alternada) (Hingorani, 1988) que, neste caso, permitem o desacoplamento
 1490 entre a velocidade do sistema de geração e a frequência do sistema elétrico,
 1491 proporcionando às turbinas operarem em velocidades diferentes. Duas tecnologias são
 1492 disponíveis: a de conexão unitária em CCAT (Corrente Contínua em Alta Tensão) e a
 1493 de ciclo – conversores.

1494 Essas tecnologias permitem o ajuste da velocidade das turbinas de acordo com as
 1495 situações de vazão e da altura útil da usina, possibilitando a operação do conjunto no
 1496 seu ponto ótimo de eficiência. Estudos de simulação no Brasil (Reis, 2011)
 1497 demonstraram a possibilidade de ganhos consideráveis, tanto maiores quanto mais altas
 1498 forem as variações da altura útil durante a operação das usinas. Nestes estudos,
 1499 avaliações efetuadas para transmissão de grandes blocos de energia da Bacia
 1500 Amazônica para longas distâncias demonstraram que, associado à alternativa de
 1501 transmissão CCAT, o uso da conexão unitária pode resultar em reduções entre 25 e 30%
 1502 nos custos da estação retificadora e em ganhos energéticos em torno de 0,4% em cada
 1503 ano.

1504 ***Sistemas energéticos descentralizados e geração distribuída***

1505 Sistemas de energia descentralizada ou (distribuída), próximos aos consumidores, são
 1506 usualmente formados por instalações de pequeno ou médio porte voltadas a fornecer
 1507 serviços energéticos múltiplos. Tais sistemas apresentam algumas vantagens
 1508 importantes: redução de custos de transmissão; maior rapidez de implantação; redução
 1509 das perdas totais da rede; garantia de maior confiabilidade em áreas industriais e
 1510 sistemas de gerenciamento de dados e uso da tecnologia de informação; vantagem de

1511 estarem mais próximos do local da demanda, no caso de sistemas de aquecimento e
1512 refrigeração, resultando na melhor utilização de geração a partir das fontes renováveis,
1513 eólicas, solares, biomassa.

1514 Há uma forte tendência de crescimento da aplicação dos sistemas de energia
1515 descentralizada, principalmente por meio da denominada geração distribuída, que se
1516 constitui em projetos de geração de pequeno porte, conectados de forma dispersa à rede
1517 elétrica, usualmente ao sistema de distribuição. Embora haja diversas tentativas de
1518 definição, em uma concepção mais ampla, geração distribuída refere-se à geração não
1519 despachada de forma centralizada, usualmente conectada aos sistemas de distribuição e
1520 menores que 50-100 MW.

1521 A geração distribuída é uma tendência associada a pequenos projetos de geração e co-
1522 geração. Os motores a gás, as pequenas turbinas a gás, mini turbinas a gás, sistemas de
1523 ciclos combinados, células a combustível, sistemas eólicos, pequenas usinas
1524 hidrelétricas (assim como mini hidrelétricas), usinas solares fotovoltaicas, sistemas
1525 termo solares, utilização de diferentes combustíveis, motores Stirling estão se tornando
1526 cada vez mais competitivos para este tipo de geração (IPCC, 2007). Como a geração
1527 estará conectada com um sistema de distribuição já existente, podem-se conduzir
1528 análises de planejamento integrado local e centralizado, de modo que melhore o
1529 desempenho do sistema como um todo (Ault, Macdonald, 2000). Além do mesmo poder
1530 também constituir um sistema de “back-up” para distúrbios na rede como um todo.

1531 Na integração dessa geração aos sistemas de distribuição, a utilização de novas
1532 tecnologias de automação e controle, associadas à utilização das características cada vez
1533 mais avançadas e abrangentes da TI (tecnologia da Informação), dentro dos conceitos da
1534 denominada rede inteligente (SMART GRID)¹⁶ (Fox-Penner, 2010; DOE, 2010), resulta
1535 em melhorias tanto na utilização de energia renovável quanto no sistema de
1536 distribuição. Esses benefícios significam menores investimentos de capital devido a:
1537 melhor uso das capacidades das linhas e/ou menores comprimentos das linhas de
1538 distribuição; menores custos de perdas pela redução das perdas no sistema; contribuição
1539 da geração local na melhoria da utilização da geração hidrelétrica centralizada;
1540 benefícios sociais e ambientais, geralmente associados a soluções energéticas locais.
1541

1542 Com relação às novas tecnologias de automação e controle citadas acima, é importante
1543 ressaltar o grande número de equipamentos da família FACTS (Reis, 2011 e Hingorani,
1544 1988), que usam a TI e a eletrônica do estado sólido para controlar fluxos de potência,
1545 níveis de tensão e potência, chavear redes, ajustar parâmetros, etc.

1546 Cabos supercondutores, sensores e controles de resposta rápida que podem reduzir os
1547 custos da eletricidade e as perdas nas linhas estão em desenvolvimento. O
1548 gerenciamento do sistema será aperfeiçoado pelo provimento de informação (Fox-
1549 Penner, 2010 e IPCC, 2007) avançada no desempenho da rede, incorporação de
1550 equipamentos às rotas de fluxo de corrente nas linhas; introdução de precificação em

¹⁶ A denominação Smart Grid (Rede Inteligente) se refere a uma rede de distribuição elétrica dotada de tecnologia computacional e comunicação digital de dois sentidos que permitem automação e aperfeiçoamento da monitoração e controle do sistema elétrico para permitir operação com menores custos e maiores confiabilidade e eficiência.

1551 tempo real e outras tecnologias do lado da demanda incluindo medidores inteligentes e
1552 melhor planejamento do sistema.

1553 *Sistemas de Armazenamento*

1554 Os métodos mais conhecidos para aumentar a utilização de energia renovável nos
1555 sistemas elétricos têm como conceito principal o emprego de sistemas de
1556 armazenamento para estocar a energia potencial de ser gerada a mais do que a carga
1557 momentânea, nas situações em que a disponibilidade do recurso energético excede sua
1558 necessidade, de forma que permita seu consumo futuro, naquelas situações nas quais a
1559 carga excede a capacidade de energia à disposição (Reis, 2011).

1560 Tecnologias baseadas na associação de equipamentos da eletrônica de potência (da
1561 família FACTS) com os mais diversos tipos de sistemas de armazenamento, também
1562 podem ser utilizadas para “suavizar” as características de carga (Reis, 2011 e
1563 Hingorani, 1988), permitindo melhor operação de todo o sistema elétrico e melhor
1564 utilização de energia. Esse tipo de sistema tem tido uma inserção acelerada nos sistemas
1565 de potência, e sua aplicação, quando associada com armazenamento de energia, permite
1566 visualizar um grande impacto no planejamento e na operação dos sistemas elétricos,
1567 uma vez que poderá possibilitar – com grande rapidez de resposta, sem inércia mecânica
1568 nem contribuição ao curto-circuito – a introdução, no lugar mais adequado, de um
1569 sistema armazenador e fornecedor de energia elétrica. Modificações nos critérios de
1570 planejamento e operação, assim como desenvolvimento de modelos para estudos já se
1571 encontram em andamento para incorporar tais sistemas (CIGRÉ, 2000).

1572 Sistemas de armazenamento de energia avançados incluem sistemas mecânicos
1573 (inércias, sistemas pneumáticos), eletroquímicos (baterias avançadas, células a
1574 combustível reversíveis, hidrogênio), puramente elétricos ou magnéticos (super e ultra
1575 capacitores, sistemas de armazenamento magnético supercondutores, os SMES –
1576 *Superconducting Magnetic Energy Storage*), armazenamento hidráulico por bombas,
1577 térmicos (calor) e ar comprimido. No geral, a instalação de algum destes sistemas de
1578 armazenamento necessariamente diminui a eficiência total do sistema, e suas eficiências
1579 estão na faixa de 60% para água reversíveis até mais que 90% para inércias e super
1580 capacitores (IPCC, 2007). Há ainda outros sistemas de armazenamento, utilizando
1581 vanádio, sob avaliação, mas apresentam baixa densidade energética e altos custos.

1582 Com base nas características das tecnologias e procedimentos operacionais enfocados é
1583 possível sintetizar o seguinte cenário de ações para diminuição da emissão de gases do
1584 efeito estufa, por meio de redução de perdas, melhor utilização dos recursos renováveis
1585 e aperfeiçoamento da transmissão e distribuição.

1586 Para o grande sistema interligado, todas as tecnologias e procedimentos enfocados serão
1587 aplicáveis, em situações localizadas e específicas, devendo-se privilegiar formas de
1588 planejamento e gestão integradas que harmonizem o desempenho de um grande núcleo
1589 centralizado com os diversos sistemas energéticos descentralizados de menor porte. Os
1590 futuros sistemas de infra-estrutura e controle certamente se tornarão mais complexos
1591 para poder gerenciar cargas maiores e mais variáveis; reconhecer e despachar fontes
1592 geradoras em pequena escala; e permitir a integração de fontes descentralizadas e
1593 intermitentes sem reduzir o desempenho do sistema, no que se relaciona com maior
1594 fluxo de carga, oscilações de frequência e qualidade de tensão. As demandas dos
1595 sistemas futuros podem ser significativamente menores do que o estimado através do
1596 aumento do uso da geração distribuída. As tecnologias e procedimentos avançados e
1597 outros que forem surgindo deverão ser efetivamente considerados na determinação e

1598 desenvolvimento dos novos componentes (de transmissão e distribuição) que forem
1599 agregados ao longo do tempo.

1600 Para os sistemas isolados de energia elétrica, deverão ser aplicadas de forma mais
1601 imediata, as tecnologias e procedimentos operativos enfocados relacionados com
1602 eficiência energética, energia descentralizada, geração distribuída e armazenamento
1603 (Reis, 2011). Sempre com ênfase à utilização de recursos energéticos locais, uma vez
1604 que nestes sistemas, os sistemas de transmissão e distribuição serão desenvolvidos com
1605 orientação ao melhor desempenho destas fontes, que impactarão diretamente a geração a
1606 Diesel e, portanto, a emissão de gases do efeito estufa deste combustível. Sistemas poli
1607 geradores formando mini-redes e implantação de hidrelétricas de porte reduzido (mini e
1608 micro) operando à rotação ajustável deverão ser efetivamente considerados (Reis,
1609 2011). É importante considerar que no horizonte de 2013, está prevista a interligação de
1610 uma significativa parte dos sistemas isolados, incluindo grandes cidades na margem
1611 esquerda do Rio Amazonas, Macapá e Manaus (PDE, 2011).

1612 Finalmente é importante salientar que, neste cenário, especial atenção deve ser sempre
1613 dada à adaptação e evolução do arcabouço regulatório necessário para embasar e
1614 incentivar as ações necessárias. Neste sentido, é importante colocar foco especial na
1615 modicidade tarifária: novas tecnologias, em geral, apresentam de início custos maiores,
1616 mas, por outro lado, no quadro atual, é possível se identificar diversas possibilidades de
1617 redução tarifária. Uma avaliação correta de todos estes aspectos influenciará, não só a
1618 viabilidade de introdução das transformações necessárias, como também a velocidade
1619 segundo a qual as mesmas poderão ser implantadas.

1620 *Eficiência Energética pelo lado da Oferta*

1621 As perdas atuais do setor elétrico nacional no que se refere aos serviços de transmissão
1622 e distribuição são da ordem de 16%, segundo o PDE 2020. Esse valor inclui também as
1623 perdas comerciais (furto e fraudes), que variam significativamente entre as diversas
1624 regiões do país, sendo maiores nas regiões Norte e Nordeste. A expectativa é reduzir
1625 para 15% em 2020 como média nacional.

1626 As estratégias para redução das perdas técnicas no sistema de oferta incluem as
1627 seguintes medidas (Marreco et al 2006; Volpi et al 2006):

- 1628 ✓ Repotenciação de usinas antigas;
- 1629 ✓ Contínuo aperfeiçoamento da operação do sistema elétrico, fazendo o despacho
1630 das termelétricas coordenado com o melhor aproveitamento possível dos
1631 reservatórios de hidrelétricas, reduzindo as vazões vertidas (desperdício);
- 1632 ✓ Redução de perdas na transmissão e distribuição de eletricidade utilizando novos
1633 materiais e tecnologias avançadas para transporte de energia a longa distância;
- 1634 ✓ Melhoria de eficiência nas usinas termelétricas: a maior parte das termelétricas
1635 em operação no país é de ciclo aberto, tecnologia mais barata, mas com
1636 eficiências de cerca de 35%. A substituição destas por outras de ciclo
1637 combinado, com eficiência de 60 a 65% poderia reduzir significativamente o
1638 desperdício na geração de eletricidade. Além disso, novas tecnologias de
1639 combustão poderão contribuir para melhoria da eficiência das novas
1640 termelétricas.

1641

1642 **Comércio Internacional**

1643 Na busca pelo desenvolvimento da integração energética dos países latino-americanos,
 1644 o governo brasileiro vem realizando acordos e empresas brasileiras vêm participando de
 1645 estudos com países das Américas Central e do Sul. A associação do Brasil a esses países
 1646 se verifica predominantemente com fontes que geram energia limpa e mais barata, como
 1647 é o caso das hidrelétricas.

1648 Atualmente os principais projetos associados ao comércio internacional de energia
 1649 elétrica do Brasil com os países vizinhos são: a conexão em HVDC Back-to-back com a
 1650 Argentina em Garabi (2.200 MW), a conexão em Boa Vista (Roraima) com o sistema da
 1651 usina de Guri, na Venezuela e, principalmente, a conexão com o Paraguai, em Itaipu,
 1652 correspondente às máquinas de 50 Hz da referida usina (7.000 MW).

1653 Segundo o PNE 2020, entre os projetos, destacam-se seis usinas hidrelétricas no Peru,
 1654 que totalizam aproximadamente 7 GW de capacidade instalada, sendo que a usina de
 1655 Inambari de 2 GW encontra-se em estágio mais avançado. Estes estudos indicam
 1656 possibilidade de exportação de energia excedente para o Brasil com a interligação dos
 1657 sistemas elétricos se dando no estado de Rondônia.

1658 No que se refere aos estudos com a Bolívia, existe a previsão de implantação da
 1659 hidrelétrica Cachoeira Esperança com 800 MW, que ficará em território boliviano, a
 1660 montante das usinas do rio Madeira. Com a Guiana, se estuda a pré-viabilidade de uma
 1661 usina com potência estimada em 1.500 MW. Estão sendo realizados, também, estudos
 1662 de inventário que apresentam um potencial de aproximadamente 8 GW (PNE2030/EPE,
 1663 2007). A energia produzida pelas hidrelétricas que venham a ser implantadas poderá ser
 1664 importada pelo Brasil, por meio de interligações no estado de Roraima. Entre o Brasil e
 1665 a Argentina existem estudos para viabilização de empreendimentos binacionais no rio
 1666 Uruguai, totalizando um montante de aproximadamente 2 GW.

1667 Tais projetos poderão ser viabilizados por meio de tratados internacionais e, à medida
 1668 que estes acordos se concretizem, os projetos poderão passar a incorporar os estudos de
 1669 planejamento da expansão da oferta do setor.

1670

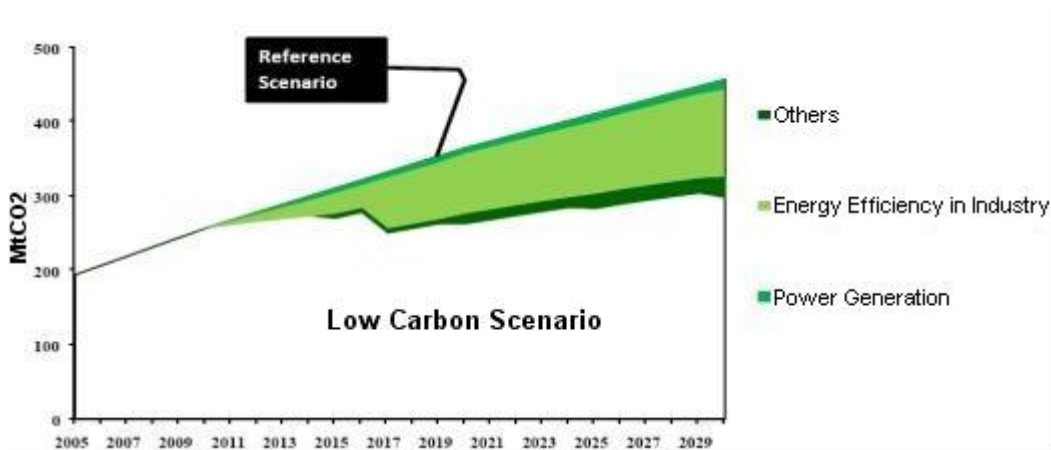
1671 **3.2.3 Potenciais e Custos da Mitigação**

1672 Esta seção tem como objetivo discutir os potenciais e os custos associados à mitigação
 1673 das emissões dos gases de efeito estufa (GEE) no setor energético brasileiro¹⁷, com
 1674 ênfase no setor elétrico, com base nas análises e resultados apresentados em estudos e
 1675 trabalhos recentemente publicados. A maior parte destes estudos se baseou no PNE
 1676 2030 e, portanto, cobrem o período entre 2005 e 2030. Serão excluídas as emissões
 1677 vinculadas ao segmento de transporte. Uma análise adicional, baseada em dados mais
 1678 recentes apresentados pelo PDE 2020, permite uma cenarização das emissões do setor
 1679 elétrico até 2020.

¹⁷O setor energético, de acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN), compreende as emissões geradas pela produção e uso de energia e calor nos seguintes subsetores: elétrico, setor energético propriamente dito, residencial, comercial, público, agropecuário, industrial, transportes, industrial e as emissões fugitivas. As emissões do subsetor elétrico referem-se apenas ao SIN (não incluem, portanto, os autoprodutores e os sistemas isolados). As emissões provenientes do consumo de coque de carvão mineral no setor siderúrgico passaram a ser contabilizadas no setor de processos industriais e não mais no setor energético, atendendo à recomendação do IPCC.

1680 3.2.3.1 Estimativa das emissões dos GEE do setor energético nacional

1681 As análises desenvolvidas por Gouvello (2010) mostraram, com base em dados
 1682 fornecidos pela Agência Internacional de Energia (2007), emissões de 329 MtCO₂ para
 1683 o setor energético nacional, em 2005, ou seja, 1,2% das emissões do setor energético
 1684 mundial, que totalizavam, naquele ano, 2,7 GtCO₂. Já adotando como linha de base as
 1685 emissões estimadas no Plano Nacional de Energia (PNE -2030) com base no cenário
 1686 intermediário B1, elaborado no âmbito dos estudos desenvolvidos no PNE 2030 e
 1687 priorizado para o estabelecimento das estratégias de expansão do sistema energético
 1688 nacional, excluindo-se o setor de transporte, as emissões estimadas na linha de base
 1689 para 2005 eram inferiores a 200 MtCO₂, conforme pode ser visto na Figura 3.11, no
 1690 qual o cenário de referência B1 é projetado até 2030.



1691 **Figura 3. 11 - Emissões: Cenário de Referência (B1) x Cenário de Baixo Carbono**
 1692 Fonte: Gouvello (2010)

1691
 1692
 1693
 1694

1695 No PNE 2030, cenários econômicos e energéticos para o país foram estabelecidos em
 1696 quatro trajetórias distintas, considerando as taxas anuais médias de crescimento do
 1697 Produto Interno Bruto (PIB), entre 2005 e 2030, conforme apontadas na Tabela 3.13.

1698

1699 **Tabela 3. 10 - Taxas Médias Anuais Crescimento do PIB**

1700

	Cenário A	Cenário B1	Cenário B2	Cenário C
PIB	5,1	4,1	3,2	2,2

1701 Fonte: EPE, 2007 - Plano Nacional de Energia (PNE 2030)

1702

1703 Aos cenários econômicos foram associadas quatro diferentes trajetórias de consumo
 1704 energético divididas em eletricidade e combustível. Na tabela 3.14 são apresentadas as
 1705 taxas de crescimento do consumo de energia e da eletricidade para os distintos cenários
 1706 de crescimento do PIB.

1707

1708 **Tabela 3.11 - Taxa anual média de crescimento da energia 2005-2030**

	Cenário A	Cenário B1	Cenário B2	Cenário C
Energia*	4,3	3,6	3,1	2,5
Energia Elétrica	5,1	4,1	3,9	3,5

* Exclusive consumo no setor energético e usos não energéticos

Fonte: EPE/2007 – Plano Nacional de Energia (PNE 2030)

1709
1710
1711

1712 Cabe ressaltar que as emissões projetadas no cenário B1 do PNE 2030 são inferiores
1713 àquelas projetadas pela IEA, por duas razões principais: primeiro, a estimativa realizada
1714 pelo PNE 2030 exclui as emissões associadas ao transporte, o que explica a maior
1715 parcela dessa diferença, e, segundo, as estimativas realizadas pelo PNE 2030 já leva em
1716 conta o potencial de redução de emissões relacionado à implementação de diversas
1717 medidas como o desenvolvimento da energia nuclear, a promoção da eficiência
1718 energética, maior exploração do potencial energético renovável, em particular, com a
1719 construção de grandes hidrelétricas na região Norte do país. Mas, a despeito destas
1720 iniciativas, a expectativa é que as emissões aumentarão significativamente, entre 2010 e
1721 2030, atingindo 458 MtCO₂ (Figura 3.11), em função dos problemas ambientais
1722 enfrentados pelo setor elétrico para construir grandes hidrelétricas e, mais recentemente,
1723 a possível revisão sobre a construção de novas usinas nucleares, planejadas para serem
1724 construídas a partir de 2020.

1725 As estimativas elaboradas por Gouvello (2010) apontam para uma elevação da
1726 contribuição das emissões do setor elétrico da ordem de dois terços no período,
1727 passando de 6% registrada em 2005 para pouco mais de 10%, em 2030, ou 97 MtCO₂,
1728 em termos absolutos, considerando os seguintes fatores de emissão do setor elétrico
1729 (tCO₂/MWh): 0,094, em 2010; 0,069, em 2020 e 0,079, em 2030.

1730 Observe-se que numa eventual desmobilização das plantas nucleares indicadas no PNE
1731 2030, parte dessa perda potencial de geração elétrica pode vir a ser compensada com a
1732 introdução de novas usinas movidas a combustíveis fósseis, em particular, usinas
1733 movidas a gás natural, a partir de 2020.

1734 Caso esse cenário se realize, mantendo-se para o período entre 2021 e 2030 a mesma
1735 taxa de crescimento estimada no PDE 2020 para a década anterior (2011/2020), da
1736 ordem de 85%, as emissões do setor elétrico brasileiro poderão atingir 93 MtCO₂. Essa
1737 estimativa é pouco menor do que aquela projetada por Gouvello (2010), de 97 MtCO₂,
1738 em 2030, acima mencionada.

1739 À semelhança de Gouvello (2010), as análises elaboradas em Margulis/Dubeux (2010)
1740 identificaram que o volume de emissões associadas ao setor energético brasileiro é
1741 relativamente baixo, tendo em vista a grande participação das fontes renováveis na
1742 oferta interna de energia. As estimativas de emissões dos GEE e o horizonte do estudo
1743 acima referido foram os mesmos apresentados no trabalho coordenado por Gouvello,
1744 observando, ademais, que a expansão da oferta de energia elétrica deverá ser realizar
1745 com o crescimento importante de fontes emissoras de carbono - usinas termelétricas a
1746 carvão, óleo combustível e gás natural.

1747

1748 A McKinsey (2009) considera como setor de energia apenas o setor elétrico e
1749 transportes terrestres, que no estudo é denominado de matriz energética, analisando em
1750 separado os segmentos de edificações, resíduos e setores industriais. No caso base,

1751 retirando-se transportes terrestres e resíduos, as emissões em 2005 somaram 240
1752 MtCO₂ e, em 2030, foram estimadas em 480 MtCO₂.

1753 Comparando as emissões dos GEE estimadas no cenário de referência adotado por
1754 Gouvello (2010) e Margulis e Dubeux (2010), para o período entre 2010 e 2030
1755 (cenário B1 do PNE 2030), as emissões estimadas pela McKinsey e as projeções das
1756 emissões calculadas no PDE 2020 observam-se os seguintes aspectos mais relevantes:

- 1757 • As estimativas realizadas apontam para o crescimento das emissões do setor
1758 energético brasileiro para os próximos 20 anos, mesmo sem considerar as
1759 emissões associadas ao segmento de transporte e resíduos e as emissões
1760 contabilizadas no estudo da McKinsey relacionadas a processo industriais e
1761 captura e estocagem de carbono (CCS);
- 1762 • Para o setor elétrico, todos os estudos apontam para uma maior fossilização da
1763 matriz elétrica. Em geral as taxas de crescimento são superiores àquelas
1764 calculadas para outros subsetores analisados nos estudos. A McKinsey, por
1765 exemplo, estima que as emissões tripliquem entre 2005 e 2030, passando de
1766 30MtCO₂, em 2005 para 90 MtCO₂, em 2030.

1767

1768 **3.2.3.2 Opções e medidas de mitigação dos GEE para o Setor Energético Brasileiro**

1769 Gouvello (2010) investigou diversas opções de mitigação dos GEE para o setor
1770 energético, envolvendo o segmento de eletricidade e o de petróleo e gás. As opções de
1771 mitigação consideradas pelo lado da oferta foram: geração com energias renováveis,
1772 esquemas de otimização de refinarias e uso do *Gas to Liquid* (GTL) e, pelo lado da
1773 demanda, a eficiência energética, a exemplo, de sistema de recuperação de calor,
1774 recuperação de vapor, recuperação de calor do forno, novos processos, o consumo de
1775 energia renovável e reciclagem, a troca de combustível de menor teor de carbono. Para
1776 cada medida, o estudo avaliou a capacidade técnica de evitar emissões pela produção e
1777 consumo de energia, no âmbito do cenário de referência.

1778 A transição do cenário de referência adotado para o cenário de baixo carbono resultaria
1779 numa redução acumulada dos GEE emitidos pelo setor energético no Brasil da ordem de
1780 1,8 GtCO₂, ao longo de 20 anos. Essa redução seria basicamente apoiada na eliminação
1781 dos combustíveis sólidos da biomassa não renovável utilizada pelo segmento industrial,
1782 que sozinha representaria 31% das reduções de emissões potenciais do setor energético.

1783 Os resultados de Gouvello (2010) mostraram ainda que apenas 2% das emissões
1784 evitadas, ou 28 MtCO₂ acumuladas ao longo de 20 anos, ocorreriam por conta de ações
1785 no subsetor de eletricidade. 77% dos potenciais abatimentos associam-se as medidas
1786 adotadas pelo lado da demanda, sendo que 75% delas vinculadas as mudanças no uso
1787 dos combustíveis fósseis no setor industrial. Pelo lado da oferta, 23% das emissões
1788 podem ser evitadas, sendo que as ações relacionadas com a oferta de eletricidade são
1789 responsáveis por 9,7%,totalizando 177 MtCO₂ (média anual de 9 MtCO₂)e 13% pelo
1790 suprimento de petróleo e gás.

1791 Na tabela 3.15 a seguir o potencial de redução entre 2010 e 2030, considerando as
1792 opções de mitigação pelo lado da demanda e oferta de energia.

1793

1794 Tabela 3.12 - : Redução Emissões por Opção Mitigação

Opções de Mitigação	Redução Emissões	
	2010-2030	
	MtCO ₂	%
Demanda Energia	1407	77%
Eletricidade	28	2%
Combustível Fóssil	1378	98%
Oferta Energia	423	23%
Geração de Energia	177	42%
<i>Geração Eólica</i>	<i>19</i>	<i>11%</i>
<i>Co-geração Biomassa</i>	<i>158</i>	<i>89%</i>
Petróleo e Gás	246	58%
<i>GTL</i>	<i>128</i>	<i>52%</i>
<i>Refino</i>	<i>118</i>	<i>48%</i>
TOTAL	1830	100%
Média anual	92	

1795 Fonte: Gouvello (2010)

1796

1797 A McKinsey também concluiu que embora existam muitas oportunidades de redução de
 1798 emissões no setor de energia brasileiro o impacto não é significativo, em função da
 1799 importante participação das fontes renováveis de energia na matriz energética nacional,
 1800 em especial da matriz elétrica. No estudo as estimativas de emissões agregadas em nível
 1801 do setor energético foram classificadas da seguinte forma:

- 1802 • Setor de Consumo, englobando os segmentos de edificações e resíduos.
- 1803 • Setores Industriais, agregando os segmentos industriais de cimento,
 1804 siderurgia, química, petróleo e gás e outras indústrias.
- 1805 • Matriz Energética, focando no setor elétrico (energia) e transportes
 1806 terrestres.

1807

1808 Para calcular o potencial de abatimento determinou o cenário de referência dos setores
 1809 de consumos, industriais e da matriz energética, com base no inventário brasileiro de
 1810 emissões dos GEE. As extrapolações para 2030, como informado no estudo, foram
 1811 efetuadas com base em premissas e metodologia coerentes com a abordagem do IPCC.
 1812 As previsões representam a trajetória de emissões que ocorreriam com as atuais
 1813 tendências e com todas as políticas públicas em vigor a partir de 2006, sem ações
 1814 adicionais para o combate às mudanças climáticas, considerando uma taxa de
 1815 crescimento econômico do PIB de 3% a.a. Todas as medidas consideradas exigiriam
 1816 apenas tecnologias atualmente disponíveis ou em fase avançada de amadurecimento.

1817 Em termos absolutos os segmentos energia (eletricidade), siderurgia, cimento, química,
 1818 petróleo e gás, outras indústrias e edificações representam um abatimento potencial de
 1819 80,5 MtCO₂, em 2030, sem considerar no abatimento potencial, as reduções que se
 1820 referem aos processos industriais e captura e estocagem de carbono. Ou seja, buscou-se
 1821 identificar para cada segmento dos três setores analisados pela McKinsey as estimativas
 1822 de abatimento relacionadas com a queima de combustíveis fósseis apenas para fins
 1823 energéticos.

1824

1825 Nessas condições, o potencial das reduções do consumo no setor elétrico, 91TWh, ou
 1826 10% em relação ao cenário projetado para o caso base em 2030 de 933TWh, poderia ser

1827 realizado de duas formas: pelo cancelamento das plantas movidas a combustíveis
 1828 fósseis ou distribuindo o potencial de redução entre todos os tipos de plantas. Para as
 1829 duas alternativas, a expansão das PCH na matriz elétrica para reduzir a entrada de
 1830 combustíveis fósseis foi considerada. Em ambas, a implementação dessas ações
 1831 resultaria numa redução de 7,0 MtCO₂, representando 8% da redução total estimada, de
 1832 85 MtCO₂, levando-se em conta todos os segmentos energéticos selecionados
 1833 (eletricidade, siderurgia, cimento, química, petróleo e gás, outras indústrias e
 1834 edificações), no final do horizonte, em 2030. Na tabela 3.16 encontram-se os volumes
 1835 de reduções estimados pela McKinsey para os distintos segmentos estudados.

1836

1837 **Tabela 3. 13 - : Redução de Emissões por Oportunidade de Mitigação em 2030**

Oportunidades	Redução	Caso Base	Redução %
Redução Emissões	Emissões	2030	Caso Base
	MtCO ₂	MtCO ₂	2030
Matriz Elétrica	7	90	8%
Siderurgia	28	132	21%
Química	24	66	36%
Cimento	9.6	53	18%
Petróleo e Gás	8	57	14%
Edificações	8.5	36	24%
Total	85.1	434	20%

1838 Fonte: McKinsey, 2009

1839 3.2.3.3 Análise Econômica e de Custos

1840 Em Gouvello, a análise de custo-benefício realizada em nível microeconômico permitiu
 1841 que as comparações fossem feitas entre as opções individuais no cenário de baixas
 1842 emissões e entre o conjunto global de todas as opções de baixas emissões em relação às
 1843 opções no cenário de referência.

1844 A abordagem social forneceu a base para fazer uma comparação social cruzada da
 1845 relação custo-eficácia de 40 opções de mitigação consideradas no estudo. Uma taxa
 1846 social de desconto de 8% foi usada para calcular o custo marginal de abatimento. Como
 1847 resultado encontrou que as medidas de mitigação com menores custos de abatimento
 1848 são: iluminação residencial, co-geração com cana-de-açúcar e recuperação de vapor
 1849 com custos negativos.

1850 De acordo com o estudo, o impacto econômico global de medidas de mitigação de GEE
 1851 no setor de energia do Brasil pode aumentar em US\$ 25,9 bilhões dólares o PIB no
 1852 período entre 2010-30 e gerar 4.4 milhões de empregos no período.

1853 Já abordagem privada avalia as condições sob as quais as medidas de redução das
 1854 emissões se tornariam atrativas para que os agentes de mercado invistam em alternativas
 1855 de baixo carbono. Esse incentivo deveria ser tal que a TIR resultante (incluindo o
 1856 incentivo) fosse pelo menos igual à TIR do *benchmark*. Nesse sentido o incentivo pode
 1857 ser visto como o preço do carbono de equilíbrio. Então, se o preço do carbono de
 1858 equilíbrio for positivo a opção não é atraente porque não pode gerar a TIR requerida
 1859 pelo *benchmark*, sem os incentivos no valor do custo de equilíbrio. Para a maioria dos
 1860 setores a TIR de referência de consenso foi de 15%, embora para algumas medidas,
 1861 outras TIR foram adotadas, em função de particularidades desses setores.

1862 Considerando uma taxa social de desconto (8%), a implementação das opções de
 1863 redução das emissões de dióxido de carbono da área de energia poderá gerar um
 1864 benefício da ordem de US\$ 34 bilhões em 2030, o que equivale a um ganho médio de
 1865 US\$ 13/tCO₂ evitado. Observe-se que a maioria das medidas de reduções de emissões
 1866 apresenta custos negativos, considerando uma análise social, com taxa de desconto de
 1867 8%.

1868 Os resultados apresentados indicam para a energia eólica um potencial de redução de
 1869 emissões entre 2010 e 2020 de 19,3 MtCO₂ para um custo marginal de abatimento de -
 1870 7,6 US\$/tCO₂, considerando uma taxa de desconto de 8% e uma TIR esperada no setor
 1871 de 15%, resultando num preço de carbono *break even* de 98,5 US\$/tCO₂. Já para a
 1872 cogeração estes números são significativamente mais favoráveis com um potencial na
 1873 faixa de 157,9 MtCO₂, um custo de abatimento de -248,2 US\$/tCO₂, e um *break even*
 1874 de 34 US\$/tCO₂.

1875 Em termos macroeconômicos os impactos das medidas sobre o setor energético
 1876 brasileiro poderão somar, anualmente, mais de US\$851 milhões/ano, e gerar mais de 142
 1877 mil empregos/ano, em média, entre 2010 e 2030.

1878 No estudo da McKinsey, o custo¹⁸ considerado para cada oportunidade de redução
 1879 identificada é aquele adicional ao que a sociedade teria (caso base) sem a
 1880 implementação da oportunidade de redução ou qualquer esforço adicional para o
 1881 combate às mudanças climáticas e é contabilizado para toda a vida útil do ativo
 1882 correspondente àquela oportunidade de redução.

1883 Considerando uma taxa projetada de crescimento econômico de 3%, o volume de cada
 1884 oportunidade de abatimento foi computado pelo seu potencial técnico. Os custos e
 1885 volumes foram agregados formando a curva de custos de redução de emissão de GEE
 1886 para o Brasil. As várias medidas de redução foram classificadas em ordem crescente de
 1887 custo, ajustadas para eliminar contagem dupla, e os custos e volumes resultantes foram
 1888 plotados formando a curva de custos de redução de gases de efeito estufa no Brasil para
 1889 2030.

1890 Para identificar as oportunidades relacionadas na tabela 3.16 acima, para cada segmento
 1891 dos três setores analisados pela McKinsey foram realizadas as estimativas de
 1892 abatimento relacionadas com a queima de combustíveis fósseis apenas para fins
 1893 energéticos. As ações de abatimento consideradas envolvem a implementação de
 1894 pacotes de eficiência, mudanças de combustível e elevação da geração de energia
 1895 elétrica por meio da expansão das PCH. Nessas condições, 85 MtCO₂ foram
 1896 contabilizadas, representando 20% do total de emissões estimados para 2030. Todas
 1897 elas possuem potencial de mitigação das emissões com custos negativos, exceto para a
 1898 indústria siderúrgica, cujo custo médio de redução seria de 4 euros por tonelada de CO₂
 1899 .

1900 3.2.3.4 Conclusão

1901 No cenário de base, embora os volumes de emissões estimados não apresentem
 1902 diferenças importantes, eles não podem ser rigorosamente comparados porque usaram
 1903 metodologias de apuração diferenciadas, exceto para os estudos coordenados por
 1904 Gouvello (2010) e Margulis e Debeux (2010), que estimaram as emissões na linha de
 1905 base, utilizando as estimativas do cenário de referência do PNE 2030.

18- O custo inclui a somatória dos investimentos e custos operacionais menos os benefícios econômicos auferidos.

1906 Os resultados apresentados pela McKinsey foram gerados numa classificação baseada
 1907 em três grandes setores: consumo, setores industriais e matriz energética,
 1908 independentemente do processo pelo qual as emissões foram geradas. Excluindo o
 1909 segmento de transporte observou-se que as emissões dos segmentos de geração de
 1910 energia elétrica e industrial são os que mais crescem ao longo do horizonte estudado,
 1911 mesmo desconsiderando as emissões decorrentes de processos industriais e captura e
 1912 estocagem de carbono (CCS) que foram contabilizadas no estudo da McKinsey (2009).

1913 As estimativas realizadas no cenário de base do PDE 2020 foram mais baixas que
 1914 aquelas apresentadas no PNE 2030, ainda que elas se refiram apenas ao horizonte
 1915 decenal. De qualquer modo essa diferença pode ser explicada em função da
 1916 incorporação, no PDE 2020, das medidas de efficientização recomendadas no PNE 2030
 1917 ao cenário de referência e à adoção da hipótese de que a construção e operação das
 1918 hidrelétricas e eólicas planejadas não sofrerão adiamentos ou atrasos importantes. A
 1919 McKinsey estimou que as reduções das emissões para fins, excluindo o segmento de
 1920 transportes terrestres e resíduos atinjam 85 MtCO₂. Gouvello (2010), Margulis&Debeuz
 1921 (2010) apontam um volume de redução médio anual de 92 MtCO₂, entre 2010 e 2030
 1922 no setor energético nacional. Para o setor elétrico a estimativa de Gouvello (2010)
 1923 aponta reduções médias anuais da ordem de 10 MtCO₂, entre 2010 e 2030. No estudo da
 1924 McKinsey as reduções associadas ao setor elétrico, de 7 MtCO₂, foram projetadas
 1925 apenas para o ano de 2030. Nessas condições, embora não se possa, rigorosamente,
 1926 comparar as duas estimativas, se a média de redução apresentada por Gouvello, de 10
 1927 MtCO₂ for considerada especificamente para o ano de 2030, a diferença entre elas é da
 1928 ordem de 32%.

1929 Barreiras aos investimentos, culturais e de hábitos são os principais obstáculos para o
 1930 maior desenvolvimento de ações firmes e transparentes que abram caminho para a
 1931 transição para uma economia de baixo carbono. Somam-se a tudo isso as incertezas de
 1932 mercado e regulatórias que envolvem diversos aspectos associados às medidas para
 1933 evitar e reduzir as emissões dos GEE no setor energético do país.

1934

1935 **3.2.4 Políticas e Instrumentos**

1936 **3.2.4.1 Políticas de Redução de Emissão**

1937 O Brasil passou por uma grande reforma do setor elétrico em meados da década de
 1938 noventa, do século passado que incluiu a desverticalização do setor, fundamentada nas
 1939 Leis 8.987/95, das Concessões do Serviço Público e 9.074/95 (que introduziu o conceito
 1940 de produtores independentes de energia elétrica, permitindo a investidores privados a
 1941 possibilidade de participar na área de geração e distribuição através de processos de
 1942 licitação. Ainda deste período é a Lei 9.427/96 (Br, que criou a ANEEL, como agência
 1943 reguladora do setor elétrico, tendo como responsabilidade promover a concorrência e
 1944 regular os monopólios naturais. Além dos objetivos principais da reforma de atrair
 1945 investidores privados e melhorar o desempenho do setor elétrico, inegavelmente havia o
 1946 objetivo de, através da privatização, maximizar as receitas no curto prazo, ajudando a
 1947 resolver o *deficit* fiscal crônico do País. Todavia questões de fundo social e ambiental
 1948 passaram a margem desta reforma.

1949 Em 2001, com a crise do racionamento e a necessidade de mitigar seu impacto no fluxo
 1950 de caixa das empresas recém-privatizadas, introduziu-se uma arrojada componente

1951 social com a obrigatoriedade da universalização do serviço de energia elétrica e uma
1952 componente de mercado para incentivar as fontes renováveis de energia, através do
1953 Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), com
1954 uma repercussão no nível de emissões futuras do País. O programa era composto de
1955 duas fases, sendo que na primeira seriam adquiridos 3.300 MW das fontes eólica, PCH
1956 e biomassa, como já mencionado, e na segunda, se garantia a existência de um mercado
1957 estável para tais fontes através de compras anuais das mesmas fontes o que tenderia a
1958 atrair investidores para a produção nacional de equipamentos nestes segmentos.

1959 A crise de 2001 evidenciou que a reforma elétrica não atingira completamente seus
1960 objetivos; assim novas mudanças foram introduzidas, particularmente na
1961 comercialização da energia elétrica, sem, todavia, nenhuma mudança significativa na
1962 espinha dorsal do modelo do setor (Oliveira, 2011). Esta nova reestruturação ocorreu no
1963 escopo da Lei 10.848/04 e tinha como objetivos declarados: (i) garantir a segurança de
1964 suprimento de energia elétrica; (2) promover a modicidade tarifária, por meio da
1965 contratação eficiente de energia para os consumidores regulados; e (3) promover a
1966 inserção social no Setor Elétrico, em particular pelos programas de universalização de
1967 atendimento (MMEb, 2003). Novamente, nenhuma preocupação é dada à questão
1968 ambiental, particularmente no que diz respeito à redução de emissões e, numa reversão
1969 da tendência estabelecida pelo PROINFA, abortou-se a segunda fase do programa,
1970 retardando, por alguns anos, a penetração das fontes alternativas na matriz elétrica
1971 nacional.

1972 Com a implementação da sistemática de leilões realizados três ou cinco anos antes da
1973 entrega, introduzidos pelo novo modelo de comercialização, a energia nova contratada,
1974 a exceção dos três grandes projetos hidrelétricos (Jirau, Santo Antonio e Belo Monte),
1975 passou a ser eminentemente térmica, com repercussões nos níveis de emissões a partir
1976 de 2008. Do total da energia comprada entre 2005 e 2008, nos leilões convencionais
1977 73% foi de origem fóssil.

1978 O cenário começa a mudar com a introdução dos leilões específicos de fontes
1979 renováveis, com o inexpressivo resultado em 2007, mas já significativo com o leilão de
1980 biomassa em 2008 e o de eólica em 2009, que resultaram num importante leilão de
1981 renováveis em 2010, redirecionando a política do setor para uma efetiva mitigação das
1982 emissões futuras do setor (Pereira et al, 2010).

1983 Dois importantes cenários alternativos àquela tendência de aumentos significativos das
1984 emissões do setor elétrico foram propostos nos estudos desenvolvidos pelo WWF
1985 (2006) e Greenpeace (2010). O primeiro estudo cria um cenário chamado Elétrico
1986 Sustentável, com um grande foco na redução da taxa de crescimento da expansão da
1987 capacidade instalada para a geração de eletricidade, estimando que medidas agressivas
1988 de efficientização poderiam manter um crescimento de 2% ao ano, no período 2004-
1989 2020, enquanto o cenário tendencial trabalharia com 5%. A participação de fontes
1990 fósseis para a geração de eletricidade, que no cenário tendencial chegaria ao final do
1991 período com 24%, no cenário proposto cairia para 14%. O foco das ações seria, além da
1992 eficiência energética, a geração distribuída, a segunda fase do PROINFA, o uso da
1993 energia solar para aquecimento e a redução de subsídios para as fontes convencionais.

1994 O segundo estudo, intitulado Revolução Energética, prevê que a matriz elétrica nacional
1995 poderia se tornar 93% renovável até 2050. As ações seriam focadas na eliminação das
1996 termelétricas a óleo diesel, a carvão e nucleares, a diminuição gradativa da participação
1997 das movidas a gás natural, na medida em que cresceria a participação das fontes

1998 renováveis, que atingiriam em 2050, 92,7% de participação na geração de energia
 1999 elétrica, distribuída entre a geração hidrelétrica, com 45,65%, seguida pela energia
 2000 eólica, com participação de 20,38%, biomassa, com 16,6% e energia solar, com 9,26%.

2001 Dentre as políticas normalmente consideradas para mitigação de poluição atmosférica,
 2002 destacam-se aquelas apoiadas em políticas de tributação sobre carbono ou as
 2003 fundamentadas em mecanismos de *cap and trade*. Alguns estudos, sobretudo fazendo
 2004 uso de modelos de equilíbrio geral (Tourinho et al, 2003), (Ferreira Filho e Rocha)
 2005 simularam o impacto da taxaço do carbono sobre alguns setores da economia
 2006 brasileira, além de . Margulis e Dubeux (2010), já mencionado anteriormente, que
 2007 incluíram um cenário em que as emissões poderiam cair em 1,87%, com uma redução
 2008 relativa do PIB de 0,13%. Entretanto isto afetaria basicamente as emissões de carvão,
 2009 GLP, petróleo e gasolina. O impacto sobre o setor elétrico não é quantificado. Eles
 2010 recomendam que “uma forma de potencializar o impacto da taxaço de carbono seria
 2011 criar mercados de certificados de emissão, pois a conjugação dos dois instrumentos
 2012 pode levar a uma redução de emissões mais eficiente e de menor custo”. Pereira et al
 2013 (2010), por sua vez analisam as possibilidades de um sistema de *cap and trade* no setor
 2014 energético brasileiro, concluindo que o impacto seria pequeno, o que tenderia a não
 2015 justificar o esforço.

2016 Estudos nestas direções são mais especulativos na medida em que o Brasil, por não ter
 2017 obrigações vinculantes junto à UNFCCC, propõe-se a assumir apenas compromissos
 2018 voluntários no que diz respeito a suas ações de mitigação. Ademais, como arguído por
 2019 Pereira et al (2010), o volume de emissões do setor energético e, por conseguinte, seu
 2020 potencial de redução, não justificaria a implementação daqueles instrumentos.

2021 O Plano Nacional sobre Mudança do Clima, lançado em 2008, e parte integrante da
 2022 Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), lista as principais ações de
 2023 mitigação para o setor elétrico centradas na eficiência energética e redução de perdas,
 2024 incentivo ao aquecimento solar, cogeração, sobretudo com bagaço de cana-de-açúcar,
 2025 agregação de 34,46 GW em novas hidrelétricas, leilões específicos para energia eólica e
 2026 bagaço de cana-de-açúcar e fomento à energia solar fotovoltaica (Comitê
 2027 Interministerial sobre Mudança do Clima, 2008).

2028 **3.2.4.2 Políticas Públicas para Fomento a Disseminação de Energias Renováveis**

2029 O Relatório Especial do IPCC sobre Energias Renováveis (IPCC, 2011) em seu capítulo
 2030 11, trata especificamente sobre políticas para fomento e disseminação de fontes
 2031 renováveis de energia. Entre os instrumentos listados estão:

- 2032 ❖ *Feed-in tariff* ou Tarifas prêmio;
- 2033 ❖ *Renewable portfolio standard* ou quotas;
- 2034 ❖ Leilões específicos;
- 2035 ❖ Comercialização de certificados de renováveis;
- 2036 ❖ Créditos fiscais (*tax credits*), *Energy production payments*;
- 2037 ❖ Redução de VAT, de impostos na venda ou sobre a produção de energia,
- 2038 depreciação acelerada;
- 2039 ❖ Subsídios ao investimento, doações, *rebates*;

- 2040 ❖ Financiamento público: *equity*, empréstimos ou doações, garantias;
- 2041 ❖ *Net metering*;
- 2042 ❖ Prioridade de acesso a rede ou de despacho;
- 2043 ❖ Licitações públicas competitivas;
- 2044 ❖ Etiquetagem verde, garantia de origem, compras verdes.

2045

2046 A tarifa *feed-in* é um preço especial pago pelas concessionárias de energia para a
 2047 eletricidade proveniente de fontes renováveis. O adicional de preço em relação às fontes
 2048 convencionais é rateado entre todos os consumidores de eletricidade. Normalmente, o
 2049 modelo ainda assegura a conexão e garante a compra de toda a energia renovável
 2050 gerada.

2051 O sistema de cotas se constitui numa imposição ao mercado de produzir, vender ou
 2052 distribuir uma quantidade mínima de energia elétrica derivada de fontes renováveis,
 2053 decidindo-se ainda quais serão as fontes participantes do sistema de cotas. Assim, as
 2054 renováveis podem ser protegidas da competição de outras fontes de baixo custo, já que
 2055 as cotas são específicas por fonte.

2056 No mecanismo de leilões específicos as autoridades setoriais organizam leilões para
 2057 uma determinada quota de renováveis ou demanda de mercado e remuneram os
 2058 vencedores com preços na maioria das vezes, mas não necessariamente, acima dos
 2059 níveis padrão do mercado. Existe sempre uma garantia de compra por longos períodos.

2060 O *net-metering* se constitui num contrato entre concessionária e consumidor para a
 2061 venda de energia excedente da geração distribuída. O consumidor fica sujeito a tarifação
 2062 normal, quando o consumo for maior que a geração, mas no caso da geração superar o
 2063 consumo, a concessionária paga o excedente ao preço do custo evitado ou em alguns
 2064 casos o valor da tarifação normal. A sistemática impõe a necessidade de um sistema de
 2065 medição de energia bidirecional.

2066 O relatório prescreve ainda que investimentos públicos de P&D são mais efetivos
 2067 quando complementados por outros instrumentos de políticas, que simultaneamente,
 2068 estimulem a implantação e faça aumentar a demanda pelas tecnologias renováveis.

2069 O primeiro programa brasileiro de incentivo às renováveis, o PROINFA, incorporou
 2070 características do sistema *feed-in*, como o pagamento de preço fixo diferenciado para a
 2071 energia produzida, mas também adotou premissas do sistema de cotas, já que limitou,
 2072 na sua primeira fase, a aquisição a uma única compra de 3.300 MW. Adicionalmente
 2073 foram instituídos subsídios através de linhas especiais de crédito do Banco Nacional de
 2074 Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). No total do PROINFA, foram
 2075 contratados 144 projetos. A potência instalada total foi de 3.315,26 MW e deste total, os
 2076 projetos de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) contribuíram com 51% da energia
 2077 gerada, seguida dos projetos eólicos (28%) e dos projetos de biomassa (21%). Sua
 2078 segunda fase não foi realizada em função da mudança do modelo setorial de
 2079 comercialização de energia, que introduziu a sistemática dos leilões, como mencionado
 2080 anteriormente.

2081 As fontes alternativas renováveis passaram a competir com todas as fontes juntas no
 2082 mesmo certame vencendo aquelas que apresentassem as menores tarifas. Nos oito
 2083 leilões realizados no período de 2005 até 2008 em que puderam competir com as demais
 2084 fontes, observou-se uma diminuta aquisição da energia das fontes biomassa e de PCHs e
 2085 nenhuma da fonte eólica. Introduziu-se então o conceito de leilões específicos para as
 2086 fontes renováveis. No quatro leilões específicos realizados entre 2007 e 2010 foram
 2087 arrematados 3.333 MW_{med}, dos quais 1.682 MW_{med} da fonte eólica. Os leilões no Brasil
 2088 tiveram um resultado mais positivo por incorporar características do sistema *feed-in*
 2089 como a obrigação de contratos de longo prazo e a conexão dos empreendimentos à rede.
 2090 Todavia, o País ainda não tem uma política de longo prazo de incentivos a estas fontes,
 2091 já que não há preceito legal obrigando a realização periódica dos leilões específicos.

2092 Atualmente, em paralelo aos leilões de energia, tramita no Congresso Nacional um
 2093 projeto de lei que institui uma proposta de *feed-in* para turbinas eólicas, biomassa ou
 2094 placas solares conectadas à rede ou em comunidades isoladas, para a geração de
 2095 pequeno e médio porte. Para a geração de grande porte em parques eólicos, centrais de
 2096 cogeração e PCHs, é proposto a realização de leilões anuais, com aquisição compulsória
 2097 de 200 MW médios para cada fonte. A regularidade na realização destes leilões
 2098 assegura uma visão de longo prazo ao mercado, desde que, como propõe Baitelo et al
 2099 (2009), os preços referência das energias comercializadas no leilão viabilizemos
 2100 projetos de geração com renovável e a quantidade de energia seja em volume suficiente
 2101 para estimular o mercado.

2102 Tanto Baitelo et al (2009) como Gouvello (2010) propõem políticas de incentivo à
 2103 disseminação das fontes renováveis. O primeiro se alinha com um sistema inicial de
 2104 *feed-in*, que garantiria estabilidade financeira ao empreendedor, evoluindo para um
 2105 sistema cenário mais competitivo, num sistema de cotas, na medida em que se
 2106 reconhece que internacionalmente os leilões tendem a não desenvolver uma indústria
 2107 nacional. Já Gouvello propõe leilões específicos para eólica, com complementos como
 2108 redução da exigência do índice da nacionalização, tarifas mais favoráveis a importação
 2109 dos componentes que turbinas inteiras, subsídios aos custos de conexão e recursos de
 2110 P&D. Já para a cogeração a biomassa, sugere mecanismos de financiamento da
 2111 conexão, leilões específicos, preços refletindo externalidades positivas da geração com
 2112 biomassa e a flexibilização do *self-dealing* permitindo uma parceria efetiva entre
 2113 distribuidoras e usinas de cana, agentes mais importantes do segmento da biomassa.

2114

2115 **3.2.4.3 Políticas Públicas para Eficiência Energética - EE**

2116 Diversas iniciativas na área de eficiência energética vem sendo executadas por agentes
 2117 públicos e privados desde a década de 80. Mais recentemente foi realizado um esforço
 2118 para a elaboração de um Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEf, sob a
 2119 liderança do Ministério das Minas e Energia – MME.

2120 Não se pode ainda afirmar que exista uma política para EE no país, pois as diversas
 2121 iniciativas praticadas no país não configuraram uma *ação coordenada, sistemática e*
 2122 *contínua ao longo de um período de tempo, com investimentos programados e metas*
 2123 *físicas integradas ao planejamento do setor energético e, conseqüentemente à política*
 2124 *energética nacional*. Esses elementos são ingredientes necessários para caracterizar uma
 2125 *política de eficiência energética nacional*.

2126 As ações atuais e praticadas no passado na área de eficiência energética são
 2127 caracterizadas por conjuntos de mecanismos e programas que contribuem para
 2128 disseminar informações sobre “boas práticas”, facilitar e promover maior penetração de
 2129 tecnologias mais eficientes e também esforços para incentivar pesquisa e
 2130 desenvolvimento. Esses mecanismos tiveram o propósito de remover com sucesso
 2131 algumas barreiras, bem como viabilizar oportunidades de eficiência energética e
 2132 intervenções que o mercado por si só não se interessaria.

2133 Mesmo considerando que as principais iniciativas têm origem no Ministério de Minas e
 2134 Energia, não existe uma coordenação dos vários programas e mecanismos¹⁹, avaliações
 2135 uniformes, ou padronizadas, de custo-benefício e seu desempenho, juntamente com
 2136 designação de responsabilidades ou estratégias de implementação ao longo do tempo
 2137 para cumprir metas de energia evitada.

2138 Considera-se mais adequado, portanto, no caso brasileiro descrever a atuação nacional
 2139 na área de EE através dos diversos mecanismos e programas que vem sendo
 2140 empregados e não através da existência de uma *política de eficiência energética*.

2141 *Metas de EE*

2142 Até o momento a única meta para economias de energia que aparece nos discursos
 2143 oficiais referem-se ao que está contido no PNE 2030. Esse plano estima a possibilidade
 2144 de induzir maior eficiência energética (além do que o próprio mercado se encarregaria
 2145 de atingir) na faixa de 10% em relação a um de seus cenários. Não é oferecido nenhum
 2146 detalhe sobre usos finais (tecnologias) e custos envolvidos. Pode-se observar que o PNE
 2147 2030 em seu cenário *progresso autônomo*, por exemplo, estima um total de energia
 2148 conservada de $35,2 \times 10^6$ tep, ou 8,7% do consumo de energia projetado para 2030 para
 2149 o referido cenário. Dessas economias, cerca de 48% seriam realizadas no setor de
 2150 transportes e 39% no setor industrial. Essas economias são resultantes da evolução
 2151 normal de renovação de estoques. Já no caso da eletricidade, o PNE 2030 assume
 2152 medidas adicionais de incentivo à eficiência energética (*progresso induzido*)
 2153 conseguindo uma redução total de 10,6% do consumo projetado (incluindo aquelas do
 2154 cenário *progresso autônomo, de acordo com Guerreiro (2009)*.

2155 Esses números são difíceis de serem tomados como referência mesmo porque o PNE
 2156 não propõe programas para setores ou tecnologias específicas indicando prioridades
 2157 baseadas em custos de oportunidade (vis a vis custos de fornecimento de energia) e
 2158 impactos na demanda nacional. Do mesmo modo, nenhuma ação pode ser identificada
 2159 em ações do governo procurando comprovar o cumprimento dessas metas. Não houve
 2160 preocupação de se estabelecer um conjunto de indicadores de referência, programas ou
 2161 projetos de eficiência para acompanhar o progresso seja *autônomo* ou *induzido*,
 2162 conforme a terminologia utilizada no PNE 2030.

2163 *O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf)*

2164 Esse plano foi preparado pelo MME com consultas aos mais variados agentes atuantes
 2165 em atividades de EE e tem o objetivo principal de organizar e orientar as políticas
 2166 públicas para conseguir maior sinergia e eficácia das instituições e ações de eficiência
 2167 energética no País. Historicamente, o MME não tem conseguido coordenar os diversos
 2168 programas de eficiência energética vigentes no país. A fragmentação das iniciativas sem

¹⁹Algumas dessas iniciativas são apresentadas em (CEPAL, 2009): CGIEE (Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética,) Programas PROCEL e CONPET, Programa PROESCO, Programa de Eficiência Energética da ANEEL.

2169 uma liderança e coordenação tem sido a maior dificuldade para melhor aproveitar o
 2170 potencial de eficiência energética, realizar programas com maior sucesso e menor custo.
 2171 Ainda é um mercado incipiente e necessita melhor atenção do setor público para
 2172 promover constante atualização tecnológica e renovação de estoque de tecnologias
 2173 obsoletas.

2174 A abordagem praticada até o momento pelos órgãos públicos tem sido setorial, o que
 2175 pode ser observado através do principal programa ainda existente no país voltado para o
 2176 setor elétrico: o PROCEL. Para se aproveitar ao máximo os esforços e os investimentos
 2177 envolvidos nos programas de eficiência energética, eles precisam englobar tanto energia
 2178 térmica como energia elétrica, e isso ainda não ocorre²⁰.

2179 Muito embora o PROCEL tenha avançado nos esforços de avaliar ações e exista uma
 2180 crescente preocupação da ANEEL em obter informações sobre os programas de EE das
 2181 concessionárias, é ainda modesta a qualidade e confiabilidade dos resultados dos
 2182 programas e mecanismos adotados para incentivar EE no país. Essa ausência de
 2183 referência e credibilidade não permite inclusive a consideração de EE nos planos
 2184 energéticos do país elaborados pela EPE. A ausência de metodologias para acompanhar
 2185 o desempenho dos programas é ainda algo patente.

2186

2187 ***3.2.4.4 Pesquisa Tecnológica, Desenvolvimento, Demonstração e Aplicação***

2188 As tecnologias de energia são, via de regra, desenvolvimentos que exigem bastante
 2189 capital, infra-estrutura industrial de porte, e dependem da existência de mercados para
 2190 sua disseminação. O sucesso de políticas públicas para acelerar a introdução de
 2191 modernas tecnologias de conversão de energia com menor impacto ambiental e menor
 2192 conteúdo de carbono depende estritamente da coordenação de pelo menos três áreas que
 2193 ainda possuem tratamento compartimentalizado no país: a política climática, política
 2194 energética e política de ciência e tecnologia.

2195 Pode-se afirmar que o país está bem posicionado para oferecer tecnologias e serviços
 2196 relacionados em diversas áreas. Os principais grupos de tecnologias que podem ser²¹
 2197 identificados, ligados ao setor elétrico, incluem a combustão, gaseificação de biomassa,
 2198 geração hidráulica, geração térmica, sistemas de co-geração, produção de hidrogênio e
 2199 sistemas de células a combustível de pequeno porte (Januzzi et al, 2009)

2200 Claramente o Brasil possui domínio em áreas como hidroeletricidade e biomassa. Para
 2201 algumas tecnologias mais limpas e eficientes para combustão de carvão mineral,
 2202 sistemas de captura de carbono (CCS), energia solar em alta temperatura ainda é alto o
 2203 *gap* tecnológico do país. Algumas dessas tecnologias já estão disponíveis
 2204 comercialmente no mercado internacional como é o caso de grandes turbinas e carvão
 2205 pulverizado e, portanto, requerem um esforço muito diferente de outras em diferentes
 2206 estágios de desenvolvimento.

2207 De um modo geral o Brasil possui em seus Centros de Pesquisa um bom conhecimento
 2208 científico e tecnológico de praticamente todos os grupos de tecnologias de energia

²⁰Ao longo do tempo houve uma flexibilização por parte da ANEEL em admitir a utilização dos recursos destinados à eficiência energética do PEE para fomentar a utilização da energia solar em sistemas de aquecimento de água para substituir a eletricidade.

2209 analisados, mas já a capacitação industrial não acompanha o mesmo estágio. Esse é o
 2210 caso de tecnologias mais avançadas de combustão e gaseificação, processos envolvendo
 2211 a conversão de combustíveis sólidos e gasosos em combustíveis líquidos (Fischer-
 2212 Tropsch) energia solar fotovoltaica e térmica de baixa temperatura.

2213

2214 **3.2.4.5 Financiamento e Outros Incentivos**

2215 Nas últimas décadas vêm sendo desenvolvidos instrumentos para o financiamento que
 2216 incentivem práticas sustentáveis, tanto no âmbito dos Governos quanto através da
 2217 iniciativa privada. No caso dos governos a prática tem sido o uso de incentivos fiscais,
 2218 políticas de compras sustentáveis, políticas de apoio a negócios sustentáveis pelas
 2219 instituições financeiras públicas, execução eficaz da política de comando e controle na
 2220 legislação ambiental, incorporação transversal da sustentabilidade nas políticas de
 2221 governo; orientação das empresas estatais para investimentos em energias renováveis,
 2222 eficiência energética, diminuição da geração de resíduos, aproveitamento de resíduos
 2223 como subprodutos para a indústria, uso racional da água e compras sustentáveis. Já no
 2224 caso das instituições financeiras privadas verifica-se o uso de políticas de
 2225 sustentabilidade que premiam projetos com bons indicadores de responsabilidade
 2226 socioambiental com reduções no custo dos empréstimos e ampliação dos prazos de
 2227 amortização; linhas socioambientais de estímulo a investimentos limpos; preferência
 2228 para fornecedores que atendem a padrões de excelência socioambiental; criação de
 2229 indicadores climáticos para as operações financeiras; apoio ao mercado de carbono;
 2230 criação de produtos financeiros que valorizem negócios sustentáveis em suas carteiras;
 2231 integração com seguradoras e resseguradoras para o desenho de cenários climáticos e
 2232 suas implicações na economia (McKinsey, 2009).

2233 Várias são as possibilidades de financiamento hoje existentes, já centradas na questão
 2234 da mudança climática, que podem contribuir para uma matriz elétrica mais limpa.

2235 O Fundo Nacional sobre Mudança do Clima – FNMC foi instituído anteriormente à
 2236 Política Nacional sobre Mudança do Clima sob o regime da Lei nº 12.114, de 09 de
 2237 Dezembro de 2009 e tem como finalidade assegurar recursos para apoio a projetos e
 2238 empreendimentos que visem à mitigação e à adaptação à mudança do clima e aos seus
 2239 efeitos adversos. O FNMC, conforme o artigo 7º da lei que o institui, terá como agente
 2240 financeiro o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES,
 2241 porém, poderá habilitar o Banco do Brasil, a Caixa Econômica Federal e outros agentes
 2242 financeiros públicos para atuar nas operações de financiamento com recursos do FNMC,
 2243 continuando a suportar os riscos perante o Fundo. O BNDES, anteriormente à
 2244 promulgação da Política Nacional sobre Mudança do Clima já possuía algumas linhas
 2245 de crédito que, com diferentes objetivos e modalidades de financiamento, promovia
 2246 ações pró-clima. Apesar das dificuldades burocráticas que têm retardando sua
 2247 agilização, o Fundo está funcionando (Vitaecivilis, 2011).

2248 Fundos e programas do BNDES relacionados a atividades do Plano Nacional de
 2249 Mudanças Climáticas (PNMC) e que podem beneficiar o setor energético incluem:

2250 ❖ **PROESCO** – Eficiência energética para ESCOs e empresas.

2251 ❖ **FINEM** – Investimento em infraestrutura, indústria, comércio e serviços.

- 2252 ❖ **FUNTEC** – Desenvolvimento tecnológico e inovação nas áreas de energias
2253 renováveis, meio ambiente e saúde Instituição de pesquisa; centro tecnológico.
- 2254 ❖ **Inovação Tecnológica** – Projetos de inovação de produtos e processos.
- 2255 ❖ **Cartão BNDES** –Equipamentos e insumos com maior eficiência energética e
2256 ambiental.
- 2257 ❖ **BNDES Desenvolvimento Limpo** – Projetos do Mecanismo de
2258 Desenvolvimento Limpo.
- 2259 ❖ **Energias Alternativas** – No segmento de geração de energias alternativas, o
2260 BNDES financia até 80% de empreendimentos de geração de energia a partir de
2261 fontes alternativas, tais como biomassa, eólica e solar, além de pequenas centrais
2262 hidrelétricas, visando à diversificação da matriz energética nacional. Poderão ser
2263 combinadas diferentes linhas de financiamento a uma mesma operação. **Projetos**
2264 **de eficiência energética**– Apoio a projetos de eficiência energética que
2265 contribuam para a economia de energia aumente a eficiência global do sistema
2266 energético ou promovam a substituição de combustíveis de origem fóssil por
2267 fontes renováveis.A título de exemplo, da expansão do financiamento, observe-
2268 se o ocorrido em 2011 quando a diretoria do Banco Nacional de
2269 Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) aprovou financiamentos para a
2270 construção de 26 parques eólicos, todos no Rio Grande do Norte, no valor total
2271 de R\$ 1,8 bilhão, destinados a quatro projetos distintos. Os empreendimentos
2272 somarão potência instalada de 628,8 megawatts e demandarão investimentos
2273 totais de R\$ 2,6 bilhões. Com os novos financiamentos, o total de recursos
2274 aprovados este ano para parques eólicos totaliza R\$ 3,3 bilhões, o maior valor já
2275 aprovado pelo Banco e 275% superior às aprovações do ano passado, de R\$ 1,2
2276 bilhão.Já a carteira de pedidos de financiamento é maior e chega a R\$ 8,0
2277 bilhões fazendo com que no total os desembolsos do banco para parques eólicos
2278 possam chegar a R\$ 4,5 bilhões., A carteira representa os pedidos de
2279 empréstimo, enquanto os desembolsos são os recursos efetivamente liberados
2280 (BNDES, 2011).
- 2281 Além do BNDES, a Caixa Econômica Federal também apresenta linhas de créditos
2282 específicas de enfrentamento das Mudanças Climáticas, aplicáveis ao setor energético,
2283 como:
- 2284 ❖ **Linha Eco-eficiência Ambiental** –Financiamento de máquinas e equipamentos
2285 que reduzem a geração de resíduos e emissões aumentando o uso de matérias-
2286 primas, água e energia.
- 2287 ❖ **Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)** –Somente em 2006, foram
2288 contratadas sete operações, correspondendo ao investimento de R\$ 329 milhões.
- 2289 ❖ **FINAME, BNDES Automático e PROGER** – Investimento Máquinas e
2290 Equipamentos para Produção Mais Limpa.
- 2291 No âmbito das instituições financeiras multilaterais pode-se destacar a atuação do BID.
2292 A carteira do Banco com o setor privado inclui mais de 90 operações em 17 países e
2293 dois fundos regionais. O Banco apoiou US\$22,7 bilhões em investimentos privados com
2294 US\$4,2 bilhões em financiamento direto e garantias e US\$3,2 bilhões em participações
2295 consorciadas com mais de 90 bancos e participantes institucionais (BIDAmérica, 2008).

2296 A energia renovável é um dos segmentos de crescimento mais rápido nessa carteira. No
 2297 Brasil, a programação inclui uma dúzia de projetos de etanol e biodiesel com um custo
 2298 total em torno de US\$1,5 bilhão. O BID vem investindo no setor de energia renovável
 2299 no Brasil desde a década de 1970, primeiro por solicitação do governo brasileiro e, mais
 2300 recentemente, em resposta à demanda do setor privado. Embora o Brasil tenha recebido
 2301 muito capital privado para o setor do etanol, o BID complementa esse capital privado
 2302 oferecendo produtos de empréstimos e garantias com prazos e condições melhores que
 2303 talvez não estejam disponíveis no mercado de crédito comercial (BIDAmérica, 2008).

2304 Para os investidores privados, que vão financiar a ampla maioria dos investimentos em
 2305 fontes renováveis, o BID oferece assistência técnica destinada a facilitar estudos de
 2306 viabilidade, estudos de impacto ambiental, bem como estudos econômicos e de
 2307 mercado, por meio de diversos instrumentos de concessões. Além disso, o BID também
 2308 oferece produtos de crédito, como empréstimos sênior e subordinados, assim como
 2309 garantias para projetos do setor privado.

2310 Outras formas de participação dos bancos privados têm ocorrido através das regras para
 2311 o financiamento de projetos de energia a exemplo das cláusulas dos Princípios do
 2312 Equador, as quais têm origem em oito padrões de desempenho definidos pela
 2313 *International Finance Corporation* (IFC) em junho de 2003 para condicionar a
 2314 aprovação dos seus financiamentos ao cumprimento de certas práticas socioambientais.
 2315 Inicialmente, elas foram adotadas por bancos comerciais em operações de repasse de
 2316 recursos da IFC. Posteriormente, diversos dos principais bancos mundiais adotaram
 2317 voluntariamente essas cláusulas em todos os seus financiamentos de *Project Finance*.
 2318 Esse grupo de bancos – que hoje somam 51 instituições financeiras – denominou esses
 2319 requisitos de Princípios do Equador. Atualmente 80% do volume de financiamentos
 2320 para Project Finance no Brasil são aprovados por bancos signatários dos Princípios do
 2321 Equador (Banco do Brasil, 2010), que estabelece condicionalidades socioambientais
 2322 para financiamentos superiores a US\$ 10 milhões.

2323

2324 **3.2.5 Políticas Energéticas no Contexto de Desenvolvimento Sustentável**

2325 Nesta seção os autores propõem manter o assunto em aberto (ie, como um *knowledge*
 2326 *gap*), tanto por se tratar de um enorme esforço metodológico, com muitíssimas
 2327 interfaces quanto pelas dificuldades de se parametrizar o termo "desenvolvimento
 2328 sustentável", que não pode ser apresentado apenas na dimensão energética. Deve-se,
 2329 todavia, reconhecer que as políticas energéticas, cujo foco prioritário tem sido a
 2330 segurança energética, tem tido outros objetivos como a modicidade tarifária, a
 2331 universalização do acesso, e em menor escala, a redução da emissão de gases de efeito
 2332 estufa e outros gases poluentes, o desenvolvimento de tecnologia nacional e a criação de
 2333 uma liderança industrial, a criação de empregos, exportação de bens e serviços, dentre
 2334 outros co-benefícios. Escolheu-se apenas alguns destes itens mais tratados na literatura
 2335 nacional.

2336

2337 **3.2.5.1 Políticas de Redução de Emissão**

2338

2339 A Tabela 3.17 apresenta as estimativas das emissões de gases de efeito estufa²² para o
2340 Setor Energia no Brasil.

2341 **Tabela 3.14: Emissões do Setor de Energia no Brasil (Gg/ano)**

Ano	CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOG
1990	179948	427	8,5	1781	14919	1022
1994	206250	382	9,0	1996	14438	974
2000	289958	388	9,6	2334	11415	860
2005	313695	541	12,1	2388	11282	958

2342 Nota: não estão quantificadas as emissões de HFC-23, HFC-125, HFC-134a, HFC143a, HFC152a, CF₄,
2343 C₂F₆ e SF₆.

2344 Fonte: MCT, 2010

2345

2346 O País possui uma matriz energética com relativamente menores níveis de emissões de
2347 gases de efeito estufa por unidade de energia em relação ao resto do mundo. Isso
2348 decorre tanto de questões naturais (disponibilidade de recursos renováveis de energia e
2349 relativamente pouco carvão mineral) quanto estruturais (infraestrutura baseada em
2350 hidreletricidade e bioenergia).

2351 Na 15ª Conferência das Partes da Convenção do Clima (COP15) em Copenhague 2009
2352 o Brasil anunciou o compromisso nacional de reduzir as emissões de gases de efeito
2353 estufa entre 36,1% e 38,9%, com relação aos níveis de emissão previstos para 2020
2354 (Brasil, 2009). A linha de tendência projetava para 2020 um total de 2703 Mt CO₂e
2355 (milhões de toneladas de CO₂ equivalente), dos quais 901 Mt CO₂e viriam do Setor
2356 Energia, conforme Tabela 3.18.

2357 **Tabela 3.18: Reduções de emissões propostas em Copenhague, pelo Brasil**

Emissões	1994	2005	2007	Cenário Tendencial 2020
Agropecuária	369	480	479	627
Indústria e Resíduos	42	55	60	92
Energia	248	347	381	901
Desmatamento	818	1.060	770	1.084
Total Emissões	1.477	1.942	1.690	2.703

2358 Fonte: MMA, MAPA, MME, MF, MDIC, MCT, MRE, Casa Civil, 2009

2359

2360 A abordagem brasileira baseia-se na elaboração de planos nacionais setoriais para
2361 reduzir as emissões em quantidades estipuladas, cuja soma leva à mitigação global
2362 compromissada. As medidas de redução para o Setor Energia incluem a promoção da
2363 eficiência energética e das fontes de energia renovável, notadamente os
2364 biocombustíveis. As ações para a mitigação de emissões até 2020, anunciadas em
2365 13/11/2009, são apresentadas na Tabela 3.18.

2366

²²No Inventário, optou-se por continuar relatando as emissões apenas em unidades de massa de cada gás de efeito estufa, sem o cálculo pelo potencial de aquecimento global (global warming potential ou GWP).

²²No Inventário, optou-se por continuar relatando as emissões apenas em unidades de massa de cada gás de efeito estufa, sem o cálculo pelo potencial de aquecimento global (global warming potential ou GWP).

2367 **Tabela 3.18: Ações de Emissões propostas pelo Brasil**

Ações de Mitigação (NAMAs)	2020 (tendencial)	Amplitude da redução 2020 (mi tCO ₂ e)		Proporção de Redução	
Uso da terra	1084	669	669	24,7%	24,7%
Red Desmatamento Amazônia (80%)		564	564	20,9%	20,9%
Red Desmatamento no Cerrado (40%)		104	104	3,9%	3,9%
Agropecuária	627	133	166	4,9%	6,1%
Recuperação de Pastos		83	104	3,1%	3,8%
ILP - Integração Lavoura Pecuária		18	22	0,7%	0,8%
Plantio Direto		16	20	0,6%	0,7%
Fixação Biológica de Nitrogenio		16	20	0,6%	0,7%
Energia	901	166	207	6,1%	7,7%
Eficiência Energética		12	15	0,4%	0,6%
Incremento do uso de biocombustíveis		48	60	1,8%	2,2%
Expansão da oferta de energia por Hidroelétricas		79	99	2,9%	3,7%
Fontes Alternativas (PCH, Bioeletricidade, eólica)		26	33	1,0%	1,2%
Outros	92	8	10	0,3%	0,4%
Siderurgia – substituir carvão de desmate por plantado		8	10	0,3%	0,4%
Total	2703	975	1052	36,1%	38,9%

2368 Fonte: MMA, 2009

2369 Três semanas após a COP 15, em 29 de dezembro 2009 foi instituída a Política
 2370 Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei nº 12.187/2009,
 2371 oficializando o compromisso nacional junto à Convenção para reduzir as emissões de
 2372 gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% em relação às projeções para 2020. O artigo
 2373 12 da PNMC estabelece tal meta global.

2374 Os pontos da PNMC vetados pelo Presidente da República foram principalmente no
 2375 Setor Energia. Ouvido o Ministério de Minas e Energia, manifestou-se pelo veto ao
 2376 dispositivo que determinava o “estímulo ao desenvolvimento e ao uso de tecnologias
 2377 limpas e ao paulatino abandono do uso de fontes energéticas que utilizem combustíveis
 2378 fósseis”, por considerar inadequada uma diretriz focada em tal abandono. A justificativa
 2379 foi a de congregar a proteção ao meio ambiente “a outros valores relevantes para a
 2380 política e a segurança energéticas.”

2381 Em janeiro de 2010, o Governo do Brasil comunicou ao Secretariado da Convenção do
 2382 Clima estas ações de mitigação nacionalmente apropriadas (também conhecidas por
 2383 *NAMAs* (ou *Nationally Appropriate Mitigation Actions*).

2384 Em Energia, a eficiência energética tem a amplitude de redução estimada entre 12 e 15
 2385 MtCO₂eq em 2020. A expansão da oferta de energia por usinas hidrelétricas, algo entre
 2386 79 e 99 MtCO₂eq. As fontes alternativas de energia têm a amplitude de redução
 2387 estimada entre 26 e 33 MtCO₂eq em 2020. Estas medidas resultariam numa proporção
 2388 de redução em relação ao cenário tendencial entre 6,1 e 7,7%, ou seja, entre 17 e 20%
 2389 do que se pretende reduzir no horizonte.

2390 Posteriormente, o Decreto nº 7.390 de 9 de dezembro de 2010 regulamentou a PNMC.
 2391 Neste, a linha de base de emissões de gases de efeito estufa para 2020 foi estimada em
 2392 3236 MtCO₂ eq, o que aumentou as emissões tendenciais do país em 533 MtCO₂-eq
 2393 em relação ao anunciado em 13 de novembro de 2009. A redução relativa (36,1% -
 2394 38,9%) ficou mantida, esforço facilitado pela mudança. A redução absoluta

2395 correspondente ficou estabelecida entre 1168 MtCO₂-eq e 1259 MtCO₂-eq,
 2396 respectivamente. A mudança de linha de base atingiu os diversos setores²³. O setor
 2397 Energia, tema deste tópico, foi reduzido de 901 para 868 MtCO₂eq. O uso de carvão
 2398 siderúrgico renovável - 92 MtCO₂eq previstos inicialmente – deixaram de ser
 2399 discriminados, prevendo-se somente um incremento da utilização na siderurgia do
 2400 carvão vegetal originário de florestas plantadas e melhoria na eficiência do processo de
 2401 carbonização. As medidas previstas, sem quantitativos específicos e sem relações de
 2402 proporção para as alternativas fósseis, são a expansão da oferta hidroeétrica, da oferta
 2403 de fontes alternativas renováveis, notadamente centrais eólicas, pequenas centrais
 2404 hidroeétricas e bioeletricidade, da oferta de biocombustíveis, e incremento da eficiência
 2405 energética. O cálculo das emissões de gases de efeito estufa decorrentes da produção e
 2406 do uso da energia para 2020 fez-se por meio da construção de cenários elaborados pela
 2407 Empresa de Pesquisa Energética (EPE) a partir de modelos de previsão de demanda
 2408 baseados em estimativas populacionais, econômicas e de evolução da intensidade das
 2409 emissões no setor energético. Por sua vez, a oferta de energia para atender essa demanda
 2410 considerou hipóteses determinísticas para a composição da matriz energética em um
 2411 cenário no qual a execução das medidas de redução de emissões de GEE contidas no
 2412 Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) não ocorresse. Nesta situação, a demanda
 2413 de energia projetada para 2020 seria atendida por meio de fontes fósseis, que
 2414 ampliariam as emissões projetadas em 234 MtCO₂eq. Portanto, a projeção das emissões
 2415 de gases devidas à produção e ao uso da energia é de 868 MtCO₂eq em 2020.
 2416

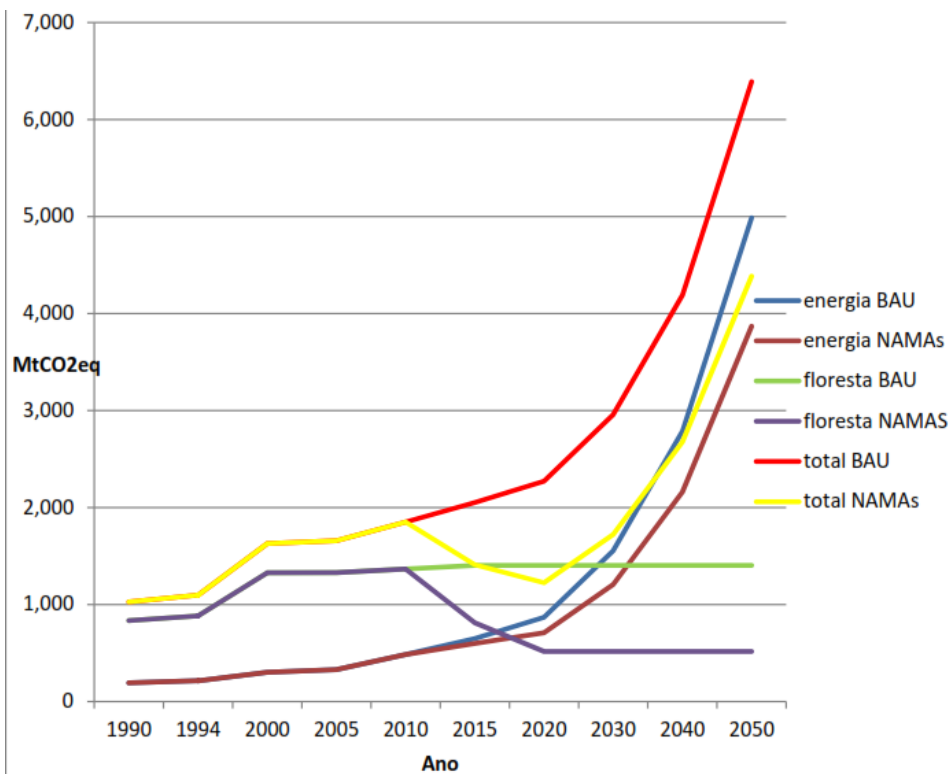
2417 A governança da PNMC cabe ao Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima
 2418 (CIM) e seu Grupo Executivo (GEx), instituídos pelo Decreto presidencial n°
 2419 6.263/2007. Os instrumentos para sua execução são, entre outros: o Plano Nacional
 2420 sobre Mudança do Clima, o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima e a Comunicação
 2421 do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. A PNMC
 2422 recebe ainda contribuições do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas. Abordagens
 2423 setoriais específicas são definidas pelos Ministérios e planos foram abertos para
 2424 consulta pública em meados de 2012. No final de outubro de 2012 estavam disponíveis
 2425 as sínteses das Consultas Públicas dos Planos Setoriais de Mudança Climática para as
 2426 cinco regiões do país, além de dois Planos Setoriais: Indústria e Mineração, e
 2427 Transporte e Mobilidade Urbana (FBMC, 2012).

2428 A projeção da linha tendencial para além da data da meta (2020) foi feita por LaRovere
 2429 et al (2010). A Figura 3.12 mostra dois pontos importantes:

²³ Vale comentar o ocorrido em outros setores. O setor de Mudança de Uso da Terra foi ampliado de 1084 para 1404 MtCO₂eq. As ações previstas são a redução de 80% nos índices anuais de desmatamento na Amazônia Legal em relação à média verificada entre os anos de 1996 a 2005 e a redução de 40% dos índices anuais de desmatamento no Bioma Cerrado em relação à média verificada entre os anos de 1999 a 2008. Já o setor de Agropecuária teve sua linha de base ampliada, agregando-lhe ainda um novo setor, Processos Industriais e Tratamento de Resíduos. O volume de emissões brasileiras de GEE entre 2006 e 2020 oriundas das atividades industrial e de tratamento de resíduos e da agropecuária foi projetado com base na relação existente entre o volume de emissões e o nível de atividade da economia durante o período entre 1990 e 2005. Modelos projetaram as emissões para os segmentos de Processos Industriais, Tratamento de Resíduos e Agropecuária entre os anos de 2006 e 2020, considerando a previsão de crescimento médio anual do PIB de 5% para os próximos anos. Tal previsão, inflada, levou a emissões de Processos Industriais e Tratamento de Resíduos de 123,6 para 234,0 MtCO₂eq entre 2006 e 2020. Para a Agropecuária, de 429,2 a 729,8 MtCO₂eq. Juntos esses setores, as emissões crescem entre 2006 e 2020 de 552,9 para 763,8 MtCO₂eq.

2430 a) a linha de tendência que tem por pressuposto um vigoroso aumento do PIB (cerca de
 2431 5% ao ano, o que não se realizou em 2012) leva a uma *baseline* inflada e a metas menos
 2432 difíceis de se alcançar;

2433 b) o efeito de travamento (também chamado *lock-in*) apresenta consequências no longo
 2434 prazo. Pela figura, mesmo que se contenha o desmatamento, o setor Energia será
 2435 responsável por manter o Brasil entre os prováveis maiores emissores de gases de efeito
 2436 estufa no mundo.



2437

2438 Figura 3.12 - : Projeção das emissões nacionais além de 2020 (La Rovere et al, 2011)

2439

2440 Alguns governos locais definiram seus marcos climáticos antes dos nacionais. A
 2441 Prefeitura de São Paulo sancionou a [Lei Municipal de Mudança do Clima, nº 14.933](#) em
 2442 junho de 2009, estabelecendo como meta para 2012 a redução de 30% das emissões de
 2443 gases de efeito estufa com base em 2005. Destes, em 20% vêm de duas usinas de biogás
 2444 em aterros sanitários e o restante vem basicamente do transporte (PMSP, 2012).

2445

2446 No Estado de São Paulo, a Lei 13.798, de 9 de novembro de 2009 estabelece a redução
 2447 absoluta de 20% de CO₂ em relação ao ano-base 2005 até 2020.

2448

2449 O Município do Rio de Janeiro anunciou em 18/06/2012 que até 2020 a capital
 2450 fluminense vai reduzir em 2,3 milhões de toneladas as emissões de gases de efeito
 2451 estufa, o equivalente a 20% das emissões do município em 2005. A meta faz parte do
 2452 Plano de Baixo Carbono do Rio de Janeiro, em uma parceria com o Banco Mundial.
 2453 (Agência Brasil, 2012)

2454

2455 Dada a intenção do governo federal em construir um mercado de carbono nacional, o
 2456 Estado do Rio de Janeiro, em interação com representantes do governo federal, vem
 2457 trabalhando na criação de um piloto do mercado de carbono no Rio Janeiro.

2458 A Lei 5690 de abril de 2010 institui a Política Estadual sobre Mudança Global do Clima
 2459 e Desenvolvimento Sustentável para o Rio de Janeiro. A lei menciona diretamente a
 2460 indústria e a necessidade de “incentivar o uso de equipamentos e processos mais
 2461 eficientes, de sua reciclagem e substituição, e do reuso de materiais, bem como do
 2462 controle das emissões de gases, e o sequestro de carbono”. A Lei também menciona que
 2463 o Estado fomentará o desenvolvimento do mercado de carbono. A Lei foi
 2464 regulamentada através do Decreto 43.216 que estabelece uma meta global de
 2465 intensidade de carbono por PIB (tCO₂e/R\$), onde a intensidade de 2030 deverá ser
 2466 menor do que a intensidade de 2005. As metas específicas estabelecidas no decreto são
 2467 relacionadas ao setor público, como por exemplo metas de iluminação pública,
 2468 reciclagem, saneamento e outros. Após consulta pública, foi aprovado também o Plano
 2469 Estadual Sobre Mudanças do Clima, que explicita que será criado um mercado de
 2470 carbono como ferramenta de cumprimento de metas estabelecidas para o setor industrial
 2471 (geração de energia térmica, químico, petroquímico, cimento, siderurgia, petróleo e gás,
 2472 cerâmica, papel e celulose, e outros setores de menor impacto). O governo do Estado do
 2473 Rio de Janeiro está agora elaborando um sistema de comércio de reduções de emissões
 2474 de gases de efeito estufa para o setor industrial do estado (Sistema de Comércio de
 2475 Carbono) (BVRIO, 2012).

2476
 2477 A harmonização entre esses marcos é uma tarefa muito difícil. A mera submissão fere o
 2478 pacto federativo. Por outro lado, leis subnacionais são fortemente dependentes dos
 2479 efeitos das políticas federais, como padrões de desempenho de produtos, preços de
 2480 combustíveis, tributação e subsídios.

2481

2482 **3.2.5.2 Aumento do Acesso**

2483 O baixo nível de atendimento rural em toda a década de 90 fez com que o governo
 2484 federal instituisse através do Decreto de 2 de dezembro de 1999 o Programa Nacional
 2485 de Eletrificação Rural “Luz no Campo” (PLC), tendo como meta eletrificar um milhão
 2486 de propriedades/domicílios rurais até 2003, através de interligação às redes de energia.

2487 Ainda com o Programa Luz no Campo em andamento é instituída pela Lei 10.438/2002,
 2488 a universalização de atendimento, que delega à ANEEL a fixação de metas de
 2489 eletrificação, fixa a gratuidade do atendimento, prorroga o prazo de extinção da RGR –
 2490 Reserva Global de Reversão (artigo 15), cujos recursos deverão financiar a
 2491 universalização, e cria a Conta de Desenvolvimento Energético – CDE (artigo 13), novo
 2492 encargo setorial que também será usado no financiamento do programa. A Resolução nº
 2493 233/2003 da ANEEL, que definiu as metas de universalização para cada município do
 2494 país, define como limite nacional para o completo atendimento o ano de 2015. Assim, a
 2495 Lei e a Resolução da Universalização estabeleceram a obrigatoriedade, os critérios e
 2496 prazos da universalização.

2497 Para acelerar o atendimento elétrico, a questão da universalização, foi criado o
 2498 programa Luz para Todos. Por meio desse programa buscou-se antecipar as metas,

2499 através de mecanismos institucionais e financeiros, tendo como principal objetivo levar
2500 energia elétrica à população rural²⁴ não atendida.

2501 Para otimizar os recursos o Programa prioriza o uso de rede de baixo custo e, de forma
2502 complementar, sistemas de geração descentralizados (micro e minicentrais hidrelétricas,
2503 solar, eólica, pequenas centrais térmicas e sistemas híbridos) com rede isolada e/ou
2504 sistemas individuais, desde que os custos do projeto (geração, redes, operação e
2505 manutenção) por unidade consumidora seja inferior ao do projeto de extensão de rede.
2506 Todas estas ações contribuem, ainda que minimamente para reduzir emissões de
2507 combustíveis fósseis tradicionais usados para iluminação.

2508 Sua meta inicial foi a eletrificação de dois milhões de novos atendimentos até 2008,
2509 alcançada em 2009. Foram efetuadas 2,7 milhões de ligações até 2010, beneficiando
2510 13,7 milhões de pessoas e gastos 19 bilhões de reais, 157% a mais do que os 7,4 bilhões
2511 inicialmente previstos, via CDE e RGR. A participação do governo federal no programa
2512 é de 72%, dos governos estaduais, 11%, e das concessionárias, 17%. O custo médio das
2513 ligações é da ordem de R\$ 7.037,00 (Craide, Sabrina. 2011). Posteriormente foi
2514 necessário revisar os números, adicionando mais um milhão de famílias e prorrogar o
2515 programa até dezembro de 2011. Mesmo assim ainda restarão muitas ligações a serem
2516 feitas, a um custo cada vez maior, pois se localizam em regiões mais isoladas e de difícil
2517 acesso, como é o caso da região amazônica.

2518 Camargo (2010) argumenta que localidades mais remotas e isoladas, como é o caso de
2519 muitas áreas da região Amazônica, exigem a criação de pequenas usinas energéticas
2520 para o atendimento pois não podem ser interligadas. Nestes casos, historicamente têm se
2521 usado sistemas operados a diesel, mas espera-se que no âmbito do PLT outras
2522 alternativas menos emissoras sejam consideradas. A COELBA, na Bahia, já instalou
2523 mais de 18.000 sistemas solares fotovoltaicos (COELBA, 2012), considerados a opção
2524 de menor custo. O governo federal já lançou uma nova etapa do Programa Luz para
2525 Todos, para estender o acesso à energia elétrica a 495 mil famílias, a maioria nas
2526 regiões Norte e Nordeste, meta que foi inserida na segunda edição do Programa de
2527 Aceleração do Crescimento - PAC 2 (Craide, Sabrina. 2011).

2528 **3.2.5.3 Pesquisa Tecnológica, Desenvolvimento, Demonstração e Aplicação**

2529 As tecnologias de energia são via de regra desenvolvimentos que exigem bastante
2530 capital, infraestrutura industrial de porte, e dependem da existência de mercados para
2531 sua disseminação. O sucesso de políticas públicas para acelerar a introdução de
2532 modernas tecnologias de conversão de energia com menor impacto ambiental e menor
2533 conteúdo de carbono depende estritamente da coordenação de pelo menos três áreas que
2534 ainda possuem tratamento compartimentalizado no país: a política climática, política
2535 energética e política de ciência e tecnologia.

2536 Segundo Jannuzzi e Poppe (2011) o Brasil possui domínio em áreas como
2537 hidroeletricidade, mas outras tecnologias que poderão ser importantes para o Brasil,
2538 como é o caso da gaseificação de biomassa para geração de eletricidade, serão
2539 necessários novos esforços e maior cooperação internacional. Para algumas tecnologias
2540 mais limpas e eficientes para combustão de carvão mineral, utilização de gás natural,
2541 sistemas de captura de carbono (CCS), energia solar em alta temperatura ainda é alto o
2542 gap tecnológico do país.

²⁴ Considerando que 80% da exclusão elétrica está no meio rural.

2543 Por outro lado, algumas dessas tecnologias já estão disponíveis comercialmente no
 2544 mercado internacional como é o caso de gás natural (grandes turbinas) e carvão
 2545 pulverizado e portanto requerem um esforço muito diferente de outras em diferentes
 2546 estágios de desenvolvimento.

2547 De um modo geral o Brasil possui em seus Centros de Pesquisa um bom conhecimento
 2548 científico e tecnológico de praticamente todos os grupos de tecnologias de energia
 2549 analisados, mas já a capacitação industrial não acompanha o mesmo estágio. Esse é o
 2550 caso de tecnologias mais avançadas de combustão e gaseificação, processos envolvendo
 2551 a conversão de combustíveis sólidos e gasosos em combustíveis líquidos (Fischer-
 2552 Tropsch) energia solar fotovoltaica e térmica de baixa temperatura.

2553

2554 Referências Bibliográficas

2555 Abreu, F. V. 2011. **Biogás de Lixo em Aterros Sanitários – Uma análise de viabilidade**
 2556 **técnica e econômica do seu aproveitamento energético**. Editora Blucher. São Paulo.

2557 Agência Brasil. 2012. **Rio quer reduzir emissão de gases de efeito estufa em 20% até 2020**.
 2558 18/06/2012 - 15h15, Flávia Villela, [http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2012-06-18/rio-quer-](http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2012-06-18/rio-quer-reduzir-emissao-de-gases-de-efeito-estufa-em-20-ate-2020)
 2559 [reduzir-emissao-de-gases-de-efeito-estufa-em-20-ate-2020](http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2012-06-18/rio-quer-reduzir-emissao-de-gases-de-efeito-estufa-em-20-ate-2020)

2560 Alpire, R.; Pereira, O. S.2010. **Leilões de Energia Elétrica no Brasil e Sua Influência nas**
 2561 **Emissões de Gases de Efeito Estufa pelo Setor Elétrico**. São Paulo: VII Congresso Brasileiro
 2562 de Planejamento Energético.

2563 ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). 2010. **Nota Técnica nº 0043/2010**. Disponível
 2564 através do link www.aneel.gov.br.

2565 ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). 2011. **Banco de Informações de Geração**
 2566 **(BIG)**. Arquivo consultado em julho de 2011, disponível através do link www.aneel.gov.br.

2567 ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). 2012. **Resolução Normativa Nº 482 de**
 2568 **17/04/2012**. Publicado em 19/04/2012. Brasília: Brasil. [online] Disponível em:
 2569 <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em 20 abril 2012.

2570 Araújo, J. L.; Oliveira, A. de. 2005. **Diálogos de Energia: reflexões sobre a última década**
 2571 **1994-2004**. Rio de Janeiro: 7 Letras.

2572 **Atlas do Potencial Eólico da Bahia**. <http://www.coelba.com.br/>.

2573 **Atlas do Potencial Eólico de Alagoas**.
 2574 <http://www.desenvolvimentoeconomico.al.gov.br/minas-e-energia/mapa-eolico/>.

2575 **Atlas do Potencial Eólico de Minas Gerais**.
 2576 http://www.cemig.com.br/atlas_eolico_2010/index.htm.

2577 **Atlas do Potencial Eólico do Ceará**.
 2578 <http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/downloads/category/6-energia?download=16%3Ap>.

2579 **Atlas do Potencial Eólico do Espírito Santo**. <http://www.aspe.es.gov.br/atlaseolico/>

2580 **Atlas do Potencial Eólico do Paraná**.
 2581 [http://www.copel.com/download/mapa_eolico/Atlas_do_Potencial_Eolico_do_Estado_do_Para-](http://www.copel.com/download/mapa_eolico/Atlas_do_Potencial_Eolico_do_Estado_do_Parana.pdf)
 2582 [na.pdf](http://www.copel.com/download/mapa_eolico/Atlas_do_Potencial_Eolico_do_Estado_do_Parana.pdf)

2583 **Atlas do Potencial Eólico do Rio de Janeiro**.
 2584 <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/AtlasEolicoRJ.pdf>

- 2585 **Atlas do Potencial Eólico do Rio Grande do Norte.**
2586 http://www.cosern.com.br/ARQUIVOS_EXTERNOS/PDF/mapa_eolico.pdf
- 2587 **Atlas do Potencial Eólico do Rio Grande do Sul.**
2588 <http://www.semc.rs.gov.br/index.php?menu=atlaseolico>
- 2589 Ault, G.W., Macdonald, J.R., 2000, **Planning for distributed generation within distributed**
2590 **networks in restructured electricity markets**, IEEE Power Engineering Review, February,
2591 EUA
- 2592 Baitelo, R.; Pereira, O. S.; Furtado, M.. 2009. **Perspectivas de Políticas Públicas para**
2593 **Energias Renováveis no Brasil**. The8th Latin-American Congresson Electricity Generationand
2594 Transmission – CLAGTEE
- 2595 Banco do Brasil. 2010. Arquivo consultado em julho de 2011, disponível através do link
2596 <http://www.bb.com.br/docs/pub/inst/dwn/PrinciEquador2010.pdf>
- 2597 Barreto, E. J. F.2008. Abordagem jurídica e econômica da universalização dos serviços
2598 públicos de energia elétrica: estudo de caso sobre o estado da Bahia. Dissertação (mestrado).
2599 Universidade Salvador – UNIFACS. Mestrado em Regulação da Indústria de Energia, 2008.
2600 Salvador, disponível através do link:
2601 http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Dissertacao_Eduardo_Jose.pdf
- 2602 BIDAmérica. 2008. *O capital privado impulsiona a energia “verde”*. Revista do Banco
2603 Interamericano de Desenvolvimento. Washington..Arquivo consultado em julho de 2011,
2604 disponível através do link: <http://www.iadb.org/idbamerica/index.cfm?thisid=4575>.
- 2605 BNDES. 2011. Arquivo consultado em julho de 2011, disponível através do link:
2606 [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Sala_de_Imprensa/Noticias/](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Sala_de_Imprensa/Noticias/2011/todas/20111213_Energia_eolica_RN.html)
2607 [2011/todas/20111213_Energia_eolica_RN.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Sala_de_Imprensa/Noticias/2011/todas/20111213_Energia_eolica_RN.html).
- 2608 Brasil, 2009. **Cenários para Oferta Brasileira de Mitigação de Emissões**. São Paulo, 13 de
2609 Novembro 2009. MMA MAPA MME MF MDIC MCT MRE Casa Civil. Disponível em
2610 http://www.mma.gov.br/estruturas/182/arquivos/cenarioemissoes_182.pdf,
2611 http://ecen.com/eee75/eee75p/metals_gee_brasil.htm e
2612 <http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/CenariosparaOfertaBrasileiradeMitiga.pdf>.
- 2613 Brown, Ashley. 2002. **The Privatization of Brazil's Electricity Industry: Sector Reform or**
2614 **Restatement of the Government's Balance Sheet?** Inter-AmericanDevelopment Bank.
- 2615 BVRIO. 2012. **Sistema de Comércio de Carbono do Estado do Rio de Janeiro**. Bolsa de
2616 Valores do Rio de Janeiro. [http://www.bvrio.org/site/index.php/mercados/carbono/mercado-de-](http://www.bvrio.org/site/index.php/mercados/carbono/mercado-de-reducoes-de-emissoes-do-estado-do-rio-de-janeiro)
2617 [reducoes-de-emissoes-do-estado-do-rio-de-janeiro](http://www.bvrio.org/site/index.php/mercados/carbono/mercado-de-reducoes-de-emissoes-do-estado-do-rio-de-janeiro)
- 2618 Camargo, E. J. S. de. 2010. **Programa Luz para Todos - da eletrificação à universalização**
2619 **do acesso à energia elétrica. Da necessidade de uma política de estado**. Dissertação de
2620 Mestrado. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia – EP/FEA/IEE/IF.
2621 Universidade de São Paulo. São Paulo.Disponível em:
2622 <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-22092010-010215/pt-br.php>
- 2623 Camargo, E.; Ribeiro, F. S.; Guerra, S. M. G. 2008. *O Programa Luz para Todos: metas e*
2624 *resultados*. **Espaço Energia**. ISSN: 1807-8575. No.9.Outubro. Arquivo consultado em julho de
2625 2011, disponível através do link: <http://www.espacoenergia.com.br/edicoes/9/EE009-04.pdf>.
- 2626 CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa. 2012. **Atlas de Bioenergia do**
2627 **Brasil**.Disponível em <http://cenbio.iee.usp.br/download/atlasbiomassa2012.pdf>
- 2628 CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2001. **Geração de energia elétrica a partir**
2629 **de biomassa no Brasil: situação atual, oportunidades e desenvolvimento**. Brasília.

- 2630 CEPAL – Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe, 2009. Situación y
2631 Perspectivas De La Eficiencia Energética En América Latina y El Caribe. CEPAL - Colección
2632 Documents De Proyectos. Santiago, Chile: Comissão Econômica das Nações Unidas para a
2633 América Latina - CEPAL.
- 2634 CEPEL – Centro de Pesquisas em Energia Elétrica (CEPEL). 2001. **Atlas do Potencial Eólico**
2635 **Brasileiro**. Ed. Cepel – Brasília.
- 2636 Chaffee, A. et al., 2007. **CO2 capture by adsorption: Materials and process development**.
2637 International Journal of Greenhouse Gas Control, 1(1), 11-18
- 2638 CIGRÉ (Conference Internacional des Grands Réseaux Eletriques), 2000, **Modelling new**
2639 **forms of generation and storage**, Task Force TF38.01 Report, Paris
- 2640 COELBA. 2012, **Luz para Todos**. Disponível através do link:
2641 http://www.coelba.com.br/aplicacoes/menu_secundario/luz_para_todos/40364%3B39379%3B10101%3B0%3B0.asp?c=342#Energia Solar
2642
- 2643 Coelho, S. T.; Silva, O. C.; Velázquez, S. M. S. G.; Lisboa, A. F. R. A.; Godoy, F. 2005. Uso
2644 de Óleo de Palma “In Natura” como Combustível em Comunidades Isoladas da Amazônia.
2645 Trabalho publicado e apresentado no III Workshop Brasil-Japão em Energia, Meio Ambiente e
2646 Desenvolvimento Sustentável, 23 a 25 de novembro de 2005, Campinas, SP, Brasil
- 2647 Colle S.;e Pereira, E.B.1998.**Atlas de Irradiação Solar do Brasil**. Instituto Nacional de
2648 Meteorologia (INMET). Brasília. 1998.
- 2649 Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. 2008. **Plano Nacional sobre Mudança do**
2650 **Clima – PNMC**. Brasília.
- 2651 Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) & Secretaria do Meio
2652 Ambiente do Estado de São Paulo (SMA). 2006. Biogás – Pesquisas e Projetos no Brasil. São
2653 Paulo,.Arquivo consultado em julho de 2011, disponível através do link:
2654 http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/docs/livro_biogas/livrobiogas.pdf
- 2655 CONAB. 2011. A Geração Termoelétrica com a Queima do Bagaço de Cana-de-Açúcar no
2656 Brasil - Análise do Desempenho da Safra 2009-2010. Publicação em Março de 2011, disponível
2657 em
2658 [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_05_05_15_45_40_geracao_termo_bai](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_05_05_15_45_40_geracao_termo_baixa_res..pdf)
2659 [xa_res..pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_05_05_15_45_40_geracao_termo_baixa_res..pdf)
- 2660 Confederação Nacional da Indústria (CNI).2010. Oportunidades de Eficiência Energética para a
2661 Indústria. Arquivo consultado em julho de 2011, disponível através do link:
2662 <http://www.cni.org.br/portal/data/pages/FF808081310B1CBB01314F2230716926.htm>
- 2663 Craide, Sabrina. 2011. Agência Brasil. Luz para Todos será novamente prorrogado para
2664 beneficiar quase meio milhão de famílias. Disponível
2665 em: [http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2011-05-24/luz-para-todos-sera-novamente-](http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2011-05-24/luz-para-todos-sera-novamente-prorrogado-para-beneficiar-quase-meio-milhao-de-familias)
2666 [prorrogado-para-beneficiar-quase-meio-milhao-de-familias](http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2011-05-24/luz-para-todos-sera-novamente-prorrogado-para-beneficiar-quase-meio-milhao-de-familias)
- 2667 Crossley, D. 2000. **Research Report No 2 Task VI of the International Energy Agency**
2668 **Demand-Side Management Programme**. International Energy Agency.
- 2669 Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, 2006
- 2670 DOE. 2010, **The SMART GRID: an introduction**; disponível no link
2671 <http://www.doe.energy.gov/smartgrid.htm> ECODEBATE. 2011. **Com fim do ‘Programa Luz**
2672 **Para Todos’ zonas rurais podem ficar no escuro novamente, afirma estudo**. Arquivo
2673 consultado em julho de 2011, disponível através do link:
2674 [http://www.ecodebate.com.br/2011/01/24/com-fim-do-programa-luz-para-todos-zonas-rurais-](http://www.ecodebate.com.br/2011/01/24/com-fim-do-programa-luz-para-todos-zonas-rurais-podem-ficar-no-escuro-novamente-afirma-estudo)
2675 [podem-ficar-no-escuro-novamente-afirma-estudo](http://www.ecodebate.com.br/2011/01/24/com-fim-do-programa-luz-para-todos-zonas-rurais-podem-ficar-no-escuro-novamente-afirma-estudo).

- 2676 ELETROBRAS. 1982. **Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Rio de Janeiro.
- 2677 ELETROBRAS. 2011. **Sistema de Informações do Potencial Hidráulico**. Fevereiro.
- 2678 ELETROBRAS/PROCEL. **2008. Resultados do PROCEL**. Rio de Janeiro.
- 2679 Empresa de Pesquisa Energética (EPE). 2007. **Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030)**.
2680 Rio de Janeiro.
- 2681 Empresa de Pesquisa Energética (EPE). 2010a. O Estado da Arte da Energia Eólica no Brasil
2682 Após os Leilões 2009-2010. BrazilWindpower .
- 2683 Empresa de Pesquisa Energética (EPE). 2010b. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2019**.
2684 Rio de Janeiro.
- 2685 Ferreira Filho, J.B.S.; Rocha, M.T. 2004..**Avaliação econômica de políticas públicas visando**
2686 **redução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Arquivo consultado em julho de
2687 2011, disponível através do link: <http://www.sober.org.br/palestra/6/750.pdf>.
- 2688 **Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC,)** 2012. **Fórum Brasileiro de Mudanças**
2689 **Climáticas Sínteses das Consultas Públicas dos Planos Setoriais de Mudança Climática**,
2690 <http://www.forumclima.org.br/index.php/eventos/reunioes/176-sinteses-cp> , acesso em
2691 30/10/2012
- 2692 Fox-Penner P., 2010, **Smart Power - Climate Change, the Smart Grid and the Future of**
2693 **Electric Utilities**, Island Press, Washington DC, USA
- 2694 Fugimoto, S. K. 2005. **A Universalização do Serviço de Energia Elétrica: acesso e uso**
2695 **contínuo**. Dissertação de Mestra do Departamento de Engenharia de Energia e Automação
2696 Elétrica II. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- 2697 Goldemberg, J.; Nigro, F. E. B.; Coelho, S. T. 2008. **Bioenergia no estado de São Paulo:**
2698 **situação atual, perspectivas, barreiras e propostas**. São Paulo. Arquivo consultado em julho
2699 de 2011, disponível através do
2700 link: http://www.desenvolvimento.sp.gov.br/noticias//files/livro_bioenergia.pdf
- 2701 Gouvello, C. de. 2010. **Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Relatório de Síntese**
2702 **Técnica. Energia. Cenário de Baixa Emissão de Carbono no Brasil**. The World Bank.
- 2703 Grande, C. & Rodrigues, A., 2007. **Electric Swing Adsorption for CO2 removal from flue**
2704 **gases**. International Journal of Greenhouse Gas Control.
- 2705 Greenpeace - Conselho Europeu De Energia Renovável (EREC). 2010. **Revolução Energética.**
2706 **Caminho do Desenvolvimento Limpo**. 2010.
- 2707 Guerreiro, A. 2009. **Avaliação de Medidas e Políticas de Eficiência Energética**. Arquivo
2708 consultado em julho de 2011, disponível através do link:
2709 <http://www.cbcme.org.br/documentos/AG01.pdf>.
- 2710 Guimarães, A.P.C., Cheroto, S. , Menezes, P.C.P., Junior, A.L.V, Nascimento, M.V.G. 2002.
2711 **Caracterização dos sítios potenciais na região do semi-árido brasileiro para implantação**
2712 **de Sistema Piloto Heliotérmico de Geração Elétrica**. Relatório Técnico DG/1105/02 CEPEL,
2713 Projeto Gerahelio (2002)
- 2714 Hingorani, N.G., 1988, **High Power Electronics and Flexible A C Systems**, IEEE Power
2715 Engineering Review, July, EUA
- 2716 Hoffmann, S., Szklo, A., Schaeffer., A. 2012. An evaluation of the techno-economic potential
2717 of co-firing coal with woody biomass in thermal power plants in the south of Brazil. Biomass
2718 an Bioenergy 45, 295-302.

- 2719 ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade 2011.**Manual para Aproveitamento de**
 2720 **Biogás – Volume 1 – Aterros Sanitários.** Arquivo consultado em julho de 2011, disponível
 2721 através do link:
 2722 http://www.iclei.org/fileadmin/user_upload/documents/LACS/Portugues/Programas/M2M/ICL
 2723 [EI Manual - FINAL 72 dpi.pdf.](#)
- 2724 Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais (INPE).2011. Sistema de Organização Nacional de
 2725 Dados Ambientais. Arquivo consultado em julho de 2011, disponível através do link
 2726 <http://sonda.ccst.inpe.br/>
- 2727 **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Fourth Assessment Report.**
 2728 **Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change.** Cambridge University Press.
 2729 Cambridge. 2007. Arquivo consultado em julho de 2011, disponível através do link: [www.](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter4.pdf)
 2730 [ipcc.ch/pdf/assessment – report/ar4/wg3/ar4 – wg3 – chapter 4.pdf.](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter4.pdf)
- 2731 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. **Special Report on Renewable**
 2732 **Energy Sources and Climate Change Mitigation.** Cambridge University Press, Cambridge,
 2733 United Kingdom and New York, NY, USA.
- 2734 Jannuzzi, G. M. Sant’Ana, P. H. M.; Gomes, R. D. M. 2009. **Considerações sobre o Estágio**
 2735 **do Conhecimento Nacional de Tecnologias de Energia e Oportunidades de Transferência**
 2736 **de Tecnologia: contribuições para a COP-15.** CGEE – Centro de Gestão e Estudos
 2737 Estratégicos. Brasília.
- 2738 Jannuzzi, G. M., Poppe, M. K. 2011. Desenvolvimento, Cooperação e Transferência de
 2739 Tecnologias Energéticas de Baixa Emissão. In **Mudança do clima no Brasil: aspectos**
 2740 **econômicos, sociais e regulatórios.** p. 195-210.
 2741 [http://www.ipea.gov.br/porta1/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_mudancadoclima.pdf.](http://www.ipea.gov.br/porta1/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_mudancadoclima.pdf)
 2742 IPEA. Brasília.
- 2743 Ketzer, J. et al (2007). **Opportunities for CO2 Capture and Geological Storage in Brazil:**
 2744 **The CARBMAP Project.** Paper presented in International Initiatives and Programs / CCS
 2745 Outside the U.S. Pittsburgh, Pennsylvania
- 2746 La Rovere, E.L; Raubenheime, S.. 2011. **Low Carbon Scenarios in Emergent Economies:**
 2747 **the Brazilian Case.** [http://lcs-](http://lcs-rnet.org/meetings/2011/10/pdf/R1.3_2%20Emilio%20La%20Rovere%20abstract.pdf)
 2748 [rnet.org/meetings/2011/10/pdf/R1.3_2%20Emilio%20La%20Rovere%20abstract.pdf.](http://lcs-rnet.org/meetings/2011/10/pdf/R1.3_2%20Emilio%20La%20Rovere%20abstract.pdf)
- 2749 Margulis, S.; Dubeux, C. B. S. 2010. **Economia da Mudança do Clima no Brasil: Custos e**
 2750 **Oportunidades.** IBEP Gráfica. São Paulo.
- 2751 Marques, R. M. B.S.; Carmo, J. do; Ribeiro, F. S.2006. A universalização do atendimento no
 2752 campo gerando um problema de exclusão social. In: Encontro de Energia no Meio Rural, 6,
 2753 Campinas. Arquivo consultado em julho de 2011, disponível através do link:
 2754 [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC00000000220060001](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000100004&lng=en&nrm=abn)
 2755 [00004&lng=en&nrm=abn.](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000100004&lng=en&nrm=abn)
- 2756 Marreco, J.; Pereira JR, A.; Tavares, M. 2006. **Perspectivas para a geração termelétrica a**
 2757 **carvão. Revista Brasileira de Energia,** v. 12, n. 2, p. 1-10, 2006.Martins F. R., Pereira E.
 2758 B.2011.Enhancing information for solar and wind energy technology deployment in
 2759 Brazil.**Energy Policy.**Vol. 39, No. 7.
- 2760 Martins F.R., Pereira E.B., Abreu S.L. 2007. **Satellite-derived solar resource maps for Brazil**
 2761 **under SWERA project. Solar Energy.**Vol. 81, No. 4.
- 2762 Martins F.R., Pereira E.B., Silva S.A.B., Abreu S.L., Colle S.. 2008.Solar energy scenarios in
 2763 Brazil, Part one: Resource assessment. **Energy Policy.**Vol. 36, No. 8.
- 2764 Martins F.R., Rütther R., Pereira E.B., Abreu S.L.2008. Solar energy scenarios in Brazil. Part
 2765 two: Photovoltaics applications.**Energy Policy.**Vol. 36, No. 8.

- 2766 McKinsey & Company. 2009b. **Pathways to a low-carbon economy**
- 2767 MCT, 2009; **Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito**
2768 **Estufa**. Informações Gerais e Valores Preliminares, Brasília, 24 de novembro de 2009
- 2769 Medeiros, J. L.; Versiani, B. M.; Araujo, O. Q. F. (2008). **A Model for Pipeline**
2770 **Transportation of Supercritical CO₂ for Geological Storage**. Journal of Pipeline
2771 Engineering, v. 7, p. 253-279. McKinsey & Company. 2009a. **Caminhos para uma economia**
2772 **de baixa emissão de carbono no Brasil**.
- 2773 Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). 2010. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de
2774 Clima. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas**
2775 **sobre Mudança do Clima**. Brasília.
- 2776 Ministério das Minas e Energia (MMEa).1997. **Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico**
2777 **Brasileiro. Sumário Executivo**. Brasília. 1997.
- 2778 Ministério das Minas e Energia (MMEb).2003. **Modelo Institucional do Setor Elétrico**.
2779 Brasília. 2003.
- 2780 Ministério das Minas e Energia (MMEc).2010. **Estudo e propostas de utilização de geração**
2781 **fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas**. Brasília. 2010.Arquivo
2782 consultado em julho de 2011, disponível através do link:
2783 <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/mmegtsf.pdf>.
- 2784 Ministério das Minas e Energia (MMEd).2010. **Plano Nacional de Eficiência Energética.**
2785 **Premissas e Diretrizes Básicas na Elaboração do Plano**. Brasília. 2010.Arquivo consultado
2786 em junho de 2011, disponível através do link:
2787 [http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2010/PNEf -](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2010/PNEf_-_Premissas_e_Dir._Basicas.pdf)
2788 [_Premissas e Dir. Basicas.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2010/PNEf_-_Premissas_e_Dir._Basicas.pdf).
- 2789 Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2011. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade
2790 Ambiental. **Fundo Clima**. Arquivo consultado em julho de 2011, disponível através do
2791 link:<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=251>.
- 2792 MMA, MAPA, MME, MF, MDIC, MCT, MRE, Casa Civil. 2011. Cenários para *Oferta*
2793 *Brasileira* de Mitigação de Emissões. Arquivo consultado em julho de 2009, disponível através
2794 do link:http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/cenarioemissoes_182.pdf.
- 2795 Moretz-Sohn Monteiro, J. (2009). **Um Estudo Sobre Alternativas de Seqüestro de Carbono:**
2796 **Modelos, Métricas e Otimalidade**". Dissertação de Mestrado. Escola de Química.
2797 Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em :
2798 <http://tpqb.eq.ufrj.br/download/alternativas-de-sequestro-de-carbono.pdf>
- 2799 Oliveira, Adilson de. 2011. **Setor Elétrico: desafios e oportunidades**. CEPAL Escritório no
2800 Brasil/IPEA. Brasília. 2011.
- 2801 Ordenes, M.; Marinoski, D.L.; Braun, P.; Rütther, R. 2007. *The impact of building-integrated*
2802 *photovoltaics on the energy demand of multi-family dwellings in Brazil*.**Energy and Buildings**.
2803 Vol. 39, No. 6,.
- 2804 Pereira, O. S.; Reis, T.M.; Figueiredo, M.G. 2010. **Sistema Brasileiro de cap and trade no**
2805 **Setor Elétrico**. Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro.
- 2806 Pereira, O.S.; Figueiredo, M. G. P.2009. *Um Futuro Energético Sustentável para a Bahia*.
2807 **Revista Desenharia**. Vol. 5. Nº10. Salvador.
- 2808 Petrobras. 2007. **Plano Estratégico 2020**. Petrobras. Rio de Janeiro.
- 2809 Presidência da República. 1995a. **Lei Nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995**. Brasília.

- 2810 Presidência da República. 1995b. **Lei Nº 9.074, de 7 de julho de 1995**. Brasília.
- 2811 Presidência da República. 1996. **Lei Nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996**. Brasília.
- 2812 Presidência da República. 2002. **Lei Nº 10.438, de 26 de abril de 2002**. Brasília
- 2813 Presidência da República. 1998. **Lei Nº 9.648, de 27 de maio de 1998**. Brasília
- 2814 Presidência da República. 2004. **Lei Nº 10.848, de 15 de março de 2004**. Brasília.
- 2815 Presidência da República. 2007. **Decreto Nº 6.263, de 21 de novembro de 2007**.Brasília
- 2816 Presidência da República. 2009. **Lei n.º 12.187, de 29 de dezembro de 2009**.Brasília.
- 2817 Presidência da República. 2009. **Lei Nº 12.187, de 26 de abril de 2009**. Brasília
- 2818 Ramos, D. P.; Lázaro, L. L. B.2009. **Políticas públicas para mitigação e adaptação às**
2819 **mudanças climáticas: financiando a transição para uma economia de baixo carbono..**
2820 Arquivo consultado em julho de 2011, disponível através do link:
2821 http://www.usp.br/mudarfuturo/PDF/Atualizacao_11_04052011.pdf.
- 2822 Rede Brasileira De Fundos Socioambientais . 2010.**Fontes de recursos financeiros para a**
2823 **gestão ambiental pública: cenários e estratégias de captação para o funcionamento de**
2824 **fundos socioambientais**. Série Financiamento e Fomento Ambiental no Brasil. Vol. 2. Arquivo
2825 consultado em julho de 2011, disponível através do link:
2826 <http://www.fundosambientais.org.br/files/Newsletter1.pdf>.
- 2827 Reis, Lineu. B. , 2011. **Geração de Energia Elétrica**. 2^a edição. Ed. Manole. Barueri.
- 2828 Renewables Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) – **Renewables Global**
2829 **Status Report**, 2011
- 2830 Rochedo, P., Szklo, A., 2012. **Minimum Work of Separation and Learning Curves for**
2831 **Carbon Capture based on Chemical Absorption**. To be presented at 7th Conference on
2832 Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, Ohrid, Macedonia.
- 2833 Rockett, G. et al .(2011). **The CARBMAP project: Matching CO2 sources and geological**
2834 **sinks in Brazil using geographic information system**. Energy Procedia, Volume
2835 4, 2011, Pages 2764-2771
- 2836 Rosa, L. P. et al. 1998. **A reforma do setor elétrico no Brasil e no mundo: uma visão crítica**.
2837 Relume Dumará. Rio de Janeiro.
- 2838 Ruchansky, B. DE Buen, O.; Jannuzzi, G. M. 2011. **CEPAL - Eficacia institucional de los**
2839 **programas nacionales de eficiencia energética: los casos del Brasil, Chile, México y el**
2840 **Uruguay**. CEPAL. Santiago. Rubin, E., Yeh, S., Antes, M., Berkenpas, M., Davison, J.,
2841 2007. **Use of experience curves to estimate the future cost of power plants with CO2**
2842 **capture**. International Journal of Greenhouse Gas Control 1 (2), 188-197.
- 2843 Rütther R., Zilles R.2011.Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil.**Energy**
2844 **Policy**. Vol. 39, No. 3.
- 2845 Salomon, K. R. 2007. **Avaliação Técnico-Econômica e Ambiental da Utilização de Biogás**
2846 **Proveniente da Biodigestão da Vinhaça em Tecnologias para Geração de Eletricidade**.
2847 Tese de Doutorado. Instituto de Engenharia Mecânica da Universidade de Itajubá. Arquivo
2848 consultado em julho de 2011, disponível através do link:
2849 http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/docs/artigos_dissertacoes/salomon.pdf
- 2850 Santos, M. A.; Rosa, L. P.; Matvienko, B.; Santos, E. O; Rocha, C. H. E. D.; Sikar, E.; Silva, M.
2851 B.; Junior, A. M. P. B. 2008. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Reservatórios de
2852 Hidrelétricas. **Ecologia Brasiliensis**. 12.

- 2853 Schmid A. L., Hoffmann C. A. A.. 2004. Replacing diesel by solar in the Amazon: short-term
2854 economic feasibility of PV-diesel hybrid systems. **Energy Policy**.Vol. 32, No. 7.
- 2855 Tiba, C., Fraidenraich, N., Lyra, F.J.M., Nogueira, A.M.B., Gallegos, H.G., 2000, **Atlas**
2856 **Solarimétrico do Brasil**
- 2857 Tourinho, O. A. F.; Motta, R. S. DA; Alves, Y. LE B. 2003. **Uma Aplicação Ambiental de um**
2858 **Modelo de Equilíbrio Geral**. IPEA. Rio de Janeiro.
- 2859 UNFCCC. 2011a. **Appendix II - Nationally appropriate mitigation actions of developing**
2860 **country Parties**. Arquivo consultado em julho de 2011, disponível através do link:
2861 http://unfccc.int/meetings/cop_15/copenhagen_accord/items/5265.php.
- 2862 UNFCCC. 2011b. **Brazil, Letter including nationally appropriate mitigation actions**.
2863 Arquivo consultado em julho de 2011, disponível através do link:
2864 http://unfccc.int/files/meetings/cop_15/copenhagen_accord/application/pdf/brazilcphaccord_app
2865 [2.pdf](http://unfccc.int/files/meetings/cop_15/copenhagen_accord/application/pdf/brazilcphaccord_app) .
- 2866 Viana T.S., Rüther R., Martins F.R., Pereira E.B. 2011. Assessing the potential of concentrating
2867 solar photovoltaic generation in Brazil with satellite-derived direct normal irradiation.**Solar**
2868 **Energy**.Vol. 85, No. 3,.
- 2869 Viana, T. S., Ruther, R., et al., 2011. **Assessing the potential of concentrating solar**
2870 **photovoltaic generation in Brazil with satellite-derived direct normal irradiation**. Solar
2871 Energy (85), pp. 486 – 495
- 2872 Vieira, L. et al. 2012a. **Projeto básico de uma central heliotérmica de 1 MW em Petrolina –**
2873 **PE**. Anais do IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferencia Latino-Americana da
2874 ISES – São Paulo, 18 a 21 de setembro de 2012 colocar o a e ir para o final as referencias
- 2875 Vieira, L. et al. 2012b. **Estudo de localização de uma central heliotérmica de 1MW na**
2876 **região do semiárido brasileiro**. Anais do IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V
2877 Conferencia Latino-Americana da ISES – São Paulo, 18 a 21 de setembro de 2012.
- 2878 Vitaecivilis. 2011. Arquivo consultado em julho de 2011, disponível através do link:
2879 (<http://www.vitaecivilis.org.br/index.php/br/midia/noticias/381>).
- 2880 Volpi, G.; Jannuzzi, G.; Gomes, R. D. . 2006. **A sustainable electricity blueprint for**
2881 **Brazil**. **Energy for Sustainable Development**, v. X, p. 14-24., 2006.
- 2882 WWF. 2006. **Agenda elétrica sustentável 2020: estudo de cenários para um setor elétrico**
2883 **brasileiro eficiente, seguro e competitivo**. WWF-Brasil. Brasília.

2884

2885

2886 **3.3. TRANSPORTES**

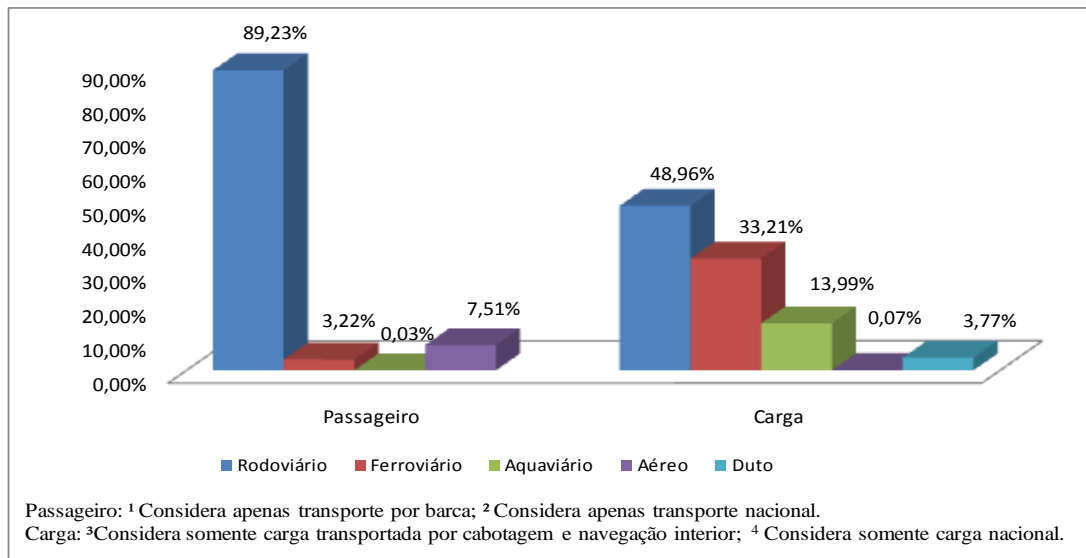
2887

2888 Este item trata do potencial de mitigação das emissões de CO₂, principal gás de efeito
2889 estufa (GEE) associado ao consumo de combustíveis fósseis na operação dos
2890 transportes no Brasil. A partir de uma visão geral desta atividade identifica-se o perfil
2891 nacional de emissões de CO₂ nos últimos anos, considerando a operação direta dos
2892 veículos. A seguir são apresentadas políticas, práticas e opções tecnológicas de
2893 mitigação das emissões de CO₂ nos transportes, que poderiam ser aplicadas a realidade
2894 brasileira. Por fim, são apresentadas as considerações finais, limitações do estudo e
2895 sugestões para trabalhos futuros.

2896 **3.3.1. Visão geral sobre o transporte no Brasil**

2897 Em 2009, a distribuição modal do transporte motorizado de passageiros e de carga no
 2898 Brasil seguiu o padrão apresentado na Figura 3.3.1 onde se verifica a predominância do
 2899 transporte rodoviário, em particular, no caso do transporte de passageiros.

2900



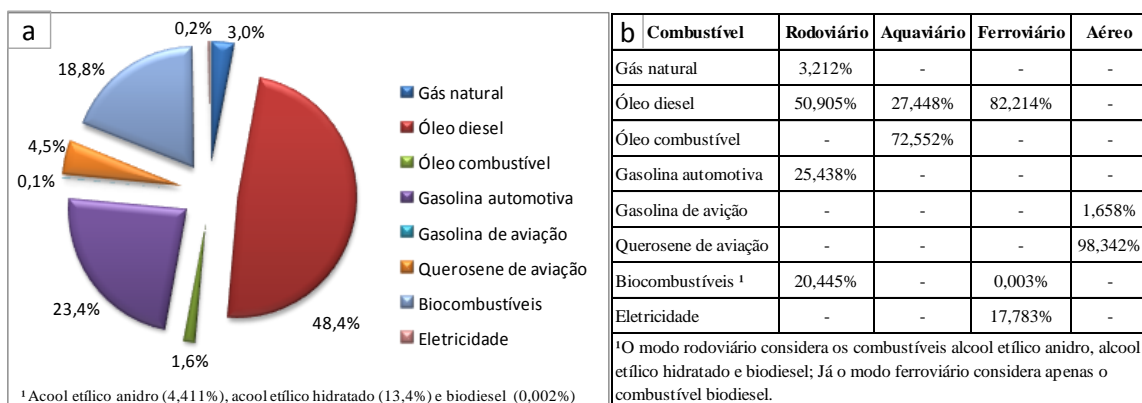
2901 Nota: Percentuais calculados com base em dados fornecidos em pass.km e t.km.

2902 **Figura 3.3.1 - Matriz de transporte motorizado - Brasil 2009.**

2903 Fonte: Elaboração própria com base em FIPE (2011), ANTT (2009), ANTAQ (2009), ANTP (2009)
 2904 e ANAC (2009).

2905
2906
2907
2908
2909
2910
2911
2912

Em 2009, o setor de transporte respondeu por 28% do consumo final de energia no Brasil, dividido conforme Figura 3.3.2 (a). Deste percentual, o transporte rodoviário representa 92,02 %, o ferroviário 1,23%, o hidroviário 2,17% e o aéreo 4,59%, conforme distribuição apresentada na Figura 3.3.2 (b) (EPE, 2010). O transporte dutoviário não fez parte das estatísticas oficiais do balanço energético nacional, publicado pela EPE.



2913 Nota: Percentuais calculados a partir do consumo de energia (tep).

2914 **Figura 3.3.2 - Consumo de energia do setor de transporte - Brasil 2009.**

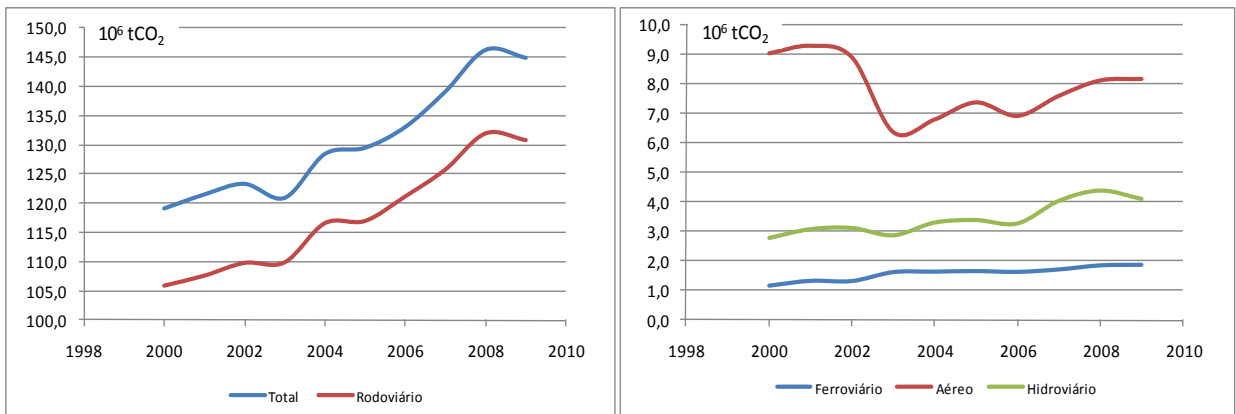
2915 Fonte: Elaboração própria com base em EPE (2010).

2916
2917
2918
2919

Destaca-se que o consumo de biocombustíveis tem apresentado crescimento contínuo no período de 2006 a 2009, tendo sido verificado um aumento no consumo de etanol de

2920 84% e de biodiesel de 1.706%, atingindo conjuntamente, no ano de 2009, 18,8% da
 2921 energia consumida pelo setor de transporte. No entanto, observa-se que o Brasil ainda
 2922 utiliza prioritariamente combustível de origem fóssil (80,96%) nesse setor, sendo a
 2923 maior parte (48,4%) de óleo diesel. Este percentual representou no ano de 2009 o
 2924 consumo de 50.758×10^3 tep de combustíveis fósseis, sendo 30.369×10^3 tep somente
 2925 de óleo diesel.

2926 Esta situação de crescimento remete ao perfil de emissões de CO₂ apresentado na Figura
 2927 3.3.3, onde se observa que no período de 2000 a 2009 houve um crescimento total de
 2928 21,7%, decorrente dos crescimentos parciais de 23,4% para o transporte rodoviário,
 2929 56,8% para o ferroviário e 46,9 % para o hidroviário e de um decréscimo de 9,6%
 2930 para o transporte aéreo. Por tratar de emissões líquidas de CO₂, a Figura 3.3.3 não
 2931 considera emissões de CO₂ provenientes do uso dos biocombustíveis, uma vez que este
 2932 gás foi capturado no cultivo da matéria-prima considerada para produção da fonte de
 2933 energia.



2934 **Figura 3.3.3 - Perfil de emissões líquidas de CO₂ em transportes no Brasil – combustíveis fósseis.**

2935 Fonte: Elaboração própria com base em EPE (2010).

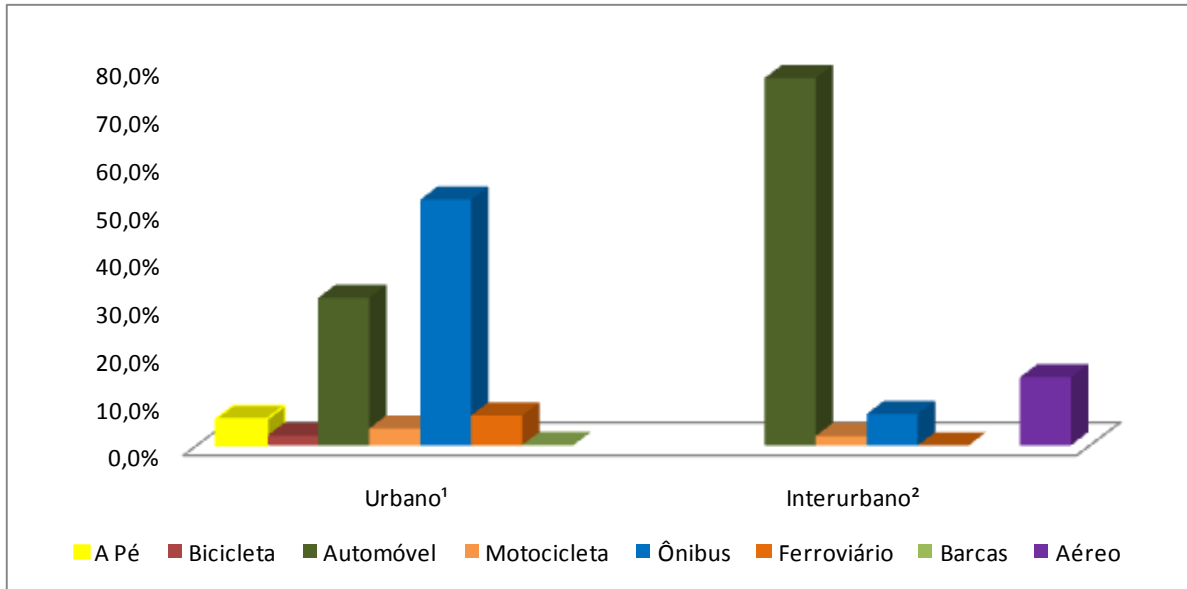
2936
 2937
 2938 Observa-se que em relação às emissões de CO₂ resultantes do consumo de combustíveis
 2939 fósseis o transporte rodoviário é responsável pela maior parcela de emissões no período
 2940 de 2000 a 2009. No entanto este é o modo de transporte que utiliza a maior parcela de
 2941 biocombustíveis na matriz de transportes (99,99%). Observa-se que os modos que
 2942 apresentaram a maior taxa de crescimento, ferroviário e aquaviário, são quase que
 2943 exclusivamente dependentes de derivados de petróleo (óleo diesel e óleo combustível).
 2944 Destaque se dá para o modo aéreo que apresentou uma redução no consumo de
 2945 querosene em 2003, provocando um abatimento nas emissões de CO₂. Esse resultado se
 2946 dá em função de veículos maiores, mais eficientes e com novas tecnologias embarcadas.

2947 O primeiro Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Fontes Móveis (MMA,
 2948 2011) estimou a emissão de CO₂ por categoria de veículo e tipo de combustível em
 2949 2009 e projetou essa estimativa até o ano de 2020, baseado na estimativa de crescimento
 2950 da frota nacional de veículos.

2951 Nota-se pelas estimativas para 2020, que o setor de transporte rodoviário poderá emitir
 2952 cerca de 60% a mais do que em 2009, alcançando cerca de 270 milhões de toneladas de
 2953 CO₂, com percentuais de participação relativa das categorias sofrendo poucas
 2954 alterações, em que se destaca a redução da participação dos ônibus. Assim, do total
 2955 dessas emissões em 2020, 40% de automóveis (incluindo os veículos movidos a GNV),
 2956 36% virá da frota de caminhões, 13% de ônibus e 3% de motocicletas.

2957 **3.3.1.1. Transporte de passageiros**

2958 A Figura 3.3.4 apresenta a distribuição modal do transporte urbano e interurbano de
 2959 passageiros em pass.km, em 2009. Tanto no transporte urbano quanto no transporte
 2960 interurbano é possível observar a predominância do modo rodoviário.



2961 Nota: (1) Transporte municipal e intermunicipal; (2) Transporte interestadual; (3) Para cidades com mais
 2962 de 60 mil habitantes que contém a maior parte da população e frota

2963 **Figura 3.3.4 - Matriz de transporte de passageiro - Brasil 2009.**

2964 Fonte: Elaboração própria com base em FIPE (2011), ANTT (2009), ANTAQ (2009), ANTP (2009) e
 2965 ANAC (2009).
 2966
 2967

2968 A Figura 3.3.5 apresenta a evolução da matriz de transporte de passageiro, em pass.km.
 2969 Os dados referentes ao transporte não motorizado (a pé e bicicleta), transporte
 2970 rodoviário (automóveis, motocicletas e ônibus) e ferroviário (trens e metrô) em área
 2971 urbana utilizou-se como fonte dados da ANTP (2009). Em relação ao transporte
 2972 aquaviário (barcas), para a estimativa de passageiros transportados por quilômetros
 2973 utilizou-se uma projeção dos dados de BNDES (1999) e a distância média de 5 km,
 2974 representativa dos 5 sistemas considerados (Rio de Janeiro, Santos, Vitória, Salvador e
 2975 Aracaju).

2976 No que tange ao transporte interurbano, para o transporte rodoviário (automóveis e
 2977 motocicletas) realizou-se uma estimativa considerando o consumo de energia informado
 2978 em EPE (2010) e o rendimento energético em MMA (2011). Para o transporte
 2979 ferroviário interestadual utilizou-se dados da ANTT (2009) e para o transporte aéreo
 2980 foram usados dados provenientes da ANAC (2009).

2981 Pode-se observar que as participações modais apresentam pequenas variações no
 2982 período considerado. No entanto, é possível verificar que no transporte urbano houve
 2983 uma pequena queda no transporte por ônibus e por automóvel e um leve aumento no uso
 2984 do transporte ferroviário. Já em relação ao transporte interurbano observa-se uma
 2985 redução no transporte por ônibus (coletivo) e um crescimento no transporte por
 2986 automóvel (individual).

2987

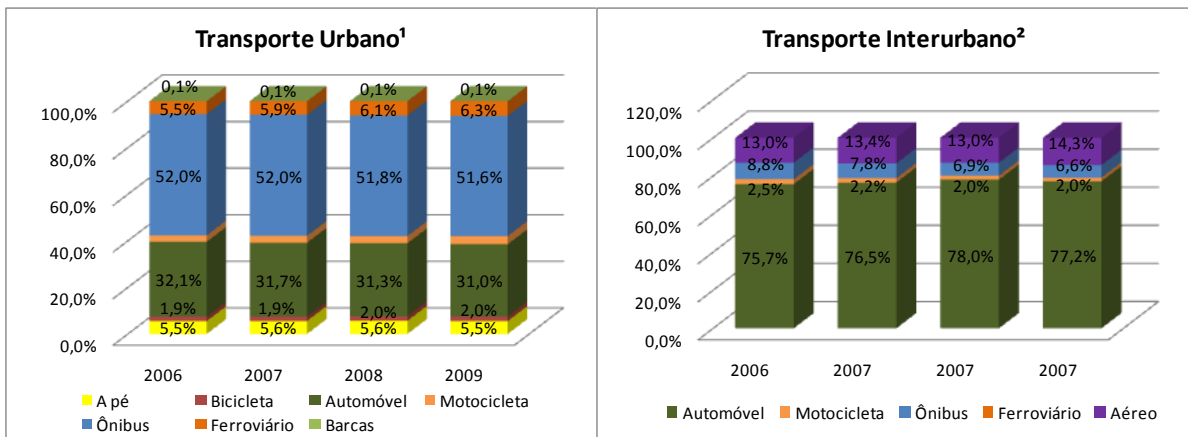


Figura 3.3.5 - Evolução da matriz de transporte de passageiro no Brasil.

Fonte: Elaboração própria com base em FIPE (2011), ANTT (2009), ANTAQ (2009), ANTP (2009) e ANAC (2009).

2988
2989
2990
2991
2992

2993 3.3.1.2. Transporte e movimentação de carga

2994 Cada modo de transporte apresenta especificidades que os tornam mais adequados a
2995 determinado tipo, carga e operação. No Brasil, utilizam-se para o transporte de carga os
2996 cinco modos existentes. Se consideradas as cargas transportadas dentro do país em
2997 tonelada quilômetro (t.km) verifica-se que a matriz de transporte de carga tem evoluído
2998 conforme Figura 3.3.6 Para a elaboração de tal matriz utilizou-se basicamente dados
2999 fornecidos pelas agências reguladoras (ANTT (2009), ANAC (2009) e ANTAQ (2009))
3000 e dados da FIPE. Para o modo rodoviário considerou-se dados fornecidos por FIPE
3001 (2009). Já para o transporte ferroviário, foram considerados os dados fornecidos, em
3002 t.km, pela ANTT para o período de 2006 a 2008. Os valores para o ano de 2009 foram
3003 obtidos utilizando-se projeção por meio de regressão linear²⁵.

3004 Para o modo aéreo, foram utilizados dados fornecidos pela ANAC, em t.km. Foram
3005 considerados os dados de carga paga transportada, acrescido de 0,014% referente a
3006 carga grátis transportada. Este percentual foi calculado com base na relação verificada
3007 entre a carga total transportada²⁶ (paga + grátis) e a carga paga transportada²⁷. Foi
3008 necessário realizar este cálculo em virtude da ANAC fornecer o dado de carga total
3009 transportada apenas para o ano de 2009. A quantidade de carga total transportada foi
3010 acrescida da quantidade de carga de correio transportada.

3011 O transporte aquaviário foi estimado com base nos dados referentes ao transporte de
3012 cabotagem e navegação interior, fornecidos pela ANTAQ. Devido ao fato desta agência
3013 fornecer os dados em toneladas foi necessário calcular os dados referentes a t.km
3014 transportada. Para esse calculo utilizou-se a distância média de 596 km, obtida com base
3015 em Garcia (2008).

3016 Para o transporte realizado por duto, considerou-se dados fornecidos, em tonelada, pela
3017 ANTT para o período de 2006 a 2008. Em virtude dos valores apresentarem
3018 regularidade, os dados utilizados para o ano de 2009 foram obtidos utilizando-se média

²⁵ Foram utilizados dados do período de 2004 a 2008, fazendo-se uma regressão linear na forma $y [t.km] = 15.800x [ano] + 190.498$, que obteve coeficiente de determinação $R^2 = 0,9926$.

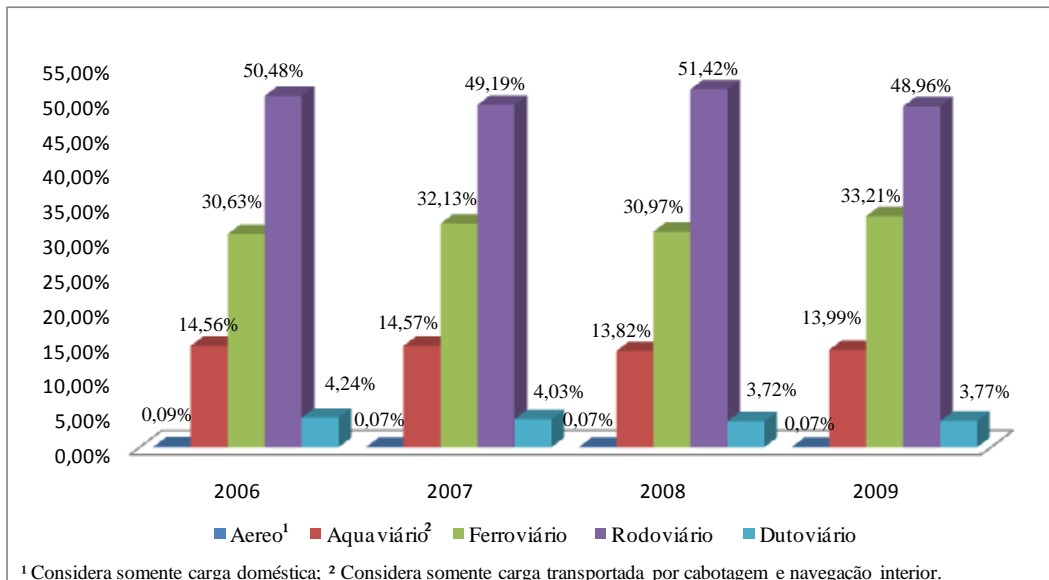
²⁶ Este dado é disponível para o ano de 2009.

²⁷ Este dado é disponível para o período de 2006 a 2009.

3019 aritmética. Para o cálculo de t.km considerou-se a distância média de 116 km, estimada
3020 com base nos dados para o ano de 2004, fornecidos por CNT (2005).

3021 Ao analisar a Figura 3.3.6 pode-se observar a predominância do transporte rodoviário ao
3022 longo do período apresentado, onde se verifica estabilidade na divisão modal, ficando
3023 os modos ferroviário e aquaviário respectivamente na segunda e terceira colocação, com
3024 cerca de 30% e 14% da divisão modal.

3025



3026

3027 **Figura 3.3.6 - Matriz de transporte de carga – Brasil (tkm).**

3028

3028 Fonte: Elaboração própria com base em FIPE (2011), ANTT (2009), ANTAQ (2009) e ANAC (2009).

3029

3030 3.3.2. Opções para mitigação de emissões de CO₂

3031 As opções para mitigação de emissões de CO₂ podem considerar políticas, práticas e
3032 opções tecnológicas que estejam relacionadas à redução e/ou racionalização do uso de
3033 transportes motorizados, a promoção da transferência das viagens para equipamentos ou
3034 modos de maior eficiência energética e a utilização de fontes de energia com menores
3035 taxas de emissão de CO₂.

3036 3.3.2.1. Redução e/ou racionalização do uso dos transportes motorizados

3037 O uso frequente e intensivo do transporte motorizado, dependente de combustíveis
3038 fósseis, constitui-se atualmente na principal fonte de emissão de CO₂ na atividade de
3039 transporte. Para o caso do transporte de passageiros, reduzir a frequência (número) e a
3040 intensidade (extensão) de uso do transporte motorizado envolve mudança nas atuais
3041 práticas de gestão da mobilidade, depende de medidas que podem ser amplamente
3042 classificadas em duas categorias: mudança comportamentais e promoção de
3043 infraestrutura (Santos, Behrendt e Teytelboym, 2010).

3044 Reduzir o número de deslocamentos praticados diariamente depende de uma mudança
3045 de comportamento que pode decorrer da adoção de formas não presenciais de trabalho
3046 (“teletrabalho”), de troca de informações (“teleconferência”) e de aquisição de bens
3047 (“telecompras”), o que pode ser feito por meio da telemática (Ory e Mokhtarian, 2006;
3048 James e Hopkinson, 2006 e Williams e Tagami, 2003). Porém, seu impacto potencial na

3049 redução do total das emissões de CO₂ por meio da diminuição do número de viagens e
3050 dos congestionamentos, não é facilmente comprovado.

3051 Outra forma de reduzir o número de viagens que envolve mudança comportamental
3052 decorre da prática do compartilhamento de veículos (*car sharing*) ou dos “clubes do
3053 carro” (*car clubs*). No entanto, tais práticas usualmente se baseiam em acordos
3054 informais, o que dificulta a determinação precisa da sua contribuição na redução das
3055 emissões de CO₂ (Santos, Behrendt e Teytelboym, 2010). Citam-se ainda a
3056 possibilidade de limitação ou desincentivo ao uso do automóvel, como o pedágio, o
3057 rodízio ou o aumento do custo de estacionar.

3058 Num sentido bastante amplo no que se refere à mudança comportamental, pode-se
3059 considerar campanhas informativas e educativas voltadas para a adoção de práticas
3060 ambientalmente sustentáveis em transporte, como formas não motorizadas de
3061 deslocamento (caminhada e ciclismo), práticas de direção que privilegiam a redução do
3062 consumo de energia (“eco-direção”), que sejam menos intensivas em carbono (“carbon-
3063 friendly”), e a prática consciente da mobilidade sustentável, por meio da conciliação de
3064 um menor número de deslocamentos, de menor extensão e por meio do modo de
3065 transporte de maior eficiência energética (Kahn, 2007 e Goodwin, 2008). Tais mudanças
3066 comportamentais podem levar a uma ampla faixa de redução na emissão de CO₂ Cairns
3067 *et.al.* (2008), conforme Tabela 3.3.1

3068 **Tabela. 3.3.1 - Potencial de redução de emissões de CO₂ - mudanças comportamentais.**

PAÍS	REFERÊNCIA	MEDIDA	REDUÇÃO DE CO ₂
UK	Lindqvist e Tegner (1998) ⁽¹⁾ , Gross <i>et.al.</i>	<i>Car sharing</i>	0,3%
UK	Rydén e Morin (2005), Shaheen e Cohen (2007)	<i>Car sharing/car clubs</i>	39% a 54%
UK	Ledbury (2007) ⁽²⁾	<i>Car sharing</i>	6,4%
UK	Smokers <i>et.al.</i> (2006)	<i>Eco-driving</i>	10%
UK	UKHCEAC (2006)	<i>Diversos</i>	19%
UK	McKinsey e Company (2009)	<i>Eco-driving</i> com redução de distância e melhorias no fluxo de tráfego	3%

3069 Notas: (1) Uso de *car-sharing* e pistas expressas para veículos de alta ocupação (*high occupation*
3070 *vehicles* – HOV); (2) Se 15% dos britânicos adotassem o método *cars clubs*, 7,75 x 10⁶ toneladas de CO₂
3071 deixariam de ser emitidas para a natureza

3072

3073 No entanto, não há mudança de comportamento que se sustente sem a promoção de
3074 infraestrutura adequada a prática da mobilidade sustentável. A opção pela prática de
3075 caminhada e do ciclismo, que proporcionam saúde à medida que promovem
3076 deslocamento de curta distância em área urbana, depende da redução do índice de
3077 criminalidade, para que se disponha de logradouros seguros, passeios bem mantidos e
3078 limpos, mobiliário urbano atrativo, cruzamentos rápidos e seguros com os demais fluxos
3079 de tráfego, ciclovias bem projetadas, moderados limites de velocidade do fluxo
3080 rodoviário e vestiários nas empresas (Banister, 2008).

3081 A substituição das viagens pela prática da telemática exige que se disponha de uma
3082 infraestrutura de comunicação que possibilite transações de dados de forma rápida e
3083 segura, além da confiabilidade no atendimento dos pedidos de entrega. Por outro lado, a

3084 redução na extensão das viagens depende de políticas de uso e ocupação do solo que
 3085 permitam proximidade entre as zonas habitacionais daquelas onde existe oferta de
 3086 empregos e lazer.

3087 Para controlar a produção excessiva de externalidades negativas no setor dos transportes
 3088 rodoviários, uma combinação de medidas (duas ou mais) pode ser usada em vez de
 3089 apenas uma. Banister (2008) argumenta que as combinações de medidas são necessárias
 3090 para reduzir as emissões de CO₂, pois as políticas individuais são insuficientes. Além
 3091 disso, O grande passo na direção do transporte de baixa emissão de CO₂ no futuro é o
 3092 investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para novas tecnologias (Banister,
 3093 2008). Stern (2006), Tfl (2007) e Walsh (2008) apresentam um intervalo potencial de
 3094 redução de CO₂, com a aplicação de novas tecnologias para o transporte e políticas
 3095 combinadas, conforme Tabela (3.3.2).

3096

3097 **Tabela 3.3.2 - Potencial de redução de emissões de CO₂ – medidas e tecnologias combinadas.**

País	Referência	Medidas	Redução de CO ₂
UK	TFL ²⁸ (2007)	Redução de veículos particulares no centro de Londres ocasionaria uma redução dos congestionamentos combinada com uma redução de CO ₂ .	16%
UK	Walsh (2008)	Várias alternativas de transporte combinadas em substituição ao automóvel, incluindo viagens a pé	33% e 83%

3098

Notas: (1) Considera esta redução até 2050.

3099

3100 No que se refere ao transporte de carga, as medidas apresentadas anteriormente parecem
 3101 não se aplicar, a menos para situações onde se disponha de flexibilidade no uso e
 3102 ocupação do solo que permita suprimento de produtos e serviços na proximidade das
 3103 zonas de consumo.

3104

3105 **3.3.2.2. Transferência das viagens para equipamentos ou modos de maior eficiência** 3106 **energética**

3107 A seguir, são apresentados aspectos relacionados ao potencial de redução do consumo
 3108 de energia e a redução da emissão de CO₂ por meio da melhoria da eficiência energética
 3109 nos veículos rodoviários e no potencial de substituição modal.

3110 **3.3.2.2.1 Perspectivas da eficiência energética**

3111 O uso mais eficiente da energia no transporte é uma opção para a redução de emissões
 3112 de CO₂, mitigação que está associada à redução do consumo dos recursos petrolíferos
 3113 não renováveis. Sendo assim, tem-se observado um grande esforço para reduzir o
 3114 consumo energético no transporte rodoviário, modo de transporte mais utilizado em
 3115 todo o mundo. Porém, alguma dificuldade vem sendo encontrada, principalmente,
 3116 quando a propulsão dos veículos deriva de motores de combustão interna (MCI).

3117 Usualmente, da energia disponível no combustível armazenado no tanque do veículo,
 3118 entre 70% e 80% da energia química do combustível é perdida na forma de
 3119 transferência de calor e/ou exauridas com os gases pelo escapamento. O restante é
 3120 convertido em energia mecânica que será usada para o deslocamento. Esta energia

²⁸ Transport for London

3121 mecânica ainda está sujeita as perdas que ocorrem no sistema de transmissão, entre 17%
 3122 e 40%. Logo, para que o veículo efetivamente se movimente, vencendo as resistências
 3123 ao rolamento, aerodinâmica, inércia e de rampa restam entre 15% e 25% da energia
 3124 originalmente armazenada no tanque de combustível. A Tabela 3.3.3 apresenta a
 3125 distribuição típica de energia consumida em automóveis.

3126 **Tabela 3.3.3 - Eficiência energética do sistema de propulsão convencional – automóveis.**

				Referências					
				1	2	3	4	5	6
Componentes da oferta de energia									
Energia disponível no combustível				100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Componentes do sistema de propulsão	MCI	Perdas de energia	Sistema de Refrigeração	36,0%	30,0%	30,0%	20,0%	73,0%	79,0%
			Gases de exaustão	38,0%	35,0%	35,0%	35,0%		
			Fricção dos componentes do motor	6,0%	5,0%	5,0%	-		
			Radiação térmica do motor	-	-	5,0%	20,0%		
	Eficiência do MCI			20,0%	30,0%	25,0%	25,0%	27,0%	21,0%
	STM	Perdas de energia	Transmissão	10,0%	17,0%	40,0%	24,0%	18,5%	28,6%
			Pneus	15,0%	-	-	-	-	-
		Eficiência do STM			75,0%	83,0%	60,0%	76,0%	81,5%
	Eficiência do conjunto			15,0%	25,0%	15,0%	19,0%	22,0%	15,0%
	Oferta final de energia				15,0%	25,0%	15,0%	19,0%	22,0%
Componentes da demanda por energia (resistências ao movimento)									
Resistência ao rolamento				-	6,0%	-	4,2%	7,0%	4,0%
Resistência aerodinâmica				8,0%	13,0%	10,0%	10,5%	11,0%	3,0%
Energia disponível para vencer inércia, rampas e equipamentos auxiliares				7,0%	6,0%	5,0%	4,3%	4,0%	8,0%

3127 Notas: O ciclo Euromix compreende um percurso onde 1/3 é feito em condições de tráfego urbano, 1/3 a
 3128 velocidade constante de 90 km/h e 1/3 a velocidade constante de 120 km/h. MCI: Motor de combustão
 3129 interna, STM: sistema de transmissão mecânica.

3130 Fonte: Elaboração própria com base em: 1) Automóvel norte americano típico operando sob condições
 3131 corriqueiras de tráfego urbano; Ristinen e Kraushaar (1999); 2) Automóvel europeu com motor à óleo
 3132 diesel em ciclo Euromix; Poulton (1997), 3) Automóvel norte americano típico WISER (2000), 4)
 3133 Automóvel norte americano típico, OECD (1997), 5) Regime de operação rodoviária (NRC, 2006), 6)
 3134 Regime de operação urbana (NRC, 2006).
 3135

3136 Embora a Tabela 3.3.1 possa servir de guia para direcionar ações específicas na redução
 3137 do consumo de combustível, dificilmente uma redução destas perdas (p.ex. energia
 3138 perdida nos gases de exaustão) reflete-se diretamente e na mesma proporção no
 3139 consumo de energia.

3140 Visando minimizar tais perdas é possível aperfeiçoar a eficiência energética por meio do
 3141 uso de novas tecnologias. A Tabela 3.3.4 apresenta alguns exemplos de tecnologias que
 3142 se incorporadas ao veículo podem vir a aumentar a eficiência energética deste,
 3143 consequentemente reduzindo emissões atmosféricas.

3144

Tabela 33.4 - Potencial de aumento em eficiência energética – automóveis.

Ciclo	Aplicação	Tecnologia	Potencial de aumento da eficiência energética	Prazo de difusão das tecnologias
Otto	Motor de Combustão Interna (MCI)	Diminuição do Tamanho do Motor com Sobrealimentação	3% a 8%	entre 3 e 6 anos
		Injeção Direta	10% a 15%	entre 3 e 6 anos
		Motor de Ignição por Compressão de Carga Homogênea - HCCI	15%	entre 3 e 6 anos
		Comando Variável de Válvula (VVT&L)	3% a 8%	até 3 anos
		Variador do Tempo de Válvula (VVT)	2% a 3%	Não informado
		Desativação de Cilindros	4% a 6%	acima de 6 anos
		Motor sem Eixo de Cames (CVA)	5% a 10%	acima de 6 anos
		Razão de Compressão Variável (VCR)	2% a 6%	entre 3 e 6 anos
	Sistema de Transmissão Mecânica (STM)	Transmissão Variável Contínua (CVT)	4% a 6%	até 3 anos
		Partida Integrada/Gerador (ISG)	5% a 10%	entre 3 e 6 anos
		Transmissão Automática em Seis Velocidades	1% a 2%	entre 3 e 6 anos
		Transmissão Automática/Manual (AST/AMT)	4% a 8%	Não informado
	Veículo	Sistema Elétrico do Veículos (≥ 42 V)	1%	entre 3 e 6 anos
		Redução de Coeficiente de Arraste Aerodinâmico em 10%	1% a 2%	até 3 anos
		Redução da Resistência ao Rolamento em 10%	1% a 2%	até 3 anos
		Redução de Massa do Veículo em 10%	7%	até 3 anos
		Melhorias no Ar Condicionado	Não informado	até 3 anos

3145 Nota: V = Volt

3146 Fonte: Elaboração própria com base em SMITH (2010) e NCR (2002).

3147

3148 Em virtude da lacuna tecnológica existente entre o mercado automotivo brasileiro e os
3149 mais avançados, observa-se que existe um grande potencial de redução de consumo de
3150 combustível na frota de veículos brasileiros. Embora algumas das tecnologias
3151 apresentadas na Tabela 3.3.3 já sejam consolidadas por fabricantes no mercado
3152 internacional, estes alegam que, na maioria dos segmentos de veículos brasileiros, o
3153 custo da aplicação de tais tecnologias não gera retorno, visto que os consumidores não
3154 conseguem perceber o benefício (redução do consumo de combustível) gerado.

3155 De acordo com Smith (2010), o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular pode vir
3156 a estimular o desenvolvimento tecnológico, a partir do momento em que este passe a
3157 servir de referência para os consumidores na escolha de veículos mais eficientes. No
3158 entanto, segundo a autora tem se observado uma pequena adesão ao programa por parte
3159 dos fabricantes, o que pode estar relacionado à flexibilidade regulatória do programa e
3160 ao pouco comprometimento por parte dos agentes envolvidos (indústria e governo).

3161 No que se refere aos veículos comerciais com peso bruto total acima de 3,5t, os ganhos
 3162 de eficiência energética em sistemas convencionais devem estar focados nos motores
 3163 Diesel, bem como em todo seu sistema de transmissão (trem de força), além das
 3164 otimizações do veículo, conforme apresentado na Tabela 3.3.5.

3165

3166

Tabela 3.3.5 - Potencial de aumento em eficiência energética – Veículos Comerciais.

Ciclo	Aplicação	Tecnologia	Potencial de aumento de eficiência energética	Prazo de difusão das tecnologias
Diesel	Motor de Combustão Interna (MCI)	Melhorias no Turbo Compressor	2% a 5%	Disponível
		Válvula de Atuação Variável (VVA)	1%	Disponível
		Pós tratamento (EGR) com Arrefecimento Avançado	1%	Disponível
		Eletrificação dos Acessórios	2% a 4%	Não informado
		Redução das Perdas por Fricção	1% a 2%	Não informado
		Ciclos de Combustão Alternativos	Não informado	Não informado
		Aumento da Conversão do Pós-tratamento (SCR)	3% a 4%	Disponível
		Sistema de Recuperação de Energia Residual	10%	5 anos
	Sistema de Transmissão	Automatizado (AMT)	4 a 8%	Disponível
		Transmissão Variável Contínua (CVT)	4 a 8%	entre 3 e seis anos
		Transmissão de Dupla Embreagem	2%	entre 3 e seis anos
	Veículo	Melhoras o Coeficiente Aerodinâmico em 10%	1% a 2%	até 3 anos
		Resistência ao Rolamento em 10%	1% a 2%	até 3 anos
		Redução da massa do veíclo em 10%	7%	até 3 anos

3167

3168

Fonte: Elaboração própria com base em NCR (2010).

3169 Outra oportunidade para aumento da eficiência energética em veículos é por meio de
 3170 sistemas híbridos, associados a um motor de combustão interna ou célula de
 3171 combustível, com um gerador, um dispositivo de armazenagem de energia, em sua
 3172 grande maioria uma bateria, e um ou mais motores elétricos. Estes componentes podem
 3173 ser agrupados de várias formas sendo que o motor elétrico pode gerar uma maior e
 3174 menor parcela da propulsão. Assim, um veículo só é classificado como totalmente
 3175 híbrido se puder ser movido, pelo menos parte do seu tempo, somente pelo motor
 3176 elétrico.

3177 Todavia, o veículo híbrido nem sempre está associado a um motor de combustão interna
 3178 e um elétrico, embora esta seja a configuração mais comum. Qualquer sistema capaz de
 3179 recuperar a energia cinética durante a frenagem, e devolvê-la ao veículo para
 3180 impulsioná-lo, conjugado a um motor de combustão interna, também pode ser
 3181 caracterizado como híbrido.

3182 Veículos comerciais, em particular, possuem as características necessárias para
 3183 utilização de acumuladores hidráulicos – sistema onde um gás é comprimido sob efeito
 3184 da pressão hidráulica fornecida durante a frenagem ou por uma bomba impulsionada
 3185 pelo motor de combustão interna – que, quando distendidos, pode acionar um motor

3186 hidrostático. Trata-se de uma tecnologia bastante simples cujos componentes já estão
 3187 disponíveis no mercado. Devido ao elevado torque e velocidade final na ordem de 100
 3188 km/h, estes sistemas híbridos possuem vocação para caminhões de entrega e ônibus
 3189 urbanos.

3190 Outro dispositivo capaz de acumular energia e que tem sido aplicado em veículos
 3191 comerciais híbridos são ultracapacitores, capazes de acumular muito rapidamente uma
 3192 grande quantidade de carga elétrica, recuperada na hora da frenagem, por exemplo, para
 3193 liberá-la posteriormente de maneira instantânea. Os ultracapacitores acumulam apenas
 3194 uma quantidade mínima de eletricidade, de 3 a 4 Wh/kg, por capacitor. Em
 3195 contrapartida, ele pode oferecer esta eletricidade instantaneamente, com picos de
 3196 potência consideráveis. Além disso, ele se recarrega em algumas dezenas de segundos e
 3197 suportam até 1 milhão de ciclos de carga e descarga.

3198

3199 **3.3.2.2.2 Potencial de substituição modal**

3200 Este item busca identificar o potencial de redução nas emissões de CO₂ por meio da
 3201 substituição modal no transporte de passageiros e cargas.

3202 **3.3.2.2.2.1 Transporte de passageiro**

3203 No que se refere ao transporte de passageiros, as principais medidas voltadas a reduzir a
 3204 emissão de CO₂ relacionada à transferência modal, procuram transferir viagens dos
 3205 automóveis para os modos de transporte público e coletivo, como ônibus, trens e
 3206 metrô.

3207 Incentivar o uso de transportes públicos coletivos depende da sua disponibilidade, o que
 3208 pode ser um problema nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil. Ainda
 3209 assim, o potencial de atração de viagens de automóveis para estes modos depende de
 3210 medidas que envolvem: integração física, operacional, institucional e tarifária entre os
 3211 modos de transporte; integração entre as políticas econômica, de transporte, de saúde
 3212 pública e de inclusão social e das formas como o poder público desestimula o uso do
 3213 transporte individual (Santos, Behrendt e Teytelboym, 2010).

3214 Gross *et.al.* (2009) concluíram que o transporte público geralmente produz uma
 3215 quantidade muito menor de CO₂ por passageiro/quilômetro do que os carros
 3216 particulares. Em seus estudos são usados dados da DEFRA²⁹ (2007).

3217 DEFRA (2007); Kemp (2007); Givoni *et.al.* (2009) e Chester e Horvath (2009)
 3218 apresentam um intervalo potencial de redução de CO₂, utilizando a transferência modal,
 3219 conforme Tabela 3.3.6. Cabe ressaltar que neste trabalho estas reduções foram obtidas
 3220 em diferentes países, considerando suas respectivas realidades e tecnologias e que estes
 3221 números devem ser analisados para o caso brasileiro.

3222 **Tabela 3.3.6. Potencial de redução de emissões de CO₂ por transferência modal.**

País	Referência	Tipo de transporte	Redução de CO ₂	Emissão g/CO ₂ por
UK	DEFRA (2007)	Carros particulares	-	124,2 (diesel) a 130,9 (gasolina)
UK	DEFRA (2007)	Ônibus	28,3% a 31,9%	89,1
UK	DEFRA (2007)	Trem diesel elétrico	51,5% a 54,0%	60,2

²⁹DEFRA: United Kingdom Department for Environment, Food and Rural Affairs.

UK	Kemp (2007)	Trem elétrico ou Megabus ⁽¹⁾	59,7% a 61,8%	50,0
UK	Givoni <i>et.al.</i> (2009)	Trem diesel	44,4% a 47,3%	69,0
UK	Givoni <i>et.al.</i> (2009)	Trem elétrico	56,5% a 58,8%	54,0
USA	Chester e Horvath	Ônibus diesel horário de pico ⁽²⁾	59,7% a 61,8%	50,0
USA	Chester e Horvath (2009)	Ônibus diesel fora do horário de pico ⁽³⁾	222,0% a 205,6%	400,0

3223 Notas: (1) Ônibus rodoviários que podem transportar até 91 passageiros. O consumo de combustível é
 3224 0,63 litro/100 lugares-km. (2) Com cerca de 60 pass/veículo, incluindo passageiros em pé. (3) Com cerca
 3225 de 5 pass/veículo. Neste caso em particular houve um aumento na emissão de CO₂. (4) Os valores se
 3226 referem apenas ao uso final.

3227 3.3.2.2.2 Transporte de carga

3228 Existem referências relacionadas à transferência modal no transporte de carga e seus
 3229 impactos no meio ambiente, que fornecem base suficiente para entender como esta ação
 3230 pode proporcionar reduções de emissão de CO₂.

3231 Moran e Gonzalez (2007) mostram os fatores estruturais que afetam as emissões de
 3232 CO₂. Os autores abordam a questão da transferência modal como uma alternativa para
 3233 redução das emissões de CO₂ que em muitos casos não é possível por questões físicas e
 3234 pela natureza estrutural de alguns processos produtivos. No Brasil a estrutura produtiva
 3235 favorece a transferência modal, por apresentar algumas peculiaridades quanto aos
 3236 produtos produzidos, seu consumo e seu transporte. Segundo o IBGE (2011) a produção
 3237 brasileira se concentra em produtos agrícolas, siderurgia, minérios (incluindo o
 3238 petróleo) e combustíveis, incluindo biocombustíveis como bioetanol e biodiesel. A
 3239 distância entre os centros produtores e consumidores é, em muitos casos, superior a 500
 3240 km o que, aliado as características dos produtos de grande volume e baixo valor
 3241 agregado, justifica a o uso de modos de grande capacidade, o que implica em menor uso
 3242 de energia por unidade transportada e menor emissão de CO₂. Observa-se que a matriz
 3243 de transporte de carga brasileira (Tabela 3.3.6) apresenta distorções quanto a essas
 3244 características, predominando o modo rodoviário em detrimento dos demais.

3245 Steenhof, Woudsma e Sparling (2006), Stanley, Hensher e Loader (2009), Uherek *et. al.*
 3246 (2010) , Real *et. al.* (2009) e Leal Junior e D'Agosto (2011a) avaliaram o potencial de
 3247 redução do consumo de energia e emissão de CO₂ no transporte de carga por
 3248 transferência modal (Tabela 3.3.7), onde se verifica um intervalo potencial de redução,
 3249 por troca de modo entre 20% e 80% para o consumo de energia e entre 10% e 80% para
 3250 emissão de CO₂. Cabe ressaltar que estas reduções foram obtidas em diferentes países e
 3251 consideram suas respectivas realidades e tecnologias e que estes números devem ser
 3252 melhor analisados para o caso brasileiro.

3253 Tabela 3.3.7. Potencial de redução de uso de energia e emissão de CO₂ por transferência modal.

MEDIDA	REFERÊNCIA	REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA	REDUÇÃO DE CO ₂
Transferência do modo de cargas em geral rodoviário para o modo ferroviário no Canadá	Steenhof, Woudsma e Sparling (2006)	23%	10%
Promoção de melhor eficiência operacional do modo rodoviário associado a transferência modal de cargas em geral do rodoviário para o ferroviário. ⁽¹⁾	Stanley, Hensher e Loader (2009)	20%	30%
Transferência modal de cargas em geral do rodoviário para o ferroviário e aquaviário. ⁽²⁾	Real <i>et. al.</i> (2009)	-	43,1%
Transferência modal de cargas em geral do rodoviário para o ferroviário. ⁽³⁾	Uherek <i>et. al.</i> (2010)	20% a 30%	-

Transferência modal de cargas em geral do rodoviário para o ferroviário. ⁽⁴⁾	Gouvello (2010)	-	38,3%
Transferência modal do transporte de etanol do rodoviário para o dutoviário. ⁽⁵⁾	Leal Jr e D'Agosto (2011a)	75,8%	81,5%

3254 Notas: (1) Projeção para o ano de 2020; (2) A implantação das obras propostas no PNLT (PNLT, 2007)
 3255 poderia reduzir o desequilíbrio da matriz de transporte, de tal forma que em 2025, 30% do transporte de
 3256 carga seria realizado pelo modo rodoviário, 35% pelo ferroviário, 29% via aquaviário, 5% pelo dutoviário
 3257 e 1% via modo aéreo (3) Estimam que na Europa, seria possível substituir de 2,5% a 5% do transporte
 3258 rodoviário pelo transporte ferroviário; (4) seria possível uma redução de 38,3% de CO₂ com base no
 3259 cenário atual e 6,66%, considerando o crescimento da produção até 2030; (5) Os mesmos autores
 3260 demonstram que isso pode ser feito sem comprometer aspectos econômico-financeiros (Leal Junior e
 3261 D'Agosto, 2011b).

3262
 3263 Schafer e Jacoby (2006) estudam a tecnologia dos veículos sob as restrições de emissão
 3264 de CO₂ e para isso levam em consideração em seu trabalho a questão da adequabilidade
 3265 do modo de transporte ao tipo de mercadoria. Os autores citam que o transporte de
 3266 mercadorias é derivado diretamente dos fluxos setoriais e consideram as questões nas
 3267 quais o Brasil também deve se basear, ou seja, analisar o fluxo de produtos e identificar
 3268 os modos mais adequados aos produtos transportados.

3269 Timilsina e Shrestha (2009) analisam os potenciais fatores que impactam o crescimento
 3270 das emissões de CO₂ e consumo de energia em países como China, Índia, Indonésia,
 3271 Coreia, Malásia, Paquistão, Sri Lanka e Tailândia. Os autores apresentam como uma
 3272 das alternativas a transferência modal. As características dos locais estão associadas aos
 3273 tipos de produtos produzidos, distâncias entre centros produtores e consumidores e o
 3274 quanto já se utiliza de modos com maior capacidade.

3275 Gallo (2011) apresenta o desequilíbrio da matriz de transporte na Itália que se concentra
 3276 no modo rodoviário e comenta que o equilíbrio da divisão modal tanto no transporte de
 3277 passageiros quanto no transporte de carga seria importante para a redução dos gases de
 3278 efeito estufa.

3279 Liimatainen e Pollanen (2010) ponderam quanto a divisão modal e a eficiência
 3280 energética explicando que deve haver análise do tipo de produto, da distância percorrida
 3281 e da capacidade do modo, pois alguns modos comumente considerados mais eficientes
 3282 que o rodoviário, como o ferroviário, podem não o ser por conta dessas características.
 3283 Os autores complementam enfatizando o uso da intermodalidade para melhorar a
 3284 eficiência energética.

3285 Demir, Bektas e Laporte (2011) abordam a questão de transferência modal por meio da
 3286 apresentação de diferentes emissões e consumo de energia, relacionados a tipos de
 3287 veículo rodoviários, e a relação com as condições de vias e velocidade. Neste caso os
 3288 tipos de veículos rodoviários são considerados modos de transporte distintos e essa
 3289 abordagem pode ser utilizada no transporte urbano de carga.

3290 A oferta brasileira de transporte atual potencializa a emissão de CO₂ visto que se
 3291 concentra no transporte rodoviário, pouco apropriado para o perfil dos produtos
 3292 brasileiros e que apresenta deficiências como: veículos com maior idade, com
 3293 problemas de manutenção e com maior consumo de combustível fóssil (diesel) e
 3294 conseqüentemente maiores emissões atmosféricas. No trânsito urbano e em vias que
 3295 ligam grandes centros como Rio de Janeiro e São Paulo, a quantidade de veículos causa
 3296 lentidão no tráfego, aumento da poluição sonora e maiores concentrações de poluição
 3297 atmosférica. Alia-se a isto a falta de manutenção das rodovias. A Tabela 3.3.8 apresenta

3298 os modos de transporte, suas capacidades, consumo e emissões de CO₂ e potencias
3299 cargas para transferência modal.

3300 **Tabela 3.3.8. Modos de transporte de carga no Brasil – capacidade, consumo de energia, emissão de**
3301 **CO₂ e potencias cargas para transferência modal.**

Modo	Capacidade [t]	Consumo de energia ⁽⁸⁾ [MJ/t.km]	Emissões de CO ₂ ⁽⁹⁾ [kg/t.km]	Cargas com potencial para transferência modal do rodoviário	
Rodoviário	26 ⁽¹⁾	1,663	0,119		
Ferroviário	10.000 ⁽²⁾	0,483	0,035	Commodities agrícolas, produtos siderúrgicos, carga geral conteinizada	
Dutoviário	26.000 ⁽³⁾	0,112 ⁽⁶⁾	0 ⁽⁶⁾	Biocombustíveis	
Aquaviário	Fluvial	22.500 ⁽⁴⁾	0,284	0,0203	Commodities agrícolas, biocombustíveis
	Cabotagem	54.500 ⁽¹⁰⁾	0,130	0,0157	Todas as cargas
Aéreo	62 ⁽⁵⁾	12,390 ⁽⁷⁾	0,886 ⁽⁷⁾	Carga geral	

3302 Notas: (1) Veículo semi-pesado. (2) Composição ferroviária de 100 vagões com capacidade de 100
3303 toneladas cada. (3) Duto para etanol com capacidade diária. (4) Comboio fluvial com 15 barcaças com
3304 capacidade de 1500 toneladas. (5) Boeing 747-400. (6) Energia hidroelétrica. (7) Com base em
3305 querosene de aviação. (8) 1 litro de diesel igual a 38,32MJ, 1 litro de querosene de aviação igual a
3306 47,8MJ. (9) Fator de emissão diesel igual a 2,7458 kg por litro e querosene igual a 3,4177 kg por litro.
3307 (10) Frota Transpetro.

3308 Fonte: Rodrigues (2007); Odebrecht (2007); Ristinem e Kraushaar (1999); D'Agosto e Ribeiro (2009);
3309 GHG PROTOCOL (2008); Ribeiro et. al. (2007). TRANSPETRO (2008)

3310

3311 **3.3.2.3. Utilização de fontes de energia com menores taxas de emissão de CO₂**

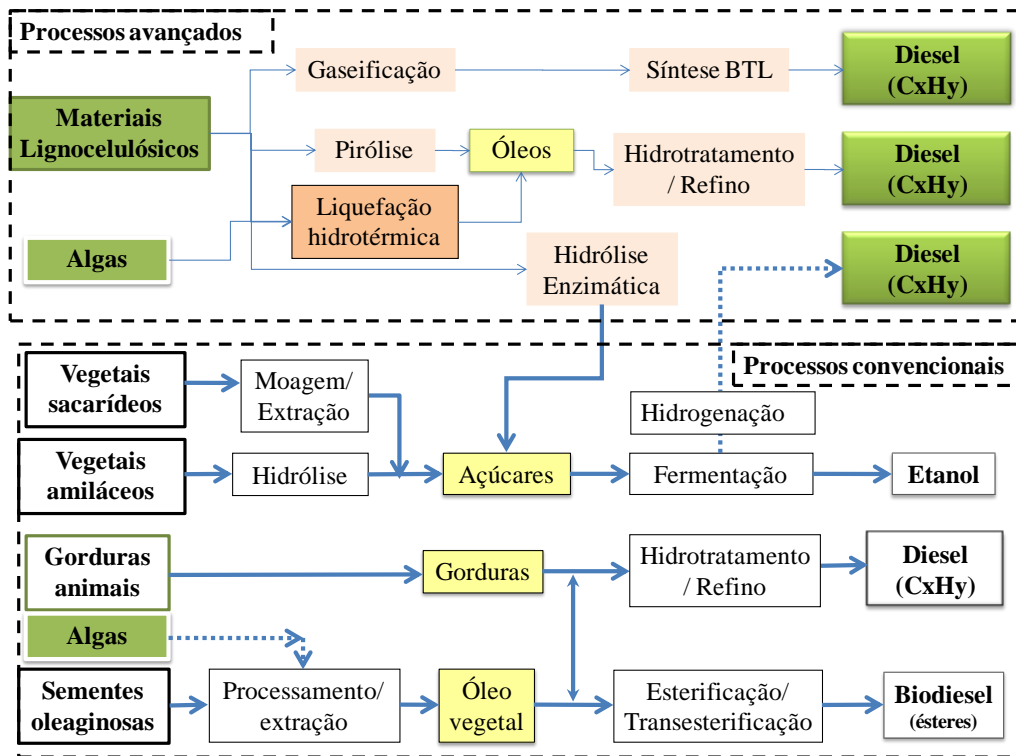
3312 A mitigação das emissões de CO₂ em transportes também pode ser obtida por meio do
3313 uso de fontes de energia com menores, ou nenhuma, taxa de emissão de CO₂, como por
3314 exemplo, o uso de biocombustíveis, gás natural, hidrogênio e energia hidrelétrica.

3315 **3.3.2.3.1. Biocombustíveis**

3316 A participação dos biocombustíveis no setor de transporte mundial tem se ampliado de
3317 forma contínua, porém lenta, principalmente devido à instabilidade dos preços do
3318 petróleo no mercado internacional. A participação dos biocombustíveis na demanda de
3319 combustíveis para o transporte rodoviário atingiu 2% em 2008 e deve chegar a 8% em
3320 2035 (IEA, 2010). Atualmente, o maior produtor mundial é Estados Unidos, seguido
3321 pelo Brasil e a União Européia. No Brasil, a participação de renováveis na matriz
3322 energética de transportes é a maior do mundo e continua crescente e em 2009 eles
3323 alcançavam 18,8% (EPE, 2010). Atualmente no Brasil o percentual da mistura de
3324 bioetanol já é de até 25% na gasolina. Um aumento desse percentual de mistura
3325 dependerá da futura conjuntura geopolítica e econômica do petróleo, que certamente
3326 representa a maior barreira à viabilidade econômica a novos processos produtivos.

3327 Ainda que grande parte da totalidade dos biocombustíveis líquidos produzidos sejam
3328 usados no transporte rodoviário, mais recentemente têm surgido projetos de
3329 demonstração na Inglaterra, Austrália e Japão que comprovam seu grande potencial de
3330 uso em grande escala na aviação e navegação. No Brasil, misturas contendo 20% de
3331 biodiesel com o diesel mineral (B20) já foram testadas com sucesso em locomotivas
3332 (D'AGOSTO *et. al.*, 2006).

3333 Os biocombustíveis compatíveis com diesel e gasolina são muito convenientes para
 3334 serem incorporados nos atuais sistemas de transporte haja vista que podem ser usados
 3335 puros ou misturados com os derivados de petróleo e usualmente não exigem
 3336 modificações significativas nos motores. Os processos de produção de biocombustíveis
 3337 compatíveis com diesel e gasolina se encontram em diferentes estágios de
 3338 desenvolvimento tecnológico, e muitos novos processos foram incorporados ao leque de
 3339 alternativas de fabricação na última década. A Figura 3.3.7 sintetiza os processos
 3340 convencionais e os avançados para a produção de biocombustíveis líquidos a partir de
 3341 biomassa.



3342 **Figura 3.3.7. Processos de produção de biocombustíveis para o transporte.**

3343 Fonte: Elaboração própria a partir de Ribeiro et al (2007), Wisler (2000), Ristinen e Kraushaar (1999)

3344

3346 Os processos avançados (2ª a 4ª geração) destacam-se por conta do uso de materiais
 3347 lignocelulósicos, que podem incluir madeira, restos de madeira, resíduos vegetais,
 3348 grama, algas e outros. Os principais são os processos: (1) termoquímicos, nos quais se
 3349 incluem a gaseificação, pirólise e a liquefação hidrotérmica. Os dois primeiros
 3350 processos tem baixa impedância tecnológica dependendo apenas de viabilidade
 3351 financeira e o último, ainda se encontra em estágio de desenvolvimento; (2) químicos,
 3352 como a conversão via síntese BTL (*Biomass to Liquids*), que engloba a síntese catalítica
 3353 de Fischer-Tropsch (FT). Apesar de ser um processo conhecido há quase 100 anos, a
 3354 aplicação da síntese FT em larga escala ainda não se consolidou industrialmente. A
 3355 definição de catalisadores específicos, devido a presença de contaminantes não garante
 3356 os rendimentos requeridos na conversão, de modo que o processo ainda não é
 3357 econômico. Pode-se tornar economicamente viável em até 5 anos e (3) bioquímicos
 3358 como a hidrólise enzimática de materiais celulósicos e a fermentação de caldo de cana
 3359 de açúcar para produção de óleo diesel e outros hidrocarbonetos..

3360 Os processos convencionais (1ª geração) podem ser classificados conforme suas rotas
 3361 de produção em: (1) químicos como a esterificação, transesterificação e hidrotratamento

3362 de óleos vegetais e gorduras; (2) bioquímicos como a fermentação dos açúcares
 3363 produzidos por hidrólise de vegetais amiláceos tipo o milho, mandioca, batata ou a
 3364 fermentação de vegetais sacarídeos com alto teor de sacarídeos, como a cana de açúcar
 3365 e a beterraba, por exemplo.

3366 No Brasil, os processos tradicionais indicados na Figura 3.3.7, desde a obtenção da
 3367 matéria prima até o produto final são dominados e estão em uso corrente, com exceção
 3368 da obtenção de etanol por hidrólise de mandioca, que chegou a ser desenvolvido em
 3369 nosso país nas décadas de 1970 a 1980, mas por razões econômicas e energéticas foi
 3370 descontinuado e desconhece-se o uso de algas para produção de biocombustíveis. O
 3371 milho é a principal matéria prima usada nos Estados Unidos, até então por falta de
 3372 alternativa tecnológica mais econômica. A produção de bioetanol a partir da cana de
 3373 açúcar é sem dúvidas o processo que apresenta o melhor rendimento energético
 3374 (D'Agosto e Ribeiro (2009)).

3375 No Brasil, um dos processos emergentes é a fermentação do caldo de cana de açúcar
 3376 para produção de diesel e outros hidrocarbonetos, que com potencial de produção para
 3377 depois de 2013 no mercado nacional. Um dos maiores produtores brasileiros de açúcar e
 3378 de etanol assinou acordo uma empresa multinacional e sua subsidiária brasileira, para
 3379 produzir especialidades químicas a partir do caldo da cana-de-açúcar. Uma unidade
 3380 química produzirá diesel a partir de leveduras capazes de converter a sacarose do caldo
 3381 da cana no biocombustível. A primeira unidade industrial, capaz de processar 1 milhão
 3382 de toneladas de cana de açúcar por ano, que será instalada no Brasil, deverá iniciar
 3383 produção em 2012. (Liebsch, 2011). A principal barreira ao processo de fabricação do
 3384 diesel de cana por fermentação é o custo, já que requer uma unidade de hidrogenação
 3385 para ajustar a composição do produto final.

3386 **3.3.2.3.2. Outras fontes alternativas de energia**

3387 O gás natural veicular (GNV) é composto essencialmente por metano (CH_4), com traços
 3388 de etano (C_2H_6), propano (C_3H_8) e butanol (C_4H_{10}). Para uma mesma quantidade de
 3389 energia liberada durante a combustão, o gás natural emite cerca de 25% menos CO_2 do
 3390 que o diesel ou a gasolina.

3391 Segundo dados da *Natural Gás Vehicles Association* (NGVA), em 2004, o GNV era
 3392 utilizado em 4,0 milhões de veículos no Mundo, passando em 2009 para 11,3 milhões.
 3393 As estimativas são que existem da ordem de 10,0 milhões de carros e 400 mil ônibus
 3394 que utilizam GNV (Boisen, 2009).

3395 Os Estados Unidos, Alemanha, França, Itália, Espanha e Suécia são exemplos de países
 3396 que possuem frotas de veículos comerciais movidas a gás natural. Na China as
 3397 olimpíadas que foram realizadas em 2008 foi uma grande motivação para o emprego
 3398 deste combustível mais limpo que o óleo diesel.

3399 Iniciativas na direção de promover o uso do GNV no transporte público urbano foram
 3400 realizadas no Brasil na década de 80. Porém, a produção em larga escala de veículos
 3401 coletivos a gás natural no Brasil ainda é inexistente. Problemas com relação a baixa
 3402 qualidade do gás natural distribuído, elevado tempo de abastecimento, perda da
 3403 dirigibilidade com relação a tecnologia diesel além da perda do valor de revenda dos
 3404 veículos foram as causas mais comuns para que este energético não se transformasse
 3405 numa alternativa real no transporte coletivo urbano brasileiro.

3406 O hidrogênio é um gás inodoro, incolor, muito leve e não tóxico. Possui alta densidade
3407 energética (33,3 kW/h), ou seja, o dobro da do gás natural por exemplo. Sua combustão
3408 libera apenas água e calor. São estas características que despertam tamanho interesse e o
3409 faça parecer como o combustível ideal. Todavia, o hidrogênio não está disponível na
3410 natureza em sua forma elementar (H₂). Uma vez produzido, é necessário estocá-lo e
3411 distribuí-lo de forma a se adaptarem às necessidades do setor de transporte. Em sua
3412 forma liquefeita (-253°C), o hidrogênio ocupa um espaço 600 vezes menor do que em
3413 estado gasoso, sendo esta forma utilizada para seu transporte em grande quantidade.

3414 As duas possibilidades para utilização de hidrogênio em veículos são através de motores
3415 de combustão interna e células de combustível. Na primeira rota tecnológica encontram-
3416 se montadoras como a BMW e MAN enquanto na segunda os maiores esforços foram
3417 feita pela.

3418 Os veículos elétricos movidos a bateria (Battery Electric Vehicles - BEV), embora
3419 isentos de emissão de CO₂ no uso final, apresentam ainda problemas com relação ao seu
3420 custo e peso. As baterias ainda são muito mais pesadas do que um tanque de
3421 combustível e sua limitada capacidade de estocagem energética restringe a autonomia
3422 do veículo. Resta ainda o problema do tempo de duração da recarga, várias horas, invés
3423 de alguns minutos, como quando se enche um tanque de combustível líquido.

3424 Ao contrário dos motores elétricos, que são baratos e possui alta durabilidade, as
3425 baterias possuem baixa durabilidade e um preço de compra bastante elevado. Além
3426 disso, a recuperação da energia cinética da frenagem exige que a bateria nunca esteja
3427 completamente carregada (cerca de 60% da carga total), o que limita ainda mais sua
3428 durabilidade. Desta forma, não é de admirar que os principais esforços do
3429 desenvolvimento dos veículos elétricos se concentrem nas baterias. Além do
3430 desenvolvimento tecnológico (desempenho, segurança e durabilidade) é necessário se
3431 planejar também sua industrialização em grande escala.

3432 Das tecnologias existentes as baterias de níquel metal-hidreto metálico (Ni-MH)
3433 possuem pelo menos o dobro da densidade energética das baterias de chumbo-ácido o
3434 que lhe confere uma autonomia de 100km. Além disto, são capazes de operar em
3435 temperaturas externas de -10°C a 50°C, podendo ser recarregadas em um período de 3 a
3436 6 horas e suportam até 2 mil ciclos de carga e recarga. Lançadas em telefones celulares
3437 e computadores portáteis, atualmente as baterias de íon de lítio equipam os veículos
3438 elétricos denominados de alto desempenho. Possui densidade energética duas vezes às
3439 baterias NI-MH o que se traduz numa autonomia superior a 200 km com um peso de
3440 200 a 250kg. Entretanto, ainda é necessário um melhor entendimento sobre sua
3441 confiabilidade.

3442 Outro dispositivo capaz de acumular energia que tem sido aplicado em veículos
3443 híbridos são ultracapacitores, capazes de acumular muito rapidamente uma grande
3444 quantidade de carga elétrica, recuperada na hora da frenagem, por exemplo, para liberá-
3445 la posteriormente de maneira instantânea. Os ultracapacitores acumulam apenas uma
3446 quantidade mínima de eletricidade, de 3 a 4 Wh/kg, por capacitor. Em contrapartida, ele
3447 pode oferecer esta eletricidade instantaneamente, com picos de potência consideráveis.
3448 Além disso, ele se recarrega em algumas dezenas de segundos. Suportam até 1 milhão
3449 de ciclos de carga e descarga. Há também no mercado veículos híbridos plug-in com
3450 baterias de porte médio.

3451 3.3.3. Contexto geo-político, econômico e social associado a mitigação das emissões de
3452 CO₂

3453 O contexto associado à mitigação da emissão de CO₂ está intrinsecamente ligado ao
3454 vigor econômico das nações, pois são os países mais industrializados e membros do G7
3455 que estão no topo da lista dos 10 maiores emissores de poluentes atmosféricos do
3456 mundo, no que tange ao setor de transporte.

3457 Verifica-se que a energia consumida no transporte de cargas e passageiros cresce
3458 continua e gradativamente, no mínimo acompanhando as taxas de crescimento do PIB
3459 (Produto Interno Bruto) e as rendas per capita nacionais (EPE, 2010). O Brasil é um
3460 emergente da economia mundial e segue a tendência internacional, no entanto por conta
3461 do uso de biocombustíveis as taxas de crescimento das emissões de CO₂ do país são
3462 inferiores as dos demais países.

3463 No Brasil, há muito tempo, existe base legal que em tese poderia apreciar os aspectos
3464 relacionados ao problema da emissão de CO₂ no setor de transportes. Neste sentido
3465 pode-se considerar que a Constituição Federal, a Lei nº 6.938/1981 (Política Nacional
3466 do Meio Ambiente) e a Lei nº 10.257/2001 (Estatuto das Cidades), por exemplo,
3467 apresentam mecanismos que poderiam ser direcionados para a mitigação da emissão de
3468 CO₂ nas atividades de transportes, tais como a exigência da garantia do ar limpo, da
3469 realização de Estudos de Impactos Ambientais e Relatórios de Impactos Ambientais
3470 para o licenciamento de atividades de transporte (EIA/RIMA), da realização de Estudos
3471 de Impacto de Vizinhança (EIV), da obrigatoriedade de elaboração de Planos Diretores
3472 para as cidades com mais de 20 mil habitantes e da possibilidade de implementação de
3473 Plano de Operação Urbana Consorciada, que poderiam otimizar as redes de transportes
3474 urbanos e minimizar o consumo de energia e emissões de CO₂. Porém, esta base legal
3475 tem se mostrado pouco efetiva para atuar na mitigação da emissão de CO₂, pois não
3476 trata da questão do meio ambiente focada na dimensão das mudanças do clima, muito
3477 menos na compreensão de que o binômio energia e mobilidade urbana está relacionado
3478 com a dimensão urbana das emissões de CO₂. Nada ou quase nada se apreende dos
3479 dispositivos analisados quanto a preocupação com a emissão de CO₂, embora o Estatuto
3480 da Cidade seja posterior a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
3481 (Rio92) e a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

3482 Recentemente surge uma legislação mais enfocada no problema do CO₂ (Decreto nº
3483 5.445/2005 – Promulgação do Protocolo de Quioto; a Lei nº 12.187/2009 - Política
3484 Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC; a Lei nº 12.114/2009 - Fundo Nacional
3485 sobre Mudança do Clima e Lei nº 12.351/2010 que criou o Fundo Social com recursos
3486 da exploração das jazidas do Pré-Sal). Esta legislação parece trazer mecanismos
3487 financeiros, econômicos, creditícios e tributários, que podem servir para financiar a
3488 mudança para uma economia de baixo carbono e, em especial, as relacionadas ao
3489 financiamento da mobilidade urbana, que efetivamente possam agir no sentido de
3490 mitigar as emissões de CO₂, pois, em parte, foram estabelecidas e consideram recursos
3491 para este fim.

3492 Em termos de compromissos oficiais com as Nações Unidas, ainda que o Brasil não seja
3493 obrigado a reduzir suas emissões gases de efeito estufa, esforços têm sido feitos para
3494 estabelecer um padrão de desenvolvimento sustentável. Ações de mitigação dos
3495 impactos causados por vários setores foram propostas para desviar a tendência de
3496 crescimento de consumo de energia para um modelo que utilize menos combustíveis
3497 fósseis (Alvim e Vargas, 2009). Metas para o setor de transporte brasileiro estão

3498 previstas no Acordo de Copenhague e constam na PNMC, estando previsto para 2020
 3499 um aumento na participação dos biocombustíveis na Matriz Energética de Transporte,
 3500 que deverá reduzir de 0,4% a 0,6% as emissões de CO₂ (EPE, 2010) Se consideradas as
 3501 projeções previstas no Plano Nacional de Energia para 2030 – PNE-2030 (EPE, 2007),
 3502 o aumento do uso de biocombustíveis deverá evitar a emissão de 85,5 milhões de
 3503 toneladas de CO₂, de 2010 a 2020.

3504 Ainda que, no Brasil, o setor de transporte seja o maior usuário de petróleo, responsável
 3505 pela demanda de mais de 50% de seus derivados, este setor é o que apresenta a matriz
 3506 energética mais renovável do mundo, em função do uso de bioetanol e biodiesel (EPE,
 3507 2010). Já em 2009, a participação dos biocombustíveis no transporte rodoviário atingia
 3508 78% do previsto pelo PNE-2030 (EPE, 2007) para todo o setor em 2030.

3509 Segundo o PNE-2030, com relação a aspectos sociais, ainda que a produção de
 3510 biocombustíveis no país seja significativa, pois gera atualmente mais de 1 milhão de
 3511 empregos na área rural, que poderão aumentar em até 70% até 2020, a dignidade dos
 3512 empregos gerados no setor sucroalcooleiro tem sido questionada. Historicamente, o
 3513 setor é marcado pela exploração dos trabalhadores sazonais e os cortadores de cana
 3514 estão sofrendo cada vez mais com salários estagnados e desemprego, devido ao
 3515 crescimento da mecanização da colheita (UNEP, 2008).

3516 Apesar da privilegiada posição brasileira quanto a sua riqueza energética tanto
 3517 renovável quanto fóssil, ante aos crescentes recursos ainda inexplorados do pré-sal, é
 3518 imprescindível aumentar a eficiência energética do setor, a fim de reduzir o desperdício
 3519 de energia e de recursos naturais. Nesse sentido, outras políticas, lei e normas nacionais
 3520 têm também grande repercussão nas emissões do sistema de transportes: (a) Os padrões
 3521 de emissões veiculares (pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA), que
 3522 por enquanto não abrangem o CO₂; (b) As normas sobre combustíveis (pela Agência
 3523 Nacional do Petróleo - ANP), notadamente as misturas (*blends*) obrigatórias de
 3524 biodiesel no diesel, as especificações de etanol e biodiesel e a remoção do enxofre no
 3525 diesel (condição para a entrada de novas tecnologias veiculares); (c) Regulação que
 3526 influi na tarifação e conseqüentemente no custo da energia elétrica para uso no
 3527 transporte coletivo; (d) Diversas políticas fiscais e tributárias, como por exemplo, a
 3528 utilização da CIDE-Transportes, a possibilidade de se realizarem subsídios cruzados
 3529 favorecendo opções menos poluidoras e mais eficientes; (e) Regulamentação sobre
 3530 produção e consumo (energia elétrica, combustíveis, equipamentos, veículos),
 3531 promovendo a rápida renovação de equipamentos ineficientes; (f) Regulamentação de
 3532 trânsito (por ex., inspeção veicular de segurança); (g) Integração entre o Programa
 3533 Brasileiro de Etiquetagem Veicular - PBEV (regulado pelo Inmetro) e o Programa Nota
 3534 Verde (regulado pelo Ibama), tornando-o de caráter compulsório e (h) Ampliação do
 3535 PBEV incluindo também os veículos a diesel.

3536

3537 **3.3.4. Considerações finais, limitações e sugestões**

3538 O Brasil apresenta potencial de mitigação das emissões de CO₂ no transporte
 3539 principalmente por ter sua matriz de transportes desequilibrada e com ênfase no modo
 3540 rodoviário, tanto para cargas quanto para passageiros. A transferência modal pode trazer
 3541 reduções consideráveis no consumo de energia e emissões de CO₂.

3542 Algumas tecnologias que ainda não foram implementadas nos veículos fabricados no
3543 Brasil também compõe ações com potencial de mitigação, uma vez que as tecnologias já
3544 existem e inclusive já foram implementadas em outros países. Há ainda a possibilidade
3545 de melhoria na qualidade dos combustíveis e/ou utilização de biocombustíveis de
3546 diferentes fontes, já que o Brasil possui grande potencial e recursos de terra e tecnologia
3547 para a produção deste combustíveis.

3548 No caso específico de transportes de passageiros é possível ainda o incentivo para a
3549 utilização de meios não motorizados de transporte, bastando para isso que se tenha a
3550 infra-estrutura adequada para a utilização de veículos específicos.

3551 Com relação aos riscos tecnológicos, incertezas ambientais e aceitação social citam-se
3552 as questões de competição dos biocombustíveis com a produção de alimentos (Açúcar e
3553 Etanol; Soja e Biodiesel). Outra questão a ser observada é a questão do desmatamento
3554 para plantio de cana e oleaginosas para a produção de biodiesel. Por fim, há o caso do
3555 cultivo das matérias-primas para produção de biocombustíveis longe dos centros
3556 consumidores. Citam-se também os custos para adequação da infra-estrutura que
3557 atualmente encontra-se defasada para o transporte de carga em todo o país.

3558 As ações para mitigação citadas neste capítulo trazem co-benefícios, vantagens e
3559 desvantagens. No caso da substituição modal no transporte de cargas (trocar o
3560 rodoviário por modos de maior capacidade) melhora o tráfego nas cidades e aumenta a
3561 qualidade de vida da população (Demir, Bektas e Laporte, 2011).

3562 Nos processos de mitigação na área de transportes existem tanto barreiras quanto
3563 oportunidades tecnológicas, físicas, financeiras, institucionais, culturais, jurídicas etc.
3564 Destacam-se portanto as barreiras sociais na substituição do modo rodoviário por outros
3565 devido a grande parte dos motoristas serem autônomos e isso poderia causar, no curto
3566 prazo, desequilíbrio no nível de emprego e renda em algumas regiões que dependem
3567 desta atividade. Outra questão a ser levantada é a renovação da frota de veículos que
3568 exige ações para dar destino correto aos veículos velhos, tirando-os de circulação e
3569 destinando os resíduos corretamente.

3570 Uma barreira que impacta diretamente nos estudos relacionados ao transporte e meio
3571 ambiente é o fato de existirem poucas pesquisas realizadas no Brasil que apresentam
3572 dados relacionados ao consumo de energia, fatores de emissão etc com dados reais da
3573 operação dos transportes.

3574 Por fim, deve-se considerar o desenvolvimento sustentável e os aspectos
3575 comportamentais. Em alguns casos não é suficiente prover o país com infra-estrutura
3576 adequada, veículos mais eficientes e com alta tecnologia. É necessário para o
3577 desenvolvimento sustentável a disponibilização de informações e mudanças de
3578 comportamento da população e empresas para usar da melhor forma possível os
3579 recursos à disposição, comprar produtos (veículos) certificados e com maior eficiência
3580 energética, exigir combustíveis com maior qualidade, realizar as manutenções na
3581 periodicidade correta e priorizar sempre modos de transporte mais adequados ao meio
3582 ambiente.

3583

3584 **Referências Bibliográficas**

- 3585 Alvim, C. F. e Vargas, J. I. 2009. Metas Brasileiras para o Clima Economia & Energia. Ano
3586 XIII-No 75. Outubro/Dezembro de 2009. ISSN 1518-2932. Disponível em:
3587 http://ecen.com/eee75/eee75p/metas_brasil.htm
- 3588 ANAC .2009. *Anuário do Transporte Aéreo. Dados Estatísticos e Econômicos*. 2ª Edição,
3589 Volume Único, Agência Nacional de Aviação Civil, Rio de Janeiro, RJ.
- 3590 ANTAQ .2009. Anuário Estatístico 2009. Agência Nacional de Transportes Aquaviários.
3591 Disponível na URL <www.antaq.gov.br/portal/anuarios/portuario2009/index.htm> Acessado
3592 em maio/2011.
- 3593 ANTP .2009. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana Relatório Comparativo 2003-
3594 2009. Associação Nacional dos Transportes Públicos, ANTP, São Paulo, SP.
- 3595 ANTT .2009. Anuário Estatístico dos Transportes Terrestres – AETT/2009. Agência Nacional
3596 de Transportes Terrestres. Disponível na URL <[www.antt.gov.br/informacoestecnicas/aett/
3597 aett_2009/principal.asp](http://www.antt.gov.br/informacoestecnicas/aett/aett_2009/principal.asp)>. Acessado em abril/2011.
- 3598 Banister, D. 2008. The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*,15 (2), 73 - 80.
- 3599 BNDES .1999. Cadernos de Infraestrutura 13. Transporte Hidroviário Urbano de Passageiros.
3600 Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Área de Projetos de Infra-Estrutura
3601 Urbana, Rio de Janeiro, RJ.
- 3602 Boisen, P. 2009. *Worldwide NGV shares in total vehicle*. Worldwide NGV Statistics - NGVA
3603 Europe.
- 3604 Brasil. 2009. Lei nº 12.187/2009
- 3605 Brasil. 2010. Lei nº 12.351/2010
- 3606 Cairns, S.; Sloman, L.; Newson, C.; Anable, J.; Kirkbride, A. & Goodwin, P. 2008. Smarter
3607 choices: assessing the potential to achieve traffic reduction using soft measures. *Transport*
3608 *Reviews*, 28(5), 593e618.
- 3609 Chester, M. V. & Horvath, A. 2009. Environmental assessment of passenger transportation
3610 should include infrastructure and supply chains. *Environmental Research Letters*, 4(2), 1e8.
- 3611 CNT .2005. Boletim Estatístico – CNT. Disponível na URL < [http://www.cnt.org.br/
3612 Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Boletim%20Estat%20C3%ADstico/BoletimEstatistico.2005.pdf
3613 >](http://www.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Boletim%20Estat%20C3%ADstico/BoletimEstatistico.2005.pdf) Acessado em maio/2011.
- 3614 D’Agosto, Márcio de Almeida e Ribeiro, Suzana Kahn. 2009. Assessing total and renewable
3615 energy in Brazilian automotive fuels. A life cycle inventory (LCI) approach. *Renewable and*
3616 *Sustainable Energy Reviews* 13 1326–1337.
- 3617 D’Agosto, Márcio de Almeida; Freitas, Marcos Aurélio Vasconcelos; Ribeiro, Suzana Kahn e
3618 Belchior, Carlos Rodrigues Pereira .2006. Relatório quinzenal consolidado sobre o consumo de
3619 combustível - 7º e 8º volumes – outubro e novembro de 2006. Instituto Virtual Internacional de
3620 Mudanças Globais – IVIG, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- 3621 DEFRA.J2007. Guidelines to Defra’s GHG conversion factors for company reporting, annexes
3622 updated June 2007. London: Department for Environment, Food and Rural Affairs. Disponível
3623 na URL < [http://www.defra.gov.uk/environment/
3624 >](http://www.defra.gov.uk/environment/business/reporting/pdf/conversion-factors.pdf) Acessado em agosto/2011.
- 3625 Demir, Emrah; Bektas, Tolga; Laporte, Gilbert .2001. A comparative analysis of several vehicle
3626 emission models for road freight transportation. *Transportation Research Part D*. 16 (2011)
3627 347–357

- 3628 EPE .2007. Plano Nacional de Energia, 2030 – Volume 10, Combustíveis Líquidos, Empresa de
3629 pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia, DF, Brasil;
- 3630 EPE .2010. Balanço Energético Nacional, 2010, Empresa de pesquisa Energética, Ministério de
3631 Minas e Energia, DF, Brasil;
- 3632 FIPE .2011. Dados sobre transporte de carga e passageiro. Disponível na URL <
3633 <http://www.fipe.org.br/web/index.asp>> Acessado em maio/2011.
- 3634 Gallo, Mariano .2011. A fuel surcharge policy for reducing road traffic greenhouse gas
3635 emissions. *Transport Policy*. 18 413–424
- 3636 Garcia, Luiz Eduardo .2008. Painel1: Intermodalidade Hidrovias do Brasil Alternativas do
3637 Brasil Central. Fórum de Excelência Brasil Central. SP.
- 3638 GHG PROTOCOL .2008. MÓbile Guide. Disponível na URL <www.ghgprotocol.org>
3639 Acessado em: 12/06/2008
- 3640 Givoni, M.; Brand, C. & Watkiss, P. 2009. Are railways “climate friendly”? *Built Environment*,
3641 35(1), 70e86.
- 3642 Goodwin, P.B. 2008. Policy incentives to change behavior in passenger transport. In Paper
3643 presented at the OECD international transport forum: Transport and energy: The challenge of
3644 climate change, Leipzig, May 2008.
- 3645 Gouvello, Christophe de .2010. Estudo de Baixo Carbono para o Brasil. Banco Mundial.
3646 Departamento de Desenvolvimento Sustentável Região da América Latina e Caribe.
- 3647 Gross, R.; Heptonstall, P.; Anable, J.; Greenacre, P. & E4TECH. 2009. What policies are
3648 effective at reducing carbon emissions from surface passenger transport? e A review of
3649 interventions to encourage behavioural and technological change. Technology and policy
3650 assessment function. UK Energy Research Centre. Disponível na URL <
3651 <http://www.ukerc.ac.uk/Research>
3652 [Programmes/TechnologyandPolicyAssessment/0904TransportReport.aspx](http://www.ukerc.ac.uk/Research/Programmes/TechnologyandPolicyAssessment/0904TransportReport.aspx) > Acessado em
3653 agosto/2011.
- 3654 IBGE .2011. Estatísticas de sobre produtos agrícolas. Disponível na URL < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201101.pdf> Acessado em
3655 maio/2011.
3656
- 3657 IEA 2010. World Energy Outlook. International Energy Association, France, 738 pp.
- 3658 James, P. e Hopkinson, P. 2006. Conferencing at BT e Results of a survey on its economic,
3659 environmental and social impacts. Sustain IT, UK Centre for Economic and Environmental
3660 Development. Disponível na URL <[http://www.btplc.com/Societyandenvironment/](http://www.btplc.com/Societyandenvironment/Ourapproach/CSRresources/Reports/BTconferencingsurvey2007.pdf)
3661 [Ourapproach/](http://www.btplc.com/Societyandenvironment/Ourapproach/CSRresources/Reports/BTconferencingsurvey2007.pdf) [CSRresources/Reports/BTconferencingsurvey2007.pdf](http://www.btplc.com/Societyandenvironment/Ourapproach/CSRresources/Reports/BTconferencingsurvey2007.pdf) > Acessado em
3662 maio/2011.
- 3663 Kahn, M.E. 2007. Do greens drive hummers or hybrids? Environmental ideology as a
3664 determinant of consumer choice. *Journal of Environmental Economics and Management*, 54(2),
3665 129e145.
- 3666 Kemp, R. 2007. Traction energy metrics. Research programme. Rail Safety & Standards Board.
3667 Disponível na URL < [http://www.rssb.co.uk/pdf/reports/](http://www.rssb.co.uk/pdf/reports/research/T618_traction-energy-metrics_final.pdf) [research/T618_traction-energy-](http://www.rssb.co.uk/pdf/reports/research/T618_traction-energy-metrics_final.pdf)
3668 [metrics_final.pdf](http://www.rssb.co.uk/pdf/reports/research/T618_traction-energy-metrics_final.pdf) > Acessado em agosto/2011.
- 3669 Leal Junior, Ilton Curty; D’Agosto, Márcio de Almeida .2011a. Modal choice for transportation
3670 of hazardous materials: the case of land modes of transport of bio-ethanol in Brazil. *Journal of*
3671 *Cleaner Production*. 19 (2011) 229–240

- 3672 Leal Junior, Ilton Curty; D'Agosto, Márcio de Almeida.2011b. Modal choice evaluation of
3673 transport alternatives for exporting bio-ethanol from Brazil. *Transportation Research Part D*. 16
3674 (2011) 201–207.
- 3675 Ledbury, M. 2007. Car clubs. Quick hits no. 4. UK Energy Research Centre. Disponível na
3676 URL < <http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0709QHcarclub.pdf> > Acessado em
3677 agosto/2011.
- 3678 Liebsch, A.2011. Using 10% Sugar Cane Diesel Blends on Commercial Vehicles. Amiryrs
3679 Brasil.
- 3680 Liimatainen, Heikki e Pollanen, Markus.2010. Trends of energy efficiency in Finnish road
3681 freight transport 1995–2009 and forecast to 2016. *Energy Policy*. 38 (2010) 7676–7686.
- 3682 Lindqvist, E. e Tegner, G. 1998. Measures to reduce the CO2 emissions from the transport
3683 sector in the city of Stockholm. In: *Proceedings of the 1998 4th international conference on*
3684 *urban transport and the environment* (pp. 349e358). Ashurst, England, Lisbon, Portugal:
3685 Computational Mechanics Publications.
- 3686 McKinsey e Company. 2009. Roads toward a low-carbon future: Reducing CO2 emissions from
3687 passenger vehicles in the global road transportation system. New York: McKinsey & Company.
3688 Disponível na URL < [http://www.mckinsey.com/client-service/ccsi/pdf/](http://www.mckinsey.com/client-service/ccsi/pdf/roads_toward_low_carbon_future.pdf)
3689 [roads_toward_low_carbon_future.pdf](http://www.mckinsey.com/client-service/ccsi/pdf/roads_toward_low_carbon_future.pdf) > Acessado em agosto/2011.
- 3690 Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2011. 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas
3691 por Veículos Automotores Rodoviários. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Mudanças
3692 Climáticas e Qualidade Ambiental. Departamento de Mudanças Climáticas. Gerência de
3693 Qualidade do Ar. Brasília, DF.
- 3694 Moran, Miguel Angel Tarancon e Gonzalez, Pablo del Rio. 2007. Structural factors affecting
3695 land-transport CO2 emissions: A European comparison. *Transportation Research Part D*. 12
3696 (2007) 239–253.
- 3697 NRC.2002. Effectiveness and Impact of Corporate Average Fuel Economy Standards. National
3698 Research Council of the National Academy Press, Washington, DC.
- 3699 NRC.2006. Tires and passenger vehicle fuel economy. Transportation Research Board, Special
3700 Report 286. National Research Council of the National Academy Press, Washington, DC
- 3701 NRC.2010.Technologies and approaches to reducing the fuel consumption of medium- and
3702 heavy-duty vehicles. Transportation Research Board, Special Report 286. National Research
3703 Council of the National Academy Press, Washington, DC
- 3704 ODEBRECHT.2007. A Logística do Etanol – Perspectivas dos Produtores. Internet, disponível
3705 na URL < <http://www.anebrasil.org.br/periodico/Logistica%20do%20Etanol.pdf>>. Acesso em
3706 05/06/08.
- 3707 OEDC.1997. Eco-Efficiency in Transport, In: Workshop Report and Background Paper, Group
3708 on Pollution Prevention and Control, Task Force on Transport, Organisation for Economic Co-
3709 operation and Development, Paris.
- 3710 Ory, D. T., e Mokhtarian, P. L. 2006. Which came first, the telecommuting or the residential
3711 relocation? An empirical analysis of causality. *Urban Geography*,27 (7), 590 – 609.
- 3712 PNLT .2007. Relatório Executivo do Plano Nacional de Logística de Transportes – 2007.
3713 Ministério dos Transportes e Ministério da Defesa, Brasília, DF.
- 3714 Poulton, M. L. .1997. Fuel Efficient Car Technology, Computational Mechanics Publications,
3715 Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton.

- 3716 Real, Marcia Vale; Borba, Bruno Soares Moreira Cezar, Machado Filho, Haroldop, Alekseev,
3717 K. P. G.2009. Mitigação de gases de efeito estufa decorrente da implantação do plano nacional
3718 de logística e transporte.
- 3719 Ribeiro, Suzana Kahn; Kobayashi, M. Beuthe, J. Gasca, D. Greene, D. S., Lee, Y. Muromachi,
3720 P. J.; Newton, S.; Plotkin, D.; Sperling, R.; Wit, P. J. e Zhou. 2007. Transport and its
3721 infrastructure. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the
3722 Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R.
3723 Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge,
3724 United Kingdom and New York, NY, USA.
- 3725 Ristinen, R. A. e Kraushaar, J. J. 1999. Energy and the environment, John Willey & Sons, Inc.
- 3726 Ristinen, R. A. e Kraushaar, J. J. 1999. Energy and the environment, John Willey & Sons, Inc.
- 3727 Rodrigues, S. B. M. 2007. Avaliação das alternativas de transporte de etanol para exportação na
3728 região centro-sul. USP, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, São
3729 Carlos – SP.
- 3730 Rydén, C. & Morin, E. 2005. Mobility services for urban sustainability: Environmental
3731 assessment. Report working paper 6. Stockholm, Sweden: Trivector Traffic AB.
- 3732 Santos, G., Behrendt, H. e Teytelboym, A. 2010. Part II: Policy instruments for sustainable road
3733 transport. Research in Transportation Economics 28, 46 – 91
- 3734 Schafer, Andreas e Jacoby, Henry D. 2006. Vehicle technology under CO2 constraint: a general
3735 equilibrium analysis. Energy Policy. 34 (2006) 975–985.
- 3736 Smith, Cristina Bastin .2010. Análise da Difusão de Novas Tecnologias Automotivas em Pro
3737 da Eficiência Energética na Frota de Novos Veículos Leves no Brasil. Rio de Janeiro: UFRJ /
3738 COPPE.
- 3739 Smokers, R.; Vermeulen, R.; Van Mieghem, R.; Gense, R.; Skinner, I.; Fergusson, M.; et al.
3740 2006. Review and analysis of the reduction potential and costs of technological and other
3741 measures to reduce CO2-emissions from passenger cars. Final report on behalf of the on behalf
3742 of the European Commission (DGENTR).
- 3743 Stanley, John K., Hensher, David A. e Loader, Chris .2009. Road transport and climate change:
3744 Stepping off the greenhouse gas. Transportation Research Part A. - in press.
- 3745 Steenhof, Paul; Woudsma, Clarence e Sparling, Erik .2006. Greenhouse gas emissions and the
3746 surface transport of freight in Canada. Transportation Research Part D. 11 (2006) 369–376.
- 3747 Stern, N. 2006. Stern review: The economics of climate change. Report to the Prime Minister
3748 and Chancellor. London: HM Treasury. Disponível na URL <
3749 http://www.hm.treasury.gov.uk/sternreview_index.htm > Acessado em agosto/2011.
- 3750 TFL. 2007. Central London congestion charging: Impacts monitoring. Fifth annual report.
3751 Transport for London. Disponível na URL < [www.tfl.gov.uk/assets /downloads/fifth-
3752 annualimpacts-monitoringreport-2007-07-07.pdf](http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/fifth-annualimpacts-monitoringreport-2007-07-07.pdf) > Acessado em agosto/2011.
- 3753 Timilsina, Govinda R. e Shrestha, Ashish .2009.Transport sector CO2 emissions growth in
3754 Asia: Underlying factors and policy options. Energy Policy. 37 (2009) 4523–4539.
- 3755 TRANSPETRO (2008). Relatório Anual 2008.
- 3756 Uherek, Elmar; Halenka, Tomas; Borken-Kleefeld, Jens; Balkanski, Yves; Berntsen, Terje,
3757 Borrego, Carlos; Gauss, Michael; Hoor, Peter; Juda-Rezler, Katarzyna; Lelieveld, Jos; Melas,
3758 Dimitrios; Rypdal, Kristin; Schmid, Stephan.2010. Transport impacts on atmosphere and
3759 climate: Land transport. Atmospheric Environment 44 (2010) 4772e4816.

3760 UNEP .2008.Green Jobs: Towards Decent Work in a Sustainable, Low-Carbon World, United
3761 Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya;

3762 Walsh, Conor; Jakeman, Phil; Moles, Richard e O'regan, Bernadette .2008. A comparison of
3763 carbon dioxide emissions associated with motorised transport modes and cycling in Ireland.
3764 Transportation Research Part D. 13 (2008) 392–399.

3765 Williams, E. e Tagami, T .2003. Energy use in sales and distribution via e- commerce and
3766 conventional retail. A case study of the Japanese book sector. Journal of Industrial Ecology, 6
3767 (2), 99 e 114.

3768 Wisner, W. H. 2000 Energy Resources. Occurrence, production, conversion and use, New York,
3769 Springer.

3770

3771

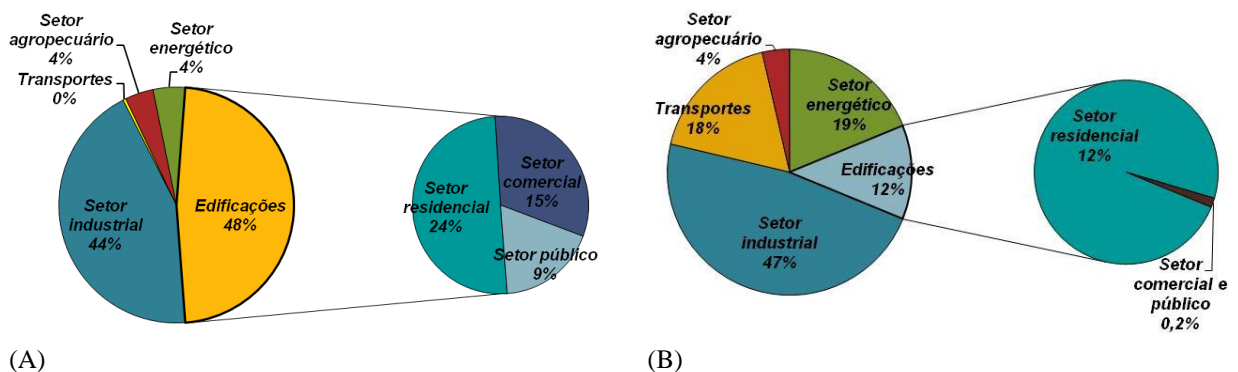
3772 3.4. EDIFICAÇÕES E ENTORNO CONSTRUÍDO

3773

3774 Introdução

3775 De toda a energia produzida no mundo, a atividade industrial consome
3776 aproximadamente 51,8%, seguida pelo parque edificado, com cerca de 21,6% e pelo
3777 setor de transportes, que consome cerca de 26,6%. (EIA, 2011). O consumo de energia
3778 das edificações tem crescido mundialmente e como boa parte da energia consumida
3779 pelas edificações provém direta ou indiretamente de combustíveis fósseis, as edificações
3780 são responsáveis por grande parte das emissões de gases do efeito estufa (GEE), cerca
3781 de 36% das emissões de CO₂ relativas ao consumo total de energia. Segundo a EIA
3782 (U.S. Energy International Administration), há uma tendência de crescimento no
3783 consumo energético da ordem de 30% até 2030, com base em dados de 2006 (EIA,
3784 2011).

3785 No caso do Brasil, em 2010, a indústria (incluindo a agropecuária) consumiu 38,9% do
3786 total de energia, o parque edificado cerca de 15% (incluindo os setores residencial,
3787 comercial e público) e o setor de transportes consumiu 28,3% (EPE, 2010). Entretanto,
3788 com relação à eletricidade, o parque edificado foi o maior consumidor naquele ano
3789 (47,6%), ultrapassando o setor industrial. Em relação ao consumo de biomassa, é o 4º
3790 maior consumidor, sendo a maior parte lenha, usada para cocção no setor residencial.
3791

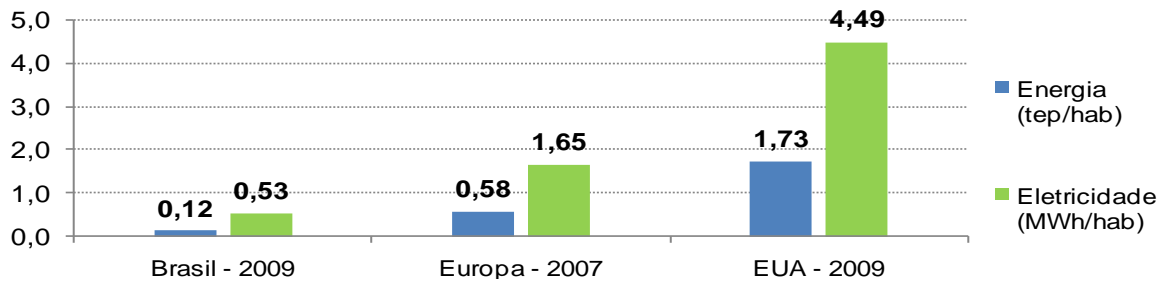


(A)

(B)

3792 **Figura 3. 4.1:**Consumo final de energia por setor. Em (A), eletricidade e em (B), biomassa
3793 Fonte de dados: Balanço Energético Nacional (EPE, 2010)
3794

3795 No setor residencial, há uma marcante diferença de consumo de energia elétrica entre as
 3796 regiões brasileiras, sendo que a região sudeste concentra mais da metade do consumo
 3797 nacional (53,6%) e 45,1% do consumo de gás liquefeito de petróleo (EPE, 2010).
 3798 Entretanto, o consumo final energético no setor residencial brasileiro, de acordo com o
 3799 Balanço Energético Nacional, pode ser considerado baixo, quando comparado ao
 3800 consumo energético do setor residencial europeu ou americano, como mostrado na
 3801 Figura 3.4.2.



3802 **Figura 3. 4.2: Consumo final de energia e eletricidade por habitante, para o setor residencial**
 3803 **brasileiro, europeu e americano**

3804 Fonte de dados: Balanço Energético Nacional (EPE, 2010), U.S. Energy Information Administration
 3805 (EIA, 2011) e U.S. Census Bureau, (2009)

3806

3808 3.4.1. Consumo energético das edificações brasileiras

3809 Durante sua operação, as edificações demandam energia para iluminar os ambientes
 3810 internos, manter certos níveis de conforto ambiental dos usuários e para o
 3811 funcionamento dos diferentes equipamentos existentes. Embora a aquisição e
 3812 acionamento de diversos equipamentos dependam diretamente de escolhas do usuário, o
 3813 consumo de energia para iluminar e para o conforto ambiental está diretamente
 3814 relacionado à forma como a edificação foi construída. Por isso, decisões projetivas
 3815 podem contribuir para uma redução de até 50% na demanda de energia elétrica³⁰ em
 3816 novas edificações.

3817 A revisão realizada por Sartori e Hestnes (2007) em mais de 60 casos em 9 países
 3818 mostrou que é durante a operação que ocorre a maior parte da demanda de energia em
 3819 um edifício durante o seu ciclo de vida, conforme mostrado pela Figura 3.4.3 Também
 3820 foi demonstrado que existe uma relação linear entre o consumo de energia total ao longo
 3821 de sua vida e o consumo operacional, válido em todos os casos estudados,
 3822 independentemente do clima e outras diferenças contextuais.

³⁰ Informação disponível no site do PROCEL-Edifica: <http://www.eletronbras.com/pci/main.asp>. Acessado em maio 2011.

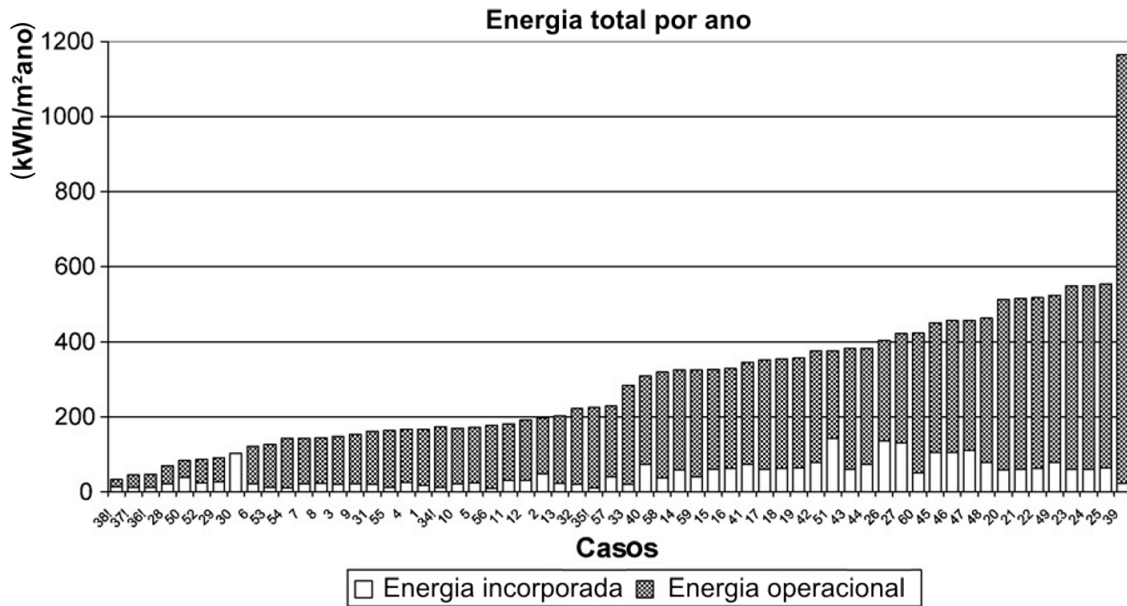


Figura 3.4.3. Consumo normalizado de energia dos 60 casos estudados
Fonte: Sartori e Hestnes (2007)

3823

3824

3825

3826

3827

3828

3829

3830

3831

3832

3833

3834

De acordo com Mascaró e Mascaró (1992), o maior consumo de energia das edificações brasileiras, particularmente as do setor residencial, não está no processo de produção, mas na utilização dos edifícios ao longo de sua vida útil. Na produção de um edifício habitacional padrão, o consumo energético total (direto e indireto) foi estimado em $7,24 \times 10^{-2}$ tep/m², sendo 96,4% desse valor relativos à fabricação de materiais de construção; 1,38% devido ao transporte de materiais para a obra; 1,24% consumidos na elevação e colocação de materiais durante a construção e 0,57% devido a escavações e terraplenagem.

3835

3836

3837

3838

3839

3840

3841

Os perfis de consumo energético das edificações típicas dos setores residencial, comercial e público são bem diferentes e podem influenciar a maneira de projetar um edifício e de planejar o desenvolvimento urbano. Assim, é importante observar o perfil de consumo energético destas tipologias de edificações, de modo a identificar as melhores oportunidades de racionalização do uso de energia, diversificação da matriz energética e integração de soluções passivas e tecnologias para a eficiência energética dos sistemas prediais.

3842

3843

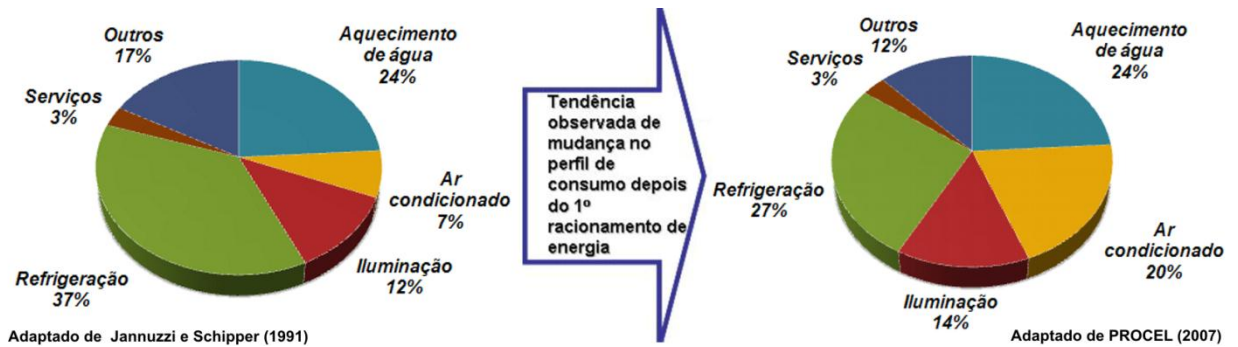
3844

3845

3846

A Figura 3.4.4 mostra o perfil de consumo de energia em edificações do setor residencial, considerando os usos finais. Nela observa-se que os maiores consumos ocorrem para refrigeração (uso de equipamentos, como geladeiras e freezers) e aquecimento de água (uso de equipamentos de aquecimento de passagem, como chuveiros e boilers elétricos para aquecimento da água de banho).

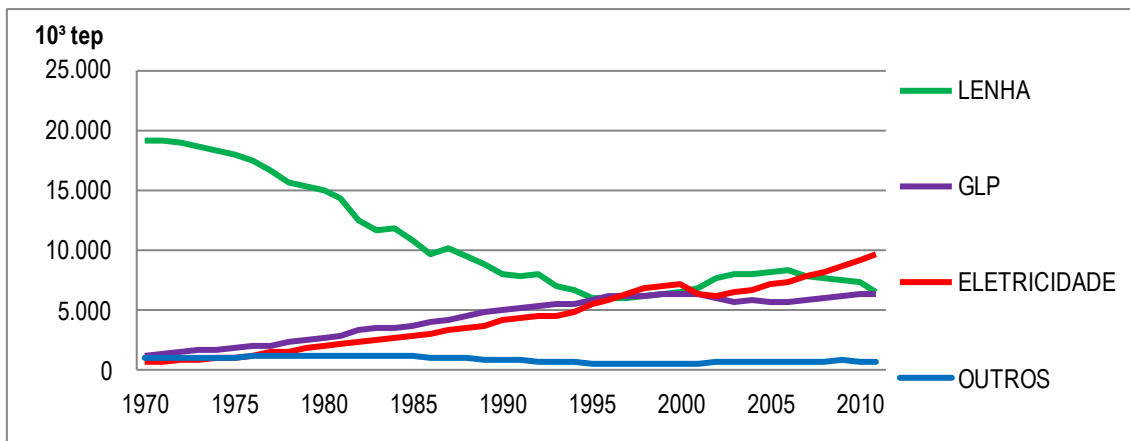
3847



3848
3849
3850
3851
3852

Figura 3.4.4 Consumo desagregado de energia por usos finais no setor residencial.
Fonte: Elaboração própria com base em Jannuzzi e Schipper (1991) e Pereira (2002).

3853 Com a crise de abastecimento de 2001, houve uma mudança de hábitos, no sentido de
3854 utilizar lâmpadas mais eficientes e por menos tempo, e desligar *freezers*. A substituição
3855 de geladeiras e outros eletrodomésticos por tipos mais eficientes lançados no mercado
3856 com selo PROCEL também contribuiu para a diminuição do consumo. Em
3857 contraposição, o uso do ar condicionado passou por um expressivo crescimento,
3858 tornando-se o terceiro maior uso neste setor. A evolução do consumo de energia no
3859 setor residencial por fonte de energia pode ser vista na Figura 3.4.5.



3860
3861
3862
3863

Figura3.4.5. Evolução do consumo de energia no setor residencial.
Fonte: BEN 2010 (EPE, 2011)

3864 Embora não seja o maior consumidor nacional de energia elétrica, o setor residencial é o
3865 responsável pelo *maior impacto social* sobre o sistema nacional de energia, devido ao
3866 consumo para aquecimento de água para o banho. O pico na curva de carga típico do
3867 sistema brasileiro, que ocorre próximo às 19 horas, se deve ao uso do chuveiro elétrico,
3868 conforme mostrado na Figura 3.4.6. Esse fato provoca um dimensionamento da oferta
3869 de energia para atender o chamado *horário de ponta*, causando a ociosidade do sistema
3870 nos outros períodos e o maior risco de “apagão” naquele horário.

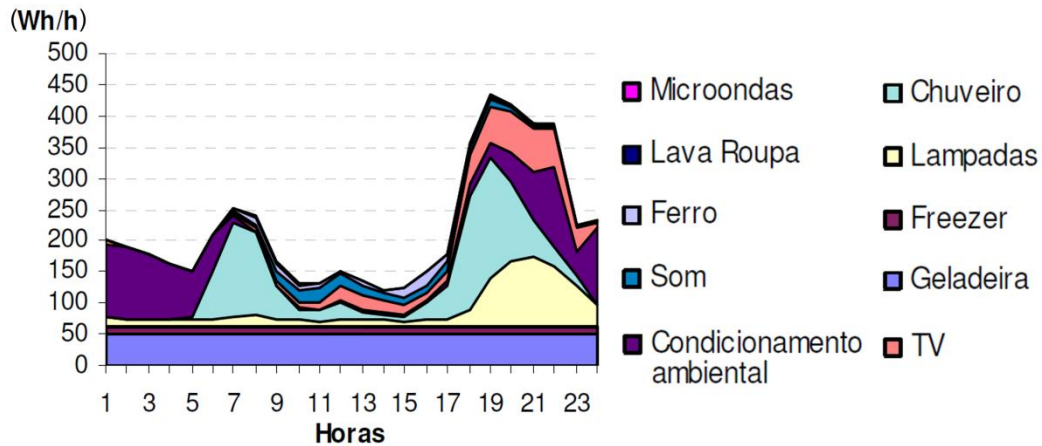


Figura 3.4.6. Curva de carga elétrica diária média do setor residencial brasileiro
Fonte: PROCEL (2007).

3871
3872
3873
3874

3875 Há um grande potencial para a substituição da eletricidade como fonte principal de
3876 energia para aquecimento de água por fonte renovável, como a energia solar, cuja
3877 disponibilidade é abundante no território nacional. Desse modo, a diversificação da
3878 matriz energética da edificação deve ser considerada desde a etapa de estudos
3879 preliminares, em função da correta orientação solar que o edifício ou algum de seus
3880 componentes – a cobertura, por exemplo – deve ter para permitir a captação suficiente
3881 de energia solar para o melhor desempenho dos coletores solares.

3882 A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra perfis típicos de consumo
3883 desagregado de energia nos setores comercial e público. De imediato, observa-se que (a)
3884 os perfis são muito diferentes daquele das edificações do setor residencial e (b) há uma
3885 grande variabilidade dentro do próprio setor. De modo geral, pode-se dizer que o maior
3886 consumo ocorre para iluminação artificial, quando não há uso de sistemas de
3887 climatização ambiental. Do contrário, o sistema de ar condicionado torna-se um
3888 importante consumidor de energia elétrica na edificação.

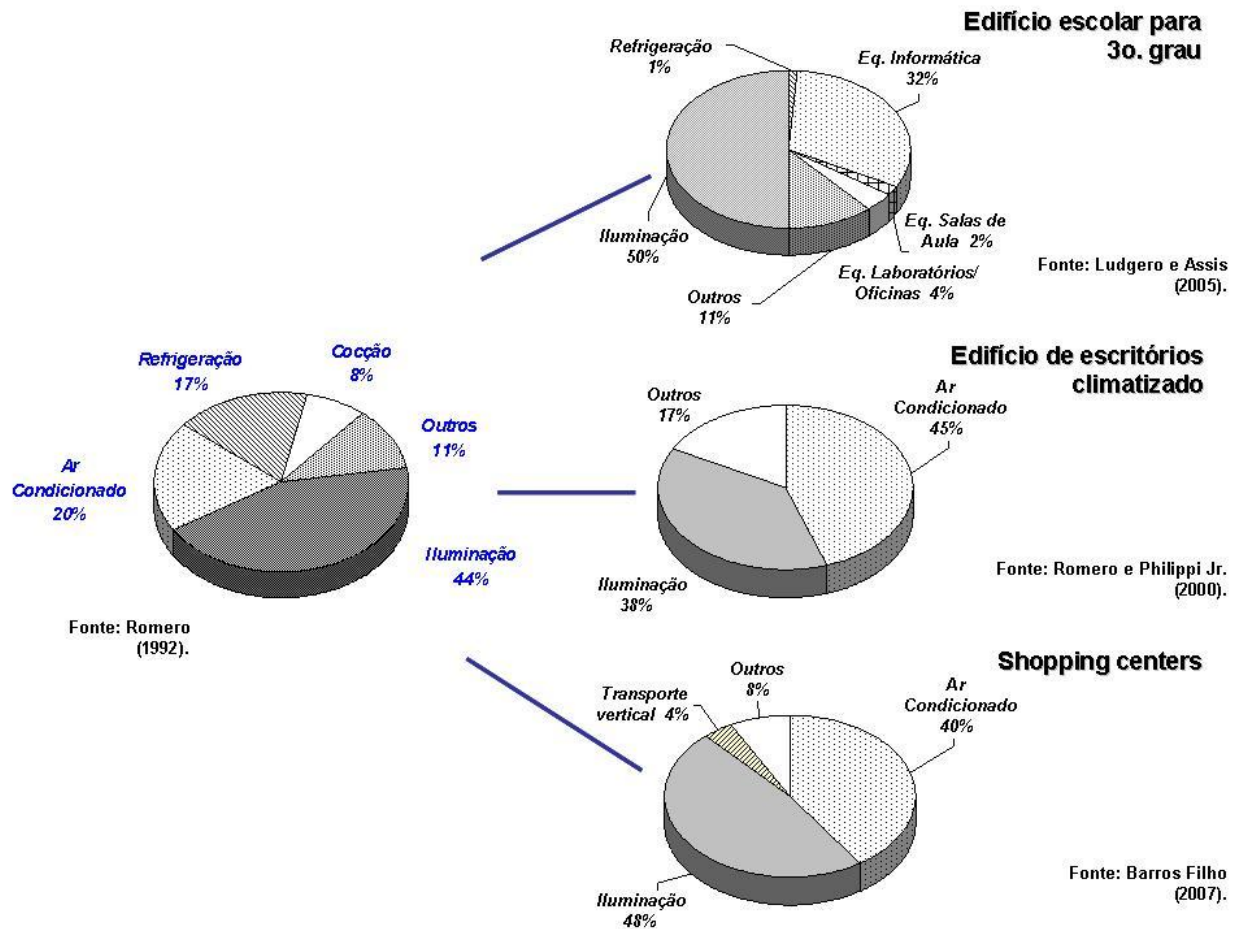


Figura 3.4.7 Consumo desagregado de energia por usos finais nos setores comercial e público.

Fonte: elaboração própria a partir de dados de vários autores (Barros Filho, 2007; Ludgero; Assis, 2005; Romero; Philippi Jr., 2007).

3889
3890
3891
3892
3893

3894 Baseado nos usos finais de energia, destaca-se a importância da concepção do projeto
3895 arquitetônico. Um bom projeto arquitetônico pode reduzir ou aumentar os ganhos de
3896 calor que passam pela envoltória (pelos fechamentos e aberturas) conforme a
3897 necessidade de aquecimento ou resfriamento, do clima local. Além disso, o projeto pode
3898 contribuir para a remoção do calor interno e dos ocupantes sem consumo energia, por
3899 meio da ventilação natural, diminuindo a necessidade do uso de condicionador de ar.
3900 Quando integrado aos projetos prediais, pode auxiliar para a substituição da iluminação
3901 artificial pela luz natural, reduzindo diretamente o consumo de energia elétrica de
3902 iluminação artificial e, indiretamente, do condicionador de ar devido à redução de carga
3903 térmica gerada por luminárias.

3904 3.4.2 Emissões de GEE nas edificações brasileiras

3905 Os edifícios emitem, direta ou indiretamente, gases do efeito estufa ao longo de todo o
3906 seu ciclo de vida: da produção de materiais e componentes, transporte, construção,
3907 operação, manutenção à desmontagem final. As fontes das emissões incluem:

- 3908 a) o uso de combustíveis fósseis, na produção de uma infinidade de materiais,
3909 componentes e equipamentos, no transporte destes produtos e dos resíduos e na
3910 operação do edifício;
3911 b) uso de eletricidade na fase de uso e, secundariamente, de construção;

- 3912 c) uso de madeira nativa que imponha uma redução do estoque de biomassa na
 3913 superfície terrestre, seja para uso como material de construção ou como
 3914 combustível;
 3915 d) decomposição de carbonatos durante a produção de materiais de construção,
 3916 como cimento, aço, cal, entre outros;
 3917 e) liberação pelos materiais de construção de compostos orgânicos voláteis de
 3918 diferentes materiais;
 3919 f) perdas de gases de refrigeração, incluindo CFC's como o R-22, que por estar no
 3920 âmbito do protocolo de Montreal não são usualmente incluídos nos inventários
 3921 do protocolo de Kyoto.

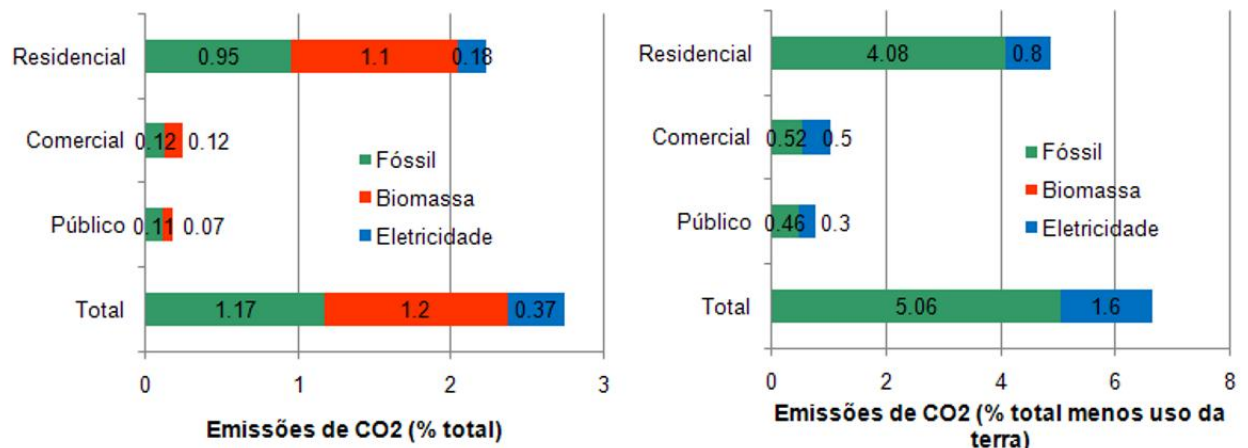
3922 No Brasil, ocorrem vários problemas para se estimar as emissões do setor da
 3923 construção. Um problema é o uso de materiais oriundos de diferentes cadeias
 3924 industriais, como madeira, o aço e o alumínio. A exceção ocorre no cimento e da
 3925 cerâmica, usados quase que exclusivamente na construção civil. Além disso, muitas
 3926 vezes, o produto utilizado na construção possui emissão significativamente diferente da
 3927 média de outros setores, como por exemplo, o aço. Outro problema importante é a
 3928 informalidade existente tanto na construção como na fabricação de materiais, que pode
 3929 atingir uma parcela superior à 70% do setor. Um exemplo é a madeira, cujo o uso ilegal
 3930 como combustível, não aparece nas estatísticas de produção.

3931 Devido a estas limitações são apresentados a seguir os resultados das emissões, na fase
 3932 de uso dos edifícios, da indústria cimenteira e da extração de madeira, tendo por base o
 3933 Inventário Nacional (MCT, 2009) e o BEN (EPE, 2010). Estes dados são
 3934 complementados com dados das emissões indiretas do uso da eletricidade calculados a
 3935 partir de dados disponíveis do Balanço Energético Nacional referentes ao ano de 2005
 3936 (EPE, 2010) utilizadas as emissões médias dos anos de 2006 a 2010. O fator utilizado
 3937 no cálculo das emissões é 0,036135 kg/kWh (ou 0,42 Gg/10³ tep), pois o fator de
 3938 emissão de CO₂ da eletricidade brasileira não está disponível no *site* do MCT para o ano
 3939 de 2005 e este valor é compatível com os valores dos anos posteriores (MCT, s.d.).

3940 **3.4.2.1. Emissões no uso das edificações**

3941 As principais emissões na fase de uso dos edifícios estão associadas à utilização de
 3942 energia, o que inclui não só a eletricidade, mas também o uso de combustíveis nas
 3943 atividades de cocção, aquecimento de água para fins diversos e até geração de
 3944 eletricidade. Os dados do Inventário Nacional e do BEN (EPE, 2010) (Figura 3.4.8)
 3945 permitem estimar que a operação dos edifícios brasileiros é responsável por 2,8% das
 3946 emissões brasileiras de gases do efeito estufa, admitindo que 50% da biomassa
 3947 queimada como fonte de energia (cocção, principalmente) não é renovada. Retirada a
 3948 biomassa, as emissões dos edifícios se reduzem a 1,6% do total nacional. O setor
 3949 residencial é responsável por cerca de 80% das emissões dos edifícios, sendo que a
 3950 energia para cocção – gás e lenha – é responsável por 90% das emissões (ou 22% se
 3951 desprezada a contribuição da lenha). O setor comercial e público é responsável por
 3952 apenas 20% das emissões totais do parque edificado, ainda que o uso de combustíveis
 3953 fósseis seja menor (embora esteja crescendo com a instalação de geradores em edifícios

3954 privados). Portanto, a economia de eletricidade não é uma prioridade do ponto de vista
 3955 da redução das emissões de gases do efeito estufa no país³¹.



3956
 3957 **Figura 3.4.8. Emissões de CO₂ de edifícios brasileiros como porcentagem das emissões totais, conforme origem. (Esquerda) expressas como fração das emissões totais; (direita) expressas como**
 3958 **porcentagem das emissões exceto mudança do uso da terra e desmatamento – onde por coerência**
 3959 **foram retiradas as emissões relativas à lenha – Fonte: Price et al., 2006; Levine et al., 2007**
 3960
 3961

3962 Estes valores apresentados na Figura 3.4.8 são de ordem de grandeza inferior às
 3963 estimativas globais, que atribuem ao uso dos edifícios 25% das emissões de CO₂ (Price
 3964 et al., 2006; Levine et al., 2007). Esta diferença pode ser atribuída a dois fatores
 3965 primordiais: (a) a baixa intensidade de CO₂ da energia elétrica brasileira (MCT, 2009);
 3966 (b) o baixo uso de energia no condicionamento artificial dos edifícios.

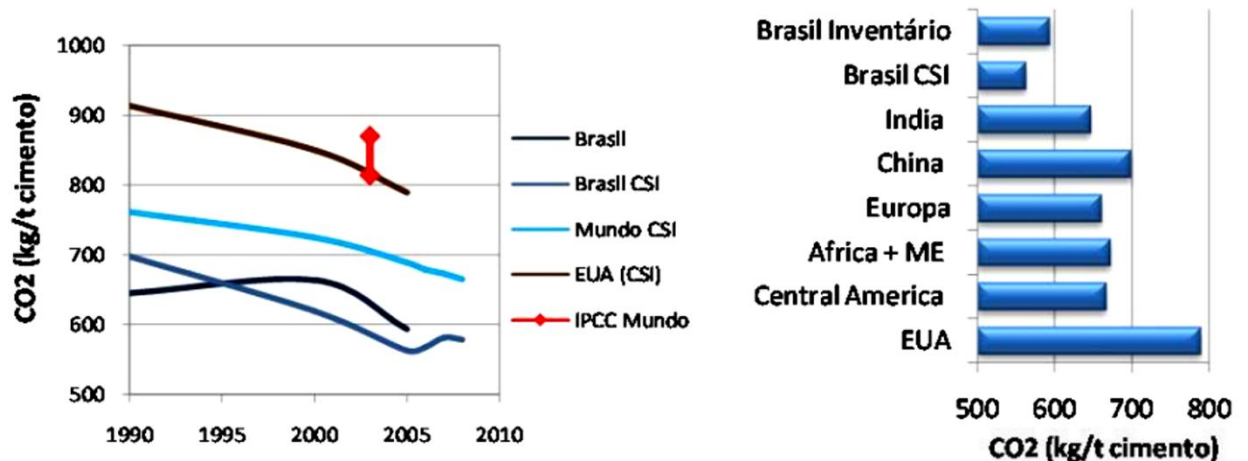
3967 A tendência no futuro é de crescimento das emissões associadas ao uso da energia. Não
 3968 é certo que a baixa intensidade de CO₂ da energia elétrica brasileira seja mantida no
 3969 longo prazo. Adicionalmente, espera-se que o consumo médio de eletricidade de uma
 3970 residência brasileira passe de 138 kWh/mês (em 2005) para algo entre 245 a 308
 3971 kWh/mês, dependendo do cenário futuro (EPE, 2007). Crescimento similar é esperado
 3972 para os demais edifícios. Um dos fatores é o crescimento do uso do ar condicionado,
 3973 que se evidencia no mercado, o que implica em aumento do consumo de eletricidade e
 3974 emissões relativas ao vazamento dos fluidos refrigerantes.

3975 *Emissões de CO₂ na produção de cimento*

3976 Segundo os dados do Inventário Nacional de 2005, a fabricação de cimento é
 3977 responsável por cerca de 1,4% das emissões nacionais, aproximadamente 6% se
 3978 excluía a mudança do uso da terra e florestas. Globalmente, a indústria de cimento é
 3979 responsável por 5% das emissões de CO₂ antropogênico (Bernstein et al., 2007).

3980 A indústria do cimento brasileira é, junto com a japonesa, uma referência mundial em
 3981 baixa intensidade de CO₂ do cimento, com emissões cerca de 25% menores que a média
 3982 mundial (Figura 3.4.9). Empresas responsáveis por mais de 70% da produção brasileira
 3983 do cimento participam do *Cement Sustainability Initiative (CSI)* e do *World Business*
 3984 *Council for Sustainable Development (WBCSD, 2010)*, divulgam as emissões em seus
 3985 relatórios e têm metas de redução públicas e auditadas.

³¹ Os valores de intensidade de CO₂ utilizados no inventário de emissões são valores médios. No entanto, a eletricidade consumida no horário de pico da demanda, onde as térmicas entram com toda a força, é mais impactante que o aqui estimado.



3986
3987
3988
3989
3990
3991

Figura 3.4.9. À esquerda, Evolução das emissões específicas de CO₂ da produção de cimento brasileira (MCT, 2009), das empresas nacionais participantes do CSI com dados globais e dos EUA (WBCSD, 2010) fornecidos pelo CSI e pelo IPCC (Bernstein et al., 2007). À direita, números do CSI de diversos países, excluída a eletricidade.

3992 As estratégias de mitigação tradicional, como substituição do clínquer por resíduos
3993 (escória de alto forno ou cinzas volantes), filler calcário ou pozolanas artificiais (estas
3994 com menores benefícios) e aumento da eficiência energética tem sido empregadas
3995 intensamente no Brasil. O teor de clínquer médio atual encontra-se oscilando em função
3996 da disponibilidade de matérias primas entre 65 e 70% (MCT, 2009; WBCSD, 2010),
3997 enquanto a média mundial das empresas do CSI/WBCSD é de 76%. Em consequência,
3998 a margem para melhoria usando estas rotas tradicionais são pequenas, embora ganhos
3999 energéticos possam ser obtidos em várias fábricas, bem como aumento da substituição
4000 do clínquer pela produção de pozolanas.

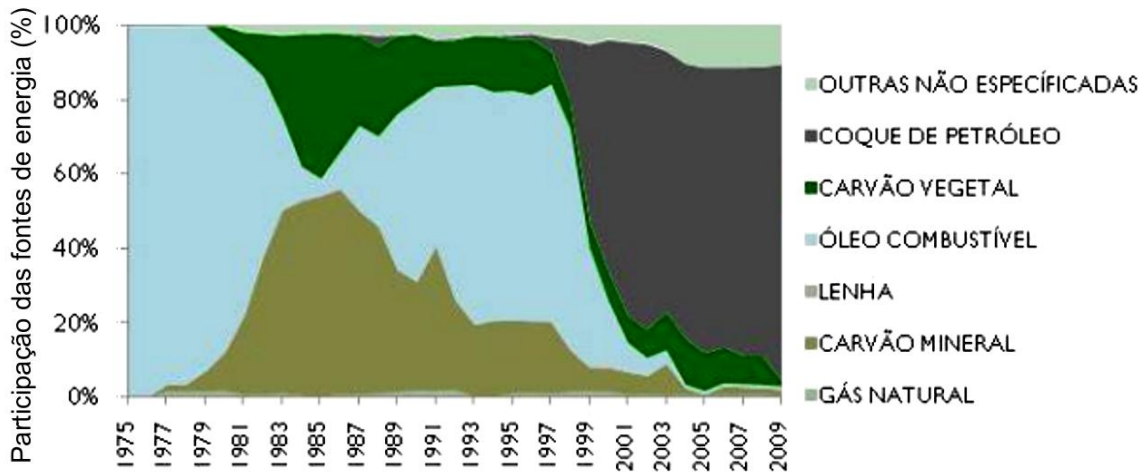
4001 Estudo prevê que o setor da construção dobre de tamanho até 2023 (Garcia, 2010) e
4002 como não existe no horizonte substituto para o cimento, este material deve crescer nessa
4003 mesma proporção. O estudo do Plano Nacional de Mineração 2030 (MME, 2010b)
4004 trabalha com cenários de crescimento econômico entre 2,2 e 5,6% até o ano 2030, sendo
4005 que no cenário mais provável a produção de cimento atingirá 160 Mt, um crescimento
4006 de mais de 2,5 vezes sobre a produção de 2010. Em consequência, mantidas as
4007 estratégias tradicionais, a contribuição da cadeia produtiva do cimento para as emissões
4008 de CO₂ deverão crescer. O setor discute atualmente realizar pesados investimentos em
4009 sequestro e captura de carbono, o que poderá dobrar o custo do produto, fator que
4010 possui no Brasil grandes implicações sociais e econômicas (IEA/WBCSD, 2010).

4011 Assim, o controle do crescimento das emissões de CO₂ sem a adoção da dispendiosa
4012 estratégia de sequestro de carbono exige a adoção de novas estratégias alternativas
4013 (Muller; Harnisch, 2008). É tecnicamente possível, combinando estratégias, mais que
4014 dobrar a produção de produtos a base de cimento sem aumentar as emissões totais de
4015 CO₂ da indústria cimenteira.

4016 **3.4.2.2. Matriz energética renovável na produção de cimento**

4017 A mudança na matriz energética com a substituição do coque de petróleo (Figura
4018 3.4.10) por carvão vegetal de plantação é certamente possível. Em 1985, o carvão
4019 vegetal representou quase 1/3 da energia total para a produção de cimento. Nos últimos
4020 10 anos, a participação do carvão vegetal esteve oscilando entre 6 e 11%, mas caiu para
4021 1,5% em 2009 em função de custo. Outras fontes de biomassa usadas incluem bagaço

4022 de cana (SNIC, 2009). Portanto, o uso de combustíveis renováveis dependerá de
 4023 políticas que criem condições econômicas que os tornem viáveis. É necessário observar
 4024 que preço do cimento é um fator crítico neste momento em que o país investe pesado
 4025 em habitação e infraestrutura.

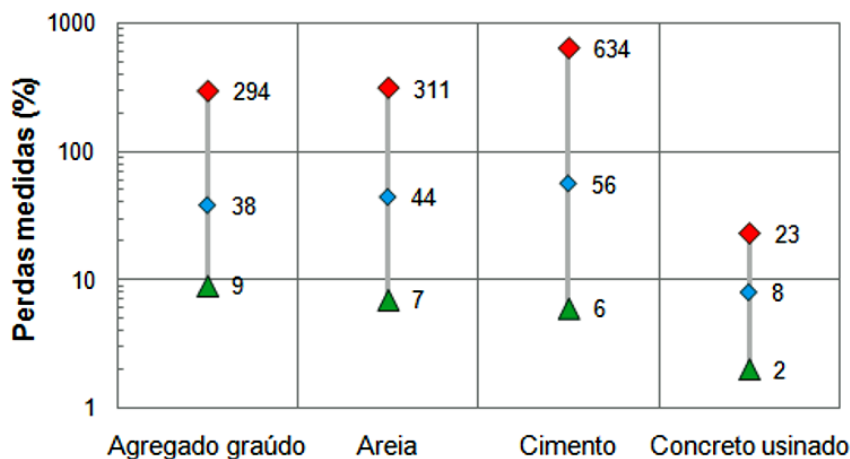


4026 **Figura 3.4.10** - Evolução da matriz energética térmica da indústria do cimento brasileira (EPE, 2010).
 4027 As frações de eletricidade e diesel foram retiradas do total.
 4028
 4029

4030 **3.4.2.3.Redução de perdas de cimento**

4031 Perdas de materiais são definidas como o uso de quantidade superior a estritamente
 4032 necessária para prover a desejada função. Isto inclui a geração de resíduos, que pode ser
 4033 causada pela deteriorização dos sacos de cimento ou pelo uso de produtos contendo
 4034 cimento com qualidade inadequada, e também uso em excesso, seja por dosagem
 4035 incorreta de cimento ou pela produção de peças com espessuras exageradas.

4036 No Brasil, as perdas do cimento medidas em construtoras apresentaram uma mediana de
 4037 56%. As perdas dos materiais associados (areia, brita) também são muito elevadas
 4038 (Figura). É muito provável, que as perdas na construção autogerida sejam ainda
 4039 maiores. Como 59% do cimento é vendido ensacado ao varejo (SNIC, 2010), estas
 4040 perdas representam aproximadamente 30% da massa total de cimento comercializado. O
 4041 incentivo ao uso de materiais industrializados, como o concreto usinado, cujas perdas
 4042 são substancialmente menores, é uma alternativa importante.



4043

4044 **Figura 3.4.11. Perdas de materiais de construção na construção de edifícios verticais do Brasil (O**
 4045 **Símbolo em vermelho indica o valor máximo; azul, a mediana e verde, o mínimo)**
 4046 Fonte: Souza et al., 1998.

4047

4048 **3.4.2.4.Otimização do uso de ligantes**

4049 A estratégia tradicional de redução de CO₂ no cimento é a substituição do clínquer, o
 4050 ligante principal, por adições ativas, outros ligantes que apresentam menor intensidade
 4051 de CO₂ – escória de alto forno e cinzas volantes, resíduos industriais com emissão de
 4052 CO₂ nula – e por pozolanas artificiais produzidas pela calcinação de argilas especiais,
 4053 com pegada de CO₂ inferior a clínquer. Pela norma brasileira, pozolanas podem
 4054 substituir até 50% do clínquer e escória até 70%.

4055 Estudo realizado por Damineli et al.(2010) demonstra que é tecnicamente possível
 4056 reduzir a intensidade de ligantes em concretos estruturais de resistência normal (entre 20
 4057 e 40 MPa) pela metade com os materiais hoje existentes. Resultados experimentais do
 4058 *Swedish Cement and Concrete Research Institute* sugerem reduções substancialmente
 4059 maiores (Lagerblad; Vogt, 2004). Este objetivo pode ser atingido apenas em concretos
 4060 produzidos com padrões de controle industriais, como os usinados, com a combinação
 4061 de estratégias que implica na melhoria da produção de agregados, redução do custo de
 4062 aditivos plastificantes (atualmente extremamente caros) e redução do teor de ligantes
 4063 dentro dos cimentos.

4064 A substituição de ligantes (clínquer ou adições ativas) por filler calcário, material inerte
 4065 já vem sendo explorada de forma incipiente pela indústria. A norma brasileira permite a
 4066 adição de até 10% destes fillers na maior parte dos cimentos, sendo que em média a
 4067 adição está em torno de 8% (WBCSD, 2010), enquanto na Europa são comercializados
 4068 cimentos com substituição de até 35% de filler calcário (ECOserve NETWORK, 2006).
 4069 No entanto, o fato do teor médio europeu de adição de filler ser de apenas 7,3% em
 4070 2009 mostra que, embora em algumas situações específicas o teor de filler de 35% seja
 4071 possível, na maior parte das vezes este teor não é viável com a tecnologia atual.

4072 Esta substituição de ligantes demandará desenvolvimentos tecnológicos adicionais,
 4073 mudanças nas plantas industriais, a introdução na formulação dos cimentos de aditivos
 4074 dispersantes (ou super-plastificantes), que hoje são adicionados apenas em concretos
 4075 especiais.

4076 Se for considerada a construção dos edifícios, a fração sobe para 40% da energia total e
 4077 30% das emissões antropogênicas de gases do efeito estufa (UN, 2007). Por um lado, a
 4078 participação dos edifícios nas emissões vem aumentando rapidamente no mundo. Por
 4079 outro lado, o IPCC aponta que os edifícios são a alternativa mais barata e mais efetiva
 4080 para redução das emissões de CO₂ e, portanto, uma prioridade para mitigação (Levine et
 4081 al., 2007; UN, 2007).

4082 **3.4.2.4.Extração de madeira nativa e CO₂**

4083 A madeira nativa participa da cadeia produtiva da construção como combustível na
 4084 indústria de materiais, particularmente ferro gusa, cerâmica e gesso, e como material de
 4085 construção. A madeira amazônica tem como destinação principal seu uso como material
 4086 de construção na forma de madeira serrada. Embora a construção civil seja acessória à
 4087 maior parte da extração da madeira amazônica, o objetivo final é abrir espaço para
 4088 atividades agropecuárias. O desmate seletivo para extração atinge entre 14 a 21 t de
 4089 toras (23 a 31 m³; Amaral et al., 1998; Keller et al., 2004), em um processo não

4090 manejado que implica na destruição de cerca de 30% da biomassa (Santos et al., 2010),
 4091 e que representa entre 50 e 180 t. Esse enorme desperdício é complementado pela
 4092 transformação de aproximadamente 60% da massa das toras em resíduos na serraria
 4093 (Pereira et al., 2010). Alocando-se toda a diminuição da biomassa a madeira de
 4094 construção extraída (Cederberg et al., 2011), é possível estimar que as emissões
 4095 associadas a 1m³ de tora extraída estejam entre 6,4 e 8,3 tCO₂/m³ para uma área de
 4096 extração convencional³². É possível estimar, por interpolação dos dados de Pereira e
 4097 outros (2010) que, em 2005, foram comercializados cerca de 2,3 milhões de toras, o que
 4098 implicaria em emissões de 147.000 Gg a 190.000 Gg³³ de CO₂, entre 3,9 e 6,4% das
 4099 emissões de CO₂ do ano 2005 (MCT, 2009). Portanto, o uso de madeira amazônica não
 4100 manejada implica em emissões superiores ao uso de energia na operação do ambiente
 4101 construído somado ao cimento.

4102 O esforço do governo e da sociedade, por exemplo, a campanha Madeira Legal, tem
 4103 reduzido a fração da madeira Amazônica comercializada que é ilegal, que
 4104 provavelmente encontra-se abaixo de 50% do total (Pereira et al., 2010). Mas existem
 4105 outras fontes de madeira ilegal, utilizadas especialmente como combustíveis, que não
 4106 têm sofrido pressão adequada.

4107 A madeira é um dos poucos materiais de construção renovável, cujo consumo deveria
 4108 ser incentivado. A mitigação das emissões passa por uma combinação de ações, onde
 4109 destaca-se a promoção de madeira plantada e/ou certificada. Madeiras nativas
 4110 manejadas têm impacto ambiental substancialmente inferior à da não manejada. A
 4111 certificação é uma das formas de demonstrar o manejo, que neste momento não é
 4112 adequada a pequenas propriedades. As madeiras de espécies exóticas plantadas são uma
 4113 alternativa muito ecoeficiente, tanto para combustível como material de construção,
 4114 particularmente na forma de produtos industrializados, aplicação na qual será necessário
 4115 o desenvolvimento de solução de preservação que não dependa de produtos tóxicos. A
 4116 integração do sistema de controle de madeira com o sistema de notas fiscais eletrônicas
 4117 tem enorme potencial de melhoria do controle no emprego da madeira como material. Já
 4118 o uso de madeira ilegal como energia pode ser efetivado pelo controle dos setores
 4119 industriais principais usuários.

4120 **3.4.3. Cenários resultantes do uso de energia em edificações**

4121 A retomada do planejamento de longo prazo energético e habitacional no Brasil
 4122 aconteceu praticamente de forma concomitante a partir das iniciativas dos Ministérios
 4123 de Minas e Energia (MME) e das Cidades. O Plano Nacional de Energia (PNE),
 4124 desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética ligada ao Ministério de Minas e
 4125 Energia, teve seus relatórios publicados em 2008 e o Plano Nacional de Habitação
 4126 (Planhab), desenvolvido pelo LabHab da Universidade de São Paulo, pela Via Pública e
 4127 pela Logos Engenharia sob coordenação da Secretária Nacional de Habitação ligada ao
 4128 Ministério das Cidades, teve sua publicação final em 2009.

4129 O PNE trata de projeções, tendo 2030 como horizonte, para consumo final de energia,
 4130 dos combustíveis e das formas de energia, além de questões de inovação e eficiência
 4131 energética nos diferentes setores consumidores de energia, o que inclui (i) o residencial
 4132 e (ii) o comercial, serviços e público. O plano aponta para o crescimento da participação

³² A parcela desta madeira transformada em produtos duráveis (como estruturas) pode ser considerada estoque de carbono. Mas este fator não foi considerado nesta análise.

³³ Admitindo-se uma emissão específica entre 6,4 tCO₂/m³ (MCT, 2009) e 8,4 tCO₂/m³ (EPE, 2007).

4133 da eletricidade na matriz energética brasileira e denomina esse fato de vetor de
 4134 modernidade. Vale destacar que isso ocorrerá por causa do aumento do consumo de
 4135 eletricidade justamente nas edificações, devido à elevação do número de consumidores
 4136 associado ao aumento de consumo nas unidades. Observa-se a projeção de queda da
 4137 intensidade energética do Produto Interno Bruto (PIB) e da indústria em três dos quatro
 4138 cenários econômicos analisados pelo PNE. Essa queda da intensidade energética do PIB
 4139 está relacionada com a transformação do país que está acontecendo na sua composição
 4140 de consumo, diminuindo a base industrial e aumentando a base de serviços.

4141 De acordo com as projeções relacionadas à eficiência energética das edificações,
 4142 percebe-se que existe uma estreita relação entre o desempenho do cenário econômico e
 4143 as expectativas de conservação de energia. O cenário mais otimista espera uma
 4144 conservação de energia no setor residencial da ordem de 12,2% e o mais pessimista de
 4145 6,1%. Para o setor comercial as projeções mostram valores entre 8,0% e 3,3%. De
 4146 acordo com o PNE isso seria possível devido à melhoria de eficiência dos equipamentos
 4147 e eletrodomésticos. No setor residencial, por exemplo, a maior contribuição seria obtida
 4148 no uso final refrigeração, por causa da substituição de geladeiras antigas por novas,
 4149 mais eficientes. Entretanto, em relação à eficiência energética do setor residencial,
 4150 merece destaque as projeções de conservação de energia para o uso final
 4151 condicionamento de ar. O PNE desenvolveu projeções mostrando que existe uma
 4152 tendência de crescimento de posse dos equipamentos de condicionamento de ar. De
 4153 acordo com os dados do PNE, o cenário econômico mais otimista prevê uma inserção
 4154 deste equipamento em 30% das residências do país, valor equivalente ao observado na
 4155 região metropolitana do Rio de Janeiro (EPE, 2007). Porém, quando se trata da
 4156 conservação de energia para esse uso final, o relatório afirma que há pequeno potencial,
 4157 pois devido às características do mercado brasileiro, a maior parte das residências
 4158 contará com equipamentos com eficiência satisfatória. Desde modo, o PNE
 4159 desconsidera totalmente o papel das edificações em si como forma de melhorar a
 4160 eficiência energética neste setor.

4161 O PlanHab é considerado um dos mais importantes instrumentos para a implementação
 4162 da Política Nacional de Habitação. De acordo com o Ministério das Cidades (2009), ele:

4163 *(...) é parte de um processo de planejamento de longo prazo para o setor*
 4164 *habitacional, que pressupõe revisões periódicas e articulação com outros*
 4165 *instrumentos de planejamento orçamentário-financeiro do Governo Federal,*
 4166 *como os planos plurianuais, permitindo que suas metas de produção física e de*
 4167 *avanços institucionais possam estar associadas ao planejamento dos recursos*
 4168 *necessários para sua cobertura e tendo o ano de 2023 como horizonte final para*
 4169 *a elaboração de estratégias e de propostas. (MCidades, 2009)*

4170 O PlanHab (MC, 2009) apresenta o desenho institucional do sistema nacional da
 4171 habitação, definindo o papel dos agentes públicos e privados. Mostra a demanda atual
 4172 por moradias e faz uma projeção para a demanda até 2023. O PlanHab desenvolve
 4173 estratégias para atingir as metas, inclusive através de previsão de recursos e suas
 4174 origens. As metas traçadas pelo PlanHab estão relacionadas com os seguintes aspectos:
 4175 (i) financiamento e subsídios; (ii) arranjos institucionais; (iii) acesso a terra urbanizada e
 4176 regularização fundiária e (iv) cadeia produtiva da construção civil. São 25 metas e
 4177 nenhuma delas faz menção ao desempenho energético dessas novas habitações.

4178 Confrontando esses dois planos, verifica-se que a integração ressaltada por ambos não
 4179 ocorreu de fato. Para exemplificar, basta observar a projeção do número de domicílios

4180 em 2030 feito pelo PNE e as metas de número de moradias elaboradas pelo PlanHab
4181 para 2023. Esse último trabalha com a meta de produzir 34,9 milhões de novas unidades
4182 habitacionais, o que seria suficiente para atender a nova demanda e o déficit existente.
4183 Por outro lado, o PNE prevê que haverá um aumento de cerca de 30 milhões de
4184 domicílios em 2030, comparando com dados de 2005.

4185 A abordagem desses dois planos tem em comum a desconsideração da edificação como
4186 artefato que interfere no consumo e, conseqüentemente, na demanda energética
4187 nacional. Uma maior aproximação desses planejadores possibilitaria avanços
4188 importantes. Por um lado, o planejamento habitacional conheceria o impacto de suas
4189 metas de construção de novas unidades habitacionais sobre a matriz energética
4190 brasileira e assim se tornaria mais sensível ao estabelecimento de metas relacionadas ao
4191 desempenho energético das edificações. Por outro lado, o planejamento energético teria
4192 condições de desenvolver previsões de demanda, conservação e oferta com base em
4193 números de unidades em consonância às expectativas da política habitacional. Além
4194 disso, seria possível incluir a edificação como elemento importante para o desempenho
4195 energético dos setores residencial e comercial.

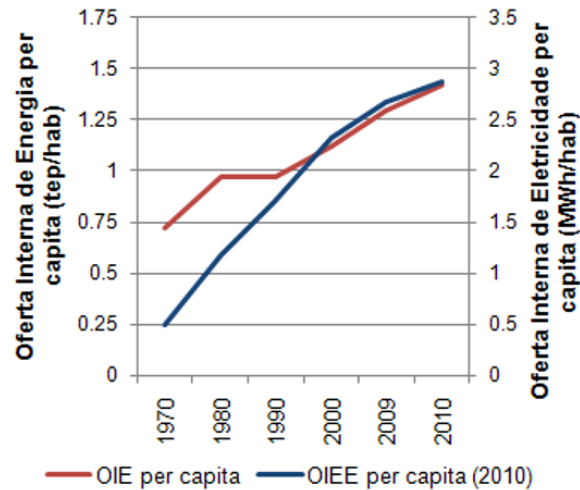
4196 A falta de integração durante a criação dos planos direcionadores tende a se repetir em
4197 outros níveis de planejamento e em outras esferas de governo. Como exemplo, é
4198 possível citar as legislações municipais que têm surgido em algumas cidades do país
4199 como São Paulo (2007, 2008); Porto Alegre (2006); Belo Horizonte (2007); Curitiba
4200 (2006, 2007); Campo Grande (2007) entre outras obrigando ou criando incentivos para
4201 a instalação de sistemas de aquecimento termo-solar para água nas residências. Em
4202 todos os casos observados se percebe claramente a intenção de aumentar a energia
4203 gerada por fontes renováveis e reduzir as emissões de carbono. Porém, não foi
4204 observada em nenhum dos casos a associação dessa legislação com a lei de uso e
4205 ocupação do solo urbano a fim de garantir a esses sistemas o mínimo de horas de sol
4206 necessárias para a operação satisfatória. Assim não se pode garantir que os sistemas irão
4207 funcionar com o desempenho técnico e econômico previsto em projeto.

4208 A respeito dos investimentos previstos nos planos, não há nenhum objetivamente
4209 destinado a melhoria do desempenho energético das edificações. Como já foi dito o
4210 Planhab não trata deste assunto e o PNE não considera a edificação como elemento
4211 passível de ter sua eficiência melhorada.

4212 Por fim, vale comentar que a característica do planejamento de longo prazo é a
4213 continuidade do processo, desde modo, espera-se que o amadurecimento dessas
4214 abordagens promova maior integração entre áreas tão importantes para o crescimento do
4215 país e a qualidade de vida dos habitantes.

4216 ***3.4.3.1. Crescimento econômico, redução da pobreza e emissões de GEE***

4217 Nos últimos anos, o crescimento econômico e a estabilização da economia contribuíram
4218 para o crescimento da renda familiar média brasileira, causando um aumento na posse
4219 de bens, o que conduziu ao crescimento do consumo de energia elétrica per capita no
4220 setor residencial. Conforme mostrado na Figura 3.4.12, o Brasil tem passado por um
4221 processo contínuo de crescimento do consumo per capita de energia e eletricidade.



4222
4223
4224
4225

Figura 3.4.12. Evolução da oferta interna de energia (OIE) per capita e da Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) per capita no Brasil - Fonte: Adaptado de BEN (EPE, 2011)

4226
4227
4228
4229
4230
4231
4232
4233
4234

Barros et al (2011) afirmam, com base em dados do IBGE, que o número de pessoas que está abaixo da linha da pobreza extrema (definida em R\$ 70 per capita por mês, pelo Banco Mundial) está próxima a 6% neste ano (o número oficial mais atualizado, de 2009, é de 8,4%). Em 1993, no auge da hiperinflação no país, esse número era de 22,9%. Esse acentuado crescimento na renda dos mais pobres é resultado da melhor focalização das transferências públicas, em particular do Programa Bolsa Família (PBF), e de transformações demográficas (queda na taxa de fecundidade), que reduziram o tamanho das famílias mais pobres. Outro fator importante é a inserção produtiva dos mais pobres que contribuiu para o crescimento na sua renda per capita.

4235
4236
4237
4238
4239
4240
4241
4242
4243
4244

Era de se esperar que essa população, ao melhorar seu padrão de vida, adquirisse bens de consumo duráveis, contribuindo, quase inevitavelmente, para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Entretanto, conforme discutido por Morello et al (2011), essa associação entre melhoria da qualidade de vida e emissões não é necessariamente válida para todos os itens constitutivos do que se entende, concretamente, por qualidade de vida. Isso decorre do consumo de lenha que, de acordo com os autores, é inversamente proporcional à renda familiar – o mesmo valendo para o carvão vegetal empregado na cocção. Esses combustíveis respondem por parte significativa das emissões mundiais de GEE. Assim, a substituição da lenha por combustíveis como GLP ou gás natural reduzirá as emissões dessas famílias.

4245
4246
4247
4248
4249
4250
4251
4252
4253
4254
4255

Morello et al (2011) mostram, ainda, que o conteúdo de carbono para atender as necessidades dos usuários do setor residencial pode ser muito variado, conforme a classe de renda. No caso dos combustíveis domésticos, a transição da lenha para outros energéticos tem como resultado a simultânea elevação da qualidade de vida e a redução das emissões. Com relação aos energéticos utilizados no transporte, a relação é inversa, especialmente devido ao uso de automóveis particulares. Com base em dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF 2002-2003), os autores demonstram que é apenas a partir de um nível de renda mensal maior que R\$1.600,00 que o patamar de CO2 emitido pelas famílias com renda mensal menor que R\$ 400,00 é superado. Assim, no Brasil, com relação às emissões do setor residencial associado ao consumo de energéticos, prevalece a situação em que muitos emitem pouco e poucos emitem muito.

4256

4257 3.4.4 Opções de mitigação de emissões em edifícios e equipamentos

4258 3.4.4.1.Princípios de eficiência energética

4259 A eficiência energética em edifícios implica em estratégias de redução da demanda por
 4260 eletricidade para prover conforto ambiental. Em uma dada edificação, o consumo para
 4261 obtenção de conforto térmico está relacionado com o número anual de horas de conforto
 4262 térmico do usuário, do desempenho térmico da envoltória, da eficácia da ventilação
 4263 natural. O consumo para iluminar está relacionado com a disponibilidade de luz natural
 4264 internamente nas edificações e ausência de incidência excessiva de radiação solar direta.
 4265 Essas questões são tradicionalmente discutidas nas pesquisas relacionadas com o
 4266 conforto térmico, conforto luminoso e, mais recentemente, nas pesquisas sobre
 4267 eficiência energética em edificações.

4268 Atualmente, as principais pesquisas realizadas sobre eficiência energética de edificações
 4269 têm utilizado a simulação computacional como ferramenta de análise do desempenho.
 4270 Essa abordagem baseia-se no uso de modelos matemáticos para representar fenômenos
 4271 complexos e analisar seus impactos. É especialmente útil para analisar desempenho
 4272 termo-energético de edificações, nos quais há muitas variáveis que se relacionam.

4273 Mendes et al. (2005) levantaram as pesquisas relacionadas à simulação do desempenho
 4274 térmico e energético de edificações no Brasil, desde a década de 80. Os autores
 4275 apontam que as ferramentas utilizadas referenciaram tanto os códigos antigos, quanto os
 4276 programas mais sofisticados e detalhados desenvolvidos no exterior. Eles ressaltam que
 4277 o uso de simulação no Brasil ainda está concentrado nas instituições de ensino e
 4278 pesquisa, com pouca transferência da tecnologia para o setor privado.

4279 De acordo com os autores, o desenvolvimento de ferramentas nacionais ainda é pouco
 4280 expressivo, podendo-se destacar: a) o UMIDUS, que simula a transferência de calor e
 4281 umidade em estruturas porosas e o SPTE, que estima o desempenho térmico de
 4282 componentes construtivos, ambos desenvolvidos no LMPT/UFSC; b) o DOMUS, em
 4283 desenvolvimento pelo LST/PUCPR, que simula o desempenho higrotérmico e
 4284 energético de edificações; c) o ARQUITROP, desenvolvido na UFSCar na década de
 4285 80, que foi amplamente utilizado para analisar a influência de alternativas de projeto no
 4286 consumo de energia.

4287 No país, a simulação tem sido utilizada para avaliar o desempenho de diferentes
 4288 estratégias energéticas e quantificar a redução do consumo de energia elétrica
 4289 proveniente da adoção dessas estratégias. Há exemplos na área de ventilação natural,
 4290 iluminação natural, análise do desempenho térmico e energético de edificações.

4291 A determinação completa do desempenho térmico dos edifícios é feita por *softwares*
 4292 mais complexos, capazes de considerar as diferentes cargas térmicas internas e externas
 4293 no balanço térmico do ambiente, de modo dinâmico. Atualmente, no país, esses
 4294 programas são utilizados na avaliação do desempenho térmico e energético. Destaca-se
 4295 o uso do EnergyPlus (Didoné e Pereira, 2010, Carlo e Lamberts, 2010a, 2010b), o
 4296 VisualDOE (Ghisi et al., 2005) e TAS (Marcondes et al., 2010).

4297 De modo geral, na área de eficiência energética no Brasil, modelos numéricos e
 4298 procedimentos experimentais têm sido utilizados para avaliar o desempenho energético
 4299 de componentes e sistemas construtivos. Já a simulação computacional com programas
 4300 avançados tem sido utilizada para avaliar e otimizar o desempenho energético de projeto
 4301 de edificação. Nos trabalhos listados anteriormente, há um consenso de que essas são as

4302 melhores abordagens para a redução do consumo de energia nos edifícios, frente à
 4303 complexidade da questão e ao número de variáveis envolvidas. Além disso, esses
 4304 autores afirmam que o estabelecimento de estratégias de desempenho prescritivas por
 4305 tipo de clima é limitador e nem sempre conduz ao menor consumo.

4306 Contudo, os procedimentos de medição e simulação são aplicados, normalmente, apenas
 4307 em centros de ensino e pesquisa, não estando presentes na prática projetual dos
 4308 escritórios de arquitetura. Além disso, há grandes lacunas de conhecimento no Brasil,
 4309 no que se refere a dados fundamentais à elaboração de estudos do comportamento
 4310 termo-energético de edificações. Ainda são poucos os materiais e sistemas construtivos
 4311 utilizados na construção civil brasileira que têm suas propriedades higrotérmicas
 4312 medidas e disponibilizadas. Apesar de haver progressos na obtenção de dados
 4313 climatológicos digitais e dos limites de conforto térmico, ainda são escassos em relação
 4314 à extensão do território nacional e sua diversidade climática.

4315 **3.4.4.2. Sistemas naturais e artificiais de iluminação**

4316 Com relação ao uso da iluminação natural e seu potencial de redução do consumo de
 4317 energia, Ferreira e Souza (2009) realizaram um levantamento das publicações nacionais
 4318 e internacionais sobre esse tema. As autoras concluíram que o fator determinante no
 4319 potencial de economia é o sistema de controle, sendo que a dimerização conjugada com
 4320 sensores de presença apresentou maior economia. Em contrapartida, a dimerização com
 4321 controle individual associado ao sensor de presença apresentou o pior desempenho.

4322 Na área de iluminação, os *softwares* APOLUX (Bogo et al., 2009, Pereira et al., 2008;
 4323 LEDER et al., 2008) e Radiance (Moura et al., 2009) são utilizados para estimar o
 4324 potencial de aproveitamento da luz natural frente a diferentes contextos. Já para a
 4325 avaliação integrada do desempenho luminoso e energético são utilizados os programas
 4326 Daysim e EnergyPlus integrados (Didoné e Pereira, 2010; Carlo e Lamberts, 2010) e o
 4327 VisualDOE (Ghisi et al., 2005).

4328 **3.4.4.3. Desempenho energético das envoltórias e sistemas construtivos**

4329 No tema do desempenho térmico de componentes construtivos, Castro e outros (2003)
 4330 utilizam análise espectrofotométrica para determinar a refletância solar de diferentes
 4331 tipos de tintas. Medições em campo também têm sido utilizadas para definir parâmetros
 4332 de avaliação de desempenho térmico e energético de habitações, juntamente com
 4333 modelagem numérica, para resolver o problema da transferência de calor na avaliação
 4334 de desempenho de envoltórias (por Grigoletti e Sattler, 2010 e por Specht et al., 2010).
 4335 Modelos numéricos foram também empregados por Granja e Labaki (2004) para avaliar
 4336 o desempenho de envoltórias em regime permanente.

4337 Procedimentos experimentais têm sido utilizados para determinação do desempenho
 4338 térmico de componentes ou partes da edificação – geralmente relacionados com a
 4339 envoltória – e para determinação de zona de conforto térmico local. Essa última
 4340 abordagem foi realizada para três cidades brasileiras: Natal (Araújo, 1996),
 4341 Florianópolis (Xavier, 1999) e Belo Horizonte (Gonçalves, 2000). Além dessas faixas,
 4342 Candido e outros (2010) realizaram experimentos de campo em Maceió para discutir a
 4343 adequação dos limites de velocidade do ar para conforto definidos pelas normas
 4344 ASHRAE 55 (2004) e ISO 7730 (2005) ao caso brasileiro.

4345 **3.4.4.4. Sistemas de ventilação e de ar condicionado**

4346 Considerando a ventilação natural, os programas de dinâmica de fluidos têm sido
 4347 utilizados para avaliar o potencial do uso de estratégias de ventilação em climas quentes
 4348 e úmidos. Exemplos de *softwares* adotados no Brasil são o PHOENICS (Lobo;
 4349 Bittencourt, 2003, Bittencourt et al., 2007; Trindade et al., 2010) e o CFX 5.7
 4350 (Marcondes et al., 2010).

4351 No Brasil, o condicionamento artificial de ar representa, em média, 20% do consumo
 4352 total de eletricidade e a iluminação, 14% nas edificações de uso residencial (PROCEL,
 4353 2007). Nas edificações comerciais, esses valores elevam-se para 40% e 20%,
 4354 respectivamente (PROCEL, 2008). Com o crescimento do uso de ar condicionado, e
 4355 como alguns fluidos têm potencial de efeito estufa 1500 vezes superior ao do CO₂, o
 4356 vazamento de fluidos pode representar uma parcela progressivamente importante das
 4357 emissões. Políticas que estabeleçam não apenas critérios de eficiência energética
 4358 mínima, mas também seu potencial de contribuição para as mudanças climáticas
 4359 necessitarão ser desenvolvidas.

4360 **3.4.4.5. Economia de energia por retrofits de edificações**

4361 No Brasil, o termo retrofit é utilizado para designar o conjunto de intervenções
 4362 realizadas com o objetivo de recuperação de um bem e para melhorar seu desempenho,
 4363 por meio da incorporação de tecnologias mais atuais. O retrofit energético de
 4364 edificações é feito por meio da modernização de sistemas de condicionamento de ar,
 4365 iluminação e, por vezes, utilizando-se automação predial. De modo geral, os autores
 4366 demonstram que há grande potencial de redução do consumo por meio de retrofiting.
 4367 Lamberts et al (1998) alcançaram uma redução de 28% no consumo de energia com
 4368 alterações no sistema de iluminação e troca dos resfriadores de líquido do sistema de ar-
 4369 condicionado, no edifício sede da Eletrosul, em Florianópolis, SC. Apesar do alto
 4370 investimento inicial, os autores comprovaram que o tempo de retorno do investimento
 4371 seria de cerca de 2,5 anos.

4372 Leme Filho e Bacellar (2009) propuseram a adoção de um novo sistema de climatização
 4373 em um edifício comercial em São Paulo. Apesar das intervenções atingirem um alto
 4374 orçamento (cerca de 1,5 milhões de reais), o projeto foi considerado viável
 4375 economicamente, pois obteve uma economia de energia da ordem de 432,5 MWh/ano e
 4376 405,9 kW de redução da ponta do sistema. Tal resultado permitiu a realização do projeto
 4377 através do Programa de Eficiência Energética da AES Eletropaulo. Pereira et al (2011)
 4378 mostraram que é possível alcançar uma redução de 59% no consumo anual da Sede do
 4379 IBOPE, São Paulo, por meio da substituição do sistema de ar condicionado e
 4380 iluminação integrados a estratégias passivas, como uso de iluminação natural, e
 4381 automação predial. Os benefícios foram comprovados por meio de simulação
 4382 computacional, representando uma economia anual de 231 MWh no consumo de
 4383 energia elétrica.

4384 Os retrofits também podem evitar o uso do sistema de climatização. Cóstola e
 4385 Marcondes (2008) mostram que intervenções que fazem uso de estratégias bioclimáticas
 4386 podem aumentar o número de horas de conforto térmico, evitando o uso do
 4387 condicionado de ar. As intervenções podem, ainda, ser realizadas apenas em um dos
 4388 sistemas prediais, obtendo reduções significativas no consumo energético, da ordem de
 4389 20% a 50%, dependendo das características da edificação e do sistema de iluminação

4390 artificial (Ghisi, Lamberts, 1998; Rodas et al., 1998; Westphal, et al., 1998; Westphal et
4391 al., 2002)

4392 **3.4.4.6. Captação ativa e transformação de energia solar em eletricidade**

4393 O Brasil possui grande disponibilidade de luz solar, o que lhe atribui grande potencial
4394 para o uso da energia solar fotovoltaica (FV). Contudo, essa tecnologia ainda é
4395 subutilizada no país devido a vários fatores, entre eles usualmente se destaca o custo
4396 desses sistemas. Por essa razão, atualmente, a principal aplicação dessa tecnologia
4397 ocorre em residências afastadas da rede elétrica, a eletrificação rural.

4398 Para o atendimento de moradores situados em locais remotos e isolados, a Resolução
4399 Normativa nº 83 da ANEEL, de 20 de setembro de 2004, define, as condições de
4400 fornecimento de energia elétrica a uma única unidade consumidora por meio de
4401 Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFI).
4402 Até o final de 2006, (BORGES et al., 2007), somente cerca de 6 mil novos
4403 consumidores foram atendidos por SIGFIs pelas concessionárias COELBA, CEMIG e
4404 AMPLA, através de sistemas fotovoltaicos domiciliares.

4405 De acordo com Borges et al. (2007), o custo de geração de energia com sistemas
4406 fotovoltaicos domiciliares (SFD) é bastante elevado. O investimento no sistema varia na
4407 faixa de 25 a 35 R\$/Wp e o custo unitário da energia disponibilizada gira em torno de 3
4408 a 6 R\$/kWh. Os autores concluem que, frente à obrigatoriedade do atendimento de
4409 energia elétrica a todos os domicílios brasileiros, os SFD domiciliares apresentam-se
4410 como uma tecnologia imprescindível. Apesar de consolidada, ainda há pouca
4411 experiência no uso dos SFD e sua regulamentação é incipiente no setor elétrico
4412 brasileiro.

4413 Estudos apontam, porém, a iminente viabilidade da inserção tecnologia fotovoltaica
4414 (FV) em edificações urbanas, integradas à rede elétrica. Isso ocorre porque em áreas
4415 adensadas metropolitanas há boa coincidência entre a demanda de energia e a geração
4416 FV. Rüther et al. (2007) avaliaram o potencial do uso de sistemas fotovoltaicos em
4417 edificações conectados à rede elétrica (BIPV, em inglês) em áreas urbanas ensolaradas,
4418 nas quais há grande demanda de ar condicionado. Eles demonstram que o uso de
4419 energia fotovoltaica pode reduzir significativamente os picos de demanda de verão em
4420 áreas urbanas, nas quais a maior carga está associada às edificações comerciais durante
4421 o dia. Jardim et al (2008) também estudaram as vantagens do uso dos sistemas FV e
4422 avaliaram a disponibilidade de área de coberturas no meio urbano para a instalação
4423 desses equipamentos. Concluíram que, mesmo utilizando o sistema FV menos eficiente,
4424 é possível obter uma razoável geração de energia em áreas urbanas adensadas e
4425 verticalizadas, aproveitando suas áreas de coberturas.

4426 Os sistemas FV são também viáveis de instalação nas superfícies verticais em áreas
4427 urbanas, ou seja, nas fachadas das edificações. Contrariando o senso comum de que essa
4428 tecnologia só é viável em fachadas localizadas em altas latitudes, Ordenes et al (2007)
4429 comprovaram que essa tecnologia pode gerar mais energia que a demanda durante 30%
4430 do ano, ao estudar o uso de placas FV aplicadas sobre fachadas verticais em edificações
4431 residenciais típicas voltadas para famílias da classe média brasileira.

4432 Apesar dessas vantagens, a legislação nacional atualmente em vigor, que rege a
4433 produção, transmissão e distribuição de energia elétrica, não prevê incentivos para os
4434 sistemas FV interligados à rede elétrica pública. Jardim et al (2008) investigaram

4435 cenários para um eventual Programa Solar Brasileiro. As simulações identificam, entre
 4436 diversos itens, o custo total do programa, o impacto tarifário que teria através da
 4437 diluição dos custos aos consumidores finais e o momento em que o preço da energia
 4438 fotovoltaica e da energia convencional seria o mesmo para o usuário final. As
 4439 simulações mostram que, entre 2012 e 2013, algumas regiões do Brasil já poderiam ter
 4440 os preços da energia fotovoltaica equivalentes aos da energia convencional. Tal cenário
 4441 seria atingido primeiramente nas regiões onde existe uma combinação de sol em
 4442 abundância e altos preços da energia convencional. Os autores concluem que a paridade
 4443 de rede acontecerá por si própria ao longo dos anos, independente de qualquer subsídio
 4444 ou programa de incentivo. Contudo, é primordial que país invista em maior escala na
 4445 tecnologia FV, antes que ela tenha seus preços equivalentes aos da geração
 4446 convencional para que o setor elétrico brasileiro esteja preparado para integrar a geração
 4447 FV, visando à redução de carga na ponta no atendimento das necessidades energéticas
 4448 da população.

4449 **3.4.4.7. Aquecimento de água doméstico**

4450 O uso de aquecedores solares de água em substituição ao chuveiro elétrico no setor
 4451 residencial tem importante papel na economia de energia, assim como na atenuação e
 4452 deslocamento da ponta de consumo que ocorre entre as 17h e 21h no país.

4453 Para quantificar a viabilidade e adequação do uso intensivo de aquecedores elétricos de
 4454 passagem, recomenda-se a utilização do conceito de efetividade pela Segunda Lei da
 4455 Termodinâmica ao invés da avaliação clássica de eficiência energética de um
 4456 equipamento pela Primeira Lei que relaciona apenas o ganho de energia útil à energia
 4457 consumida, na forma de trabalho ou calor, pelo equipamento. Entretanto, é a efetividade
 4458 pela Segunda Lei, m que permite avaliar a disponibilidade (energia) incorporada ao
 4459 fluido de trabalho a partir do energético utilizado, sendo expressa pela equação:

$$4460 \quad \varepsilon = \frac{\dot{m}[a_S - a_E]}{W} = \frac{\dot{m}[(h_S - h_E) - T_o(s_S - s_E)]}{W}$$

4461

Onde: m é a vazão do fluido de trabalho no equipamento;

a, h e s representam as propriedades termodinâmicas específicas:
 disponibilidade, entalpia e entropia, respectivamente;

W é a potência elétrica consumida;

T_o representa a temperatura absoluta de referência.

Os subscritos E e S correspondem aos pontos de entrada e saída do
 equipamento.

4462

4463 No caso do chuveiro elétrico, considera-se uma potência elétrica de 4,4 kW, presente
 4464 em 56,1% dos domicílios brasileiros (PROCEL, 2007), vazão de 0,05 kg/s que
 4465 corresponde a 3 litros por minuto, temperaturas da água à entrada e saída de 20° C e 40°
 4466 C e temperatura de referência de 293 K (20° C).

4467 Substituindo-se os valores das propriedades termodinâmicas na equação da efetividade,
4468 tem-se:

$$\varepsilon = \frac{0,05 \frac{kg}{s} \left[(167,6 - 84,03) \frac{kJ}{kg} - 293K (0,5724 - 0,2965) \frac{kJ}{kg \cdot K} \right]}{4,4kW}$$

$$= \frac{0,1366}{4,4} = 3,1\%$$

4469

4470 Pela Primeira Lei da Termodinâmica, a eficiência do chuveiro elétrico é de 95%,
4471 enquanto que a Segunda Lei prevê uma efetividade de apenas 3,1%, ou seja, 96,9% da
4472 energia elétrica consumida são degradados no equipamento. Este fato é explicado pelo
4473 uso de uma energia nobre e de alta qualidade apenas para aquecer a água de 20°C a
4474 40°C, o que agrega pouco valor energético ao fluido.

4475 Portanto, o uso intensivo do aquecimento solar no país, notadamente nas regiões Sul,
4476 Sudeste e Centro-oeste com elevada penetração de chuveiros elétricos, pode contribuir
4477 para melhorar o balanço de energia útil no país, com expressiva redução do consumo de
4478 energia elétrica e aumento da eficiência energética do setor. Consequentemente, essa
4479 substituição contribuirá para a redução de emissões de GEE inerentes ao processo de
4480 aquecimento de água para fins sanitários no setor residencial.

4481 Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Equipamentos Solares (ABRAVA,
4482 2011), no final de 2010, a área total de coletores solares instalada no país atingiu 6,238
4483 milhões de metros quadrados, sendo 72% desse total montados em domicílios
4484 unifamiliares (66%) e em edificações multifamiliares (6%). 95,3% das vendas se
4485 concentraram nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste. Com base no fator de conversão
4486 proposto pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2004), a área total de coletores
4487 solares instalada no país corresponde a uma capacidade instalada de 4.367 MWth.

4488 Para cálculo do potencial de economia de energia e redução das emissões de GEE
4489 decorrentes do uso do aquecimento solar, consideram-se os índices de conversão
4490 utilizados nas Premissas e Diretrizes Básicas do Plano Nacional de Eficiência
4491 Energética (MME, 2011). Assim, a área atual de coletores solares no setor residencial
4492 responde por uma economia anual de 1.140 GWh e cerca de 100.000 toneladas de CO₂.
4493 Para uma projeção de 12 milhões de m² em 2015, a economia de energia pode atingir
4494 2.740 GWh/ano com redução emissão de 243.000 tCO₂. Para o cumprimento de tal
4495 meta, as grandes barreiras identificadas no setor residencial são o alto custo do
4496 aquecedor solar, principalmente para a população de baixa renda e classe média e a falta
4497 de capacitação formal nos diferentes níveis de qualificação da energia solar térmica:
4498 usuários finais, instaladores, revendedores, projetistas, engenheiros e arquitetos. Cita-se,
4499 ainda, a compulsoriedade e aprimoramento continuado do Programa Brasileiro de
4500 Etiquetagem do INMETRO e Selo PROCEL, visando eliminar a participação no
4501 mercado brasileiro de produtos de qualidade questionável e de baixa durabilidade, que
4502 comprometem a confiança do consumidor final e, até mesmo, dos gestores públicos na
4503 tecnologia solar

4504 **3.4.4.8. Políticas públicas e/ou planos governamentais previstos para o setor**

4505 O Ministério do Meio Ambiente, por intermédio da Portaria MMA nº 238, de 21 de
4506 julho de 2009, criou, sob sua coordenação, um Grupo de Trabalho – GT Solar Térmica
4507 com o objetivo de apoiar a disseminação de Sistemas de Aquecimento Solar de Água -
4508 SAS bem como elaborar e acompanhar atividades específicas que visam à instalação
4509 destes sistemas no Programa Minha Casa Minha Vida.

4510 O Grupo de Trabalho é integrado por representantes do MMA, Ministério das Minas e
4511 Energia - MME, Eletrobras/PROCEL, Ministério das Cidades; Instituto Nacional de
4512 Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, Caixa Econômica
4513 Federal, e da academia. Como membros convidados participam a Associação Brasileira
4514 de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento - ABRAVA, Cooperação
4515 Alemã para o Desenvolvimento (Agência GIZ do Brasil) e a Organização Internacional
4516 do Trabalho - OIT. Nesse Grupo, encontra-se em fase final de elaboração o Plano
4517 Estratégico “Disseminação de SAS no Brasil” que busca atingir um melhor
4518 direcionamento de esforços e recursos, contribuindo para a manutenção da matriz
4519 energética brasileira de baixa emissão.

4520 O Plano Estratégico tem como visão a implantação de coletores solares nos diferentes
4521 setores de modo a se totalizar 15 milhões de metros quadrados instalados até 2015,
4522 através de cinco grandes linhas de atuação: Políticas Públicas, Capacitação, Inovação
4523 Tecnológica, Informação e Divulgação e Plataforma Solar, cujas ações estruturantes e
4524 consultivas garantiriam a implementação do Plano Estratégico e de seus resultados,
4525 além da elaboração de programas de revisão com ações corretivas, quando necessário.
4526 Em nível do Governo Federal, o momento atual pode ser considerado único no
4527 desenvolvimento da energia solar térmica no país: pela primeira vez identifica-se uma
4528 coordenação efetiva nas ações de governo e definições claras de funções e atribuições
4529 de cada órgão ou Ministério envolvido.

4530 Destaca-se o papel do Programa Minha Casa Minha Vida - PMCMV do Governo
4531 Federal que representou o grande agente para a esperada mudança de perfil do
4532 consumidor atendido pelo aquecimento solar no país em 2010. A partir da Portaria 9324
4533 de 24/02/2010 do Ministério das Cidades, o Governo incentivou o uso do aquecimento
4534 solar para famílias com renda mensal inferior a R\$1.365,00, nas regiões Sul, Sudeste e
4535 Centro-oeste, sendo contratadas mais de 40.000 novas casas populares com aquecedores
4536 solares em 120 empreendimentos. O SAS básico consiste de um coletor solar e um
4537 reservatório térmico de 200 litros, ambos etiquetados pelo INMETRO. Para o coletor
4538 foi exigida classificação A ou B e produção mínima de energia de 150 kWh por mês.
4539 Este programa é entendido como um grande projeto de demonstração, sem similar na
4540 América Latina, sendo contratados mais de 80.000 m² de coletores solares. Lições
4541 foram aprendidas e novas ações estão sendo incorporadas do Plano Estratégico como a
4542 proposta de criação de um programa de treinamento do usuário final, através de parceria
4543 entre a Caixa e a Secretaria de Ciência e Tecnologia para Inclusão Social - SECIS/MCT
4544 e a implementação de programas de medição e verificação – M&V, financiados pela
4545 Eletrobras a partir de 2011. Busca-se comprovar os resultados reais de economia de
4546 energia elétrica pelas famílias e correspondente deslocamento de pico de demanda, além
4547 do impacto do SAS no consumo de água, do comportamento da família frente ao SAS e
4548 do papel do gênero na apropriação dessa tecnologia para a população de baixa renda,
4549 entre outros.

4550 **3.4.4.9. Reciclagem de resíduos na construção civil**

4551 A reciclagem de Resíduos na Construção Civil (RCC) é uma prática relativamente nova
 4552 no país e que pode ser significativa quando se trata de sustentabilidade. Isso acontece
 4553 devido à diminuição do impacto ambiental gerado pela indústria da construção e pela
 4554 redução de custos no setor. Esse processo diminui a extração de matéria prima não
 4555 renovável na natureza, visto que a construção civil chega a consumir até 75% dos
 4556 recursos naturais (Levy, 1997; Pinto, 1999; John, 2000). Ao mesmo tempo, busca
 4557 solucionar o problema de descarte dos resíduos gerados numa construção, uma vez que
 4558 não existem áreas centrais urbanas disponíveis para tal devido à valorização dessas
 4559 regiões, além de representar risco à saúde (presença de materiais pesados, como o
 4560 chumbo, por exemplo, nos resíduos) caso não haja um sistema eficiente de saneamento.

4561 Projetos de reciclagem de entulho de obras de construção são atualmente desenvolvidos
 4562 por alguns municípios brasileiros, como São Paulo, Belo Horizonte, Londrina, Ribeirão
 4563 Preto e São José dos Campos. Entretanto, a prática da reciclagem no setor da construção
 4564 civil é ainda muito pequena, em geral associada a programas sociais (Carneiro, 2005;
 4565 PMRP, 2010) e sem grande visibilidade por parte das empresas, que temem a
 4566 desvalorização de seus produtos caso se veicule que são oriundos de material reciclado.
 4567 O potencial econômico e de redução de GEE pode ser significativo, a exemplo da
 4568 indústria cimenteira, cuja reciclagem de resíduos reduziu a produção de CO₂ em 29%,
 4569 economizando 28% em combustível e ainda valendo-se da “publicidade verde” (Ângulo
 4570 et al., 2001).

4571 No Brasil, o entulho da construção civil é constituído de restos de praticamente todos os
 4572 materiais de construção (argamassa, areia, cerâmicas, concretos, madeira, metais,
 4573 papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas, etc.) e sua composição química está vinculada à
 4574 composição de cada um de seus constituintes. No entanto, a maior fração de sua massa é
 4575 formada por material não mineral (madeira, papel, plásticos, metais e matéria orgânica).
 4576 A composição da fração mineral do entulho é, por sua vez, extremamente variável
 4577 quando se comparam diferentes áreas urbanas. Observa-se, também, que a construção
 4578 civil no país possui uma grande taxa de desperdício, pois muitos produtos
 4579 encaminhados para os aterros são jazidas de matéria prima não aproveitada. Em Belo
 4580 Horizonte, por exemplo, a participação dos resíduos de construção civil no total dos
 4581 resíduos sólidos urbanos chega a 50% (Damasceno et al., 1999).

4582 O material reciclado pode substituir a brita e a areia em elementos da construção civil
 4583 que não tenham função estrutural, sendo geralmente usado pelas prefeituras municipais
 4584 como agregado para ser aplicado em serviços como pavimentação, argamassas de
 4585 assentamento e revestimento, concretos, fabricação de pré-moldados (blocos, briquetes,
 4586 meio-fio e outros), serviços de drenagem, etc. (Couto Neto, 2007). A reciclagem pode
 4587 ser mais barata do que a disposição dos rejeitos, pois se estima que o custo da
 4588 disposição clandestina para a administração municipal gire em torno de US\$10/m³,
 4589 considerando a correção da disposição e o controle sanitário. Além disso, a produção de
 4590 agregados com base no entulho pode gerar economias de mais de 80% em relação aos
 4591 preços dos agregados convencionais. A partir deste material é possível fabricar
 4592 componentes com uma economia de até 70% em relação a similares com matéria-prima
 4593 não reciclada (Damasceno et al., 1999).

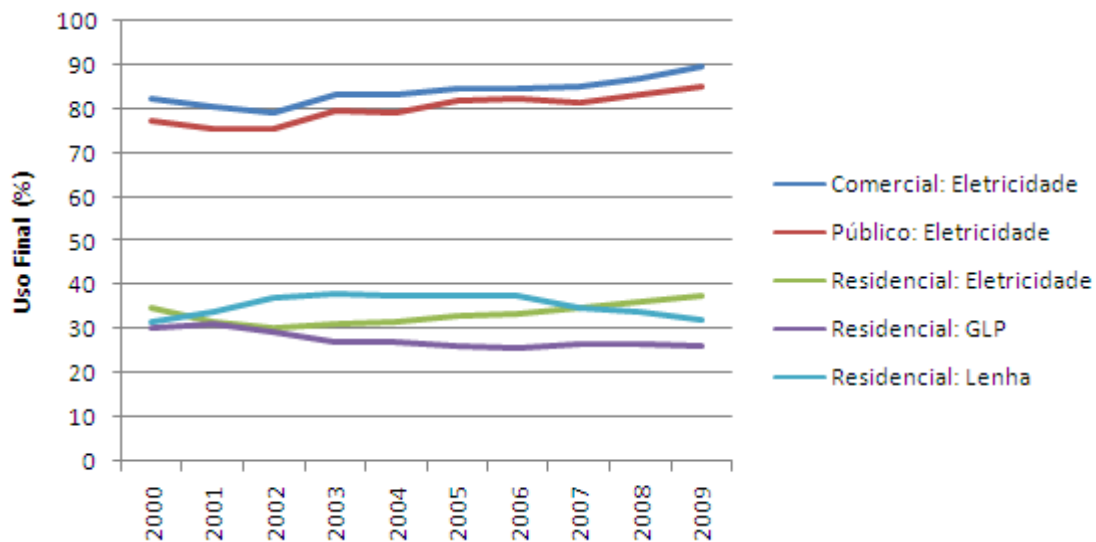
4594 Outro aspecto de interesse é o papel que a construção civil pode ter como reciclador de
 4595 resíduos provenientes de outras indústrias, a exemplo da escória granulada de alto forno

4596 e cinzas, que são atualmente matéria prima comum nas construções (Ângulo et al.,
4597 2001).

4598

4599 3.4.5 Políticas públicas para promover a mitigação de GEE em edificações

4600 A primeira legislação para edificações com impacto significativo para a redução de
4601 emissão de gases focalizou no problema do consumo da energia. A Política Nacional de
4602 Conservação e Uso Racional de Energia foi lançada pela Lei nº 10.295 (BRASIL,
4603 2001a) no ano de 2001, assim como o Decreto nº 4.059 (BRASIL, 2001b), que
4604 estabeleceu a necessidade de criação de “níveis máximos de consumo de energia, ou
4605 mínimos de eficiência energética” para edificações. Esse foco na energia foi motivado
4606 pelo racionamento de 2001, mas também pelo crescente aumento do consumo de
4607 eletricidade pelas edificações brasileiras. A Figura 3.4.13 mostra a evolução dos usos
4608 finais mais significativos nos 3 setores do parque edificado - comercial, público e
4609 residencial - na última década. O uso da eletricidade é crescente e predomina nos
4610 setores comercial e público. No setor residencial, o uso da lenha está em visível redução
4611 desde 2006 e o uso do gás liquefeito de petróleo, que apresentou uma queda no início da
4612 década, mantém-se estável desde 2007. Isto permitiu que o crescente uso da eletricidade
4613 também predominasse no setor residencial a partir do ano de 2008 (EPE, 2010).



4614 **Figura 3. 4.13. Usos finais percentuais mais significativos por setor**

4615 Fonte de dados: Balanço Energético Nacional (EPE, 2010)

4616

4617

4618 Tal cenário reforça e justifica as exigências da Lei nº. 10.295 (Brasil, 2001a) cujos
4619 “indicadores técnicos e regulamentação específica” para níveis de eficiência energética
4620 no país foram alavancados pelo Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas
4621 Edificações no País – GT-Edificações, do Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de
4622 Eficiência Energética – CGIEE (Brasil, 2001b). A Lei nº. 10.295 foi um incentivo para
4623 a criação do PROCEL/EDIFICA, no ano de 2003, cujo Plano de Ação para Eficiência
4624 Energética em Edificações (PROCEL, 2003) visou construir as bases necessárias para
4625 racionalizar o consumo de energia nas edificações no Brasil. Atualmente, a Secretaria
4626 Técnica de Edificações, criada pelo GT-Edificações no final de 2005 com o apoio do
4627 PROCEL-Edifica, discute continuamente os parâmetros referentes aos indicadores de
4628 eficiência energética para edificações após ter participado do processo de inclusão das

4629 edificações no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do Instituto Nacional de
4630 Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

4631 Os edifícios comerciais, de serviços e públicos foram incluídos no PBE em 2009, por
4632 meio dos atuais Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética
4633 de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) (INMETRO, 2010a) e seus
4634 Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC) (INMETRO, 2010b). Em 2010 e
4635 2011 o mesmo ocorreu com as edificações residenciais por meio dos Requisitos
4636 Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações
4637 Residenciais (RTQ-R) (INMETRO, 2010c) e seus Requisitos de Avaliação da
4638 Conformidade (RAC) (INMETRO, 2011). A adesão é ainda voluntária e a obtenção da
4639 Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), fornecida pelo INMETRO,
4640 deverá ser consolidada após o setor construtivo suprir as novas demandas técnicas e de
4641 mercado. Tais demandas foram previstas durante o desenvolvimento da etiquetagem e
4642 impediram que esta fosse mais restritiva, como sugerido por Batista et al (2011) em uma
4643 análise restrita aos parâmetros técnicos. O estágio atual de implementação do programa
4644 exige a capacitação de profissionais tanto de projeto quanto de gestão e obra, assim
4645 como da padronização de especificações técnicas de produtos e materiais construtivos
4646 por fabricantes e fornecedores e até a familiarização do consumidor com os parâmetros
4647 da ENCE (CARLO; LAMBERTS, 2010a). As barreiras de mercado a superar podem
4648 determinar o sucesso da política pública e os parâmetros técnicos não devem ser
4649 avaliados isoladamente do potencial da indústria da construção em atender às exigências
4650 (Batista et al., 2011).

4651 Se a etiquetagem, que é voluntária, trouxe um impacto a ser absorvido pelo mercado
4652 construtivo, a obrigatoriedade de normas como a NBR 15.575 (ABNT, 2008) exige uma
4653 maior adaptação dos métodos tradicionais de construção a fim de atender aos novos
4654 requisitos de desempenho. Embora os requisitos de desempenho térmico da NBR
4655 15.220 (ABNT, 2005) tenham antecedido a NBR 15.575 (ABNT, 2008), os impactos da
4656 primeira não foram tão significativos no mercado quanto foram os da segunda, que
4657 abrange um grande número de sistemas com atendimento obrigatório desde 2010. Esta
4658 indica requisitos de segurança, durabilidade, saúde e conforto do usuário. Os itens de
4659 desempenho térmico, de adequação ambiental e de saúde, higiene e qualidade do ar são
4660 conteúdos diretamente relacionados à emissão de gases de efeito estufa e são alguns dos
4661 requisitos a que o mercado construtivo requer tempo para adaptação.

4662 Ainda sobre a habitação, a Caixa Econômica Federal lançou no ano de 2010 a primeira
4663 certificação em sustentabilidade de origem brasileira que considera as variáveis sócio-
4664 ambientais específicas do país. O Selo Casa Azul é uma certificação voluntária que
4665 contém 19 critérios obrigatórios para obtenção do Selo Bronze e outros 34 critérios
4666 opcionais para compor as exigências para o Selo Prata e Selo Ouro. Os critérios
4667 obrigatórios de paisagismo e de orientação ao sol e ventos, bem como de concreto com
4668 dosagem otimizada, indicam a intenção de redução da emissão de gases como um de
4669 seus benefícios sócio-ambientais (John; Prado, 2010). Acredita-se que a adesão a esta
4670 certificação, mesmo voluntária, seja relevante no setor habitacional devido ao papel que
4671 a Caixa apresenta no financiamento de tais edificações. Consequentemente, será
4672 significativo o impacto no mercado da construção civil.

4673 Outras ações públicas são diretamente relacionadas à ação governamental como
4674 exemplo de boas práticas. A Instrução Normativa nº 1 (Brasil, 2010c), por exemplo,
4675 dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na contratação de serviços ou

4676 obras pela Administração Pública Federal. O artigo 4º indica as tecnologias a serem
4677 adotadas nos edifícios, tais como energia solar, e o uso de materiais locais e de origem
4678 comprovada. Está também previsto um grande impacto nas licitações públicas para
4679 comprovação do atendimento às exigências.

4680 Se, em 2007, o Plano Nacional de Energia avaliou que o potencial técnico de
4681 conservação de energia era de 58% nos setores comercial e público e de 32% no setor
4682 residencial, e que o mercado reduzia estes potenciais para 16% e 6% respectivamente
4683 (EPE, 2007), espera-se que as políticas citadas possam alterar este cenário. Como os
4684 programas citados passaram a apresentar impactos no mercado construtivo a partir de
4685 2009, acredita-se que o potencial de mercado estimado pelo plano de 2007 poderá ser
4686 elevado com o incentivo destes mecanismos normativos ou de certificação. As ações
4687 governamentais seguintes devem voltar-se, portanto, à adesão efetiva da sociedade às
4688 políticas voluntárias ou obrigatórias implementadas no final da última década.

4689 **3.4.8. Limitações e lacunas do conhecimento**

4690 Apesar da relevância dessa questão, o desenvolvimento e a implementação de medidas
4691 para melhoria do desempenho energético de edificações é ainda incipiente no país,
4692 quando se compara o estado atual dessa discussão em outros países, como Estados
4693 Unidos, países europeus, Austrália, etc. Roriz e Ghisi (2005a, 2005b) realizaram um
4694 levantamento das publicações e das pesquisas elaboradas no país até 2005, concluindo
4695 que a maior parte das pesquisas/publicações nacionais trata do diagnóstico de
4696 desempenho de materiais, de sistemas ou de edificações. Há pouca continuidade nos
4697 trabalhos, o que limita a capacidade dessas pesquisas em definir requisitos adequados
4698 com relação ao envelope da edificação, áreas de janela, tipos de componentes, padrão de
4699 uso de equipamentos e de ocupação para se garantir edificações energeticamente mais
4700 eficientes.

4701 Os autores geralmente apontam como principais lacunas de conhecimento: a)
4702 metodologia única de avaliação do desempenho térmico dos sistemas construtivos; b)
4703 definição de limites de zona de conforto térmico para diferentes regiões do país; c)
4704 trabalhos que correlacionem tipologia, localização geográfica, e outras variáveis com o
4705 consumo de energia; d) estudos de economia de energia e envoltórias; e) trabalhos que
4706 determinem parâmetros para a integração de iluminação natural e artificial e f) dados
4707 climáticos digitais disponíveis para um maior número de cidades brasileiras.

4708

4709 **Referências Bibliográficas**

4710 Amaral, P.; Veríssimo, A.; Barreto, P.; Vidal, E. 1998. **Floresta para Sempre: um manual**
4711 **para produção de madeira na Amazônia**. Belém, Imazon.

4712 American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE),
4713 2004. **Standard 55: thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta,.

4714 Ângulo, S. C.; Zordan, S. E.; John, V. M. 2001. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de
4715 resíduos na construção civil. In: IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na
4716 Construção Civil: Materiais Reciclados e suas Aplicações. **Anais...**, São Paulo, IBRACON, p.
4717 43–56. Disponível em: [http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/AnaisComiteCT206IV-](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/AnaisComiteCT206IV-semin%C3%A1rio.pdf)
4718 [semin%C3%A1rio.pdf](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/AnaisComiteCT206IV-semin%C3%A1rio.pdf). Acessado em mar. 2010.

- 4719 Araújo, V. M. D. 1996. **Parâmetros de Conforto Térmico para Usuários de Edificações**
 4720 **Escolares no Litoral Nordestino Brasileiro**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) –
 4721 Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, pp.179
- 4722 Associação Brasileira de Ar Condicionado, Refrigeração, Ventilação e Aquecimento
 4723 (ABRAVA). 2011. Produção de Aquecimento Solar cresceu 21,1% em 2010. **Briefing**
 4724 **Pesquisa...**
- 4725 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2005. **NBR 15.220: desempenho térmico**
 4726 **de edificações**. Rio de Janeiro.
- 4727 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2008. **NBR 15.575: edifícios**
 4728 **habitacionais de até cinco pavimentos**. Rio de Janeiro.
- 4729 Barros Filho, A. M. 2007. **Consumo desagregado de energia elétrica por uso final em**
 4730 **shopping centers na cidade de São Paulo – estudo de casos**. São Paulo, 2007, 90 fls.
 4731 Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- 4732 Barros, R. P.; Mendonça, R.; Tsukada, R. 2011. **Portas de saída, inclusão produtiva e**
 4733 **erradicação da extrema pobreza no Brasil**. Brasília, Secretaria de Assuntos Estratégicos
 4734 (SAE), ago. Disponível em: [http://www.sae.gov.br/site/wp-content/uploads/Portas-de-](http://www.sae.gov.br/site/wp-content/uploads/Portas-de-erradica%C3%A7%C3%A3o-da-extrema-pobreza.pdf)
 4735 [erradica%C3%A7%C3%A3o-da-extrema-pobreza.pdf](http://www.sae.gov.br/site/wp-content/uploads/Portas-de-erradica%C3%A7%C3%A3o-da-extrema-pobreza.pdf). Acessado em: set. 2011.
- 4736 BATISTA, N. N., LA ROVERE, E. L., AGUIAR, J. C. R. 2011. Energy efficiency labeling of
 4737 buildings: An assessment of the Brazilian case. **Energy and Buildings**, Oxford, v. 43, p. 1179-
 4738 1188
- 4739 BELO HORIZONTE. Câmara Municipal. Projeto de Lei nº1390 de 2007. Dispõe sobre a
 4740 instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar nas novas edificações que
 4741 menciona. Disponível em:
 4742 [http://cmbhweb.cmbh.mg.gov.br/images/stories/secpro/outubro07/Projeto%201390-07%20-](http://cmbhweb.cmbh.mg.gov.br/images/stories/secpro/outubro07/Projeto%201390-07%20-%20Resposta%20diligencia.PDF)
 4743 [%20Resposta%20diligencia.PDF](http://cmbhweb.cmbh.mg.gov.br/images/stories/secpro/outubro07/Projeto%201390-07%20-%20Resposta%20diligencia.PDF). Acessado em nov. 2012.
- 4744 Bernstein, L.; Roy, J.; Delhotal, K. C.; Harnisch, J.; Matsuhashi, R.; Price, L.; Tanaka, K.;
 4745 Worrell, E.; Yamba, F.; Fengqi, Z. Industry. **Climate Change 2007: Mitigation. Contribution**
 4746 **of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on**
 4747 **Climate Change** [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)],
 4748 Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 2007. 50
 4749 p. Available in: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter7.pdf)
[ar4/wg3/ar4-wg3-chapter7.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter7.pdf)
- 4750 Bittencourt, L.; Sacramento, A.; Cândido, C.; Leal, T. 2007. Estudo do desempenho do peitoril
 4751 ventilado para aumentar a ventilação natural em escolas de Maceió/AL. **Ambiente Construído**,
 4752 Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 59-69.. ISSN 1678-8621.
- 4753 Bogo, A. J.; Pereira, F. O. R.; Claro, A. 2009. Método para caracterização do comportamento
 4754 luminoso de aberturas com elementos de controle solar. **Ambiente Construído**, Porto Alegre,
 4755 v. 9, n. 3, p. 109-124.. ISSN 1678-8621.
- 4756 Borges, E.; Klaus, W.; Monteiro, C.; Schwab, T. 2007. Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares:
 4757 Teste Em Campo De Um Modelo Sustentável De Eletrificação Rural. In: II Congresso
 4758 Brasileiro de Eficiência Energética – II CBEE. **Anais...** Vitória, ABEE,. 7 p.
- 4759 Brasil. 2001a. **Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de**
 4760 **Conservação e Uso Racional de Energia**. Brasília, DF. Disponível em:
 4761 <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2003.
- 4762 Brasil. 2001b. **Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei no 10.295,**
 4763 **de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso**
 4764 **Racional de Energia, e dá outras providências**. Brasília, DF.. Disponível em:

- 4765 <<http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decretonº4.059-2001.html>>. Acesso
4766 em: 17 mar. 2003.
- 4767 Brasil. 2010c. **Instrução Normativa nº 1, de 19 de janeiro de 2010**. Brasília, DF, 2010e.
4768 Disponível em: <www.planejamento.gov.br>. Acesso em: 28 jun. 2010.
- 4769 Campo Grande. Câmara Municipal. **Projeto de Lei nº 6.260 de 2007**. Institui o programa de
4770 incentivos ao uso de energia solar nas edificações no município de Campo Grande. Disponível
4771 em http://www.cidadessolares.org.br/conteudo_view.php?sec_id=10. Acessado em nov. 2012.
- 4772 Candido, C.; Lamberts, R.; Bittencourt, L.; Dear, R. de. 2010. Aplicação dos limites da
4773 velocidade do ar para efeito de conforto térmico em climas quentes e úmidos. **Ambiente**
4774 **Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 59-68, out./dez. 2010. ISSN 1678-8621.
- 4775 Carlo, J. C.; Lamberts, R. 2010a. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de
4776 etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo. **Ambiente**
4777 **Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 7-26, abr./jun. 2010.
- 4778 Carlo, J. C.; Lamberts, R. 2010b. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de
4779 etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 2: método de simulação. **Ambiente**
4780 **Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 27-40, abr./jun. 2010.
- 4781 Carneiro, M. 2005. Brechó da construção civil: parceria entre sindicatos da construção,
4782 organizações não-governamentais e Universidade oferece material a baixo custo. **Jornal PUC**
4783 **Minas**, Belo Horizonte, ano XVIII, n. 267. Disponível em:
4784 <http://www.pucminas.br/jornal/index.php?&pai>
4785 [=27&pagina=926&menu=33&cabecalho=1&lateral=1](http://www.pucminas.br/jornal/index.php?&pai). Acessado em: mar. 2011.
- 4786 Castro, A. D. A. S.; Labaki, L. C.; Rosana, M. C.; Basso, A.; Fernandes, M. R. 2003. Medidas
4787 de refletância de cores de tintas através de análise espectral. **Ambiente Construído**, Porto
4788 Alegre, v. 3, n. 2, p. 69-76,. ISSN 1678-8621.
- 4789 Cederberg, C.; Persson, U. M.; Neovius, K.; Molander, S.; Clift, R. 2011. Including carbon
4790 emissions from deforestation in the carbon footprint of Brazilian beef, *Environ. Sci. Technol.*, n.
4791 45, , p. 1773-1779.
- 4792 Cóstola, D.; Marcondes, M. 2008. Avaliação de desempenho térmico para *retrofit* de um
4793 restaurante em São Paulo. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, XII.
4794 **Anais...**, Fortaleza, ANTAC,. 10 p. Disponível em: <http://www.infohab.org.br>. Acessado em
4795 mar. 2011.
- 4796 Couto Neto, A. G. 2007. **Construção Civil Sustentável: avaliação da aplicação do modelo de**
4797 **Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do SINDUSCON-MG em um canteiro de**
4798 **obras: um estudo de caso**. Belo Horizonte,, 103 f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-
4799 Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia,
4800 UFMG. Disponível em: <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/246M.PDF>. Acessado em: mar.
4801 2011.
- 4802 Curitiba. Câmara Municipal. 2006. **Projeto de Lei Ordinária nº 05.00236 de 2006**. Institui no
4803 âmbito do município de Curitiba o Programa de Incentivos ao Uso de Energia Solar nas
4804 Edificações Urbanas. Disponível em
4805 http://www.cidadessolares.org.br/conteudo_view.php?sec_id=10. Acessado em nov. 2012.
- 4806 Curitiba. Câmara Municipal. 2007. **Projeto de Lei Ordinária nº 05-00245 de 2007**. Institui a
4807 Política Municipal de combate ao Aquecimento Global e às Mudanças Climáticas, torna
4808 obrigatório o uso de sistemas e procedimentos que visam a eficiência energética dos imóveis,
4809 cria incentivos e dá outras providências. Disponível em
4810 http://www.cidadessolares.org.br/conteudo_view.php?sec_id=10. Acessado em nov. 2012.

- 4811 Damasceno, A. C.; Alves, C. T. D.; Bruno, D. C.; Sertã, F.; Mousinho, P.; Chevalier, V.
 4812 Gerenciamento de resíduos sólidos. 1999. **Recicloteca**, Rio de Janeiro, n. 9, abr.. Disponível
 4813 em: <<http://www.recicloteca.org.br/images/info/09.pdf>>. Acessado em: abr. 2011.
- 4814 Damineli, B. L.; Kemeid, F. M.; Aguiar, P. S.; John, V. M. 2010. Measuring the eco-efficiency
 4815 of cement use, **Cement and Concrete Composites**, n. 32, p. 555-562.
- 4816 Didoné, E. L.; Pereira, F. O. R. 2010. Simulação computacional integrada para a consideração
 4817 da luz natural na avaliação do desempenho energético de edificações. **Ambiente Construído**,
 4818 Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 139-154. ISSN 1678-8621
- 4819 ECOserve NETWORK. 2006. **Blended cements: the sustainable solution for the cement and**
 4820 **concrete industry in Europe..** 47 p. Available in: [http://www.eco-](http://www.eco-serve.net/uploads/0032_Cluster2_argumentation_paper_final.pdf)
 4821 [serve.net/uploads/0032_Cluster2_argumentation_paper_final.pdf](http://www.eco-serve.net/uploads/0032_Cluster2_argumentation_paper_final.pdf)
- 4822 Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasil. 2007. **Plano Nacional de Energia 2030**.
 4823 Brasília, MME/EPE, . Disponível em <<http://www.epe.gov.br>>. Acessado em ago 2011.
- 4824 Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasil. 2010. **Balanco Energético Nacional 2010: Ano**
 4825 **base 2009**. Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.epe.gov.br>>.
- 4826 Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasil. 2011a. **Balanco Energético Nacional 2011,**
 4827 **Ano base 2010: Resultados Preliminares**. Rio de Janeiro,. 49 p. Disponível em
 4828 <<http://www.epe.gov.br>>.
- 4829 Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasil. 2011b Residential Energy Consumption Survey
 4830 (RECS) [website]. Available in: <http://www.eia.gov/consumption/residential/index.cfm>. aug.
 4831 2011.
- 4832 Energy Information Administration (EIA), 2011. United States. **International Energy Outlook**
 4833 **2011**. Washington, 2011. Available in: <
 4834 <http://205.254.135.24/forecasts/ieo/pdf/0484%282011%29.pdf>>
- 4835 Ferreira, C. C., Souza, R. V. G. 2009. Investigação sobre o potencial de economia de energia da
 4836 iluminação natural. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no
 4837 Ambiente Construído, 2009, Natal. **Anais...**, Natal, ANTAC/UFRN..
- 4838 Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE). 2010. Emissões de
 4839 gases de efeito estufa no setor uso da terra, mudança do uso da terra e florestas. Brasília.
 4840 Disponível em [http://curitibanos.ufsc.br/files/2010/10/GESTAO-RELATORIO-C-USO-DA-](http://curitibanos.ufsc.br/files/2010/10/GESTAO-RELATORIO-C-USO-DA-TERRA-MCT.pdf)
 4841 [TERRA-MCT.pdf](http://curitibanos.ufsc.br/files/2010/10/GESTAO-RELATORIO-C-USO-DA-TERRA-MCT.pdf)
- 4842 Garcia, Fernando. 2010. Habitação e crescimento sustentado [Apresentação em PDF]. In: 9º
 4843 **Congresso Brasileiro de Construção: Construbusiness 2022 – planejar, construir, crescer,**
 4844 **2010**. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/construbusiness/apresentacoes.htm>. Acessado
 4845 em ago. 2011.
- 4846 Ghisi, E.; LambertS, R. 1998. Desenvolvimento de uma metodologia para *retrofit* em sistemas
 4847 de iluminação. In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, VII. **Anais...**,
 4848 Florianópolis, ANTAC. p. 401-409. Disponível em: <http://www.infohab.org.br>. Acessado em
 4849 mar. 2011.
- 4850 Ghisi, E.; Tinker, J. A.; Ibrahim, S. H. 2005. Área de janela e dimensões de ambientes para
 4851 iluminação natural e eficiência energética: literatura versus simulação computacional.
 4852 **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n.4, p. 81-93.. ISSN 1415-8876.
- 4853 Gonçalves, W. B. 2000. **Estudo de índices de conforto térmico avaliados com base em**
 4854 **população universitária na Região Metropolitana de Belo Horizonte**. . Dissertação
 4855 (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas
 4856 Gerais, Belo Horizonte..

- 4857 Granja, A. D.; Labaki, C. L. 2004. Paredes orientadas a leste e a oeste: uma abordagem crítica
4858 em relação ao conforto e à eficiência energética. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n.
4859 4, p. 65-75,. ISSN 1415-8876.
- 4860 Grigoletti, G. C.; Sattler, M. A. 2010. Método de avaliação global de desempenho higrotérmico
4861 de habitações de interesse social para Porto Alegre – RS – Brasil. **Ambiente Construído**, Porto
4862 Alegre, v. 10, n. 2, p. 101-114.. ISSN 1678-8621.
- 4863 Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO),
4864 Brasil. 2011.. **Portaria nº 122, de 15 de março de 2011. Requisitos de Avaliação da**
4865 **Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Brasília,
4866 2011. Disponível em: <www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 20 mar. 2011.
- 4867 Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), Brasil.
4868 2010a. **Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. Requisitos Técnicos da Qualidade para**
4869 **o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Brasília.
4870 Disponível em: <www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 3 out. 2010.
- 4871 Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), Brasil.
4872 2010b **Portaria nº 395, de 11 de outubro de 2010. Requisitos de Avaliação da**
4873 **Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e**
4874 **Públicos**. Brasília,. Disponível em: <www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 3out. 2010.
- 4875 Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), Brasil.
4876 2010c **Portaria nº 499, de 25 de novembro de 2010. Requisitos Técnicos da Qualidade para**
4877 **o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Brasília. Disponível em:
4878 <www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 20out. 2010.
- 4879 International Energy Association (IEA) and WORLD Business Council for Sustainable
4880 Development (WBCSD). 2010. **Cement Technology Roadmap: Carbon Emissions**
4881 **Reductions up to 2050**. OECD/IEA/WBCSD.
- 4882 International Energy Association's (IEA). 2004. **Solar Heating and Cooling Programme.**
4883 Recommendation: Converting solar thermal collector area into installed capacity (m² to kWth) . ,
4884 [S.l.]. Available in: <cvhttp://www.iea-shc.org/collaboration/Technical_Note-
4885 New_Solar_Thermal_Statistics_Conversion.pdf> Acesso em 06 maio 2011.
- 4886 International Organization for Standardization. 2005. **ISO 7730: moderate thermal**
4887 **environments: determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the**
4888 **conditions of Thermal Comfort**. Geneva..
- 4889 Jannuzzi, G. M. e Schipper, L. 1991. The structure of electricity in the Brazilian household
4890 sector, **Energy Policy**, November , p. 879-891.
- 4891 Jardim, C.S.; Rüther, R.; Salamoni, I. T.; Viana, T. S.; Rebechi, S. H.; Knob, P. J. 2008. The
4892 strategic siting and the roofing area requirements of building-integrated photovoltaic solar
4893 energy generators in urban areas in Brazil. **Energy and Buildings**, v. 40, n. 3, . p. 365-370.
4894 ISSN 0378-7788. Available in:
4895 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778807000977>
- 4896 John, V. M. 2000. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia**
4897 **de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo,. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica,
4898 Universidade de São Paulo. Disponível em:
4899 <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/livredoc%20AAnciavmjoh.pdf>. Acessado em: abr.
4900 2011.
- 4901 John, V. M., Prado, R. T. **Selo Casa Azul – Boas práticas para habitação mais sustentável**.
4902 São Paulo: Páginas & Letras Editora Gráfica, 2010. p. 204.

- 4903 Keller, M.; Asner, G.; Silva, N.; Palace, M. 2004. Sustainability of selective logging of upland
4904 forests in the Brazilian Amazon. *In: Working Forests in the Neotropics: Conservation Through*
4905 *Sustainable Management*. New York, Columbia., p. 41-63.
- 4906 Lagerblad, B.; Vogt, C. 2004. Ultrafine particles to save cement and improve concrete
4907 properties, **CBI Reporter**, p. 1-40.
- 4908 Lamberts, R.; Goulart, S.; Pedrini, A.; Silveira, V.; Catto, A.1997. Eficiência energética : estudo
4909 de retrofit para um edifício comercial em Florianópolis. *In: Encontro Nacional de Conforto no*
4910 *Ambiente Construído, IV. Anais...*, Salvador, ANTAC, . p. 424-428. Disponível em:
4911 <http://www.infohab.org.br>. Acessado em mar. 2011.
- 4912 Leder, S. M.; Pereira, F. O. R.; Claro, A. 2008. Janela de céu preferível: proposição de um
4913 parâmetro para controle da disponibilidade de luz natural no meio urbano. **Ambiente**
4914 **Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 89-104. ISSN 1678-8621.
- 4915 Leme Filho, R.; Bacellar, F. L. B. 2009. Implantação de Sistema de Ar Condicionado Central
4916 com Termo Acumulação na Fundação Padre Anchieta – TV Cultura. *In: III Congresso*
4917 *Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. Anais...* Belém, ABEEE,. 5p. ISSN: 2175-
4918 6775.
- 4919 Levine, M.; Ürge-Vorsatz, D.; Blok, K. et al., 2007. Residential and commercial buildings. *In:*
4920 **Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth**
4921 **Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Cambridge,
4922 Cambridge University Press, , p. 60.
- 4923 Levy, S.M. 1999. **Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização com agregados**
4924 **para argamassas e concretos..** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de
4925 São Paulo, São Paulo,. 147p
- 4926 Ludgero, J. G.; Assis, E. S. Avaliação preliminar do consumo desagregado da EAUFMG. *In:*
4927 *Congresso Brasileiro de Eficiência Energética, 1º, Belo Horizonte. Anais...*, Belo Horizonte:
4928 ABEE, 2005, p. 11-16.
- 4929 Marcondes, M. P.; Mueller, C. M.; Brandão, R. S. B.; Shimomura, A. R. P.; Brunelli, G.; Paes
4930 Leme, G. S. De B.; Gonçalves, J. C. S.; Duarte, D. H. S.; Frota, A. B. 2010. Conforto e
4931 desempenho térmico nas edificações do novo Centro de Pesquisas da Petrobras no Rio de
4932 Janeiro. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 7-29.. ISSN 1678-862.
- 4933 Mascaró, J. L.; Mascaró, L. E. R. (coord.). 1992. **Incidência das variáveis projetivas e de**
4934 **construção no consumo energético dos edifícios**. 2ª edição, Porto Alegre, Sagra-DC Luzzatto.
- 4935 Mendes, N.; Westphal, F. S.; Lamberts, R.; Cunha Neto, J. A. B. 2005. Uso de instrumentos
4936 computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil.
4937 **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 47-68ISSN 1415-8876.
- 4938 Ministério das Cidades (MC), Brasil. 2009. **Plano Nacional de Habitação**. Brasília. Disponível
4939 em
4940 [http://www.cidades.gov.br/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=1](http://www.cidades.gov.br/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=132&Itemid=159)
4941 [32&Itemid=159](http://www.cidades.gov.br/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=132&Itemid=159). Acesso em: 23 mai. 2011.
- 4942 Ministério de Minas e Energia (MME), Brasil. 2011. **Plano Nacional de Eficiência Energética**
4943 **- Premissas e Diretrizes Básicas**. Brasília..
- 4944 Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), Brasil. 2009. **Inventário brasileiro das emissões e**
4945 **remoções antrópicas de gases de efeito estufa**. Brasília.
- 4946 Ministério de Minas e Energia (MME), Brasil. 2011b. **Plano Nacional de Mineração 2030**
4947 **(PNM – 2030)**. Brasília.

- 4948 Morello, T. F.; Schmid, V.; Abramovay, R. 2011. Rompendo com o *trade-off* entre combate à
4949 pobreza e mitigação do efeito estufa: o caso do consumo domiciliar de energéticos no Brasil. In:
4950 MOTTA, R. S.; HARGRAVE, J.; LUEDEMANN, G.; GUTIERREZ, M. B. S. (eds.) **Mudança**
4951 **do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília, IPEA,. 440 p. ISBN
4952 978857811-108-3
- 4953 Moura, N. C. S.; Miana, A. C.; Gonçalves, J. S.; Duarte, D. S. 2009. Arquitetura e desempenho
4954 luminoso: CENPES II, o novo centro de pesquisas da Petrobras, no Rio de Janeiro, Brasil.
4955 **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 151-172. ISSN 1678-8621.
- 4956 Müller, N.; Harnisch, J.. A blueprint for a climate friendly cement industry. Switzerland, WWF
4957 International, 2008. Available in:
4958 http://awsassets.panda.org/downloads/english_report_lr_pdf.pdf.
- 4959 Ordenes, M.; Marinoski, D. L.; Braun, P.; Rütther, R. 2007. The impact of building-integrated
4960 photovoltaics on the energy demand of multi-family dwellings in Brazil. **Energy and**
4961 **Buildings**, v. 39, n. 6, June. p. 629-642. ISSN 0378-7788. Available in:
4962 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778806002386>.
- 4963 Pereira R. C.; Pereira F. O. R.; Claro, A. 2008. Caracterização da contribuição do entorno na
4964 avaliação da iluminação natural. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 103-115.
4965 ISSN 1678-8621.
- 4966 Pereira, A. C. R. 2002. **Amostra e Diagnóstico da Situação de Consumo Energético do**
4967 **Parque Edificado Residencial em Belo Horizonte**. Monografia (Iniciação Científica) – Escola
4968 de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 39 fls.
- 4969 Pereira, D.; Santos, D.; Vedoveto, M.; Guimarães, J.; Veríssimo, A. 2010. **Fatos florestais da**
4970 **Amazônia 2010**, Belém, Imazon..
- 4971 Pereira, I. M.; Ferreira, C. C., Maciel, M. A., Soares, C. P. S., Veloso, A. C. O., Leite, P. R.
4972 2011. Retrofit de Edifício de Serviços para Eficiência Energética In: IV Congresso Brasileiro de
4973 Eficiência Energética, Juiz de Fora. **Anais ... Juiz de Fora, UFJF**, 2011.
- 4974 Pinto, T. P. 1999. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção**
4975 **urbana**. São Paulo,. 189p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
4976 Disponível em: http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/tese_tarcisio.pdf. Acessado em: abr. 2011.
- 4977 Porto Alegre. Prefeitura Municipal. **Lei Complementar nº 560 de 3 de janeiro de 2007**.
4978 Institui o Programa de Incentivos ao Uso de Energia Solar nas Edificações e dá outras
4979 providências. Disponível em:
4980 [http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/proclima/file/legislacao/municipal](http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/proclima/file/legislacao/municipal/porto_alegre/lei/lei_complementar_n560_%203_janeiro_2007.pdf)
4981 [l/porto_alegre/lei/lei_complementar_n560_%203_janeiro_2007.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/proclima/file/legislacao/municipal/porto_alegre/lei/lei_complementar_n560_%203_janeiro_2007.pdf). Acessado em nov. 2012.
- 4982 Price, L.; Can, S. R.; Sinton, J., et al., 2006. **Sectoral trends in global energy use and**
4983 **greenhouse gas emissions**, Berkeley, LBNL,. 74 p. Available in:
4984 <http://ies.lbl.gov/iespubs/56144.pdf>.
- 4985 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), Brasil. 2003. **Plano de**
4986 **Ação para Eficiência Energética em Edificações**. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em:
4987 <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 28 mai. 2011.
- 4988 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), Brasil. 2008. **Pesquisa de**
4989 **Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005. Classe Comercial Alta Tensão.**
4990 **Relatório Brasil**. Rio de Janeiro, ELETROBRAS/PROCEL, ago.. Disponível em:
4991 <http://www.eletrabras.com/pci/main.asp>. Acesso 02 maio 2010.
- 4992 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), Brasil. 2007.. **Pesquisa de**
4993 **Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005, Classe Residencial**.

- 4994 **Relatório Brasil.** Rio de Janeiro, ELETROBRAS/PROCEL, jul. 2007. Disponível em:
4995 <http://www.eletrabras.com/pci/main.asp>. Acesso 02 maio 2010.
- 4996 RIBEIRÃO PRETO. Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto (PMRP). Coordenadoria de
4997 Comunicação Social de Ribeirão Preto. 2010. **Prefeitura e Associação de Caçambeiros selam**
4998 **acordo para destinação de entulho da construção civil.** 03 de Agosto. Disponível em:
4999 <http://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/ccs/snoticias/i33principal.php?id=15350>. Acessado em:
5000 mar. 2011.
- 5001 Rodas, P. A. G.; Ghisi, E.; Lamberts, R. 1998. Avaliação energética do edifício sede da Telesc:
5002 retrofit do sistema de iluminação e simulação. In: Encontro Nacional de Tecnologia no
5003 Ambiente Construído, VII. **Anais...**, Florianópolis, ANTAC,. p. 513-521. Disponível em:
5004 <http://www.infohab.org.br>. Acessado em mar. 2011.
- 5005 Romero, M. A; Philippi Jr., A. A conservação de energia como instrumento de política e gestão.
5006 In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27º, Porto Alegre. Anais...
5007 Porto Alegre: ABES, 2000, artigo IX-022, 6 p. (CD-ROM)
- 5008 Roriz, M.; Ghisi, E. 2005a. **AET 6: Levantamentos das Pesquisas Existentes: Eficiência**
5009 **Energética.** São Carlos / Florianópolis, UFSCar / UFSC, 2005a. 59 p.
- 5010 Roriz, M.; Ghisi, E. 2005b. **AET 6: Levantamentos das Publicações Existentes: Eficiência**
5011 **Energética.** São Carlos / Florianópolis, UFSCar / UFSC, 2005b. 375 p. In: X Encontro
5012 Nacional e VI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2009, Natal.
5013 X ENCAC e VI ELACAC - Encontro Nacional e Latino-Americano de Conforto no Ambiente
5014 Construído. São Paulo: ANTAC, 2009. 4 p.
- 5015 Rüter, R.; Knob, P. J.; Jardim, C.S.; Rebechi, S. H. 2007. Potential of building integrated
5016 photovoltaic solar energy generators in assisting daytime peaking feeders in urban areas in
5017 Brazil. **Energy Conversion and Management**, v.49, n. . p. 1074-1079. ISSN 0196-8904.
5018 Available in: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890407003354>
- 5019 Rüter, R.; Salamoni, I. T.; Montenegro, A.; Braun, P.; Devienne Filho, R. 2008. Programa de
5020 Telhados Solares Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica Pública no Brasil. In: Encontro
5021 Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, XII. **Anais...**, Fortaleza, ANTAC, . 10 p.
5022 ISSN: 9788589478274. Disponível em: <http://www.infohab.org.br>. Acessado em mar. 2011.
- 5023 São Paulo. Prefeitura Municipal. **Decreto nº 49.148, de 21 de janeiro de 2008.** Regulamenta
5024 Regulamenta a Lei n.º 14.459 e dispõe sobre a instalação de sistema de aquecimento de água
5025 por energia solar nas novas edificações do Município de São Paulo. Disponível em:
5026 <http://www.leispaulistanas.com.br/codigo-de-obras/decreto-no-49148-de-21-de-janeiro-de->
5027 2008. Acessado em nov. 2012.
- 5028 São Paulo. Prefeitura Municipal. **Lei nº 14.459 de 3 de julho de 2007.-** Dispõe sobre a
5029 instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar nas novas edificações do
5030 Município de São Paulo. São Paulo, Prefeitura Municipal São Paulo. Disponível em:
5031 [http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=](http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integra.asp?alt=04072007L%20144590000)
5032 04072007L%20144590000. Acessado em nov. 2012.
- 5033 SARTORI, I.; HESTNES, A. G. 2007. Energy use in the life cycle of conventional and low-
5034 energy buildings: A review article. **Energy and Buildings**, n. 39, p. 249–257. doi:
5035 10.1016/j.enbuild.2006.07.001.
- 5036 Sindicato Nacional Da da Indústria Do do Cimento (SNIC), Brasil. 2010.. **Relatório anual**
5037 **2009.** Rio de Janeiro, Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Disponível em:
5038 <http://www.snic.org.br/pdf/relat2008-9web.pdf> Acessado em mar. 2011.

- 5039 Sindicato Nacional da Indústria do Cimento SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO
5040 CIMENTO (SNIC), Brasil. 2009. **A indústria do cimento no cenário das mudanças**
5041 **climáticas**. Rio de Janeiro, SNI/ Press-Kit,. Disponível em: <http://www.snic.org.br>
- 5042 Souza, U. E. L.; Paliari, J. C.; Oliveira, C. T. A.; Agopyan, V. 1998. **Perdas de materiais nos**
5043 **canteiros de obras: a quebra do mito..** 11 p. Disponível em:
5044 <http://www.gerenciamento.ufba.br/Disciplinas/Produtividade/PerdasRevistaQualidade.pdf>
- 5045 Specht, L. P.; Borges, P. A. P.; Rupp, R. F.; Varnier, R. 2010. Análise de transferência de calor
5046 em paredes compostas por diferentes materiais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n.
5047 4, p. 7-18. ISSN 1678-8621.
- 5048 Trindade, S. C.; Pedrini, A.; Duarte, R. N. C. 2010. Métodos de aplicação da simulação
5049 computacional em edifícios naturalmente ventilados no clima quente e úmido. **Ambiente**
5050 **Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 37-58. ISSN 1678-8621.
- 5051 U.S. Census Bureau. 2009. **2009 Population Estimates** [website]. Available in:
5052 <http://factfinder.census.gov/servlet/SAFFPopulation>. aug 2011.
- 5053 United Nations Environment Programme, **B2007. ildings and Climate Change - status,**
5054 **challenges and opportunities**. Paris. ISBN: 978-92-807-2795-1. Available in:
5055 [http://www.unglobalcompact.org/](http://www.unglobalcompact.org/docs/issues_doc/Environment/climate/Buildings_and_climate_change.pdf)
5056 [docs/issues_doc/Environment/climate/Buildings_and_climate_change.pdf](http://www.unglobalcompact.org/docs/issues_doc/Environment/climate/Buildings_and_climate_change.pdf)
- 5057 Westphal, F. S.; Ghisi, E.; Lamberts, R. 1998. Simulação energética do edifício sede da FIESC:
5058 estudo de *retrofit* no sistema de iluminação In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente
5059 Construído, VII. **Anais...**, Florianópolis, ANTAC. p. 429-437. Disponível em:
5060 <http://www.infohab.org.br>. Acessado em mar. 2011.
- 5061 Westphal, F. S.; Marinoski, D. L.; Ghisi, E.; Lamberts, R. 2002. Proposta de *retrofit* para o
5062 sistema de iluminação artificial da UFSC. In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente
5063 Construído, IX. **Anais...**, Foz do Iguaçu, ANTAC, . p. 287-296. . Disponível em:
5064 <http://www.infohab.org.br>. Acessado em mar. 2011.
- 5065 World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). **GNR Project Reporting**
5066 **CO₂** [Website] Cement Sustainability Initiative (CSI), 2010. Avaliable in:
5067 <http://www.wbcscement.org/GNR-2009/index.html>
- 5068 Xavier, A. A. P. 1999. **Condições de Conforto Térmico para Estudantes de 2º Grau na**
5069 **Região de Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal
5070 de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <http://www.infohab.org.br>. Acessado em mar.
5071 2011.

5072

5073

5074 **3.5. INDÚSTRIA**

5075

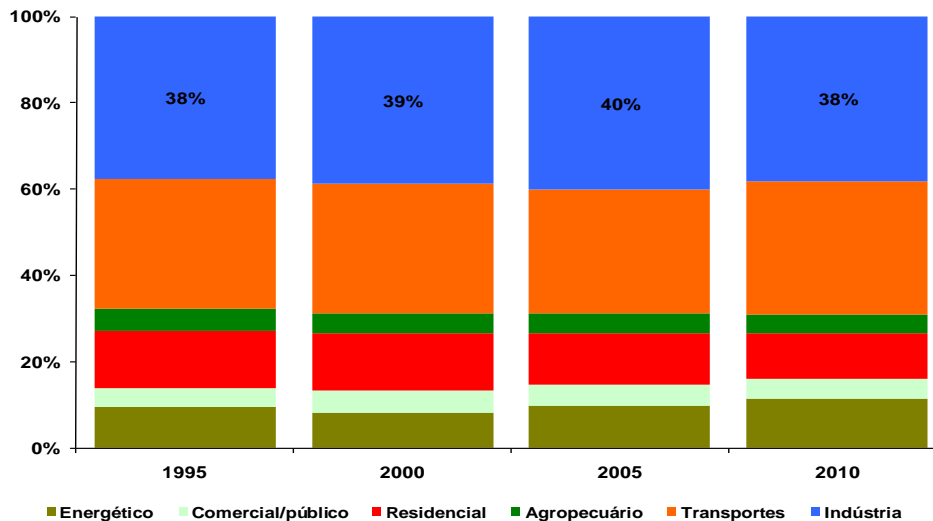
5076 **3.5.1. “Status” do setor**

5077 A relevância do setor industrial brasileiro nas emissões nacionais de gases de efeito
5078 estufa pode ser compreendida por seu porte tanto na economia quanto no sistema
5079 energético:

5080 • Na produção de bens duráveis e não duráveis e insumos para expansão de infra-
 5081 estrutura, a indústria brasileira contribui com aproximadamente 27% do PIB
 5082 nacional (IPEADATA, 2011);

5083 • É responsável em torno de 38% do consumo total de energia no Brasil (Figura
 5084 3.5.1), tendo consumido cerca de 86 milhões de toneladas equivalentes de
 5085 petróleo em 2010 (EPE, 2011). Deste total, aproximadamente 40% se deve aos
 5086 combustíveis fósseis, com destaque para o consumo de carvão mineral e seus
 5087 derivados (coque e gás de coqueria) e derivados de petróleo tais como o óleo
 5088 combustível e outras fontes secundárias de petróleo (gás de refinaria, coque de
 5089 petróleo, entre outros).

5090 Em termos de emissões totais de gases de efeito estufa (GEE) devido ao consumo de
 5091 energia, a indústria brasileira respondeu por aproximadamente 24% do total em 2005
 5092 (MCT, 2010). Se consideradas as emissões brasileiras totais (incluindo aquelas devidas
 5093 à mudança de uso da terra, tratamento de resíduos, entre outras), a participação do setor
 5094 industrial situa-se próxima aos 5% (Figura 3.5.2).



5095
 5096
 5097
 5098
 5099

Figura 3. 5.1- Evolução recente da participação da indústria brasileira ao consumo total de energia.³⁴

Fonte: Elaborado a partir de EPE (2011)

³⁴ A classificação setorial apresentada segue a adotada pelo Balanço Energético Nacional. Assim, o setor energético inclui atividades de E&P, refino de petróleo, processamento de gás natural, coqueiras/carvoarias, destilarias de etanol, entre outras.

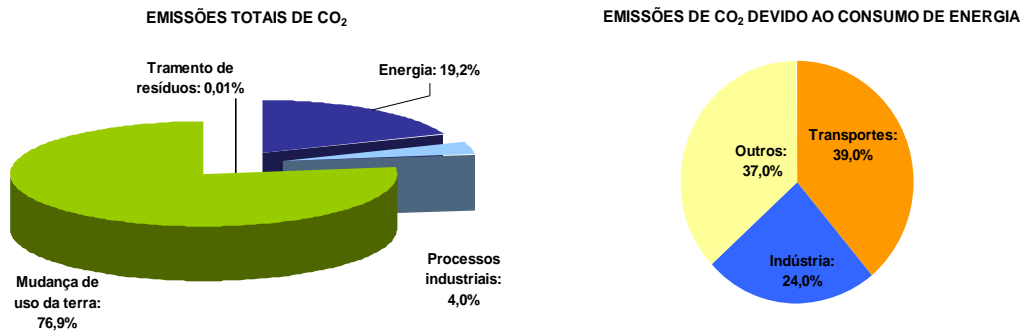


Figura 3.5.2 - Contribuição das fontes de emissão às emissões brasileiras de CO₂ e participação da indústria na parcela “energia”.

Nota: Consideram-se apenas as emissões de CO₂. Não inclui outros gases de efeito estufa.

Fonte: MCT (2010)

5100
5101
5102
5103
5104
5105

3.5.2. Tendências de Emissões de GEE na Indústria Brasileira

Vários estudos reforçam a manutenção da atual representatividade do setor industrial brasileiro nas emissões devido ao consumo energético,³⁵ tanto no médio quanto longo prazos:

- De acordo com o Plano Nacional de Energia 2030 (EPE, 2007), estima-se que o setor industrial brasileiro responda pela emissão de 290 milhões de tCO₂ em 2030, ou cerca de 30 % do total estimado neste ano;
- Também para 2030, De Gouvello (2010) indica emissões de 292 milhões de tCO₂, adotando-se premissas de crescimento compatíveis com o PNE 2030;
- Henriques Jr. (2010) estima que as emissões totais de CO₂ devido ao consumo de energia no setor industrial brasileiro sejam de aproximadamente 329 milhões de tCO₂ em 2030, em um cenário de crescimento de 3,7% a.a. para o setor industrial brasileiro, e 4,1% a.a. para o PIB;
- No horizonte decenal, com crescimento econômico em torno de 4,7% .a.a. (2012-2021), a estimativa é que o setor industrial contribua com a emissão de 160 milhões de tCO_{2-eq} em 2020 (EPE, 2012).

É importante destacar que, em 2009, através da lei n^o 12.187/2.009, o Governo Federal estabeleceu metas voluntárias para as emissões brasileiras de GEE, correspondentes ao abatimento entre 36,1-38,9 % de suas emissões no ano de 2020, em relação a um cenário de referência. Posteriormente, o decreto n^o 7.390/2.010 apresenta, em seu anexo, a meta de abatimento de 234 milhões de tCO_{2-eq} em 2020 devido ao consumo de energia, incluindo todos os setores da economia (Tabela 3.5.1). Este mesmo decreto, estabelece o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) como plano setorial de mitigação de emissões de GEE para o setor de energia,³⁶ além de estabelecer a necessidade de elaboração de um plano setorial de mitigação específico para o setor siderúrgico.

³⁵ Correspondente a aproximadamente 1/4 do total, de acordo com a 2^a comunicação nacional (MCT, 2010).

³⁶ Art. 3^o, inc. III.

5132 **Tabela 3.5.1- Cenário de emissões de GEE devido ao consumo de energia em 2020**

	MtCO _{2-eq}	%
Cenário PDE (cenário com abatimento considerado)	634	73%
Mitigação das emissões (com ações de mitigação consideradas no PDE)	234	27%
Cenário de referência - 2020	868	100%

5133 Nota: Emissões do setor industrial em 2005 devido ao consumo de energia: 314 MtCO₂.

5134 Fonte: Decreto nº 7.390/2.010

5135

5136 Finalmente, cabe destacar este decreto também estabelece o nível de emissões de
5137 processos industriais e tratamento de resíduos de forma agregada, equivalendo a 234 mil
5138 CO_{2-eq} em 2020, considerando-se a taxa de 5% a.a. como crescimento médio do PIB no
5139 período 2006-2010.

5140 A indústria, por sua vez, apresenta heterogeneidade em termos de processo, forma de
5141 uso de energia, entre outros aspectos, o que exige a identificação de tecnologias
5142 transversais – ou seja, aplicáveis a mais de um segmento da indústria – e,
5143 simultaneamente, permita tratar a especificidade de indústrias cuja contribuição seja
5144 bastante relevante no esforço de mitigação de emissões de GEE. Esta abordagem é
5145 apresentada no item seguinte.

5146

5147 **3.5.3.Opções de mitigação de emissões de GEE na indústria**

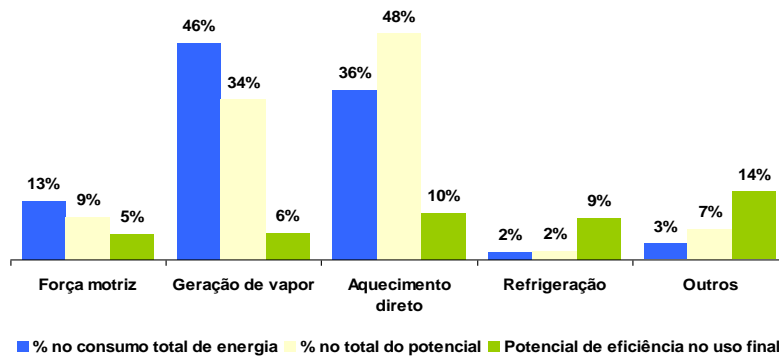
5148 As alternativas para mitigação de emissões de GEE na indústria incluem, além das
5149 chamadas tecnologias transversais e as específicas de cada indústria, também
5150 alternativas de cunho mais operacional, que incluem melhor gerenciamento do uso da
5151 energia na planta industrial e melhorias em procedimentos operacionais adotados.

5152 No setor industrial, diversas são as possibilidades de mitigação de GEE, de modo ser
5153 conveniente eleger-se um conjunto de medidas que sejam representativas quanto ao
5154 potencial total de redução de emissões de GEE. Nesse mapeamento, uma abordagem
5155 proposta utiliza a análise da distribuição estimada de usos finais energéticos na indústria
5156 brasileira), que nos indica onde se encontram os maiores potenciais de economia de
5157 energia, diretamente relacionadas à redução de emissões. O resultado dessa abordagem
5158 pode ser verificado na Figura 3.5.3.

5159 De acordo com esses dados (EPE, 2011; MME/FDTE; 2005), os usos térmicos
5160 (aquecimento direto e geração de vapor) responderam em 2010 pela maior parcela de
5161 consumo industrial de energia – aproximadamente 82%, sendo 46% devido à geração de
5162 vapor e 36% devido ao aquecimento direto - e também pelo maior potencial absoluto de
5163 conservação de energia: 83%. O uso de acionamentos motrizes, por sua vez, respondeu
5164 por cerca de 13% do consumo total da indústria brasileira em 2010, representando 9%
5165 do potencial total de economia de energia. Neste uso final, o consumo de eletricidade
5166 responde por quase 93% basicamente devido ao uso de motores elétricos.

5167 Ao analisar o perfil de consumo de combustíveis por uso final, por sua vez (Figura
5168 3.5.4), observa-se que os combustíveis fósseis predominam especialmente em fornos,
5169 principalmente devido a energéticos como o gás natural, óleo combustível, coque de
5170 petróleo e o carvão mineral e seus derivados. Na geração de vapor, o consumo de
5171 combustíveis fósseis - principalmente óleo combustível e gás natural - responde por
5172 35% do total. Neste uso específico, as principais fontes energéticas utilizadas incluem o

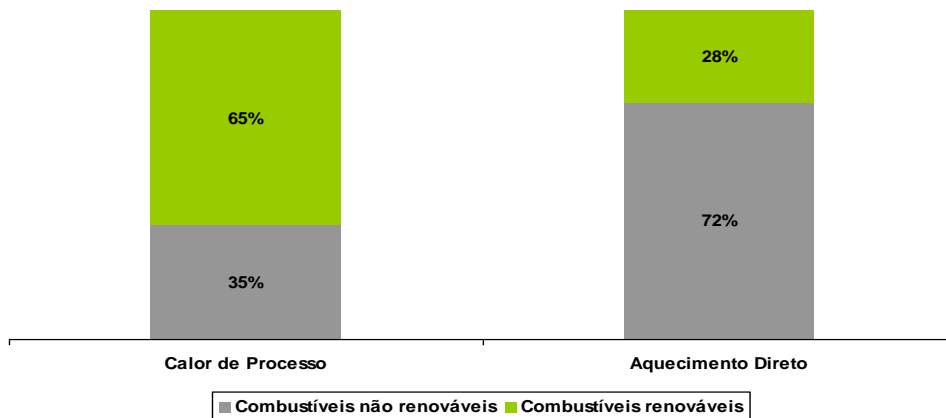
5173 bagaço de cana-de-açúcar e a lixívia, por conta da importância de indústrias de
5174 produção de etanol e açúcar, bem como a de celulose.



5175
5176
5177
5178
5179

Figura 3.5.3 - Participação dos usos na demanda de energia pela indústria brasileira.

Fonte: Elaborado a partir de EPE (2011) e MME/FDTE (2005)



5180
5181
5182
5183
5184
5185

Figura 3.5.4 - Perfil de consumo de combustíveis pela indústria brasileira em 2010 quanto ao grau de renovabilidade.

Obs.: considera grau de renovabilidade de 50% para o consumo de lenha no setor industrial.

Fonte: Elaborado a partir de EPE (2011) e MME/FDTE (2005)

5186 A partir destas estimativas, as alternativas selecionadas que resultam em maior
5187 eficiência e/ou redução de consumo de combustíveis fósseis por unidade de produto
5188 incluem:

- 5189 (i) Eficiência energética: priorizando medidas para ganhos no uso térmico da
5190 energia (melhorias no processo de combustão e recuperação de calor em
5191 processos) e efficientização de motores;
- 5192 (ii) Substituição inter-energéticos, considerando o emprego de combustíveis de
5193 menor fator de emissão de CO₂;
- 5194 (iii) Cogeração de energia;
- 5195 (iv) Uso de energia renovável, envolvendo a substituição por biomassa e seus
5196 derivados, bem como o uso de energia solar térmica;
- 5197 (v) Reciclagem de materiais.

5198 **3.5.3.1.Eficiência energética**

5199 Medidas de eficiência energética visam reduzir a quantidade de energia demandada para
5200 produzir o produto desejado na mesma quantidade e qualidade originais, eliminando,
5201 assim, perdas e desperdícios de energia. Em escala crescente de custo e complexidade,
5202 possíveis medidas incluem: ações no campo operacional, substituição por equipamentos
5203 mais eficientes e adoção de novos processos de produção. Estas opções são abordadas a
5204 seguir.

5205 **Melhoria no processo de combustão**

5206 Os processos de combustão ocorrem em praticamente todos os segmentos industriais
5207 que demandem calor para operação de seus processos produtivos. Na indústria, volumes
5208 excessivos de ar de combustão e/ou com produção de fuligem são fatores que
5209 contribuem para desperdício de energia (U.S. DOE, 2002).

5210 AS medidas aplicáveis neste tópico relacionam-se à gestão operacional adequada, tais
5211 como (Henriques Jr., 2010):

- 5212 • Ajustar os queimadores de óleo combustível e de gás natural para a faixa ideal
5213 dos níveis de excesso de ar de cada combustível;
- 5214 • No caso de combustível sólido, utilizá-los na forma de briquetes, cavacos, chips
5215 ou material pulverizado o que permite operar com menor volume de ar de
5216 combustão e maior eficiência energética. O emprego de leito fluidizado é uma
5217 boa opção tecnológica;
- 5218 • Realizar a manutenção adequada e periódica dos queimadores;
- 5219 • Em alguns processos de alta temperatura (metalurgia, vidro etc.) pode ser
5220 interessante em termos energéticos e econômicos operar processos de combustão
5221 com oxigênio ou mesmo com esse gás puro (ABM, 2008).

5222 No conjunto, estas medidas podem resultar em ganhos entre 2 e 12%, dependendo de
5223 cada caso (ENERGETICS, 1998, Reed, 1985; U.S. DOE, 2002).

5224 **Processos de recuperação de calor**

5225 Segundo Worrel et al. (2009), a recuperação de calor em processos industriais pode
5226 contribuir para gerar economias de combustíveis entre 5 e 40%, variando conforme a
5227 situação específica. As alternativas neste sentido, podem ser sub-divididas em três
5228 blocos (Henriques Jr., 2010): recuperação de calor em sistemas de vapor, integração de
5229 processos e recuperação de calor de fornos.

5230 **i) Recuperação de calor em sistemas de vapor**

5231 A demanda de vapor na indústria ocorre para fins de aquecimento tais como cocção,
5232 reações químicas, secagem, esterilização etc. Conforme a Figura 3, estima-se que os
5233 sistemas de geração de vapor são responsáveis por 46% da demanda total de
5234 combustíveis na indústria.

5235 Medidas específicas de economia de energia nos sistemas de vapor incluem:
5236 recuperação de condensado, aproveitamento de calor de gases de exaustão de caldeiras
5237 para preaquecimento de água de alimentação ou preaquecimento de ar de combustão,
5238 melhoria da troca de calor em caldeiras (através de limpeza de tubos e ajustes de
5239 tiragem de gases de combustão), otimização de sistema de distribuição e uso de vapor

5240 através de controle e ajustes de pressões, isolamento térmico de tubulações e de
 5241 equipamentos aquecidos, drenagem adequada de condensado e eliminação de ar,
 5242 aproveitamento de vapor de re-evaporação (*steam flash*), uso de sistemas de múltiplo
 5243 efeito, redução de descargas de fundo e tratamento de água em caldeiras, dentre outras
 5244 medidas (U.S. DOE, 2002; Kurita, 2009; Henriques Jr., 2010). A Tabela 3.5.2 apresenta
 5245 alguns exemplos de potenciais de economia para algumas medidas. Cabe destacar que
 5246 os potenciais apresentados nesta tabela referem-se a estudos aplicáveis à indústria norte-
 5247 americana. Contudo, tais estimativas ilustram um faixa de valores em torno dos quais os
 5248 potenciais de economia por medida na indústria brasileira podem se situar.

5249 Tabela 3.5.2 - **Potencial típico de economia para medidas diversas em sistemas de geração e uso de**
 5250 **vapor.**

Medidas de otimização	% típico de economia
Instalação e manutenção de purgadores	5
Instalação de economizador para água de alimentação	5
Aumento de recuperação do condensado	10
Instalação de pré-aquecedores de ar de combustão	3
Otimização de operação de caldeiras	2
Limpeza de superfícies de troca de calor em caldeiras e correção de refratários de caldeiras	2-3
Melhorias no balanço térmico do sistema	1-2
Redução de pressão de caldeiras	1-2
Vapor “ <i>flash</i> ” de condensado	Até 10
Recompressão de vapor	Até 20
Melhoria na descarga de fundo de caldeiras	2-5

5251 *Fonte: U.S. DOE (2002)*

5252

5253 ii) Integração de processos

5254 Baseia-se no aproveitamento de correntes quentes de fluidos diversos para pré-aquecer
 5255 outros fluidos de processo, empregando-se recuperadores e trocadores de calor. Um
 5256 método que se destaca e vem tendo grande aplicação é a tecnologia *Pinch* ou do ponto
 5257 de estrangulamento (Linnhoff e Hindmarsh, 1983).

5258 As economias relatadas pelo uso da técnica *Pinch* são bastante variadas. Por exemplo,
 5259 em refinarias de petróleo, há estimativas que se situam entre 6-15% de economia de
 5260 energia (Alsema, 2001; De Beer, 1998; Worrell e Galitsky; 2005; Moreira *et al.*, 2008).

5261 Importante observar que o bom desempenho de trocadores de calor exige o controle de
 5262 incrustações, de forma a garantir superfícies limpas e livres de outros depósitos que
 5263 dificultem a troca de calor entre fontes quente e fria. Outras medidas que poderiam ser
 5264 incluídas neste bloco de recuperação de calor incluem o aproveitamento de calor
 5265 exausto de baixa qualidade para aplicação em ciclos de refrigeração por absorção
 5266 (Tolmasquim *et al.*, 2003), uso de bombas de calor (Hepbasli e Kalinci, 2008), e
 5267 aumento de turbulência e de superfícies de contato em trocadores de calor.

5268 iii) Recuperação de calor de fornos

5269 Nos processos a alta temperatura, comuns nas indústrias de cimento, vidro, aço,
 5270 petroquímica e outras, o emprego de recuperadores de calor em fornos é uma prática
 5271 bastante comum, aplicada para pré-aquecimento de ar de combustão, de cargas ou de
 5272 fluidos de processo, secagem de materiais e geração de vapor (Trinks e Mawhinney,
 5273 1975). Os processos passíveis de se instalar recuperadores e trocadores de calor de porte
 5274 exigem disponibilidades de altas vazões de gases quentes de exaustão e um diferencial
 5275 térmico significativo, de forma a disponibilizar grandes quantidades de calor.

5276 Geralmente os investimentos necessários são elevados e têm retorno de médio a longo
5277 prazo (US/DOE, 2002).

5278 A recuperação de calor pode-se dar também simplesmente pelo aproveitamento direto
5279 dos gases quentes de exaustão e seu direcionamento para outras unidades de processo,
5280 procedimento também viável para secagem e pré-aquecimento de carga. Fornos de
5281 fusão de vidro, que operam na faixa de 1.500°C, fornecem um ótimo exemplo do
5282 potencial de recuperação de calor. Nestes equipamentos, o emprego de regeneradores de
5283 calor torna possível que uma grande parcela do calor de exaustão possa ser recuperado
5284 para preaquecimento do ar de combustão, reduzindo drasticamente o consumo de
5285 combustível.

5286 *Eficientização de motores elétricos*

5287 Na indústria, o uso de motores responde por aproximadamente 65% da demanda de
5288 eletricidade e oportunidades de efficientização neste caso incluem (Martin *et al*, 2000):

5289 • Realização de monitoramento de sistemas existentes em tempo real, o que
5290 permite acompanhar a deterioração elétrica e mecânica ao longo do tempo e
5291 intervir no sistema, reduzindo o impacto das perdas de eficiência e de
5292 confiabilidade devido a essa deterioração;

5293 • Otimização de fluxo volumétrico em sistemas de ventilação e bombeamento.
5294 Uma vez que o consumo de energia é diretamente proporcional ao cubo da
5295 velocidade de bombeamento, economias estimadas de até 20% são possíveis,
5296 dependendo do caso;

5297 • Substituição dos motores convencionais, ao final de sua vida útil, por motores de
5298 alto rendimento;

5299 • Adequação da carga, eliminando o sobredimensionamento dos motores, quando
5300 possível.

5301 Sistemas de ar comprimido também costumam apresentar potenciais relevantes de
5302 eficiência energética, reduzindo a necessidade de geração de eletricidade e sua
5303 correspondente emissão de CO₂ no “grid”. Entre as principais medidas aplicáveis a
5304 estes sistemas pode-se citar (Martin *et al*, 2000; Henriques Jr., 2010):

5305 • Uso de controle avançado de operação, que permite operar um conjunto de
5306 compressores integradamente em situação de oferta próxima da demanda e do
5307 ponto de máxima eficiência. Como regra heurística, cada redução de 2 psi na
5308 pressão requerida representa uma economia de 1% no consumo de eletricidade;

5309 • Gerenciamento integrado do sistema de ar comprimido, que envolve
5310 controle/mitigação de vazamentos de gás, correção do uso inapropriado do
5311 sistema como um todo e controle do nível de pressão do sistema. A economia
5312 proporcionada por estas medidas pode responder por algo entre 20-30% do uso
5313 de energia em sistemas de ar comprimido.

5314 O uso de lubrificantes sintéticos, com resistência e viscosidade superior às de produtos
5315 de petróleo, permite economizar entre 2-30%, em dispositivos tais como compressores,
5316 bombas e motores, por exemplo. Além disso, também reduzem a frequência de
5317 reposição nestes dispositivos (Martin *et al*, 2000).

5318 ***Outras medidas de eficiência energética***

5319 Outras medidas de eficiência energética compreendem procedimentos na área de
5320 operacional, envolvendo programação, controle e manutenção. Normalmente os
5321 investimentos necessários são muito baixos e apresentam prazos de retorno
5322 extremamente rápidos. Neste bloco estão medidas de: planejamento de produção,
5323 instalação ou reparo de isolamentos térmicos, eliminação de vazamentos de vapor ou
5324 calor, regulação e controle de temperatura de equipamentos, redução de pressão em
5325 sistemas de vapor, instalação e/ou manutenção de purgadores, fechamento de tanques
5326 aquecidos, manutenção de válvulas e outras.

5327 A implantação ou melhoria de isolamentos térmicos em equipamentos e tubulações
5328 aquecidas (ou de fluidos frios), e o emprego de refratários adequados e revestimentos
5329 em fibra cerâmica em fornos em geral, podem possibilitar economias de energia entre 3
5330 e 15%, evitando perdas de calor por convecção e radiação através de paredes e
5331 abóbodas (Trinks e Mawhinnney, 1975).

5332 O controle de incrustações e limpeza de trocadores de calor e caldeiras não tende a ser
5333 uma medida muito custosa, mas pode se tornar cara, caso exija paradas frequentes de
5334 manutenção e perdas de produção. Geralmente exige-se tratamento de água, uso de
5335 inibidores de corrosão e de outros produtos químicos.

5336 Finalmente, cabe destacar que ganhos também são possíveis através da efficientização de
5337 sistemas de iluminação. Embora este uso responda por parcela bastante reduzida do
5338 consumo energético na indústria – menos de 2% em 2010, as economias possíveis pela
5339 utilização de tecnologias de iluminação mais eficientes são estimadas da ordem de 14%
5340 (EPE, 2011; MME/FDTE, 2005).

5341 ***3.5.3.2. Substituição inter-energéticos***

5342 Esta medida compreende a substituição de combustíveis por outros com fator de
5343 emissão de carbono mais baixo. Um exemplo é a troca de óleo combustível por gás
5344 natural o que permite reduzir em até 27% as emissões no caso de 100% de substituição
5345 de combustível. Neste caso, a conversão de equipamentos geralmente exige somente
5346 adaptações de baixo custo, tais como a troca de queimadores, sendo raros os casos de
5347 modificações radicais ou muito complexas em equipamentos ou processos (Henriques
5348 Jr., 2010). Aspectos relacionados à logística de oferta e os preços relativos entre os
5349 energéticos são aspectos adicionais que devem ser considerados na viabilidade da troca
5350 de combustíveis.

5351 ***3.5.3.3. Cogeração de energia***

5352 A cogeração de energia compreende a produção combinada de calor e energia
5353 eletromecânica, e representa uma alternativa de eficiência energética para
5354 aproveitamento de energia térmica disponível em gases de exaustão que, de outra forma
5355 seria perdida. É amplamente utilizada em grandes indústrias tais como a sucro-
5356 alcooleira, química, celulose e papel, refino de petróleo e aço, com grande
5357 disponibilidade de resíduos energéticos em seu processo de produção.

5358 Essencialmente, os ciclos básicos de cogeração seguem duas configurações principais:
5359 (i) Ciclo “*topping*”: produz-se inicialmente energia eletro-mecânica em uma máquina
5360 térmica, sendo o calor rejeitado encaminhado a um processo subsequente; (ii) Ciclo
5361 “*bottoming*”: aproveita-se o calor rejeitado em altas temperaturas, para então gerar
5362 energia eletromecânica.

5363 A maioria das aplicações está centrada no ciclo “*topping*”, com uma diversidade de
 5364 tecnologias disponíveis e aplicáveis a um conjunto significativo de combustíveis
 5365 (biomassas, gás natural, óleo combustível, carvão mineral e gases combustíveis
 5366 residuais). No ciclo “*bottoming*” há um menor número de possibilidades (De Paula,
 5367 2004), se restringindo praticamente a recuperação de calor em caldeiras a vapor. Na
 5368 Tabela 3.28 são apresentadas características de tecnologias utilizadas em ciclos em
 5369 regime “*topping*”.

5370 Como se pode observar na tabela 3.5.3 ciclos de cogeração baseados em turbinas ou em
 5371 motores a gás apresentam maior eficiência de geração elétrica (menor “*heat rate*”). Em
 5372 ambos os sistemas há disponibilidade de calor residual nos gases exaustos, de modo que
 5373 é possível aumentar a produção de eletricidade acoplando-se uma turbina a vapor. Nesse
 5374 caso, a configuração resultante é denominada ciclo combinado, cuja viabilidade
 5375 econômica dependerá basicamente, das condições de venda de eventuais excedentes à
 5376 rede. Outra possibilidade de aumento de eficiência global em sistemas baseados em
 5377 turbinas a gás natural inclui, ainda, o uso de caldeiras de queima complementar, para
 5378 geração de vapor adicional para o processo industrial.

5379 Tabela 3.5.3- Características das tecnologias de co-geração em ciclo “*topping*”.

Tecnologia	Porte típico da unidade (MW)	“Heat rate” (MJ/kWh)	Razão vapor/eletricidade (kg/kWh)	Eficiência global (%)
Turbina a vapor				
- Contrapressão	0,5-60	15-42	4,5-13,6	75-85
- Condensação/extração	10-100	10-42	0,0-13,6	70-80
Turbinas combustão	0,5-100	10-16	1,1-4,5	65-75
Motor Diesel	0,1-30	9-12	0,5-1,4	75-85

5380 Fonte: US/OTA (1993)

5381

5382 Cabe destacar que a recomendação do uso de sistemas de cogeração como alternativa de
 5383 mitigação de emissões de GEE no Brasil deve ser analisada criteriosamente, uma vez
 5384 que geração de eletricidade se faz em base fortemente renovável e, por conseguinte,
 5385 com reduzidíssimo fator de emissão de carbono.³⁷ Neste sentido, algumas configurações
 5386 de cogeração baseadas em combustíveis fósseis tendem a níveis de emissões de CO₂
 5387 superiores àquelas produzidas na geração de energia elétrica do *grid* brasileiro
 5388 representando, assim, aumento líquido de emissões de GEE. Assim, para que a
 5389 cogeração seja efetivamente uma alternativa de mitigação no Brasil, as seguintes
 5390 configurações de fato são aplicáveis (Henriques Jr., 2010):

5391 • Aquelas que maximizem o emprego de biomassas residuais de processos
 5392 industriais (bagaço, lúxiva e madeira), gerando excedentes a serem
 5393 disponibilizados ao sistema interligado;

5394 • Aquelas com reaproveitamento de gases residuais para geração elétrica em
 5395 determinados processos fabris, tais como gases combustíveis do setor
 5396 siderúrgico (gás de alto-forno, de baixo forno e de coqueria), no refino de
 5397 petróleo (gás de refinaria) etc., permitindo reduzir a demanda de eletricidade na
 5398 rede de transmissão e distribuição.

³⁷ Em 2010, o fator médio anual de emissão do sistema interligado nacional brasileiro foi de 0,0512 tCO₂/MWh (MCTI, 2011). A título de comparação, o fator médio de emissão de uma termelétrica a gás natural situa-se em torno de 400-500 tCO₂/MWh.

5399 **3.5.3.4. Uso de energia renovável**

5400 O emprego da energia renovável considera a substituição de combustíveis fósseis por
 5401 energéticos renováveis como biomassa em suas diversas fontes primárias, bem como o
 5402 uso de energia solar.

5403 **Biomassa**

5404 O uso de biomassa em processos industriais no Brasil atualmente contempla a lenha, o
 5405 carvão vegetal, os resíduos agroindustriais, com destaque para o bagaço de cana e
 5406 lixívia. Cabe destacar que a potencial oferta de biomassa no Brasil é bastante relevante,
 5407 como se pode visualizar pela Tabela 3.5.4.

5408 Tabela 3.5.4- **Oferta de biomassa por tipo de resíduo no Brasil em 2005.**

	t/ano	10 ⁶ bep/dia ¹
TOTAL	558	4,24
Resíduos agrícolas	478	3,54
Soja	185	1,25
Milho	176	1,43
Arroz (palha)	57	0,42
Cana-de-açúcar (palha)	60	0,44
Resíduos agro-industriais	80	0,59
Cana-de-açúcar (bagaço)	58	0,46
Arroz(casca)	2	0,02
Lixívia	13	0,08
Madeira	6	0,04
Florestas Energéticas	13	0,11
Madeira excedente	13	0,11

5409 Nota: 1- Fator de conversão: 1 bep= 5,95 GJ.

5410 Fonte: EPE (2007)

5411

5412 O emprego de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira – característica única do
 5413 Brasil - como agente termo-redutor possui vários pontos a favor, dentre os quais a
 5414 simplificação do processo e a ausência de enxofre, elemento indesejável na fabricação
 5415 de aço, mas também traz como pontos negativos, a baixa resistência mecânica, que
 5416 inviabiliza seu emprego em fornos de redução de grande porte. Os equipamentos com
 5417 maiores capacidades para uso de carvão vegetal não ultrapassam 500 mil toneladas de
 5418 ferro-gusa/ano, enquanto alto-fornos a coque mineral chegam a ter capacidades perto de
 5419 3 milhões de toneladas de ferro-gusa/ano. Embora as vantagens e desvantagens de cada
 5420 um das rotas tecnológicas estejam bem estabelecidas, há ainda muita controvérsia sob o
 5421 ponto de vista das emissões de carbono e do ponto de vista ambiental. Aparentemente a
 5422 rota via carvão vegetal apresenta-se mais interessante, mas como não há garantia de o
 5423 carvão vegetal ser de origem renovável (ou seja, que não seja de desmatamento), não
 5424 haveria certeza de uma redução de emissões de GEE.

5425 Além disso, no plano sócio-ambiental, seria importante estar atento para não permitir a
 5426 competição entre produção de alimentos e energia, caso se esteja considerando áreas
 5427 para plantio de madeira potencialmente apropriadas para agricultura. Além disso, deve-
 5428 se ter em mente que empreendimentos com o carvão vegetal renovável devem requer
 5429 investimentos de vulto e de prazo longo para a formação de florestas plantadas
 5430 (Henriques Jr., 2010).

5431 **Energia solar térmica**

5432 O aproveitamento da energia solar pode ser implementado de modo a complementar
 5433 sistemas de aquecimento de água para uso em processos de baixa temperatura, em

5434 particular em setores que requerem procedimentos de cozimento de alimentos, secagem
 5435 de produtos diversos, lavagem, esterilização e outros. Dessa forma, os segmentos mais
 5436 promissores para a adoção de coletores solares são o de alimentos e uma parcela dos
 5437 setores de cerâmica, têxtil, papel e químico, onde as operações de secagem ou de pré-
 5438 aquecimento de água são comuns.

5439 Exemplificando, a substituição de gás natural e derivados de petróleo para as operações
 5440 citadas em indústrias como a química e de alimentos & bebidas, poderia representar a
 5441 redução das emissões devido a esses segmentos industriais em torno de 7,3% ou,
 5442 equivalentemente, cerca de 1,4 MtCO₂ no ano de 2010.

5443 **3.5.3.5. Reciclagem e uso eficiente de materiais**

5444 A reciclagem de materiais permite economizar energia e matérias primas, além de trazer
 5445 benefícios ambientais ligados à extração de materiais e disposição final de resíduos.
 5446 Esta alternativa é particularmente atrativa para indústrias tais como siderurgia, alumínio,
 5447 papel, vidro e cimento (IEA, 2010).

5448 **Emprego de sucata na produção de aço**

5449 O aço é um material que pode ser reaproveitado várias vezes, sem perder suas
 5450 características, como dureza, resistência e versatilidade. A economia para as empresas é
 5451 significativa, tendo em vista que são evitadas as despesas da fase de redução do minério
 5452 em metal, que envolvem alto consumo de combustível fóssil.

5453 No Brasil, o índice de reciclagem de aço atual é de 29% (MME, 2008), que representou
 5454 em 2007 cerca de 9,8 milhões de toneladas por ano. Aproximadamente 43% da sucata
 5455 processada no Brasil é proveniente da chamada sucata de obsolescência, que se origina
 5456 da coleta de produtos em desuso, como veículos velhos, embalagens, entre outros.

5457 A sucata de ferro pode ser empregada nas duas rotas típicas de produção de aço: no
 5458 processo via alto-forno combinado com aciaria a oxigênio (*BF-BOF*) e no processo com
 5459 aciaria elétrica em fornos a arco (*EAF*). O primeiro processo emprega grandes
 5460 quantidades de minério de ferro (a ser reduzido) e proporções de sucata próximas a 10%
 5461 (ou de até 25% de acordo com a formulação requerida para alguns aços). Na aciaria
 5462 elétrica (*EAF*), o emprego de sucata pode ser de 40% ou até 100% no processo de
 5463 redução direta - *DRI/EAF*) (Worrel *et al.*, 2008).

5464 Entretanto, a disponibilidade de sucata pode se constituir em um gargalo, além de
 5465 alguns tipos de aço não permitirem o uso de uma proporção muito elevada de material a
 5466 ser reciclado.

5467 Tomando como base o atual nível de reciclagem nesta indústria no Brasil (29%) e
 5468 assumindo-se a estimativa de o país atingir a média mundial (33%), com base no
 5469 consumo energético da siderurgia em 2010, estima-se que a economia de energia
 5470 correspondente possa ser de 2,9% e 43,3 kg CO₂/t aço.

5471 **Emprego de sucata na produção de alumínio**

5472 O alumínio pode ser reprocessado na fase de fusão/redução em cubas eletrolíticas nas
 5473 empresas de produção de alumínio primário, onde há o emprego de grande quantidade
 5474 de energia elétrica. A reciclagem proporciona uma economia de 95% em relação à
 5475 energia utilizada para produzir o metal primário a partir da bauxita/alumina (ABAL,
 5476 2008). Além dessa economia, ocorre também economia de energia na fabricação da

5477 bauxita e da alumina, que poderiam ter sua demanda reduzida pelo maior uso de sucata
5478 de alumínio.

5479 Considerando os segmentos da cadeia acima mencionados, com o aumento de 10%
5480 nível de reciclagem total de alumínio, poder-se-ia reduzir as emissões em 175 kg CO₂/t
5481 alumínio, principalmente devido ao consumo evitado de óleo combustível na produção
5482 de alumina. Cabe destacar que, embora o nível de reciclagem de alumínio no Brasil,
5483 situe-se em 36,7%, valor acima da média mundial de 29,3% (MME, 2008), ainda assim
5484 é menor do que a taxa observada em países como a Áustria (59,6%), Reino Unido
5485 (51,6%), África do Sul (49,5%) e Itália (37,7%) (ABAL, 2008), sugerindo que esse
5486 nível de reciclagem possa experimentar algum aumento, embora se deva analisar com
5487 maior profundidade as possibilidades desta alternativa no mercado brasileiro.

5488 **Papel - Aumento do uso de aparas de papel usado**

5489 No Brasil, o índice de uso de papel reciclado é de 45%, segundo a BRACELPA (2008),
5490 enquanto em vários outros países desenvolvidos esse valor ultrapassa 60% (Alemanha,
5491 Japão e Reino Unido), e vai até 80%, como na Espanha e Coréia do Sul.

5492 O aproveitamento de papel usado substitui a polpa de celulose virgem, insumo bastante
5493 intenso em energia. As plantas de reciclagem tendem a ser menores e mais dispersas
5494 que as plantas de produção de papel primário, e suas necessidades de energia externa
5495 para fabricação de papel são um pouco maiores. Porém, de outro lado, a energia que
5496 seria gasta na produção de celulose equivalente para a mesma quantidade de papel é
5497 poupada. Como essa economia na fabricação de polpa supera a energia adicional
5498 empregada na reciclagem, o balanço final resulta positivo para o setor (Henriques J.,
5499 2010).

5500 Portanto, o efeito da reciclagem de papeis se encontra bem estabelecido quanto à
5501 eficiência energética, mas, por outro lado, o seu impacto na redução das emissões
5502 apresenta alguma dificuldade de contabilização, uma vez que dependerá da proporção
5503 que se emprega a lixívia no processo de fabricação e do grau de integração das
5504 empresas do setor (IEA, 2007). Assim sendo, a estimativa de redução de consumo de
5505 energia e emissões no caso deste segmento industrial é mais complexa pelos fatores
5506 apontados. Fazendo-se uma estimativa a partir dos dados da matriz média de consumo
5507 de energia da indústria de celulose e papel (EPE, 2011), ilustra que a cada 10% de
5508 aumento da taxa de reciclagem de papel, isso pode representar uma economia de 50,3
5509 kg CO₂/t papel. Cabe destacar que esse número inclui o “*mix*” de fábricas integradas,
5510 exclusivas em celulose e exclusivas em papel, além de recicladoras. Os resultados
5511 podem diferir substancialmente dependendo do tipo de fábrica que se está avaliando.
5512 Todavia, o índice apresentado ilustra o potencial existente neste segmento industrial,
5513 que produz cerca de 9 milhões de toneladas anuais de papel no Brasil (BRACELPA,
5514 2011).

5515 **Uso de cacos na produção de vidro**

5516 A reciclagem de vidro é uma prática bastante tradicional e utilizada há muitos anos
5517 devido à economia de energia e de matérias-primas (areia e barrilha principalmente). A
5518 economia principal que se tem é de combustíveis nos fornos de fusão, onde, via de
5519 regra, a cada 10% de adição de caco de vidro (*cullets*) na carga a ser alimentada para a
5520 fabricação de vidro, obtém-se 3% de economia dos combustíveis usados (MME, 2007,
5521 Martin *et al.*, 2000). No Brasil, o índice de reciclagem global de vidro é de 20%, sendo
5522 que para embalagens atinge 47%, segundo a ABIVIDRO (2008). Este valor é superior

5523 ao índice norte-americano para embalagens, que é de 40%, mas é bem inferior a valores
 5524 encontrados na Europa, em particular na Alemanha, Bélgica, França e Suécia, onde a
 5525 taxa de reciclagem para embalagens de vidro situa-se acima de 90% (MME, 2007).
 5526 Caso o índice de reciclagem do vidro no Brasil aumentasse 15% adicionais (atingindo
 5527 35%), estima-se que a economia de combustíveis possa chegar a 5% do total e evitando
 5528 cerca de 32,5 kg CO₂/t vidro.

5529 *Uso de aditivos na produção de cimento*

5530 A produção de cimento é concluída com a moagem do clínquer com aditivos, cuja
 5531 proporção depende do tipo de cimento a ser produzido. No Brasil, as normas ABNT
 5532 regulam o teor de adições de materiais tais como gesso, material pozolânico e escória de
 5533 alto forno, cujo teor conjuntamente pode variar entre 5-70%. A adição destes materiais
 5534 permite que seja produzida menor quantidade de clínquer, produto intermediário onde
 5535 de fato se dá o uso mais intensivo em energia no processo de produção do cimento.
 5536 Considerando-se o aumento de 4% na taxa de uso de aditivos nesta indústria, estima-se
 5537 que poderia ser evitada a emissão de 9,2 kg CO₂/t clínquer.

5538 *3.5.3.6. Tecnologias de processos específicos*

5539 *Ferro e aço*

5540 A produção de aço pode se dar por diferentes rotas, dependendo da disponibilidade de
 5541 matérias-primas e energia, bem como dos custos de investimento. Três são as principais
 5542 rotas de produção de aço atualmente:

- 5543 • Alto forno (BF) e conversor a oxigênio (BOF), que utiliza entre 70-100% de
 5544 minério de ferro, sendo 30-0% remanescentes, sucata;
- 5545 • Forno elétrico a arco (EAF), que usa entre 70-100 % de sucata, complementando
 5546 com materiais a base de minério de ferro;
- 5547 • Redução direta (DRI) com forno elétrico a arco (EAF).

5548 Entre essas tecnologias, o processo de redução direta é o menos energo-intensivo (4-6
 5549 GJ/t de aço), se usado com 100% de sucata. Por outro lado, a rota integrada é a mais
 5550 energo-intensiva, entre 13-14 GJ/t de aço, em uma situação de máxima eficiência
 5551 energética. A adoção da rota menos energo-intensiva, entretanto, é limitada por
 5552 barreiras tais como a disponibilidade de sucata e a demanda por aços com composição
 5553 mais pura (IEA, 2010).

5554 Pela diversidade de processos e rotas tecnológicas, o consumo específico de energia
 5555 final pode variar bastante, oscilando de 5 GJ/t de aço para aquelas unidades não
 5556 integradas e através de rota elétrica, até mais de 30 GJ/t de aço nos processos
 5557 integrados³⁸. A média do setor no Brasil, tomando-se como referência as usinas
 5558 integradas a carvão mineral, que representam 73% da fabricação de aço no Brasil
 5559 (MME, 2007a), situa-se em 23,9 GJ/t de aço (ABM, 2008). Uma usina modelo, tendo as
 5560 melhores tecnológicas embutidas, pode ter um consumo de 14,8 GJ/t de aço, incluindo
 5561 todos os energéticos, segundo Worrel et al. (2008).

³⁸ O processo integrado consiste dos processos desde a preparação do coque mineral até a laminação do aço. Portanto, inclui: coqueria, sinterização, redução em alto forno, aciaria, lingotamento e laminação. O processo não integrado, por sua vez, pode corresponder a uma ou duas das etapas anteriormente citadas. Por exemplo: somente produção de ferro-gusa (alto forno) via carvão vegetal, ou produção de gusa e aciaria, ou somente laminação.

5562 Em termos de tecnologias futuras que podem contribuir com a redução de emissões de
 5563 CO₂ neste setor, pode-se citar (IEA, 2010): (i) Uso de carvão vegetal e plástico em
 5564 substituição ao carvão mineral; (ii) Fusão e refino simultâneos com injeção de carvão;
 5565 (iii) Redução por hidrogênio: viabilidade técnica ainda precisa ser demonstrada; (iv)
 5566 Reaproveitamento do gás de topo do alto-forno; (v) Uso de CCS para captura de CO₂
 5567 gerado no processo siderúrgico.

5568 *Cimento*

5569 O consumo típico de energia na fabricação de cimento situa-se na faixa entre 3,0 e 6,5
 5570 GJ/t de clínquer, conforme o tipo de processo de fabricação e a configuração das plantas
 5571 em termos de sistemas de recuperação de calor (IEA, 2007).

5572 Um forno via seca consome entre 5,9-6,7 GJ/t clínquer. Fornos com seis estágios de
 5573 pré-aquecimento e pré-calcinadores atualmente consomem na faixa entre 2,9-3,3 GJ/t
 5574 clínquer.

5575 No Brasil, o consumo específico global médio situa-se em 4,1 GJ/t de clínquer,
 5576 enquanto que o térmico fica em 3,7 GJ/t clínquer (estimados a partir de EPE, 2011). A
 5577 configuração tecnológica mais moderna e eficiente pode permitir alcançar um valor
 5578 mínimo de 2,85 GJ/t de clínquer, segundo Worrel et al. (2008), considerando
 5579 exclusivamente o uso da energia térmica.

5580 Em termos de tecnologias futuras que podem contribuir com a redução de emissões de
 5581 CO₂ nesta indústria, podem-se citar (IEA, 2010): (i) Substituição de plantas ineficientes
 5582 por tecnologias *Best Available Technologies* (BAT); (ii) Uso de combustíveis
 5583 alternativos; (iii) Aumento do uso de aditivos na produção de cimento; (iv) Uso de CCS
 5584 na pós-combustão e oxi-combustão.

5585 *Papel e celulose*

5586 Praticamente todas as etapas do processo fabril apresentam alta intensidade energética.
 5587 Os consumos específicos de energia variam numa ampla faixa de acordo com o
 5588 processo empregado e em função das características do produto final (p. ex.: celulose
 5589 branqueada, não-branqueada, gramatura do papel etc.). No processo termomecânico, por
 5590 exemplo, o consumo específico global de energia varia na faixa de 4,3 a 12,6 GJ/t de
 5591 papel, dependendo do nível tecnológico e da fração de vapor recuperado. Já nos
 5592 processos por via química, este parâmetro pode se situar na faixa de 20 a 25 GJ/t, sendo
 5593 boa parte da demanda elétrica suprida por unidades de cogeração de energia (IPT,
 5594 1985a).

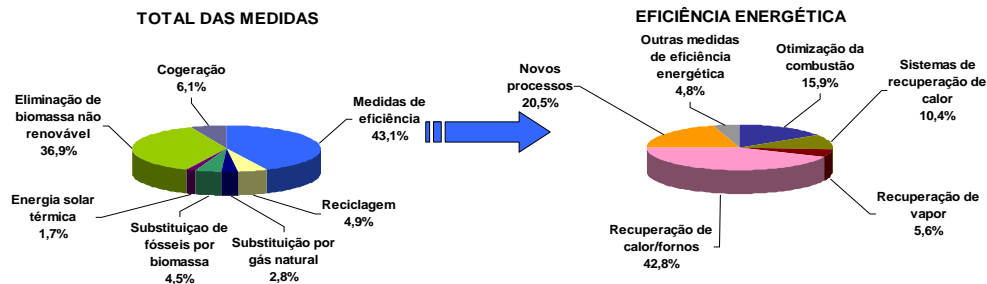
5595 No Brasil, o consumo específico global médio, segundo o BEN (EPE, 2011), é de 16,9
 5596 GJ/t de papel e celulose. Excluindo-se a energia elétrica, este consumo específico
 5597 resulta em 14,1 GJ/t de papel e celulose. Se considerada a adoção das melhores
 5598 tecnologias, de acordo com IEA (2007) e Worrel et al. (2008), e a cesta atual de
 5599 produtos (rotas de processamento de celulose e os diversos tipos de papel), poderia se
 5600 projetar o consumo específico global ideal a ser atingido entre 13,5 e 14,5 GJ/t de papel
 5601 e celulose ou entre 11,5 e 12,3 GJ/t para somente a energia térmica.

5602 Em termos de tecnologias futuras que podem contribuir com a redução de emissões de
 5603 CO₂ nesta indústria, pode-se citar (IEA, 2010): (i) Gaseificação de lixívia; (ii)
 5604 Conversão de biomassa para combustíveis e produtos químicos; (iii) Tecnologias
 5605 avançadas de remoção de água.

5606

5607 **3.5.4.Potencial para a implementação das medidas de mitigação**5608 **3.5.4.1.Oportunidades**

5609 Há pouca disponibilidade de estudos nacionais cobrindo a potencialidade de aplicação
 5610 de medidas de mitigação de emissões de CO₂ no Brasil. O estudo mais recente
 5611 disponível foi realizado por Henriques Jr. (2010). De acordo este, as medidas de
 5612 eficiência energética respondem pela maior parcela de contribuição para mitigação de
 5613 emissões de GEE, com aproximadamente 42% do total (Figura 3.5.5).



5614

5615

5616 **Figura 3.5.5. Contribuição para o abatimento acumulado (2010-2030) de CO₂ no total da indústria**
 5617 **brasileira, por medida (Total de abatimento: 1.535.844 mil t CO₂)**

5618

Fonte: Henriques Jr. (2010)

5619 A contribuição por segmento industrial a cada uma dessas medidas de mitigação de
 5620 emissões de GEE, por sua vez, é exibida na Figura 3.5.6. Por exemplo, estima-
 5621 se que a indústria siderúrgica é responsável pela maior parcela de redução de emissões
 5622 devido à reciclagem de materiais (sucata), seguido do aproveitamento de aparas de
 5623 papel pela indústria de celulose e papel. A eficiência energética, por sua vez,
 5624 responsável por aproximadamente 43% do total do potencial de redução de emissões de
 5625 GEE (Figura 3.5.5), tem também na indústria siderúrgica o segmento maior contribuinte
 5626 potencial (43% do total devido à eficiência, conforme a Figura 3.5.6).

5627 Quando analisado dentro de cada segmento industrial, a contribuição de cada medida de
 5628 mitigação se distribui de forma diferenciada, em função das especificidades de cada
 5629 indústria. Assim, na indústria siderúrgica, as medidas de eficiência energética e a
 5630 eliminação de biomassa de origem não renovável (carvão vegetal) agregam as maiores
 5631 contribuições para mitigação de emissões de GEE: 42% e 41%, respectivamente. A
 5632 eliminação de biomassa não renovável também tem papel relevante em indústrias tais
 5633 como: alimentos e bebidas (66%), ferro-ligas (84%) e cerâmica (68%).

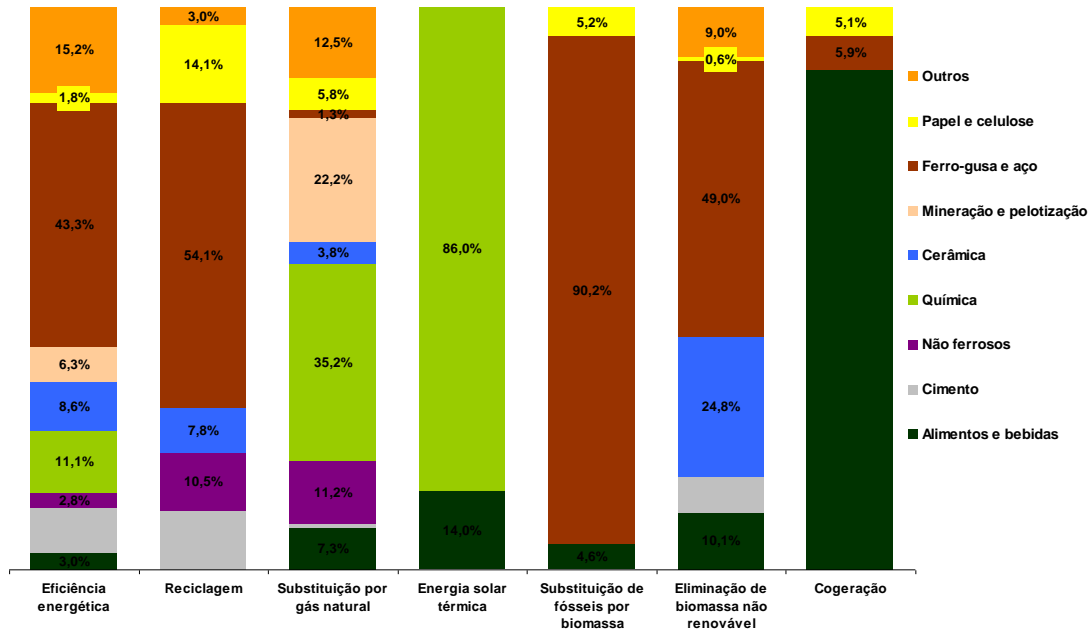


Figura 3.5.6 - Contribuição dos segmentos industriais, por medida para o abatimento acumulado (2010-2030) de CO₂.

Fonte: Henriques Jr. (2010)

5634
5635
5636
5637
5638
5639

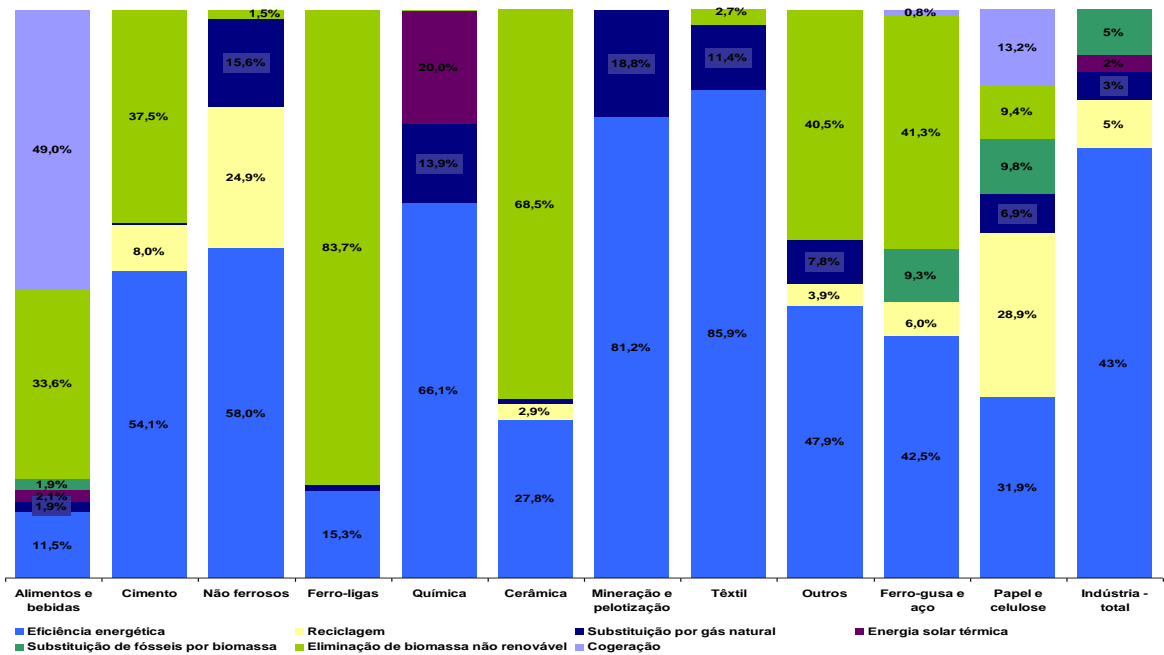


Figura 3.5.7 - Contribuição das medidas, por segmento industrial, para o abatimento acumulado (2010-2030) de CO₂.

Fonte: Henriques Jr. (2010)

5640
5641
5642
5643
5644

5645 No que se refere aos custos de abatimento associados a estas medidas, percebe-se que
5646 quase 50% do potencial de mitigação de emissões de GEE apresentam custos de
5647 abatimento negativos (Figura 3.5.8 -). Pode-se destacar que a maior parte das medidas
5648 de eficiência energética se encontra neste intervalo. Há também uma extensa faixa de
5649 abatimento de emissões possíveis a custo relativamente reduzido de abatimento
5650 (aproximadamente US\$ 9/tCO₂), correspondente a quase 900 MtCO₂.

5651

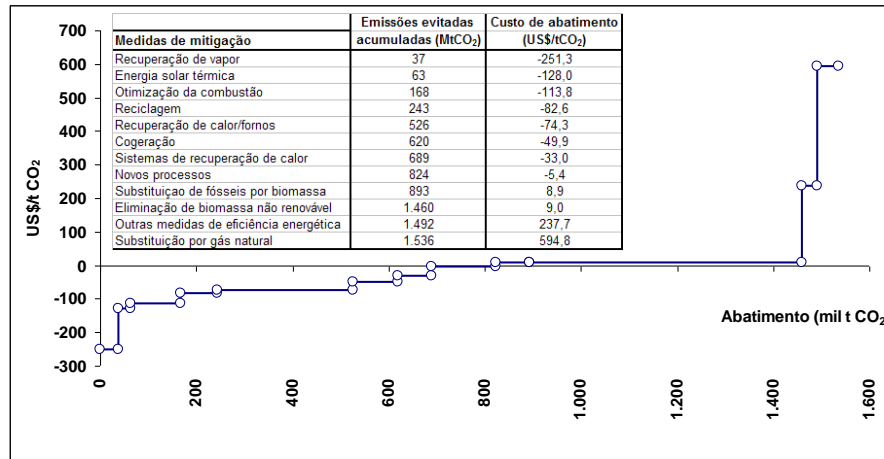


Figura 3.5.8 - Custos de abatimento de emissão de CO₂ por medida (taxa de desconto= 8% a.a.).
Fonte: Henriques Jr. (2010)

5652

5653

5654

5655

5656

3.5.5. Políticas setoriais e do clima relacionadas à indústria e mudanças climáticas

5657

3.5.5.1. Políticas públicas vigentes relacionadas às mudanças climáticas e indústria

5658

5659

5660

Neste item são apresentadas de forma breve as principais políticas implantadas pelo governo federal com efeitos positivos sobre a eficiência energética e/ou redução de emissões.

5661

Eficiência Energética

5662

5663

5664

5665

5666

5667

5668

- O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), criado em 1985, tem atuação em vários setores tais como a indústria, saneamento, prédios públicos, iluminação etc., sendo coordenado pelo MME e conduzido pela ELETROBRAS. Entre 1986-2011, estima-se que este programa tenha contribuído para reduzir aproximadamente 51.200 TWh), a um custo estimado no período em torno de R\$ 1, 26 bilhões, valor correspondente ao somatório simples dos gastos observados em cada ano individualmente nesse período (PROCEL, 2012).

5669

5670

5671

5672

5673

5674

5675

5676

- A racionalização do uso de derivados de petróleo e gás natural é conduzido pelo CONPET (Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural), criado em 1991, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia – MME e conduzido pela Petrobras. As principais ações não têm sido destinadas ao setor industrial, mas sim para o segmento de transporte, além de programas de etiquetagem de aparelhos de uso domésticos. Em termos de resultados obtidos, o programa TRANSPORTAR aponta emissões evitadas em torno de 227,5 mil t CO₂, devido à economia de óleo diesel (CONPET, 2011).

5677

5678

Ademais, para a eficiência energética, no plano legislativo, três leis em vigor merecem destaque:

5679

5680

5681

5682

5683

- A Lei nº 8.631/1.993, que define que parte dos recursos da Reserva Global de Reversão (RGR) originados do setor elétrico seja alocada para projetos de conservação de energia elétrica. Foi estabelecida a obrigatoriedade de as empresas distribuidoras de energia elétrica aplicarem 1% de suas receitas operacionais líquidas em ações de combate ao desperdício de energia elétrica.

5684 • A lei nº 9.991/2.000, que complementa a lei anterior, introduzindo novos pontos,
5685 dentre eles os recursos para os programas de eficiência energética. Atualmente,
5686 o percentual disponível para programas de eficiência energética passou para
5687 0,25% da Receita Operacional Líquida - ROL das concessionárias de energia
5688 elétrica.

5689 • A lei nº 10.295/2.001, também conhecida com lei da eficiência energética, que
5690 estabelece a base para regulamentação de padrões mínimos de rendimentos para
5691 vários equipamentos e normas específicas, que estão sendo regulamentadas por
5692 tipo de equipamento.

5693 Derivando da Lei de Eficiência Energética, foi criado o Programa Brasileiro de
5694 Etiquetagem - PBE, com foco no desempenho energético e na segurança operacional de
5695 equipamentos diversos, compreendendo: motores elétricos, lâmpadas, aparelhos
5696 eletrodomésticos e gasodomésticos. O Programa é coordenado pelo INMETRO
5697 (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) e se integram
5698 com os dois programas brasileiros de conservação de energia citados - o PROCEL e o
5699 CONPET (Henriques Jr., 2010).

5700 *Produção e uso de biocombustíveis*

5701 No caso dos biocombustíveis, os planos nacionais visaram prioritariamente o setor de
5702 transportes. Assim, ainda na década de 70, criou-se o PROALCOOL para promover a
5703 substituição parcial da gasolina automotiva. Também criou-se o Programa Nacional de
5704 Produção e Uso de Biodiesel, estabelecendo a adição de percentuais crescentes do uso
5705 desse biocombustível até 2013 (meta de 5% em 2013, atingida já em 2009).

5706 Para o setor industrial, onde há uso intenso de bagaço de cana, lenha, carvão vegetal e
5707 de alguns outros resíduos da biomassa, não existem planos e políticas específicos.

5708 *Reciclagem e Economia de Materiais*

5709 As principais iniciativas no campo da reciclagem advêm, atualmente, de grupos
5710 empresariais privados, a partir da percepção da oportunidade de negócio, economia de
5711 matérias-primas e redução da demanda de energia, entre outros.

5712 Também pode ser citada a existência de programas de coleta seletiva em alguns
5713 municípios brasileiros. A despeito, porém, das claras vantagens da reciclagem, um dos
5714 gargalos evidenciado em pesquisa realizada pelo CEMPRE (2009) é o fato de o custo da
5715 coleta seletiva ser bastante elevado, da ordem de cinco vezes o custo de coleta
5716 convencional (BRASIL/PR, 2007).

5717 *Cogeração*

5718 Com 2.555 MW de capacidade instalada em co-geração (em 11/11/2012), baseada
5719 principalmente em biomassa (ANEEL, 2012), o desenvolvimento de unidades de
5720 cogeração no país conta com o seguinte arcabouço legislativo:

5721 • Decreto 2.003/1.996: permite ao cogrador comercializar a energia elétrica junto
5722 àqueles consumidores aos quais fornece energia térmica sob forma de vapor,
5723 água quente ou água gelada;

5724 • Lei nº 10.848/2.004 - Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica,
5725 incluindo a aquisição de eletricidade cogorada pelas concessionárias;

- 5726 • Decreto 5.163/2.004 - Regula a aquisição de energia distribuída pelas
5727 concessionárias, definindo a co-geração como fonte de suprimento elegível à
5728 contratação pelas distribuidoras de energia elétrica;
- 5729 • REN ANEEL nº 235/2.006 – Estabelece critérios para qualificação de centrais
5730 cogedoras, quanto a índices de eficiência mínimos a serem observados;
- 5731 • Lei nº 11.488/2.007 – Estabelece, entre outros, o REIDI (Regime Especial de
5732 Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura), que concede, por
5733 exemplo, isenção de PIS/PASEP e COFINS, para pessoas jurídicas com projeto
5734 aprovado para implantação de obras de infraestrutura nos setores de transporte,
5735 portos, energia, saneamento básico e irrigação;
- 5736 • REN ANEEL Nº 389/2.009 – Estabelecimento de direitos e deveres para APE
5737 e/ou PIE, incluindo o livre acesso ao sistema de transmissão, encargos,
5738 fiscalização, etc.
- 5739 • REN ANEEL Nº^{OS} 371/1.999, 304/2.008 e 399/2.010 – Regulamentação de
5740 contratação e comercialização de reserva de capacidade por APE e/ou PIE;
- 5741 No âmbito da promoção de empreendimentos de co-geração, podem-se citar, ainda:
- 5742 • A criação do PROINFA, através da lei 10.438/2.002, com contratação de 3,3
5743 GW de capacidade instalada em geração elétrica renovável, dos quais 830 MW
5744 oriundos de biomassa de cana-de-açúcar (decreto 5.025/2.004);
- 5745 • No âmbito da lei 10.848/2.004 e do decreto 5.163/2.004, foram criados leilões
5746 de compra de energia elétrica específicos voltados para empreendimentos
5747 baseadas na cogeração a biomassa de cana-de-açúcar. Este tipo de ação
5748 institucional do governo brasileiro proporcionou a inserção de maior parcela de
5749 biomassa no sistema elétrico nacional.

5750 **PROESCO**

5751 O Programa PROESCO, destina-se a apoiar financeiramente os serviços de consultoria
5752 das empresas de eficiência energética (ESCOs), sendo conduzido pelo BNDES.

5753 Em paralelo aos fundos do BNDES, todavia com volume de recursos bem menor, a
5754 indústria conta com linhas específicas de financiamento, reembolsáveis ou não, através
5755 da FINEP, voltados para projetos de pesquisa e desenvolvimento e inovação tecnológica
5756 aplicáveis a produtos, processos e equipamentos em geral. Neste caso, os recursos são
5757 provenientes de Fundos Setoriais da Ciência e Tecnologia, geridos pelo Ministério de
5758 Ciência e tecnologia que, em 2011 desembolsaram cerca de R\$ 1,5 bilhões em ações de
5759 fomento no país (MCTI, 2012), incluindo fundos com o CTPETRO - cobrindo a área de
5760 petróleo e gás natural - e o CTENERG - abrangendo o setor de energia elétrica –
5761 (MCTI, 2012). As indústrias têm acesso a esses fundos de forma indireta, através de
5762 projetos em parcerias com universidades e/ou centros de pesquisa, ou de forma direta,
5763 via programas chamados de “Subvenção”.

5764 **Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)**

5765 Como resultado da Lei nº 12.187/2009 e do decreto 7.390/2010, várias diretrizes e
5766 instrumentos de operacionalização estão sendo disponibilizados, entre os quais o Fundo
5767 Nacional sobre Mudança do Clima – FNMC, como também compromissos setoriais
5768 específicos deverão ser definidos. Relacionado ao setor industrial, as metas contemplam

5769 ações no campo da eficiência energética e no maior uso de fontes renováveis na geração
 5770 de energia, inclusive de bagaço de cana nos processos de cogeração, além da concessão
 5771 de incentivos para a produção do chamado “açó verde”, isto é, aquele produzido através
 5772 do carvão vegetal de floresta plantada. Posteriormente, o decreto 7.390/2.010 define as
 5773 metas setoriais de mitigação, bem como destaca a necessidade de planos setoriais
 5774 específicos a serem desenvolvidos pelo país. Em termos de legislação, merecem
 5775 destaque, ainda, as leis que estabelecem a política estadual de mudanças climáticas de
 5776 São Paulo (lei 13.798/2.009) e a Política Estadual sobre Mudança Global do Clima e
 5777 Desenvolvimento Sustentável, para o estado do Rio de Janeiro.

5778 *Projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo no setor industrial no Brasil*

5779 Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL constituem um plano que
 5780 transcende a política nacional. O MDL é um dos três mecanismos de compensação de
 5781 redução de gases de efeito estufa introduzidos pelo Protocolo de Kyoto, e que
 5782 possibilita a implantação de projetos que envolvam medidas de mitigação das emissões
 5783 de GEE (Henriques Jr., 2010). Sob a liderança do MCT, o governo brasileiro vem
 5784 buscando assegurar um ambiente com regras claras de forma a incentivar a implantação
 5785 de projetos de MDL.

5786 Do total de projetos de MDL registrados atualmente no Brasil, cerca de 27% desses
 5787 estão no setor industrial, e nestes, segundo levantamento realizado no “site” do MCT
 5788 (2011), 50% das emissões evitadas se dão no setor sucroalcooleiro, através de projetos
 5789 de cogeração.

5790 *Plano de Expansão da Malha de Transporte de Gás Natural (PEMAT)*

5791 O PEMAT foi criado através do decreto nº 7.382/2.010, com o objetivo de estabelecer
 5792 estudos sobre mercado potencial de gás natural, com vistas à licitação de gasodutos de
 5793 transporte de gás natural, alterando o atual regime de concessão vigente. Também
 5794 institui figuras como o auto-produtor de gás natural, por exemplo, buscando introduzir
 5795 novos agentes no mercado de gás natural. Nesse sentido, objetiva-se expandir a oferta
 5796 de gás natural no país, através da licitação de gasodutos a serem indicados pela União,
 5797 para viabilizar a expansão mais acelerada da oferta deste energético no país, permitindo
 5798 deslocar energéticos com maior fator de emissão de carbono, bem como alguns
 5799 poluentes locais.

5800 **3.5.5.2. Propostas para a implementação das opções de mitigação de emissões de** 5801 **GEE na indústria**

5802 O presente tópico apresenta algumas propostas para aceleração de adoção de
 5803 alternativas tecnológicas que representem ganhos na redução das emissões de GEE pela
 5804 indústria nacional, a partir das alternativas apresentadas nos tópicos anteriores.

5805 *Eficiência Energética*

5806 Entre as diversas barreiras apontadas por especialistas (Taylor et al., 2007, Geller et al.,
 5807 2004, Jannuzzi, 2000; Worrel et al., 2009, Dyer et al., 2008, Jochem e Gruber, 2007,
 5808 IEA, 2007), incluem-se dificuldades de acesso à financiamento, reduzido grau de
 5809 informação quanto às alternativas de uso eficiente de energia, baixo grau de articulação
 5810 entre agentes, baixa capacitação técnica, aspectos culturais, dentre diversos outros
 5811 fatores.

5812 A seguir estão resumidas as medidas propostas no campo da eficiência energética:

- 5813 i) Estabelecer sistema de estatísticas e monitoramento de informações sobre o
5814 desempenho energético de setores da economia, bem como o potencial de
5815 economia de energia possível;
- 5816 ii) Estabelecer projetos de demonstração para divulgação de casos de sucesso
5817 contemplando tecnologias transversais e/ou específicas;
- 5818 iii) Estudar a adoção de incentivos tributários para instalação de equipamentos
5819 mais eficiente no uso de energia;
- 5820 iv) Incentivar o desenvolvimento doméstico de tecnologias mais eficientes de
5821 uso de energia em cada setor da economia;
- 5822 v) Estudar e disponibilizar linhas de financiamento com juros e condições
5823 diferenciadas para a implementação de projetos voltados à eficiência
5824 energética.
- 5825 vi) Desenvolver programas de capacitação para técnicos voltados à
5826 identificação e implantação de soluções energéticas mais eficientes nos
5827 usuários finais;
- 5828 vii) Estabelecer metas de índices de consumo específico por setores ou grupos
5829 de empresas assemelhadas, criando bônus ou prêmios para as melhores;
- 5830 viii) Estabelecer ações para aceleração do desenvolvimento do mercado de
5831 ESCOs;
- 5832 ix) Ampliar os recursos de P&D para projetos de eficiência energética voltados
5833 tanto para desenvolvimento tecnológico quanto na implantação de projetos
5834 demonstração;
- 5835 x) Ampliar transferência de tecnológica através de parcerias tecnológicas.
- 5836 xi) Reformular a governança de programas como o PROCEL e o CONPET,
5837 para maior grau de difusão de ações entre os agentes de mercado;
- 5838 xii) Estabelecer processo de certificação de empresas energeticamente
5839 eficientes, permitindo conceder incentivos fiscais, tributários, ou de outra
5840 natureza, para as empresas assim qualificadas;
- 5841 xiii) Incentivar acordos voluntários para adoção de medidas/tecnologias mais
5842 eficientes;
- 5843 xiv) Promover política de compra oficial de equipamentos mais eficientes.

5844 **Reciclagem e Economia de Materiais**

5845 As principais barreiras no setor de reciclagem situam-se à limitação de financiamentos,
5846 no baixo engajamento de municípios e ainda a flutuação dos preços de matérias-primas
5847 e de certas “*commodities*”. Por exemplo, na medida em que os preços da bauxita ou
5848 alumina se situem muito baixos, o preço pago pelo alumínio de sucata se reduz. Além
5849 disso, há limitações na oferta de alguns materiais, devido indisponibilidade eventual,
5850 custo muito elevado da coleta seletiva e custo com transporte (CEMPRE, 2009).

5851 As medidas propostas incluem:

- 5852 i) Apoiar/financiar associações, cooperativas de reciclagem de material usado;
- 5853 ii) Criar/incentivar programas de coleta seletiva em cidades de médio e grande
5854 porte (para papel, vidro, metais e plásticos);
- 5855 iii) Desenvolver modelos de taxaço do tipo depósito/retorno, nos moldes do
5856 que já ocorre em vários países desenvolvidos (Palmer et al., 1995);
- 5857 iv) Criar programas de reciclagem com maior visibilidade na mídia, tais como
5858 selos e certificados verdes para produtos reciclados, possivelmente de acordo
5859 com a ISO 14.000;
- 5860 v) Estabelecer política para consorciamento de municípios cuja escala conjunta
5861 de disponibilidade de resíduos possa justificar a instalação e operação de
5862 unidades geradoras de eletricidade.

5863 ***Substituição inter-energéticos (fóssil por fóssil)***

5864 A substituição de fontes fósseis de maior conteúdo de carbono por gás natural é
5865 condicionada a dois aspectos básicos: a disponibilidade e a competitividade de preços
5866 relativos.

5867 Ações propostas incluem:

- 5868 i) Disponibilizar recursos financeiros para conversão/aquisição de
5869 equipamentos voltados ao consumo de gás natural;
- 5870 ii) Manutenção de investimentos em P&D para fomentar o mercado de gás,
5871 desenvolvendo novos produtos e equipamentos mais eficientes;
- 5872 iii) Estabelecer política de preços de gás natural que reflita as vantagens
5873 comparativas de uso deste energético em detrimento de outros combustíveis
5874 fósseis mais poluentes.

5875 ***Cogeração de Energia***

5876 A cogeração de energia no Brasil tem tradicionalmente se voltado para aqueles setores
5877 com disponibilidade de resíduos energéticos em seus processos de produção, tais como
5878 as indústrias sucroalcooleira, siderurgia, papel e celulose e petroquímica.

5879 No caso da cogeração a gás natural, as principais dificuldades para implantação de
5880 unidades de cogeração incluem aspectos ligados aos padrões de interconexão à rede da
5881 concessionária, venda efetiva de excedentes cogeraados e a incertezas ligadas à
5882 perspectivas de evolução dos preços relativos de energéticos, em especial, o gás natural.
5883 Cabe destacar que a economicidade destes empreendimentos também pode ser
5884 estimulada por conta de percepção de perdas devido a interrupções não programadas de
5885 eletricidade (Szklo et al., 2000).

5886 Para incentivo à instalação destes sistemas, sugestões de ações incluem:

- 5887 i) Estudar a adoção de política tributária diferenciada para equipamentos de
5888 cogeração;
- 5889 ii) Incentivar políticas de depreciação acelerada para estes equipamentos;
- 5890 iii) Definição de padrões técnicos de interconexão à rede;

5891 iv) Estabelecer processos e metodologias para colocação de excedentes elétricos
5892 cogerações à rede, definindo regras específicas de entrada nos ativos de
5893 distribuição (unidades cogedoras ofertantes) e de saída (consumidores que
5894 optam pela cogeração).

5895 *Uso de biomassas renováveis e eliminação de biomassas de desmatamentos*

5896 As biomassas enfrentam barreiras de diversos tipos. No caso da lenha e do carvão
5897 vegetal há dificuldades pelo lado da oferta diante de limitações de crédito e pelo baixo
5898 preço praticado na oferta das biomassas de desmatamento. Somam-se a estes pontos a
5899 questão do alto custo da terra, a competição com outros usos, as distâncias existentes
5900 dos empreendimentos florestais para alguns pólos industriais, que encarecem o
5901 transporte, e os demais custos de transação da utilização da biomassa renovável
5902 (Henriques Jr., 2010).

5903 Medidas para incrementar a participação da biomassa renovável e eliminar o
5904 desmatamento são complexas, exigindo ações multidisciplinares, que envolvem
5905 medidas de comando e controle (fiscalização), redefinição de regras e leis,
5906 compensações financeiras, limitação de crédito para atividades degradantes e,
5907 principalmente, financiamento de longo prazo para formação e manutenção de florestas
5908 energéticas (rotações de 7 anos e ciclos de até 21 anos, no caso de eucaliptos, por
5909 exemplo).

5910 No caso do carvão vegetal, muito embora a principal barreira seja a falta de florestas
5911 plantadas, é igualmente importante coibir a produção e o consumo deste energético
5912 proveniente de desmatamentos, que gera degradação ambiental e concorrência
5913 predatória. Além de ações de fiscalização em relação ao uso ilegal desse carvão vegetal
5914 não-renovável, sugere-se também a substituição integral dos fornos rudimentares (do
5915 tipo “rabo-quente”), ainda muito comuns em áreas rurais, por fornos com tecnologias
5916 mais modernas e eficientes. De outro lado, na área social, a situação dos trabalhadores
5917 rurais atuam na cadeia informal e ilegal de produção biomassas, tanto no corte de
5918 árvores quanto na produção de carvão, necessita ser considerada num novo modelo de
5919 produção. As medidas políticas a serem implementadas de forma resumida são:

5920 i) Desenvolver programas de exploração sustentável de florestas, conjugado à
5921 adequada fiscalização destes empreendimentos;

5922 ii) Financiar empreendimentos de florestas energéticas para a produção de
5923 lenha e de carvão vegetal renovável;

5924 iii) Integrar o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto às
5925 políticas públicas de financiamento, como instrumento adicional para se
5926 incrementar a atratividade da utilização de carvão vegetal renovável (Plantar,
5927 2009);

5928 v) Estudar e implementar políticas de financiamento específicas para aquisição
5929 de equipamentos industriais para o uso destes energéticos (picadores, fornos,
5930 caldeiras etc), eficientes e com menor impacto ambiental;

5931 vi) Atuar para recolocação profissional de trabalhadores informais que atuam no
5932 desmatamento e/ou produção de carvão vegetal para novas atividades;

5933 Quanto à energia solar, as principais barreiras têm sido a falta de conhecimento da
5934 tecnologia, ausência de financiamento e aspectos culturais. Muitas empresas estão

5935 acostumadas aos seus processos tradicionais, e têm dificuldades com relação a
5936 mudanças e inovações. As principais recomendações envolvem:

5937 i) Manter IPI zero para os produtos de uso de energia solar (coletores para
5938 aquecimento de água/ar e painéis para a energia fotovoltaica), aplicando a
5939 divulgação do produto e do crédito disponível;

5940 ii) Criar linha de financiamento especial (juros reduzidos, carência, prazo
5941 dilatado de amortização) para empreendimentos baseados no aproveitamento
5942 da energia solar;

5943 iii) Destinar recursos de P&D para o desenvolvimento de equipamentos
5944 industriais alimentados pela energia solar (secadores, por exemplo).

5945 iv) Desenvolver projetos de demonstração.

5946

5947 **Referências Bibliográficas**

5948 ABAL, 2008. *Boletim Técnico ABAL*. Associação Brasileira de Alumínio. Disponível em:
5949 <http://www.abal.org.br/>. Acesso em 23/09/2008.

5950 ABIVIDRO, 2008. Disponível em: <http://www.abividro.org.br/>. Acesso em: 10/08/2008.

5951 ABM, 2008. *29º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades* (mídia eletrônica).

5952 ABMBRASIL, 2008. Disponível em: <http://www.abmbrasil.org.br>. Acesso em: 08/08/2008.

5953 Alsema, E., 2001. *ICARUS-4 Sector Study for the Refineries*. The Netherlands: Department of
5954 Science, Technology and Society. Utrecht University. Disponível em:
5955 <http://copernicus.geog.uu.nl/uce-uu/downloads/Icarus/Refineries.pdf>. Acesso em 15/06/2009.

5956 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Banco de Informações de Geração (BIG) .
5957 Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em novembro/2012.

5958 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). REN 399/2.010. Disponível em:
5959 <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em novembro/2011.

5960 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)., REN 389/2.009. Disponível em:
5961 <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em novembro/2011.

5962 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)., REN 304/2.008. Disponível em:
5963 <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em novembro/2011.

5964 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)., REN 235/2.006. Disponível em:
5965 <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em novembro/2011.

5966 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)., REN 371/1.999. Disponível em:
5967 <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em novembro/2011.

5968 BRACELPA, 2011. Associação Brasileira de Celulose e Papel. Dados estatísticos sob o
5969 segmento. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br>. Acesso em: Novembro/2011.

5970 BRACELPA, 2008. Associação Brasileira de Celulose e Papel. Arquivos eletrônicos com dados
5971 estatísticos sob o segmento. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br>. Acesso em: 11/09/2008

5972 BRASIL, 1993. Lei 10.295/2.001. Brasília. Disponível em: www.planalto.gov.br.

5973 BRASIL , 1993. Lei 8.631/1.993. Brasília. Disponível em: www.planalto.gov.br.

- 5974 BRASIL, 1993. Lei 9.991/2.000. Brasília. Disponível em: www.planalto.gov.br.
- 5975 BRASIL, 2003. Decreto 2.003/1.996. Brasília. Disponível em: www.planalto.gov.br.
- 5976 BRASIL, 2009. Lei 10.438/2.002. Brasília. Disponível em: www.planalto.gov.br.
- 5977 BRASIL, 2009. Lei 10.848/2.004. Brasília. Disponível em: www.planalto.gov.br.
- 5978 BRASIL, 2009. Lei 11.488/2.007. Brasília. Disponível em: www.planalto.gov.br.
- 5979 BRASIL, 2009. Lei 12.187/2.009. Brasília. Disponível em: www.planalto.gov.br.
- 5980 BRASIL, 2010. Decreto 5.025/2.004. Brasília. Disponível em: www.planalto.gov.br.
- 5981 BRASIL 2010. Decreto 5.163/2.004. Brasília. Disponível em: www.planalto.gov.br.
- 5982 BRASIL 2010. Decreto 7.382/2.010. Brasília. Disponível em: www.planalto.gov.br.
- 5983 BRASIL 2010. Decreto 7.390/2.010. Brasília. Disponível em: www.planalto.gov.br.
- 5984 CEMPRE, 2009. *Compromisso Empresarial para a Reciclagem*. Disponível em
5985 <http://www.cempre.org.br>. Acesso em: 23/09/2009.
- 5986 CONPET. 2011. Dados sobre o programa CONPET. Disponível em: <http://www.conpet.gov.br>.
5987 Acesso em novembro/2011.
- 5988 De Beer, J.D., 1998. *Potential for Industrial Energy-Efficiency Improvement in the Long Term*.
5989 Utrecht University.
- 5990 De Gouvello, P. Szklo, A., Schaeffer, R. (2010). Estudo de baixo carbono para o Brasil –
5991 Energia. Relatório síntese. Rio de Janeiro, RJ.
- 5992 De Paula, C.P., 2004. *Geração Distribuída e Cogeração no Setor Elétrico: Avaliação Sistêmica*
5993 *de um Plano de Inserção Incentivada*. Tese de doutorado. PIGGE/USP, São Paulo, 345 p.
5994 Disponível em www.usp.br.
- 5995 Dyer, C.H., Hammond, G.P., Jones, C.I., Mckenna, R.C., 2008. “Enabling Technologies for
5996 Industrial Energy Demand Management”. **Energy Policy**, 36, pp. 4434-43.
- 5997 Empresa de Pesquisa Energética (EPE). 2012. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2021*.
5998 Disponível em: <http://www.epe.gov.br/>. Acesso em: novembro/2012.
- 5999 Empresa de Pesquisa Energética (EPE) , 2011. Balanço Energético Nacional – ano base 2010.
6000 Disponível em: <http://www.epe.gov.br/>. Acesso em: novembro/2011.
- 6001 Empresa de Pesquisa Energética (EPE) , 2007. Plano Nacional de Energia 2030. Disponível em
6002 <http://www.epe.gov.br>.
- 6003 ENERGETICS, 1998. *Industrial Combustion Vision - A Vision by and for The Industrial*
6004 *Combustion Community*. Prepared for US/Dept. of Energy. 23p.
- 6005 Geller, H., Schaeffer, R., Szklo, A., Tolmasquim, M.T., 2004. “Policies for Advancing Energy
6006 Efficiency and Renewable Energy Use in Brazil”. **Energy Policy** 32, Issue 12, p.1437-50.
- 6007 Henriques Jr., M.F., 2010. Potencial de redução das emissões de gases de efeito estufa no setor
6008 industrial brasileiro. Tese DSc., Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de
6009 Janeiro. (disponível em <http://ppe.ufrj.br>)
- 6010 Hepbasli E Kalinci, 2008. “A Review of Heat Pump Water Heating Systems”. **Renewable and**
6011 **Sustainable Energy Reviews**, v. 13, Issue 6-7, pp. 1211-29.
- 6012 IEA International Energy Agency (IEA), 2010. Energy Technology Perspectives. Vienna.
6013 Disponível em: www.iea.org.

- 6014 International Energy Agency (IEA). 2007. *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂*
6015 *Emissions*. International Energy Agency, OECD/IEA, Paris, 321p.
- 6016 IPEADATA. Dados macroeconômicos. Acesso em outubro/2011. Disponível em:
6017 <http://www.ipeadata.gov.br>.
- 6018 Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). 1985a. *Conservação de*
6019 *Energia no Setor de Papel e Celulose*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas.
- 6020 Jannuzzi, G., 2000. *Políticas Públicas para Eficiência Energética e Energia Renovável no Novo*
6021 *Contexto de Mercado: Uma Análise da Experiência Recente dos EUA e do Brasil*. Autores
6022 Associados, 116p.
- 6023 Jochem, E., Gruber, E., 2007. “Local Learning-Networks on Energy Efficiency in Industry –
6024 Successful Initiative in Germany”. *Applied Energy* 84, pp. 806-916.
- 6025 KuritaA, 2009. Disponível em: <http://www.kurita.com.br>. Acesso em 20/07/09.
- 6026 Linnhoff, B., Hindmarsh, E., 1983. “The Pinch Design Method for Heat Exchanger Networks”.
6027 *Chemical Engineering Science*, v.38, pp.745-63.
- 6028 Martin, N., Worrel, E., Ruth, M., Price, L., Elliot, R.N., Shipley, A.M., Thorne, J., 2000.
6029 *Emerging Energy-efficient Industrial Technologies*. Ernest Orlando Lawrence Berkeley
6030 National Laboratory, LBNL 46990, 191p.
- 6031 Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). 2012. Informações sobre Fundos
6032 Setoriais. Disponível em: www.mcti.gov.br. Acesso em Novembro/2012.
- 6033 Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). 2011. Fatores de Emissão para o Sistema
6034 Interligado Nacional de energia elétrica - SIN. Disponível em: www.mcti.gov.br. Acesso em
6035 Novembro/2011.
- 6036 Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). 2010. Segunda Comunicação Nacional do Brasil.
6037 Brasília. . Disponível em: www.mcti.gov.br.
- 6038 Ministério de Minas e Energia (MME) 2008. Dados históricos de energia e economia.
6039 Disponível em: <http://www.mme.gov.br/publicações>. Acesso em: 03/05/2008.
- 6040 Ministério de Minas e Energia (MME) 2007. Anuário Estatístico 2007 - Setor de
6041 Transformação de Não-metálicos. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. Brasília, 72p.
- 6042 Ministério de Minas e Energia MME/FDTE (2005). Balanço de Energia Útil. Brasília.
6043 Disponível em: <http://www.mme.gov.br>. 2005.
- 6044 Moreira, A.M., Pellanda, A., Veloz, C., Butrimavicius, P., Porto, M., Ahón, V., Costa, A., 2008,
6045 “Estudo da integração energética de uma unidade de destilação atmosférica e a vácuo”. 4.
6046 Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás - PDPETRO, Campinas, 10p.
- 6047 Palmer, K.L., Sigman, H.A., Walls, M.A., Harrison, K., Puller, S., 1995. The Cost Of Reducing
6048 Municipal Solid Waste: Comparing Deposit-Refunds, Advance Disposal Fees, Recycling
6049 Subsidies, and Recycling Rate Standards. Resources for the Future.
- 6050 PLANTAR, 2009. Disponível em: <http://www.plantar.com.br>. Acesso em: 29/04/2009.
- 6051 PROCEL. 2012 Resultados históricos. Disponível em: <http://www.eletrabras.com.br/procel>.
6052 Acesso em novembro/2012.
- 6053 Reed, R.J., 1985. *North American Combustion Handbook*. North American Manufacturing
6054 Company. 332p.
- 6055 SÃO PAULO. Lei estadual 13.798/2.009. Disponível em: <http://www.sp.gov.br>. Acesso em
6056 novembro/2011.

- 6057 Szklo, A.S., Soares, J.B. & Tolmasquim, M.T., 2000. "Economic Potential of Natural Gas-fired
6058 Cogeneration - Analysis of Brazil's Chemical Industry". **Energy Policy**, 32(12), pp.1415-28.
- 6059 Tolmasquim, M.T., Szklo, A., Soares, J.B., 2003. *Mercado de Gás Natural na Indústria*
6060 *Química e no Setor Hospitalar do Brasil*. CENERGIA/CPPE/UFRJ, Editora E-paper. Rio de
6061 Janeiro, 344 p.
- 6062 Trinks, W., Mawhinnney, M.H., 1975. *Hornos Industriales*. Urmo, vol. 1 e 2, S.A. de
6063 Ediciones, Bilbao.
- 6064 US/DOE, 2002. *Best Practice Steam Overview*. Industrial Technologies Program/ Energy
6065 Efficiency and Renewable Energy. Disponível em: <http://www.doe.gov>.
- 6066 US/OTA, 1993. *Industrial Energy Efficiency*. Office of Technology Assessment. Congress of
6067 the United States of America, Washington, 141p.
- 6068 Worrel, E., Bernstein, L., Roy, J., Price, L., Harnisch, J., 2009. "Industrial Energy Efficiency
6069 and Climate Change Mitigation". **Energy Efficiency**, v. 2, pp.109-123.
- 6070 Worrel, E., Price, L., Neelis, M., Galitsky, C., Nan, Z., 2008. *World Best Practice Energy*
6071 *Intensity Values for Selected Industrial Sectors*. Ernest Orlando Lawrence - Berkeley National
6072 Laboratory, LBNL-62806 - rev.2, 45p.
- 6073 Worrell, E., Galitsky, C., 2005. *Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities*
6074 *for Petroleum Refineries*. An ENERGY STAR® guide for energy and plant managers,
6075 Berkeley, CA 94720: Energy Analysis Department. University of California. Disponível em:
6076 <http://www-library.lbl.gov/docs/LBNL/561/83/PDF/LBNL-56183.pdf>. Acesso em: 10/06/2009.

6077

6078

6079 **3.6. AGROPECUÁRIA E SILVICULTURA**

6080 **Introdução**

6081 Em termos globais, as emissões de gases de efeito estufa (GEE) originadas da
6082 agricultura e pecuária contribuíram com 10 a 12 % das emissões antropogênicas
6083 globais, computadas em equivalentes de CO₂ (CO₂eq) para o ano 2005 (Smith et al.,
6084 2007). No Brasil, dados do Ministério de Ciência e Tecnologia indicaram que 19 % das
6085 emissões do País registradas em 2005 foram originadas do setor agropecuário (MCTI,
6086 2011).

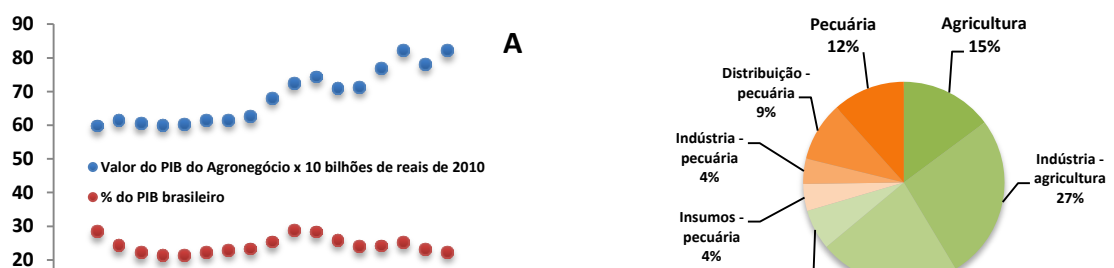
6087 A agropecuária é um dos mais importantes setores da economia brasileira, respondendo,
6088 por 4,9 % do produto interno bruto nacional de 3,67 trilhões de reais em 2010 (IBGE,
6089 2011a), e no cenário global é referência no suprimento da demanda por várias
6090 *commodities*. Por outro lado, considerando-se todo o agronegócio, onde se agregam as
6091 movimentações do setor industrial e de serviços, estima-se que a agropecuária venha
6092 contribuindo com 22 a 29 % do PIB nacional desde 1994, participação esta com
6093 tendência de queda desde 2003, embora, em quantidade de moeda registrada
6094 anualmente, esteja em escala ascendente desde esse ano (Figura 3.6.1A), o que indica
6095 crescimentos ainda maiores de outros setores da economia.

6096 Em relação ao PIB do Agronegócio, os produtos da agricultura e da pecuária *per se*
6097 movimentam 15 e 12% do PIB do agronegócio, respectivamente, sendo o restante
6098 relacionado às etapas de indústria e serviços (Figura 3.6.1B).

6099

6100

6101



6102
6103
6104
6105
6106
6107
6108
6109
6110
6111
6112
6113
6114
6115
6116
6117
6118
6119
6120
6121
6122
6123

Figura 3.6.1. Valores do produto interno bruto (PIB) do agronegócio brasileiro e sua percentagem no PIB brasileiro durante o período de 1994 a 2010 (A); e participação percentual de cada componente da agricultura e pecuária no PIB do agronegócio (B). Dados calculados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - ESALQ/USP (CEPEA, 2011).

Enquanto o setor se destaca na economia do País, no plano ambiental o desempenho do setor é associado ao avanço de lavouras e pastagens sobre os ecossistemas, principalmente dos Cerrados e Amazônia (Sawyer, 2008; Barona et al., 2010), fazendo com que as emissões pelo uso e pela mudança de uso do solo sejam as principais fontes de gases de efeito estufa (GEE) do País, próximo de 80 % do total (MCTI, 2011).

Estudos estimam aumento das emissões de GEE pela agricultura e pecuária no cenário nacional nos próximos 10 a 20 anos, em função da necessidade de atendimento à demanda global de alimentos (McKinsey, 2009; Gouvello et al., 2010; Cerri et al., 2010). Porém, é um consenso que se trata de um setor com muitas oportunidades de mitigação de emissões de GEE, como a expansão do cultivo utilizando o plantio direto na palha e a melhoria das pastagens, entre outras, assunto que será tratado neste capítulo.

6124 **3.6.2. Agricultura Brasileira**

6125
6126
6127
6128
6129
6130
6131
6132

O Brasil se destaca no cenário internacional pela produção agrícola e pecuária. Segundo a FAO (2011), em 2009 o País liderava o ranking mundial em produção de café, derivados de cana-de-açúcar e laranja, e feijão, ocupa a segunda posição na produção de soja e terceira na de milho, além de se destacar nas exportações desses produtos. Ainda, segundo a FAO, o Brasil possui o segundo maior rebanho bovino do mundo, com mais de 200 milhões de cabeças, e o terceiro maior plantel de aves, posicionando-se entre os maiores exportadores de carne bovina e de frango, além de carne suína.

6133 **3.6.2.1. Principais lavouras**

6134
6135
6136
6137
6138
6139
6140
6141
6142
6143
6144
6145

Segundo o IBGE (2011b), a área total plantada no Brasil em 2010/2011 foi estimada em 66,7 Mha, dos quais, aproximadamente, 49,3 Mha destinaram-se a produção de grãos, 6,3 Mha a lavouras permanentes, outros 9,6 Mha à cultura da cana-de-açúcar, e o restante a outras culturas. A área plantada com grãos variou entre 35 e 39 Mha de 1990 a 2001, aumentando para 47 a 49 Mha entre 2002 e 2004, principalmente pela expansão das áreas de soja; mantendo-se nesse patamar até 2011. Por outro lado, a safra de grãos apresentou um comportamento crescente de 1990 a 2011, variando de 58 para 157 milhões de toneladas (Figura 2A), o que significou um aumento de produtividade, de 1990 para 2011, de 1,6 para 3,2 Mg ha⁻¹. No período de 1990 a 2010, a população brasileira aumentou de aproximadamente 145 para 191 milhões de habitantes, mas o bom desempenho da agricultura permitiu que a produção *per capita* de grãos variasse de 0,40 para 0,78 toneladas no mesmo período (Figura 3.6.2B).

6146 Da área de agricultura de sequeiro, dedicada à safra de verão³⁹, pouco mais de 60 % tem
 6147 correspondido ao plantio da soja e milho, sendo a primeira cultivada em 24 Mha,
 6148 segundo estimativas para a safra 2010/2011 (Conab, 2011). As áreas mais relevantes
 6149 para produção de grãos se estendem do Norte ao Sul do País, concentrando-se na região
 6150 Sul e Centro-Oeste, além da Bahia e Minas Gerais (Figura 3.6.3A). O plantio direto
 6151 estava sendo utilizado em 17,6 Mha de acordo com o Censo de 2006 (IBGE, 2006a),
 6152 embora a estimativa baseada em cooperativas de produtores, informações da
 6153 agroindústria e especialistas do setor, entre outros, tenha sido de 25,5 Mha, na safra
 6154 2008/2009 (Derpsch et al., 2010).

6155

6156

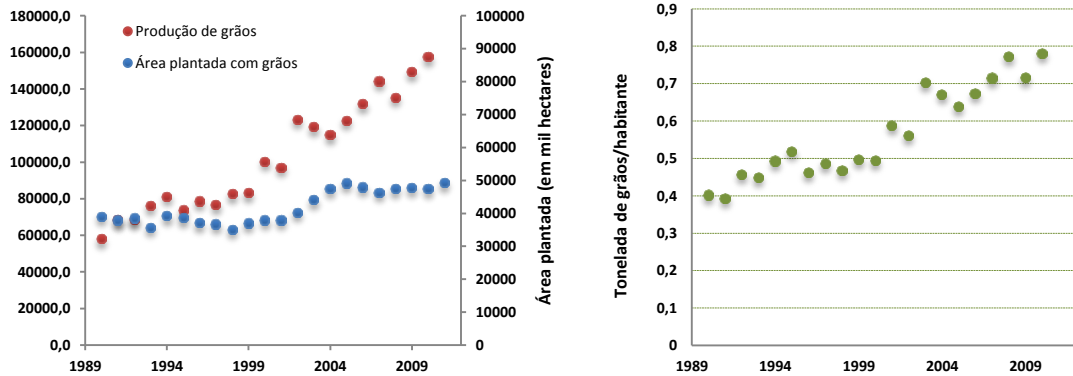
6157

6158

6159

6160

6161



6162 **Figura 3.6.2.** Produção e área plantada com grãos de 1990 a 2011 (A), e razão entre a quantidade de
 6163 grãos produzida e o número de habitantes do Brasil no período de 1990 a 2010 (B). Dados da CONAB
 6164 (Conab, 2012) e do IBGE (IBGE, 2011c).

6165

6166 Depois da soja e milho, a cana-de-açúcar é a cultura com maior área plantada (9,6 Mha
 6167 na safra 2010/2011), concentrando-se em São Paulo e no litoral nordestino, além de
 6168 estados como os de Minas Gerais, Paraná e Mato Grosso do Sul (Figura 3.6.3B). O
 6169 Estado de São Paulo é responsável por aproximadamente 64% da produção nacional de
 6170 cana-de-açúcar, com uma área disponível para colheita que se aproximou de 5,3 milhões
 6171 de hectares, em 2010-2011.

6172

6173

6174

6175

6176

6177

6178

6179

6180

6181

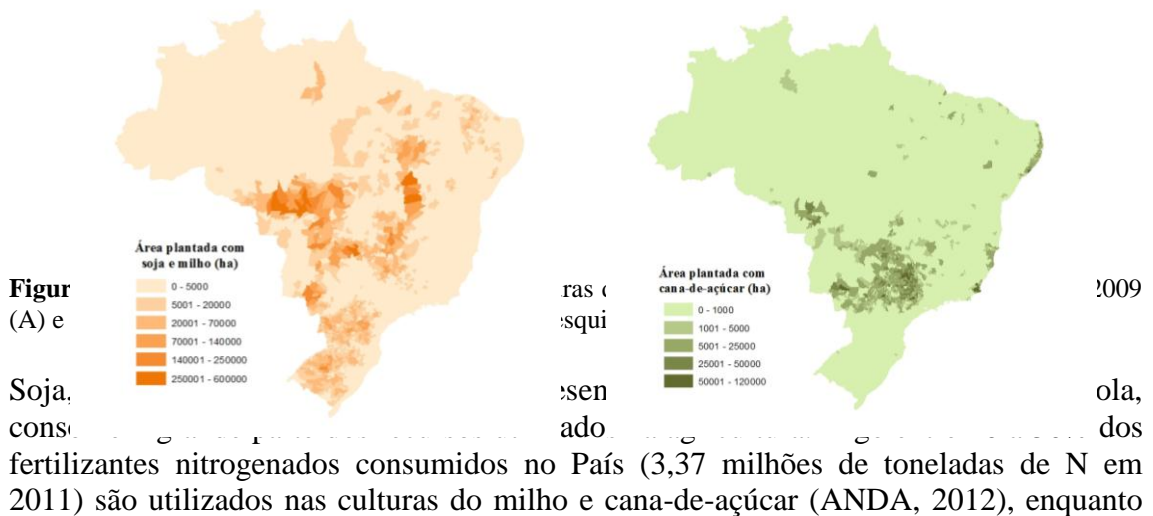
6182

6183

6184

6185

6186



39 Corresponde aos plantios que se desenvolvem nos meses de maior incidência de chuva e temperaturas mais altas, normalmente entre outubro e março.

6187 que mais de 50 % dos defensivos são consumidos no manejo das três culturas (Neves et
6188 al. 2006).

6189

6190 *Pecuária*

6191 De acordo com o censo agropecuário de 2006, o Brasil possuía um rebanho bovino
6192 estimado em 171,6 milhões de cabeças (IBGE, 2006b), 80 % com sangue zebuino (*Bos*
6193 *indicus*), especialmente da raça Nelore, para o caso de animais de corte (Ferraz e
6194 Felício, 2010). Os animais criados para corte representam a maioria do rebanho, e
6195 grande parte se encontra na região dos Cerrados, que também concentra parte
6196 significativa da produção agrícola nacional, sendo que pastagens cultivadas e lavouras
6197 ocupam, respectivamente, 26,5 e 10,5 % da área (Sano et al., 2010).

6198 O número de vacas ordenhadas no País em 2010 foi de 22 milhões de cabeças, segundo
6199 o IBGE (2011e), número que oscilou em mais ou menos 10 % desde 1990, com uma
6200 produção estimada para o período de julho/2010 a junho/2011 de 21,3 bilhões de litros
6201 de leite (IBGE, 2011f). Aproximadamente 34 % do rebanho se encontra na região
6202 Sudeste, sendo o restante distribuído pelas demais regiões, exceto na região norte, que
6203 conta com o menor número de animais (~10 %).

6204 A área ocupada por pastagens, estimada pelo IBGE em intervalos de tempo de 5 a 10
6205 anos, mostrou uma redução em 10% em 2006, comparado aos números de 1990 e 1995.
6206 Dos 159 milhões de hectares de pastagens existentes em 2006, 57,31 milhões eram de
6207 espécies nativas, 91,59 milhões de espécies cultivadas em boas condições e 9,84
6208 milhões de pastagens cultivadas degradadas (IBGE, 2006c). A área degradada estimada
6209 pelo IBGE está bem abaixo do que tem sido intuitivamente divulgado por especialistas e
6210 disseminada em artigos científicos (ex. Peron e Evangelista, 2004; Oliveira et al., 2004;
6211 Euclides et al., 2010). Considerando os totais de rebanho e área de pastagem, obtém-se
6212 uma lotação animal média próxima de 1 cabeça ha⁻¹, o que caracteriza a pecuária
6213 nacional como extensiva.

6214 A produção de ovos e carne de frango representam as principais atividades da avicultura
6215 brasileira. Dados da UBABEF (2010) mostram que o abate de frangos resultou em
6216 12,23 milhões de toneladas de carne em 2010, em um crescimento de 11,38% em
6217 relação a 2009, e significou um consumo per capita de 44 kg ano⁻¹. Do total produzido,
6218 31% foram destinados ao mercado externo, sendo o Oriente Médio o principal
6219 importador do País. Ainda, segundo a UBABEF (2010), a produção de ovos em 2010
6220 chegou a 28,8 bilhões de unidades, e o consumo per capita foi de aproximadamente 149
6221 ovos ano⁻¹.

6222 O abate de suínos alcançou 30,8 milhões de animais em 2011, com uma produção total
6223 de 3,36 milhões de toneladas de carne, que atendem principalmente ao mercado interno
6224 com uma média de consumo per capita de 15,1 kg ano⁻¹ (ABIPECS, 2011).

6225 Tanto a produção de aves quanto a de suínos geram grandes quantidades de dejetos que
6226 são usados como adubos alternativos na agricultura (Fioreze e Ceretta, 2006; Aita et al.,
6227 2006).

6228

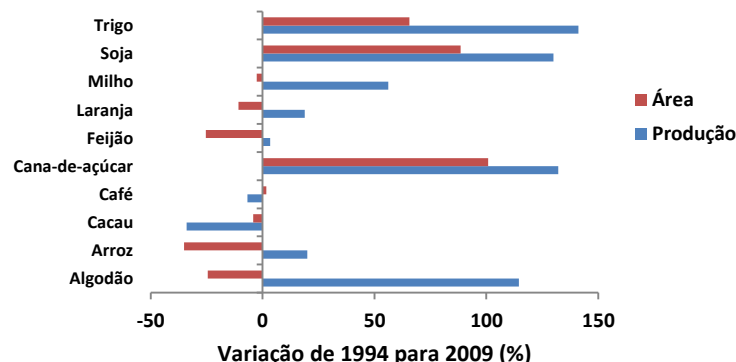
6229 *Florestas plantadas*

6230 As florestas plantadas destacam-se por representar a principal fonte de madeira das
6231 cadeias produtivas de importantes segmentos industriais, como os de celulose e papel,
6232 painéis reconstituídos, móveis, siderurgia a carvão vegetal, energia e produtos de
6233 madeira sólida. A área ocupada por florestas plantadas em 2010 foi estimada pela
6234 ABRAF (www.abraf.br) em 6,97 milhões de hectares, um aumento de 3,2% em relação

6235 ao ano de 2009 e com maior concentração na região sul e sudeste do Brasil. Desse total,
 6236 68,2% são áreas plantadas com eucalipto, principalmente para a produção de celulose de
 6237 fibra curta, segmento que o Brasil é líder mundial. Outro segmento importante das
 6238 plantações florestais é o do carvão vegetal, com produção primária florestal de 4,95
 6239 milhões de toneladas em 2010 (R\$ 2,34 bilhões), dos quais 72% (R\$ 1,69 bilhões)
 6240 foram provenientes do segmento da silvicultura (exploração de florestas plantadas) e o
 6241 restante do extrativismo vegetal (IBGE, 2010). Em 2010, os estados que apresentaram
 6242 os maiores índices de crescimento da área de plantios florestais foram o Mato Grosso do
 6243 Sul (27,4%), Maranhão (10,2%), Tocantins (7,2%), Minas e Pará (6,4%), chamadas as
 6244 “novas fronteiras florestais” (ABRAF, 2011), e Goiás (6,7%).
 6245

6246 3.6.2.2. Tendências futuras

6247 Até 2050, a população do planeta deverá atingir 9 bilhões de habitantes, com uma
 6248 demanda por 70 a 100% mais alimentos do que na atualidade, em função das tendências
 6249 de melhoria na renda e nos padrões de consumo por países em desenvolvimento e
 6250 globalização da economia (Godfray et al. 2010). Essa demanda em potencial exercerá
 6251 uma pressão para expansão das áreas de produção e intensificação dos sistemas
 6252 agropecuários, devendo-se também levar em conta a necessidade de áreas plantadas
 6253 para biocombustíveis. Uma análise do Governo Federal trouxe projeções das principais
 6254 culturas para a safra 2020/2021 (MAPA, 2011a). As principais mudanças deverão
 6255 ocorrer na área plantada com soja, que aumentará em 21,5%, chegando a 30 milhões de
 6256 hectares, e na área de cana-de-açúcar, que será de 11,5 milhões de hectares, uma
 6257 expansão de 22,3 % em relação à safra 2010/2011. A área plantada com milho deverá
 6258 ser de 13,4 milhões de hectares, não havendo grandes mudanças nas áreas de arroz,
 6259 algodão, feijão e trigo. O Banco Mundial (Gouvello et al., 2010) aponta para uma
 6260 expansão de 7,9 Mha da área plantada com soja, 6,5 Mha com cana-de-açúcar e de 3,2
 6261 Mha de florestas comerciais, de 2006 para 2030, sendo as demais culturas pouco
 6262 afetadas pela demanda futura para o Brasil. De fato, o histórico de área plantada com
 6263 culturas como arroz, feijão, algodão, café, laranja etc., indica tendências de redução
 6264 entre 1994 e 2009, enquanto que culturas de safra de verão como soja e cana-de-açúcar
 6265 mostraram significativa expansão. Não obstante, as quantidades produzidas foram
 6266 aumentadas, exceto para algumas culturas como cacau e café (Figura 3.6.4).



6267
 6268 Figura 3.6.4. Variação da área plantada e da produção em 2009 comparada ao registrado em 1994 (IBGE,
 6269 2011b).
 6270

6271 Embora o país tenha terras para absorver o crescimento das áreas de produção, e
 6272 também tecnologia, que permitiu o plantio de soja em baixas latitudes, eficiente na
 6273 fixação biológica de N₂ e tolerante aos solos ácidos da região central do País (Alves et
 6274 al., 2003), os efeitos sobre o ambiente, especialmente o desmatamento, deverão ser

6275 considerados no processo. A cultura da soja deverá expandir na região Centro-Sul, e em
 6276 menor escala nas demais regiões do País, e políticas públicas devem controlar esse
 6277 avanço, tal como a moratória da soja, que impede que produtores comercializem soja
 6278 produzida em áreas de desmatamento do bioma amazônico (ABIOVE –
 6279 http://www.abiove.com.br/ss_moratoria_br.html). Em relação à cana-de-açúcar, o
 6280 zoneamento agroecológico (Manzatto et al., 2009) exclui a expansão da cultura sobre o
 6281 bioma Amazônico e o Pantanal, além de decisões em escalas estaduais e municipais
 6282 para limitar a ocupação das áreas agrícolas pela cultura (Kohlhepp, 2010).
 6283 Ao ponto que se projetam aumentos nas áreas plantadas por algumas culturas, a
 6284 dinâmica das áreas de pastagens deverá mostrar encolhimento na região Centro-Sul,
 6285 dando espaço a outras culturas, e ampliação na região Norte, resultando em pouca
 6286 variação na área total do país até 2030 (Gouvello et al., 2010). Segundo dados do censo
 6287 do IBGE (2006c), a área de pastagens no País diminuiu significativamente em relação
 6288 aos censos anteriores. Não obstante, o País deverá manter um crescimento médio de
 6289 2,2% ao ano na produção de carne bovina até 2021, e se manterá como principal
 6290 exportador (MAPA, 2011a), o que indica que deverá ocorrer maior intensificação nos
 6291 sistemas de produção, além da pressão sobre áreas nativas para formação de novas
 6292 pastagens. O setor florestal pode vir a ser uma atividade estratégica para o
 6293 desenvolvimento do Brasil, tanto no campo agroindustrial, quanto no energético, seja
 6294 para suprimento do mercado interno, seja para a exportação. As incertezas do setor
 6295 dificultam estimativas de longo prazo, mas estima-se que até 2014 a área plantada pode
 6296 ser ampliada em 1,44 milhões de ha (BRASIL, 2009). Em curto prazo, além do aumento
 6297 da área com plantios florestais, espera-se uma intensificação da migração do negócio
 6298 florestal para o hemisfério sul, consolidação das novas fronteiras florestais brasileiras,
 6299 substituição parcial de *Pinus* por florestas de *Eucalyptus* e desenvolvimento de novos
 6300 mercados principalmente na área energética (ABRAF, 2011).

6301

6302 **3.6.3. Emissões no setor**

6303

6304 **3.6.3.1. Emissões gerais**

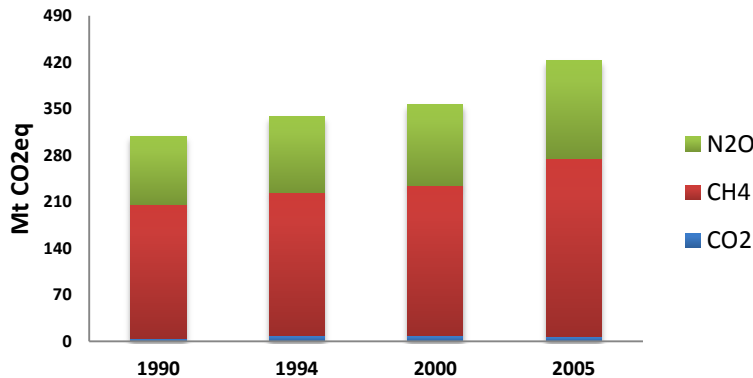
6305 A Segunda Comunicação Nacional sobre emissões de gases de efeito estufa do Brasil
 6306 mostra que as emissões totais da agropecuária aumentaram 37% de 1990 a 2005 (Figura
 6307 3.6.5), passando de 309 para 423 Tg CO₂eq (milhões de toneladas de equivalentes de
 6308 CO₂).

6309 O uso do solo com lavouras e pastagens pode se comportar como fonte ou dreno de CO₂
 6310 da atmosfera, dependendo do uso anterior. No entanto, o Segundo Inventário Brasileiro
 6311 de GEEs não traz essas estimativas desagregadas entre tipos de lavouras ou entre níveis
 6312 de produtividade das pastagens, por exemplo, sendo as emissões de CO₂ computadas no
 6313 setor Mudança de Uso do Solo (MCTI, 2011).

6314 **3.6.3.2. Emissões de CH₄**

6315 As emissões de CH₄ da agropecuária, de 12,8 Tg CH₄, representaram 70,5% das
 6316 emissões totais do País em 2005, sendo a principal fonte do gás a fermentação entérica
 6317 de ruminantes, equivalente a 90% do total de CH₄ emitido no setor, sendo o manejo de
 6318 dejetos de animais, o cultivo de arroz e a queima de resíduos agrícolas outras fontes do
 6319 gás com menor contribuição para o total do país (Figura 3.6.6A). Embora a contribuição
 6320 para as emissões de CH₄ do Brasil seja pequena, o manejo de dejetos de suínos é um

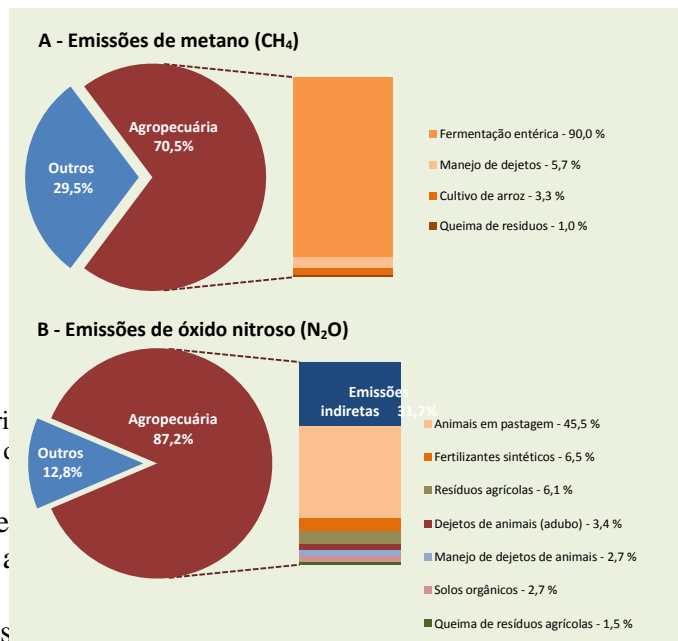
6321 dos problemas do setor em função do potencial de problemas ambientais relacionados
 6322 ao sistema de estabilização e ao descarte nas lavouras.
 6323



6324 **Figura 3.6.5.** Emissões de CO₂, CH₄ e N₂O, em milhões de toneladas de equivalentes de CO₂, pela
 6325 agropecuária brasileira para 1990, 1994, 2000 e 2005, de acordo com o Segundo Inventário Brasileiro de
 6326 Emissões e Remoções de GEE (MCTI, 2011). Para expressar as emissões de CH₄ e N₂O em equivalentes
 6327 de CO₂, utilizaram-se, respectivamente, valores de potencial de aquecimento global (PAG) iguais a 21 e
 6328 310 (IPCC, 1996).
 6329
 6330

6331 **3.6.3.3. Emissões de N₂O**

6332 As emissões de N₂O na agropecuária representaram 87,5 % das emissões totais de N₂O
 6333 do País em 2005 (Figura 3.6.6B), crescendo 43 % em relação aos números de 1990. As
 6334 emissões decorrentes das excreções de animais em pastagens responderam por 45,5 %
 6335 do total da agropecuária, seguidas daquelas dos fertilizantes sintéticos (6,5 %) e
 6336 resíduos agrícolas (6%) como as mais importantes em números. As chamadas emissões
 6337 indiretas de N₂O, derivadas das frações de N mineral do solo que foram volatilizadas,
 6338 lixiviadas ou deslocadas por escoamento superficial equivaleram a 31,7 % das
 6339 emissões da agropecuária, e o fato de se originarem dos dejetos depositados em
 6340 pastagens, além de fertilizantes e adubos, reforça a importância da pecuária sobre as
 6341 emissões de GEEs no País.



6342 **Figura 3.6.6.** Contribuição de diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das
 6343 diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das
 6344 diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das
 6345 diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das
 6346 diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das
 6347 diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das
 6348 diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das
 6349 diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das
 6350 diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das
 6351 diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das
 6352 diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das
 6353 diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das
 6354 diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das
 6355 diferentes atividades para as emissões de metano (A) e N₂O (B), e das

6356 Os dados apresentados contribuem para a identificação de oportunidades de
 6357 redução das emissões de GEEs, bem como para a identificação de linhas de base dos
 6358 sistemas manejados com e sem revolvimento de solo, como os de produção de grãos,
 6359 predominantemente de soja e milho, que acabam não sendo espelhados nos resultados
 6360
 6361

6362 de inventário de gases do País. A este mesmo raciocínio, se aplicam as pastagens, em
 6363 função das diferenças entre condições de degradação e alta produtividade.
 6364

6365 3.6.3.4. Emissões em sistemas de produção

6366 Grãos

6367 As emissões de GEEs associadas aos cereais e oleaginosas, culturas anuais cultivadas
 6368 em sistemas não inundados, estão associadas às variações nos estoques de C e emissão
 6369 de N₂O do solo, além das emissões associadas ao uso de energia fóssil que permeia
 6370 todos os sistemas de produção.

6371 Segundo dados recentes da CONAB (2011), de um total de 36 a 37 milhões de hectares
 6372 plantados com espécies anuais de primeira safra, 86 % correspondem ao plantio de soja
 6373 e milho. No inverno do sul e na safrinha dos Cerrados, plantam-se milho de 2^a safra,
 6374 feijão 2^a e 3^a safras e trigo. Algodão e arroz de terras altas são plantados nos Cerrados,
 6375 principalmente, nas safras de verão, podendo ou não ser usados em rotação com soja e
 6376 milho. O uso do solo para produção dessas culturas anuais pode modificar os estoques
 6377 de C do solo de forma diferenciada, uma vez que parte da lavoura é manejada em
 6378 plantio convencional (PC) e parte em plantio direto (PD) (Boddey et al., 2010; Cerri et
 6379 al., 2010). O uso de PD é apontado como estimulador das emissões de N₂O do solo
 6380 (Smith e Conen, 2004), embora este efeito não seja expressivo em solos bem drenados
 6381 (Jantalia et al., 2008; Rochette, 2008).

6382 Dados obtidos no Brasil confirmam que as emissões de N₂O aumentam com a utilização
 6383 de fertilizantes nitrogenados (Zanata et al., 2007; Cruvinel et al. 2011) e com o
 6384 conteúdo de N dos resíduos vegetais (Jantalia et al., 2008; Gomes et al. 2009). Em
 6385 geral, as emissões de N₂O equivalem a percentagens inferiores a 1% do total de N
 6386 aplicado como fertilizantes e resíduos (Tabela 1), contrastando com o fator de emissão
 6387 direta de N₂O do IPCC (2006), especialmente em solos dos Cerrados onde os fluxos
 6388 desse gás podem estar abaixo dos limites de detecção em muitos momentos do ano
 6389 (Carvalho et al., 2006; Metay et al, 2007). Embora ainda sejam poucos os estudos
 6390 realizados, não tem sido mostradas diferenças marcantes na fração do N adicionado
 6391 emitida como N₂O com a adoção do PD (Tabela 3.6.1), o que pode estar relacionado
 6392 com a boa drenagem dos Latossolos (Jantalia et al., 2008), onde se realizaram a maioria
 6393 dos estudos.

6394 Para a cultura do arroz inundado, as emissões de CH₄ são as mais relevantes (Linguist et
 6395 al., 2012), mas ainda é pouco estudada no Brasil. Silva et al. (2011) encontraram
 6396 diferenças na dinâmica de produção de CH₄ e nas quantidades totais emitidas na
 6397 comparação de diferentes solos que ocorrem em áreas arrozeiras da região Sul. O
 6398 manejo da lâmina de água pode reduzir as emissões (Cerri et al. 2010), porém, as
 6399 informações ainda são muito poucas para inferir sobre o potencial associado a esta
 6400 cultura.

6401 Tabela 3.6.1 – Fração do N de resíduos e fertilizantes, emitida diretamente como N₂O, em sistemas de
 6402 produção de grãos com diferentes manejos.

Local	Tipo	Argila	Sistema	Culturas	Fração do N do fertilizante emitida como N ₂ O	Referência
El Dourado do Sul, RS	Argissolo	22%	PD	A+E/M+C	0,0060	Gomes et al. (2009)
				L+M	0,0075	
				P+M	0,0039	
				E/M	0,0056	

				A/M	0,0000	
Passo Fundo, RS	Latossolo	63%	PD	S/T	0,0052	Jantalia et al. (2008)
				S/E	0,0059	
				M/T + N	0,0041	
				Sg/T + N	0,0024	
			PC	S/T	0,0067	
				S/E	0,0060	
				M/T + N	0,0070	
				Sg/T + N	0,0029	
Santo Antônio de Goiás, GO	Latossolo	40%	PD	Az/B + N	0,0003	Metay et al. (2007)
			PC	Az/B. + N	0,0003	
	Média		PD		0,0041	(0,0008)
			PC		0,0046	(0,0013)

6403 A – aveia; Az – arroz de sequeiro; B – braquiária; C – caupi; E – ervilhaca; L – lab-lab; M – milho; P –
 6404 soja perene; S – soja; Sg – sorgo; T – trigo. Culturas + N indica que as gramíneas anuais existentes foram
 6405 fertilizadas com nitrogênio. O fator de emissão direta de N₂O proposto no IPCC (2006).
 6406

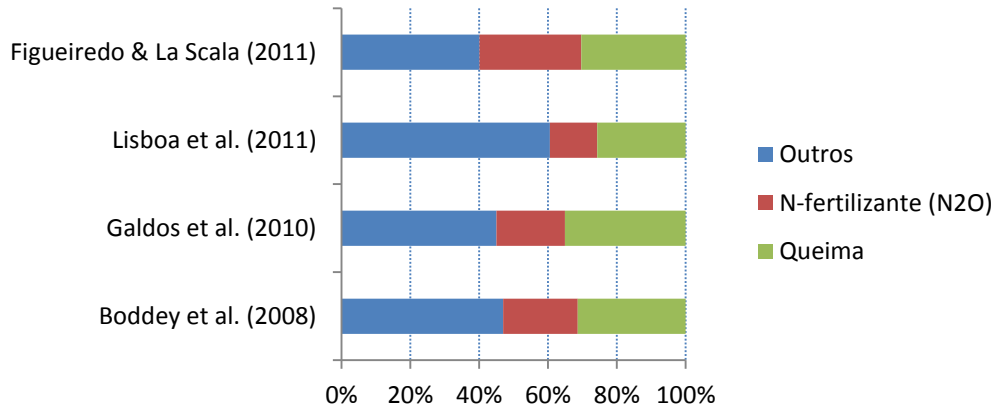
6407 *Cana-de-açúcar*

6408 A cultura da cana-de-açúcar tem sido colhida com e sem a queima prévia da palha,
 6409 sendo a queima da palhada a prática que deverá ser praticamente extinta no futuro. Em
 6410 São Paulo, o ritmo de redução da queima está aquém do esperado, e a prática foi
 6411 adotada em 44% das áreas de produção na safra 2010/2011 (Aguiar et al., 2011).

6412 Não existem estudos feitos no Brasil que quantificaram as emissões de CH₄ e outros
 6413 gases com a queima da palha para facilitar a colheita. Os fatores de emissão *default* do
 6414 IPCC, de 2,70 kg CH₄ Mg⁻¹ e de 0,07 kg N₂O Mg⁻¹ matéria seca de palha queimada
 6415 (IPCC, 2006), são considerados para quantificar as emissões para a cultura da cana. A
 6416 partir desses números, estima-se que a queima resulte em emissões de CH₄ e N₂O que
 6417 somadas variam entre 0,72 a 0,96 Mg CO₂ eq ha⁻¹ ano⁻¹ (Boddey et al. 2008; Lisboa et
 6418 al., 2011; Figueiredo & LaScala, 2011; Galdos et al., 2009). Além desses gases, Galdos
 6419 et al. (2009) destacam a importância de se incluir a fuligem como uma componente de
 6420 efeito estufa, e que significaria considerar mais 5,6 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹ pela queima da
 6421 cultura para colheita.

6422 Outras fontes de GEE, como combustíveis, fertilizantes, resíduos de colheita, vinhaça
 6423 etc., relativos à etapa agrícola de produção da cana-de-açúcar também são
 6424 contabilizados com fatores de emissão do IPCC, na maioria dos casos, e o total de
 6425 emissões na fase de produção da cana-de-açúcar corresponde a 2,56 Mg CO₂eq ha⁻¹, em
 6426 média. Entre 40 % a 60 % deste total correspondem à queima da palha e à emissão de
 6427 N₂O do solo com a utilização de fertilizante nitrogenado (Figura 3.6.7).

6428



6429

6430 Figura 3.6.7. Contribuição da queima da palha, das emissões de N₂O do solo pelo uso
 6431 de fertilizantes e outras fontes sobre as emissões totais de GEEs na etapa de produção
 6432 da cana-de-açúcar no Brasil (segundo as fontes citadas nesta Figura).

6433

6434 **Bovinocultura**

6435 - *Manejo das pastagens*

6436 A bovinocultura de corte e leite representa a principal fonte de GEEs na pecuária
 6437 nacional, sendo conduzida majoritariamente à pasto (MCTI, 2011). Devido a falta de
 6438 manejo, as pastagens em regime extensivo tendem a degradar com o tempo,
 6439 especialmente pela carga animal inadequada e pela insuficiente reposição de nutrientes,
 6440 que limitam o crescimento animal (Boddey et al., 2004; Macedo, 2009), repercutindo
 6441 em redução do estoque de C do solo em comparação a pastagem manejada (Fernside e
 6442 Barbosa, 1998; Braz et al. 2012). Outro problema associado ao manejo é a prática das
 6443 queimadas para manutenção das pastagens, e para renovação. Bustamante et al (2012)
 6444 estimaram emissões da ordem de 0,5 Tg CO₂eq ano⁻¹ devido a combustão da biomassa,
 6445 sendo as maiores quantidades emitidas na região dos Cerrados e Amazônia. Além das
 6446 emissões diretas da queima, efeitos de longo prazo nas emissões do solo também são
 6447 observados, especialmente sobre o CO₂ e NO, no caso dos Cerrados (Poth et al., 1995).
 6448 Não obstante, as alterações de solo são menos previsíveis, sendo necessários mais
 6449 estudos para se estabelecer magnitudes e incertezas das emissões.

6450

6451 - *Emissões entéricas*

6452 As emissões entéricas ocorrem no rúmen pela combinação de processos de fermentação
 6453 do alimento consumido pelos ruminantes, que gera H₂, e de metanogênese, que combina
 6454 o H₂ com CO₂ formando CH₄, que é eliminado predominantemente por eructação (Moss
 6455 et al., 2000). Entre os ruminantes, os bovinos de corte emitem mais do que 80 % das
 6456 emissões de CH₄ no Brasil (MCTI, 2011). Grande parte do rebanho é criado em
 6457 pastagens de braquiária (Ferraz e Felício, 2010). Poucos estudos foram conduzidos com
 6458 animais zebuínos alimentando-se exclusivamente de pastagens de *Brachiaria*, onde se
 6459 determinaram emissões entéricas médias de 56,4 (± 18,4) kg CH₄ cabeça⁻¹ ano⁻¹
 6460 (Demarchi et al., 2003a,b). Bustamante et al. (2012) utilizaram modelo baseado na
 6461 estrutura do rebanho bovino, composição da dieta, e nos fatores de emissão do IPCC
 6462 adaptados para as condições brasileiras, para construir um cenário de referência para as
 6463 pastagens no Brasil, considerando os anos de 2006 a 2008. Considerando o rebanho de
 6464 diferentes regiões do país, encontraram emissões entéricas da ordem de 57 Tg CO₂eq
 6465 ano⁻¹ para animais criados em pastagens da Amazônia, de 91-94 Tg CO₂eq ano⁻¹ para

6466 pastagens dos Cerrados, de 84-87 Tg CO₂eq ano⁻¹ para pastagens dos demais biomas do
 6467 país, que, em função do número de animais, resulta em um valor médio de 61 kg CH₄
 6468 animal⁻¹ ano⁻¹, valor que não difere do medido por Demarchi e colegas.

6469

6470 - *Manejo de dejetos*

6471 Há carência de pesquisa envolvendo a quantificação da emissão de GEE tanto durante o
 6472 tratamento como após o uso dos dejetos de animais em sistemas agrícolas. Da mesma
 6473 forma, não existem resultados publicados sobre as emissões de N₂O e CH₄ de excretas
 6474 depositadas em pastagens, o que faz com que a situação atual seja baseada nos números
 6475 do inventário nacional de GEEs (MCTI, 2011). De acordo com o inventário, das
 6476 emissões totais de CH₄ da agropecuária, 5,7 % foram originadas do manejo de dejetos,
 6477 enquanto que esta prática correspondeu a 2,7 % das emissões de N₂O da agropecuária, e
 6478 juntas corresponderam a 20 Tg CO₂eq em 2005.

6479

6480 *Silvicultura*

6481 As emissões de GEE em plantios comerciais são oriundas de fontes fósseis, calagem e
 6482 fertilização. Segundo as estimativas de Cerri et al. (2010), em 2010 as áreas de pinus e
 6483 eucalipto acumularam cerca de 2,6 Tg C na biomassa aérea e subterrânea, o que
 6484 representou um dreno de 7,9 Tg CO₂. O uso de fertilizante nitrogenado, calagem e
 6485 fontes fósseis contribuiu com 2 Tg CO₂. Segundo esses dados, o acúmulo C na
 6486 biomassa supera em 4 a 6 vezes as emissões associadas aos plantios.

6487 Os estoques de C na biomassa em plantações de eucalipto com 7 anos, em 5 regiões
 6488 representativas da cultura no estado de Minas Gerais, foram em média 99 Mg C ha⁻¹,
 6489 incluindo-se o lenho (64,8%), cascas (6,9%), folhas (1,6%), raízes (13,5%) e manta
 6490 orgânica (9,8%), que representaria um aporte de 14 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Gatto et al. 2010).
 6491 Em plantios de pinus (*P. taeda*) com 21, 22 e 23 anos de idade, os estoques de C na
 6492 biomassa variaram de 119 a 135 Mg ha⁻¹, significando, em média, 128 Mg C ha⁻¹, ou
 6493 uma taxa anual de 5,8 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ (Watzlawick et al. 2005).

6494 Sistemas agroflorestais, silvipastoris ou agrosilvipastoris são caracterizados pela
 6495 presença das árvores juntamente com pelo menos uma segunda atividade. Nesses
 6496 sistemas, a magnitude das emissões relacionada às árvores deve manter uma
 6497 proporcionalidade ao que ocorre aos plantios comerciais, embora o armazenamento de
 6498 C na biomassa por árvore possa ser ampliado em função de melhores condições de
 6499 luminosidade entre outros fatores (Tsukamoto Filho et al., 2004).

6500

6501 **3.6.3. Cenários futuros e Políticas setoriais**

6502 O setor agrícola depara-se com um desafio diferenciado, uma vez que suas principais
 6503 contribuições em termos de emissões de GEEs não são provenientes do consumo de
 6504 combustíveis fósseis, mas sim decorrentes de fontes biogênicas intrínsecas aos
 6505 processos de manejo de animais, dejetos, solos e sistemas florestais.

6506 Conforme mencionado anteriormente, o Governo Brasileiro decidiu formalizar durante
 6507 a 15^a COP, Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas (NAMAs) visando redução
 6508 das emissões nacionais de GEEs (Tabela 3.6.2), cabendo ao setor agrícola implementar
 6509 reduções de emissões de GEEs da ordem de 166 Tg CO₂eq.

6510 Com o objetivo de facilitar o cumprimento dos compromissos assumidos pelo governo
 6511 brasileiro, para a área da agricultura, foi institucionalizado o Programa de Agricultura
 6512 de Baixa Emissão de Carbono, Programa ABC (MAPA, 2010), que é uma estratégia de

6513 implementação do Plano Setorial em consonância com a PNMC. O Programa ABC
 6514 prevê linha de crédito própria (Resolução BACEN n. 3.896 de 17/08/10), e reúne
 6515 estratégias de investimentos e ações no que diz respeito à sustentabilidade para os
 6516 próximos 10 anos. Reúne os subprogramas Recuperação de Pastagens Degradadas,
 6517 Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, Sistema Plantio Direto, Fixação Biológica de
 6518 Nitrogênio, Florestas Plantadas, e Tratamento de Resíduos Animais, alinhados aos
 6519 compromissos de NAMAs.

6520 No Plano Agrícola e Pecuário 2011/2012 (MAPA, 2011b), foram destinados R\$ 3,15
 6521 bilhões para o Plano ABC, ou 15,4 % do total destinado ao financiamento da safra, e
 6522 com isso almeja-se ampliar a competitividade do setor e sua contribuição para a
 6523 preservação do meio ambiente por meio do sequestro de carbono. São oferecidos juros
 6524 menores, e prazos estendidos até 15 anos, com carência que pode chegar a 8 anos.
 6525 Segundo as bases do financiamento espera-se que a agropecuária e a silvicultura tenham
 6526 suas atividades ampliadas em áreas degradadas ou em recuperação.

6527

6528 **Tabela 3.6. 2.** Estratégia de mitigação propostas para o setor agrícola, no âmbito do programa de
 6529 Agricultura de Baixo Carbono.

Integração lavoura – pecuária – floresta (iLPF): aumentar a área com o sistema iLPF em 4 milhões de ha, reduzindo de 18 a 22 Tg CO₂eq.

Sistema Plantio Direto: ampliar a utilização do SPD na palha em 8 milhões de ha, correspondendo à redução de 16 a 20 Tg CO₂eq.

Fixação biológica de nitrogênio: ampliar o uso da fixação biológica em 5,5 milhões de ha, correspondendo à redução de 10 Tg CO₂eq.

Promover ações de reflorestamento, expandindo a área com florestas plantadas (atualmente destinada à produção de fibras, madeira e celulose) em 3 milhões de ha, passando de 6 milhões de ha para 9 milhões de ha.

Ampliar o uso de tecnologias para tratamento de 4,4 milhões de m³ de dejetos de animais para geração de energia e produção de composto orgânico.

Recuperação de pastagens degradadas: recuperar uma área de 15 milhões de hectares (ha) de pastagens degradadas por meio do manejo adequado e adubação, o que corresponde à redução de 83 a 104 Tg CO₂eq.

6530 Fonte: MAPA (2010).

6531

6532 Outra iniciativa em prol do meio ambiente consiste no zoneamento agroecológico da
 6533 cana-de-açúcar (Manzatto et al., 2009). A ideia é conter o desmatamento, identificando
 6534 locais para cultivo sem agressão as áreas de floresta, restringindo o apoio oficial às
 6535 regiões mapeadas. De acordo com o zoneamento, áreas que correspondem a 7,5% do
 6536 território nacional podem ser utilizadas para a expansão do plantio da cana-de-açúcar,
 6537 ficando de fora a Amazônia legal, o Pantanal e a Bacia do Alto Rio Paraguai, que
 6538 guardam grande biodiversidade e ambientes ainda não explorados pela humanidade. Foi
 6539 regulamentado pelo decreto 6961, de 17/09/2009, e determina ao Conselho Monetário
 6540 Nacional o estabelecimento de normas para as operações de financiamento ao setor
 6541 sucroalcooleiro, nos termos do zoneamento.

6542 Tais programas reafirmam a convicção de que a agricultura pode contribuir de forma
 6543 importante para reduzir as emissões de gases poluentes, sem afetar a competitividade,
 6544 tendo como aliados os avanços tecnológicos nas áreas de genética animal, irrigação e
 6545 desenvolvimento de plantas resistentes às mudanças climáticas.

6546 Em 2012, a Cúpula da Terra celebrou seu 20^o aniversário coordenando uma nova
 6547 reunião na cidade do Rio de Janeiro (Rio+20), cujo objetivo principal foi a discussão

6548 dos passos necessários para se alcançar um novo paradigma ao modelo econômico
 6549 global. A incorporação da sustentabilidade nos processos econômicos poderia ser
 6550 potencializada com a difusão e consolidação dos conceitos do novo modelo de
 6551 economia verde⁴⁰.

6552 A economia verde para vários setores significará colocar em prática processos
 6553 orientados para a produtividade e para a eficiência no consumo energético e em todos os
 6554 passos da cadeia produtiva, incluindo o uso de matérias-primas, a meia-vida dos
 6555 produtos e os processos de descarte e de reciclagem. De modo geral, adotar padrões
 6556 mais sustentáveis envolve um extensivo processo de inventário de emissões de gases de
 6557 efeito estufa e a estruturação de um plano sistematizado para o seu monitoramento e,
 6558 por fim, a aplicação de soluções, muitas vezes já disponíveis em prateleira.

6559

6560 **3.6.4 Práticas de Mitigação**

6561 Muitas possibilidades de mitigação podem ser enumeradas com base em teorias
 6562 desenvolvidas sobre processos biogeoquímicos, e também de experiências de outros
 6563 países. No entanto, algumas práticas são de especial relevância para o Brasil em função
 6564 da necessidade de adoção em função dos NAMAs, além do impacto que podem
 6565 produzir em termos de magnitude de redução de emissões de GEE (p.e. recuperação de
 6566 pastagens). Outras práticas são extremamente relevantes em função de suas
 6567 externalidades⁴¹, como a eliminação da queima de canaviais para colheita. A seguir, são
 6568 apresentadas práticas de mitigação de GEE na agropecuária, buscando-se evidenciar
 6569 potenciais em função de resultados de pesquisa no País.

6570 **3.6.4.1. Plantio direto na palha**

6571 A técnica de plantio direto na palha consiste na eliminação da movimentação do solo
 6572 (uso de arados e grades), uso de rotação de culturas e manutenção da cobertura do solo
 6573 por todo o ano, sem afetar negativamente a produtividade das culturas (Bolliger et al.,
 6574 2006).

6575 Um dos efeitos sobre as emissões de GEE é a redução no uso de energia nas operações
 6576 de plantio por safra em quase 50 %, ou algo próximo de 90 kg CO₂ ha⁻¹, devido à
 6577 eliminação de arados e grades (Fernandes et al., 2008). Além disso, existem evidências
 6578 de que a adoção do plantio direto pode promover uma recuperação da matéria orgânica
 6579 de solos anteriormente manejados com preparo convencional⁴² do solo. Segundo
 6580 estimativas de Cerri et al. (2004), a conversão de áreas de plantio convencional para o
 6581 plantio direto levariam a um aumento médio de acumulação de carbono no solo de 0,5
 6582 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹. Vários trabalhos foram publicados no Brasil trazendo comparações
 6583 entre estoques de C do solo em sistemas com plantio convencional e direto, os quais
 6584 podem ser agrupados para as regiões Sul e dos Cerrados, de climas contrastantes, que
 6585 reúnem grande parte da produção nacional de grãos (Tabela 3.6.3).

⁴⁰Segundo o PNUMA a economia verde é aquela que resulta na melhoria do bem-estar e na equidade social, enquanto reduz significativamente os riscos ambientais e a escassez ecológica. Na sua expressão mais simples, a economia verde pode ser pensada como sendo de baixo carbono, eficiente no uso de recursos naturais e socialmente inclusiva.

⁴¹As externalidades são atividades que tem efeitos positivos ou negativos sobre terceiros, ou seja, na conjuntura ambiental, é fato inquestionável de que qualquer atividade afeta, de modo favorável ou desfavorável, outras atividades ao longo do processo produtivo (van den Bergh, 2010).

⁴²Preparo de solo para o plantio envolvendo o uso de arados e grades, e às vezes com subsoladores, provocando desagregação do solo.

6586
6587
6588
6589

Tabela 3.6.3. Variações anuais dos estoques de C de solos obtidas da comparação de sistemas de produção de culturas anuais em plantio direto e em plantio convencional, em estudos realizados nas regiões Sul e dos Cerrados.

Local	Culturas	Prof.* (cm)	Tempo** (anos)	Variação do estoque de C*** Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	Referências
Sul					
RS	Aveia-milho	17,5	17	-0,071	Diekow et al (2005)
RS	Tremoço-milho	17,5	17	0,771	Diekow et al (2005)
RS	Aveia/ervilhaca-milho/caupi	17,5	9	0,839	Bayer et al (2002)
RS	Trigo-soja	20	19	0,163	Amado et al (2006)
PR	Trigo/aveia-soja/milho	20	10	1,940	Siqueira-Neto et al (2009)
SC	Vários-soja/milho/feijão	20	7	0,429	Amado et al (2006)
RS	Vários-soja/milho	20	19	0,247	Amado et al (2006)
PR	Vários-soja/milho	40	5	0,052	Franchini et al. (2007)
PR	Trigo-soja	60	20	0,800	Babujia et al (2010)
RS	Trigo-soja	100	13	0,038	Sisti et al. (2004)
RS	Trigo-soja	100	17	-0,224	Boddey et al (2010)
RS	Trigo/ervilhaca-soja/milho	100	13	1,292	Sisti et al. (2004)
RS	Vários-soja/milho	100	17	0,518	Boddey et al (2010)
Cerrados					
MS	Pousio-soja/milho	20	5	0,600	Bayer et al (2006a)
GO	Pousio-soja/milho	20	8	0,300	Bayer et al (2006a)
GO	Mileto/sorgo-soja/milho	20	12	0,830	Corbeels et al. (2006)
GO	Brachiaria/Crotalária-arroz	30	4	0,348	Metay et al (2007)
DF	Vários-soja	30	13	0,210	Marchão et al (2009)
GO	Feijão irrigado-milho	40	4	-0,005	Freitas et al. (2000)
GO	Feijão irrigado-milho	40	5	0,352	D'Andrea et al (2004)
GO	Feijão/tomate-milho/arroz	40	5	2,166	D'Andrea et al (2004)
PI	Vários-soja	40	6	2,925	Leite et al (2010)
MG	Feijão irrigado-milho	40	10	2,417	Rangel e Silva (2007)
MG	Feijão irrigado-milho	45	10	-0,300	Roscoe e Buurman(2003)
DF	Vários-soja/milho	100	20	0,807	Jantalia et al (2007)

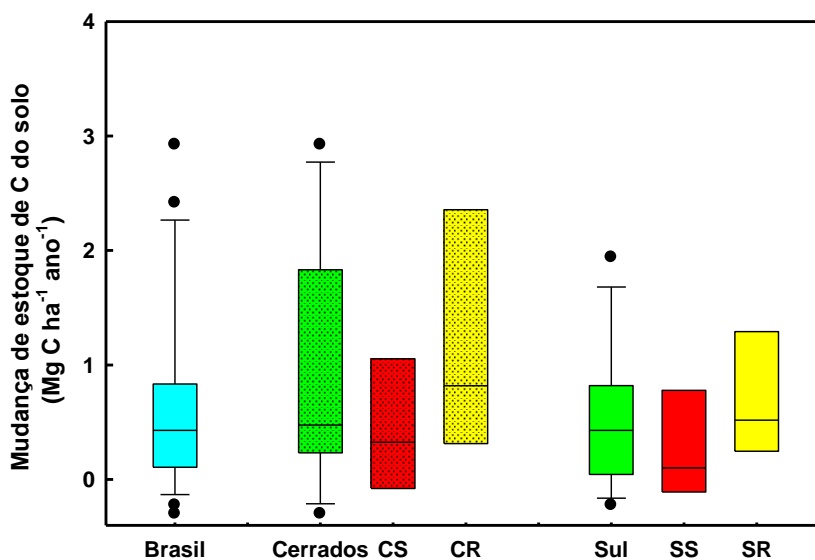
6590
6591
6592
6593

*Profundidade de amostragem; **Tempo de adoção de PD; ***Variações negativas significam que os estoques de C do solo em plantio direto eram inferiores aos encontrados em plantio convencional. Sempre que possível, optou-se por usar dados de estoques de C calculados para mesma massa de solo.

6594
6595
6596
6597
6598
6599
6600
6601
6602
6603
6604

Em todos os casos, observa-se alta variabilidade entre as estimativas, provavelmente em função de diferenças nos históricos de cada área, usos atuais, tipos de solo, tempos de adoção do plantio direto e metodologias de quantificação dos estoques de C do solo, especialmente profundidade de amostragem (Boddey et al., 2010). Considerando-se todos os valores da variação dos estoques de C do solo, obtém-se uma mediana de +0,43 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹, dentro de um intervalo que varia de +0,14 a +0,83 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹, excluindo-se os dados discrepantes (Figura 3.6.8). Separando-se as regiões Sul e dos Cerrados, encontra-se para a primeira uma mediana de +0,43 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹, para um intervalo de +0,05 a +0,81 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ (25 % e 75% percentil, respectivamente). Para a região dos Cerrados, a mediana seria de +0,48 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹, para um intervalo de +0,26 a +1,50 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹.

Um dos requisitos relevantes para o sucesso do PD é a rotação de culturas. Para os Cerrados, são comuns plantios de soja seguida de milho, e nos estudos feitos sobre mudanças de estoques de C do solo, também se relata o plantio de milho seguido de feijão. Do conjunto de dados obtidos, foi possível estimar que para a sucessão de culturas nos Cerrados, a taxa média de acumulação de C no solo seria de $+0,33 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para um intervalo de $-0,01$ a $+0,60 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, enquanto que para as rotações, que incluem os estudos com diversificação de espécies para a safra e safrinha, a mediana seria de $+0,82 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para um intervalo de $+0,35$ a $+2,17 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Para o Sul do Brasil, a sucessão de culturas apresenta uma taxa média de acumulação de C no solo de $+0,10 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para um intervalo de $-0,07$ a $+0,77 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, enquanto que para a rotação, a mediana seria de $+0,52 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para um intervalo de $+0,29$ a $+1,18 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Figura 3.6.8).



6617

6618

6619 Figura 3.6.8. Variação anual de estoques de C do solo com o uso do plantio direto em comparação ao
6620 convencional (Fonte: dados compilados da literatura, constantes na Tabela 3.6. 3).

6621

6622 Apesar da variabilidade, observa-se uma tendência de maior potencial de acumulação de
6623 C nos solos em PD quando se utilizam rotações de culturas, uma das recomendações de
6624 uso do plantio direto (Bolliger et al., 2006). Neste sentido, pouca atenção foi dada a
6625 importância do N na acumulação de C no solo, pois se considerando que a matéria
6626 orgânica apresenta caracteristicamente uma relação C/N ao redor de 10 a 12, pode-se
6627 deduzir que a acumulação de C no solo é dependente de um balanço positivo entre as
6628 entradas e saídas de N do sistema (Sisti et al, 2004; Jantalia et al., 2007; Zotarelli et al.
6629 2012).

6630 Poucos estudos avaliaram as emissões de N_2O em solos manejados com plantio direto e
6631 convencional no Brasil, os quais até o momento indicam não haver diferenças
6632 significativas entre as emissões nos dois sistemas, como mostrado anteriormente
6633 (Tabela 3.6.1), chegando-se a fatores médios de emissão direta de N_2O inferiores à
6634 metade do fator *default* do IPCC (2006), que foi usado para estimar as emissões de N_2O

6635 de solos agrícolas na segunda Comunicação Nacional sobre emissões de GEE (MCTI,
6636 2011).

6637 Tentativamente, considerando-se as taxas encontradas de acumulação de C no solo, e a
6638 redução de emissões com a economia de combustível de duas safras, poderia se estimar
6639 um potencial de sequestro de C no solo dos Cerrados de $3,18 \text{ MgCO}_2\text{eq ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e para
6640 a região Sul, de $2,09 \text{ MgCO}_2\text{eq ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para uma perspectiva de 10 anos, sendo as
6641 emissões de N_2O irrelevantes em função dos resultados obtidos no país na comparação
6642 de PD e PC. No entanto, deve-se destacar que a contribuição do solo na remoção do
6643 CO_2 atmosférico é temporária, durando até que as quantidades de C depositadas como
6644 resíduos e mineralizadas pelos microrganismos entrem em um novo equilíbrio após a
6645 mudança de manejo (Johnston et al., 2009), o que levaria, em média, 20 anos, segundo o
6646 IPCC (2006).

6647

6648 **3.6.4.2. Colheita de cana-de-açúcar sem uso da queima**

6649 A cana-de-açúcar pode ser colhida com máquinas ou mesmo com o corte manual sem
6650 que seja necessário realizar a queima prévia da palhada, conhecida como colheita de
6651 cana crua.

6652 Os resultados de diversos estudos mostram que aproximadamente 30% das emissões de
6653 GEE na produção da cana-de-açúcar são originados da queima para colheita, como
6654 mostrado anteriormente (Figura 3.6.7), podendo-se estimar desses estudos que $0,77 \text{ Mg}$
6655 $\text{CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ são emitidos a cada ano com a queima.

6656 Além das emissões diretas de GEE com a queima, a eliminação dos resíduos diminui a
6657 capacidade do solo em reter carbono. Dados da literatura sugerem que a eliminação da
6658 queima implica na manutenção de 10 a 20 Mg ha^{-1} de matéria seca de palha (Resende et
6659 al., 2006; Boddey et al., 2008; Macedo et al., 2008; Figueiredo & La Scala, 2011). A
6660 permanência dos resíduos faz com que o solo passe a acumular C, que segundo Cerri et
6661 al (2011) ocorre a uma taxa de $0,73 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em solos arenosos e de $2,04 \text{ Mg ha}^{-1}$
6662 ano^{-1} para solos argilosos, ou a uma taxa média geral de $1,5 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A maioria
6663 das avaliações foi feita em solos de São Paulo, sem a renovação da cultura, e o único
6664 estudo feito no Nordeste não mostrou efeito da preservação ou não da palha sobre os
6665 estoques de C do solo (Resende et al., 2006), o que pode estar associado a reformas
6666 feitas no canavial. Ganho da ordem de $1 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, considerando a camada de
6667 solo de 0-100 cm, foi estimado por Machado-Pinheiro et al. (2010) após 14 anos de
6668 manejo da cana com eliminação da queima na região de Linhares, ES, porém a área não
6669 tinha sido renovada no período estudado.

6670 Novamente, tal como mencionado para o uso de plantio direto em lavouras anuais, a
6671 acumulação de C com a eliminação da queima, em comparação a área queimadas,
6672 ocorrerá por um período de tempo finito, talvez por 20 anos, conforme sugerido pelo
6673 IPCC (2006). Assim, a perspectiva do tempo é importante para estimativas de potencial
6674 mitigação de emissões de GEE.

6675 Não existem dados publicados sobre o efeito da manutenção da palha sobre o solo
6676 quanto às emissões de N_2O e CH_4 do solo.

6677

6678 **3.6.4.3. Recuperação de pastagens**

6679 O processo de perda de vigor da pastagem, ou degradação, ocorre com a falta de
6680 manejo, destacando-se o superpastejo e reposição insuficiente de nutrientes (Boddey et
6681 al., 2004; Macedo, 2009). O uso do fogo é uma das práticas usadas pelos produtores que
6682 contribui para agravar o problema (Mistry, 1998; Jacques, 2003).

6683 As pastagens podem ser recuperadas com reposição de nutrientes, calagem e mesmo
6684 descompactação do solo. Existem indícios de que a degradação das pastagens esteja
6685 associada à limitação de nutrientes no solo, principalmente de N, embora o uso de P, K,
6686 e calagem façam com que a produção de biomassa aumente ainda mais (Oliveira et al.,
6687 2001). As pastagens produtivas geram elevada quantidade de resíduos aéreos e
6688 subterrâneos, da ordem de 20 a 30 Mg ha⁻¹ (Rezende et al., 1999; Trujillo et al. 2006),
6689 com rápida transformação no solo (Trumbore et al., 1995; Fisher et al. 2007), o que faz
6690 com que em teoria apresentem um dos mais altos potenciais de acumulação de C no
6691 solo. O uso de leguminosas forrageiras em consórcio pode ser interessante para manter a
6692 produtividade da pastagem, e ao mesmo tempo em que incrementa a fertilidade do solo,
6693 disponibiliza mais proteína para os animais (Tarré et al. 2001), aumentando também os
6694 estoques de C do solo (Silva et al., 2004). Dados obtidos no País sugerem que a
6695 recuperação de pastagens pode proporcionar ganhos de C para o solo entre 0,23 e 2,95
6696 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 3.6.4).

6697

6698 Tabela 3.6.4 – Estoques de C no solo de áreas de pastagem produtiva e pastagem degradada, e variação
6699 anual dos estoques de C na comparação entre pastagens produtivas e degradadas, para diferentes
6700 localidades no Brasil.

Local	Argila %	Prof. (cm)	Estoque de C no solo do tipo de pastagem relatado		Variação do estoque de C (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Referências
			Produtiva (Mg C ha ⁻¹)	Degradada (Mg C ha ⁻¹)		
Luz, MG	77	100	164,7	138,1	2,95	Braz et al. (2012)
Itaporã, MS	46	100	95,5	84,8	1,78	Braz et al. (2012)
Penápolis, SP	26	100	62,0	60,5	0,23	Braz et al. (2012)
Chap. do Sul, MS	11	100	62,3	53,0	1,06	Braz et al. (2012)
Goiânia, GO	40	40	69,8	69,1	0,62	Freitas et al. (2000)*
MT e RO	-	30	-	-	0,89	Maia et al. (2009)
Paragominas, PA	-	100	100,0	108,0	1,60	Trumbore et al. (1995)
ITabela 3.6., BA	-	100	-	-	0,66	Tarré et al. (2001)
Itabela, BA	20	30	65,5	56,2	0,52	Costa et al. (2009)

6701

*Dados corrigidos para equivalência em massa de solo apresentados em Fisher et al (2007).

6702

6703 Da Tabela 3.6.4, estima-se uma taxa média próxima de 1,1 (± 0,28) Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ (ou
6704 de 3,67 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹) que poderia ser válida para pelo menos os 10 primeiros anos
6705 da recuperação da pastagem degradada (Braz et al., 2012), pois se espera um declínio
6706 nas taxas de acumulação de C no solo com a aproximação do novo equilíbrio nas
6707 reservas de C do solo (Trumbore et al. 1995; Johnston et al., 2009).

6708 Com adequado manejo, espera-se que haja eliminação do fogo, e consequentemente
6709 menores emissões de CH₄ e N₂O, calculadas em 0,5 Tg CO₂eq ano⁻¹ para o Brasil com
6710 as queimadas ocorridas entre os anos de 2003 e 2008, que significam 0,58 Mg CO₂eq
6711 ha⁻¹ ano⁻¹, tendo como referencia uma média de 867 Mha queimados ao ano
6712 (Bustamante et al., 2012).

6713 Pastagens mais produtivas apresentam uma maior oferta de forragem e de melhor
6714 qualidade, o que contribui para redução do tempo para o abate (Ferraz e Felício, 2010).
6715 Somente a melhoria da qualidade das pastagens no Brasil implicaria em uma redução de
6716 10% nas emissões de CH₄ entérico (Demarchi et al. 2003), que se traduziria na

6717 necessidade de menos animais para uma mesma quantidade de produto (carne e leite),
6718 ou, em termos aritméticos, um fator médio de emissão entérica de CH₄ para o Brasil 10
6719 % menor.

6720 Como a recuperação das pastagens implica em reposição de nutrientes para o solo,
6721 sendo o N um dos mais requeridos (Oliveira et al., 2001), esperam-se maiores emissões
6722 de N₂O do solo, embora não existam resultados para as condições de manejo adotadas
6723 no Brasil.
6724

6725 **3.6.4.4. Redução das emissões entéricas pelo balanceamento da dieta, suplementação** 6726 **e aditivos, e ação direta no rúmen.**

6727 As pesquisas desenvolvidas no Brasil até o momento buscaram interferir na
6728 digestibilidade da dieta (Tabela 3.6.5), favorecendo o consumo de alimento, o ganho de
6729 peso e a diluição das emissões por unidade de produto, o que resultou em um fator de
6730 emissão médio de 57 kg CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹. Os valores *default* apresentados pelo IPCC
6731 para a América Latina são de 63 kg CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹ para vacas leiteiras e 56 kg CH₄
6732 animal⁻¹ ano⁻¹ para bovinos “não leiteiros”, valores bastante próximos aos encontrados
6733 nas pesquisas nacionais.
6734

6735 Tabela 3.6.5. Estratégias para mitigação de metano entérico testadas no Brasil, e respectivos fatores de
6736 emissão avaliados com a técnica do SF₆.

Estratégias de manejo e de alimentação	Modo de Ação	Tecnologia utilizada	Fator de emissão (kg CH ₄ cab ⁻¹ ano ⁻¹)	Referência
Aumento da digestibilidade da dieta	Aumenta consumo de matéria seca (CMS), dilui emissão por kg de matéria seca ingerida (MSI)	Pastagem exclusiva, bem manejada em 4 estações do ano	56,4 ± 18,4	Demarchi et al. (2003a e b)
		Silagem, Feno, Cana e Uréia	65,3 ± 19,8	Magalhães et al. (2009)
		Fenos com idades de corte diferentes	49,3 ± 0,6	Nascimento (2007)
Média			57,0 ± 8,0	
Defaunação (eliminação de protozoários)	Reduz protozoários e produção de H ₂	Taninos (Feno de Leucena)	50,5 ± 4,8	Possenti et al.(2008)
Drenos alternativos para o H ₂ e aumento do crescimento microbiano	Aumenta produção de propionato, drena H ₂	Silagem + uso de alimentos concentrados (grãos)	50,7 ± 4,5	Pedreira (2004)
		Silagem de sorgo (tanino) + uso de alimentos concentrados (grãos) e uréia	21,5 ± 4,1	Oliveira et al. (2007)
		Cana de açúcar + uso de alimentos concentrados (grãos)	49,2 ± 8,5	Pedreira (2004)
		Feno de braquiária + Ionóforo	26,2 ± 6,6	Neto et al. (2009)
		Pastagem + Suplementos minerais, protéicos e energéticos	41,9 ± 1,0	Fontes et al. (2011)

		Pastagem + Ácidos Graxos Insaturados (Óleos Vegetais)	35,1 ± 7,0	Carvalho et al. (2011a)
		Confinamento + Ácidos Graxos Insaturados (Óleos Vegetais)	33,1 ± 13,7	Carvalho et al.(2011b)
Inibição de microrganismos metanogênicos	Dreno alternativo de H ₂ , reduz a produção de CH ₄	Cana de açúcar, nitrato e alimentos concentrados (grãos)	31,4 ± 5,2	Hulshof et al. (2012)
Média			37,7 ± 10,2	

6737

6738

6739

6740

6741

6742

6743

6744

6745

6746

6747

6748

Por outro lado, a interferência direta no rúmen para reduzir a produção de H₂, proporcionar drenos alternativos para o H₂ já produzido e reduzir as populações de microrganismos metanogênicos (Tabela 3.6.5), geraram um fator de emissão médio de 37,7 kg CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹, valor 34,8% menor do que a média dos animais em pastos melhorados e suplementados (57,0 kg CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹). Estes resultados indicam que há uma ampla gama de estratégias com potencial de mitigação em condições de produção no Brasil.

Essas estimativas não levam em consideração a influência da dieta no ganho de peso animal, que se incrementado pode diminuir a idade de abate dos animais, reduzindo significativamente a emissão de CH₄ por produto.

6749

3.6.4.5. Integração lavoura-pecuária

6750

6751

6752

6753

6754

6755

6756

6757

6758

6759

6760

6761

6762

6763

6764

6765

6766

6767

6768

6769

6770

6771

6772

6773

6774

6775

O Sistema Integração Lavoura-Pecuária (SILP) é definido como um sistema que integra a atividade agrícola com a pecuária, com objetivos de maximizar racionalmente o uso da terra e minimizar custos (Macedo, 2009). As maiores áreas de expansão deste sistema de manejo se encontram na região dos Cerrados, sendo um sistema relativamente comum na região sul. Conforme a maioria dos estudos, a instalação de pastagens, e sua manutenção numa forma produtiva com adubação química e manejo dos bovinos apropriado, promove o acúmulo de carbono no solo (Silva et al., 2004; Corazza et al., 1999). Além disso, nos Cerrados, a lavoura manejada com PD conserva os estoques de C no solo em comparação com PC (Figura 3.6.8). Assim, é lógico concluir que os estoques de C no solo sob um sistema de manejo integrando lavouras em PD e pastagem adequadamente fertilizada com nutrientes residuais das lavouras, atingiriam eventualmente altos níveis de C no solo. Um dos raros trabalhos no Brasil que relata o impacto da introdução do sistema de integração lavoura-pecuária sobre as mudanças de estoques do C no solo foi feito em cronossequências em três fazendas nos biomas de floresta Amazônica, *Cerradão* e *Cerrado sensu stricto* (Carvalho et al., 2010). O período de implantação dos experimentos foi inferior a 8 anos, e indicaram que a implantação do SILP implica em estoques de C do solo semelhantes aos encontrados sob a vegetação nativa, provavelmente com potencial semelhante ao de pastos produtivos. No Rio Grande do Sul, em que a soja era cultivada no verão em PD, e a pastagem de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) implantada após a soja, ciclo que se repetia a cada ano, encontrou-se que após 6 anos, as taxas de acumulação de C no solo variaram de 0,6 a 1,4 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹, dependendo da intensidade de pastejo, ou a uma taxa média de 1,1 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ (Souza et al., 2009). O sistema estudado é do tipo recomendado para os produtores que praticam SILP no Sul do Brasil (Balbino et al., 2011). Nos Cerrados, taxas de acumulação de C no solo variando entre 0,15 a 0,44 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ foram observadas

6776 por Salton et al. (2011) ao avaliarem diferentes combinações de tempos de lavoura e
 6777 pastagens, tendo como referência áreas de lavouras sob manejo convencional e direto.
 6778

6779 **3.6.4.6. Biodigestores para o manejo de dejetos na suinocultura**

6780 Na suinocultura, em sistemas integrados com grandes empresas do setor, os dejetos são
 6781 dispensados em esterqueiras e lagoas de estabilização, em grande parte anaeróbicas,
 6782 onde emissões significativas de CH₄ irão ocorrer. A estratégia de mitigação cada vez
 6783 mais comum é a utilização de biodigestores, que potencializam a produção de CH₄ para
 6784 posterior combustão. Os dados disponibilizados por Kunz e Oliveira (2006), permitem
 6785 calcular um fator de produção que varia de 12 a 37 m³ CH₄ m⁻³ de dejetos, tendo como
 6786 base ensaio feito em propriedade com 400 suínos, e biodigestor com capacidade para
 6787 100 m³ de dejetos. O CH₄ produzido nos biodigestores pode ser simplesmente
 6788 queimado, ou convertido em energia térmica e elétrica.

6789 Dos 42 projetos registrados na Convenção Quadro para Mudanças do Clima das Nações
 6790 Unidas (UNFCCC – <http://cdm.unfccc.int/Projects/registered.html>), no escopo
 6791 agricultura, tendo o Brasil como país acolhedor, 32 referem-se ao uso de biodigestores
 6792 para reduzir emissões de CH₄ na suinocultura. Dependendo da metodologia e da
 6793 dimensão dos projetos, as emissões evitadas superam 70 % do total quantificado para a
 6794 linha de base, podendo chegar a aproximadamente 90 %. O total por ano previsto para
 6795 ser conseguido com os projetos é de 1,89 Tg CO₂eq, ou aproximadamente 12 % das
 6796 emissões de CH₄ registradas em 2005 com o manejo de dejetos.
 6797

6798 **3.6.4.7. Uso de aditivos e formas de aplicação de dejetos como adubo**

6799 O uso dos dejetos como adubo é a melhor forma de dispor dos dejetos estabilizados
 6800 após o manejo, embora emissões de CH₄ e N₂O ainda sejam esperadas. Algumas
 6801 estratégias para mitigar as emissões de GEE, principalmente de N₂O, resultantes do uso
 6802 agrícola dos dejetos vem sendo investigadas no Brasil, embora ainda sejam poucas as
 6803 publicações sobre o assunto.

6804 A incorporação de dejetos líquidos de suínos e a aplicação em superfície, esta última
 6805 largamente adotada no país, foram estudadas por Giacomini et al. (2006), que não
 6806 encontram diferenças nas emissões de N₂O, as quais situaram-se em 0,20 e 0,25% do N
 6807 existente nos dejetos. A aplicação parcelada dos dejetos é outra possibilidade para
 6808 reduzir a disponibilidade de N mineral para desnitrificação, sendo baseada no fato de
 6809 que após a aplicação de dejetos, a completa oxidação do N amoniacal até NO₃⁻ ocorre
 6810 nas duas ou três primeiras semanas (Aita et al., 2007), quando a demanda em N pelas
 6811 culturas ainda é pequeno. O parcelamento favoreceria a maior utilização do N mineral
 6812 pelas plantas, no entanto, nada pode ser confirmado a este respeito. Outra possibilidade
 6813 que se investiga é a de reduzir a taxa de nitrificação e, por consequência, a emissão de
 6814 N₂O via desnitrificação, com o uso do inibidor de nitrificação dicianodiamida (DCD) no
 6815 momento da aplicação dos dejetos no campo, tal como utilizado em urina de vacas em
 6816 lactação da Nova Zelândia (Giltrap et al., 2010) e, em menor escala, em lavouras da
 6817 Espanha com aplicação de dejetos de suínos (Meijide et al., 2007). No Brasil, existem
 6818 experiências promissoras em andamento, embora os resultados ainda não estejam
 6819 publicados. Estudos sobre a viabilidade econômica dessas práticas também são
 6820 necessários.
 6821

6822 **3.6.4.8. FBN e promoção de crescimento para reduzir as doses de fertilizantes**
 6823 **nitrogenados com uso de inoculantes microbianos**

6824 O uso de fertilizantes na agricultura produz GEEs em função da industrialização,
 6825 distribuição (transporte) e uso nos sistemas de produção. As emissões de fertilizantes
 6826 fosfatados e potássicos são relativamente pequenas em relação às emissões de
 6827 fertilizantes nitrogenados. De acordo com Ramirez & Worrell (2006), a fabricação de P
 6828 e K consome uma quantidade de energia de aproximadamente 10 a 15 % daquela
 6829 utilizada para produção de N. A síntese de amônia é a etapa primária para produção dos
 6830 fertilizantes nitrogenados, onde ocorre consumo de fontes fósseis para fornecimento de
 6831 energia e hidrogênio, e que corresponde a mais de 85 % da energia requerida para a
 6832 fabricação de todos os fertilizantes nitrogenados (Gellings e Parmenter, 2004; Flynn &
 6833 Smith, 2010). Segundo dados de Flynn & Smith (2010) entre 3,3 e 6,6 kg CO₂eq kg⁻¹ N,
 6834 ou uma emissão média de 4,95 kg CO₂eq kg⁻¹ N está associada a energia fóssil de
 6835 síntese, processamento e transporte do fertilizante. Robertson e Grace (2004) estimaram
 6836 em 4,5 kg CO₂eq kg⁻¹ N aplicado, o custo fóssil da fertilização nitrogenada.

6837 Após aplicação nas áreas agrícolas, os fertilizantes a base de P e K não promovem, pelo
 6838 menos diretamente, aumento nas emissões de GEEs, ao contrário dos fertilizantes
 6839 nitrogenados, que emitem N₂O devido aos processos biológicos de nitrificação e
 6840 desnitrificação (Mosier et al., 2004).

6841 A redução do uso de fertilizantes nitrogenados nas áreas agrícolas pode ser conseguida
 6842 com mudanças na forma de aplicação ou fonte, por exemplo. No caso específico da
 6843 cultura da soja, que recebe em média 8 kg N ha⁻¹ (FAO, 2004), existe um potencial de
 6844 mitigação pela utilização apenas de formulados sem N em sua composição, uma vez que
 6845 a cultura pode produzir exclusivamente com reservas de N do solo e com a fixação
 6846 biológica de N₂ por *Bradyrhizobium* sp. (Alves et al., 2003).

6847 Para os sistemas de produção que, pela grande área ocupada, consomem grande parte
 6848 do fertilizante nitrogenado comercializado no País, como milho e cana-de-açúcar, as
 6849 práticas de fertilização utilizadas estão ajustadas dentro de parâmetros de eficiência e
 6850 custo, dificultando a introdução de novas mudanças. Mesmo assim, as perdas de N com
 6851 a aplicação da ureia, muito utilizada no País, podem superar 20 a 50 % do N aplicado
 6852 através da volatilização de NH₃ (Trivellin et al., 2002; Costa et al., 2003; Martha Jr et
 6853 al. 2004; Hungria et al., 2006), o que confirma que existe a possibilidade de aumentar a
 6854 eficiência no uso de N e com isso reduzir as doses aplicadas.

6855 A utilização de inoculantes a base de microrganismos promotores de crescimento, que
 6856 em muitos casos também exibem capacidade fixadora de N₂ atmosférico (FBN), permite
 6857 que a planta se nutra do N₂ atmosférico e tenha aumentada a capacidade de utilização do
 6858 N do solo, fertilizado ou não, por efeitos que promovem o crescimento radicular
 6859 (Kennedy et al., 2004). Alguns resultados produzidos no País indicam a possibilidade
 6860 de se reduzirem as doses de fertilizante nitrogenado atualmente recomendadas em até
 6861 50% no caso da cana-de-açúcar (Kennedy et al. 2004), milho e trigo (Hungria et al.,
 6862 2010), por exemplo. A forma do fertilizante e a época em que a fertilização nitrogenada
 6863 seria feita não precisariam ser alteradas, apenas as doses aplicadas.

6864 Na Segunda Comunicação Nacional sobre emissões de GEE, considerou-se que 1% do
 6865 N aplicado como fertilizante foi emitido como N₂O de forma direta. Juntamente com as
 6866 emissões indiretas⁴³ de N₂O, significariam emissões de 6,46 kg CO₂eq kg⁻¹ de N

⁴³Emissões indiretas de N₂O são aquelas que se originam do N volatilizado (NH₃ e NO_x), lixiviado ou perdido por escoamento superficial que se depositaram em outro ponto diferente daquele onde o fertilizante foi aplicado (IPCC, 2006).

6867 aplicado. Somadas as emissões fósseis mencionadas anteriormente, chega-se a um total
 6868 de 11,41 kg CO₂eq kg⁻¹ N aplicado.
 6869

6870 **3.6.4.9. Aumentos dos plantios comerciais e introdução de árvores em outros sistemas** 6871 **de produção**

6872 O aumento das áreas plantadas com espécies florestais, como eucalipto e pinus, é uma
 6873 das estratégias de maior potencial de mitigação de GEEs. A mitigação ocorre pela
 6874 grande quantidade de C que é estocada na biomassa dessas espécies, que acaba sendo
 6875 bem superior às emissões de GEEs associadas ao preparo do solo, insumos e
 6876 combustíveis fósseis que fazem parte do processo para estabelecimento dos plantios
 6877 (Cerri et al., 2010). No entanto, em algum momento o C da biomassa retornará para a
 6878 atmosfera, completando um ciclo natural, e a velocidade com que esse processo ocorre é
 6879 função do uso que será dado à biomassa produzida. Por outro lado, emissões de CO₂
 6880 poderão ser consideradas evitadas a partir do uso da biomassa em substituição a fontes
 6881 fósseis de energia, ou mesmo por evitar desmatamento. É possível considerar também
 6882 que a biomassa utilizada para móveis e construções, por exemplo, que imobilizam C por
 6883 longo prazo, significa um sumidouro do CO₂ atmosférico (Hall e House, 1994).

6884 Estimativas de drenos na biomassa de florestas plantadas da ordem de 21 Mg CO₂ ha⁻¹
 6885 ano⁻¹ e de 51 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹ foram obtidas, respectivamente para *Pinus taeda*
 6886 (Watzlawick et al. 2005) e eucalipto (Gatto et al., 2010), levando-se em conta que essas
 6887 taxas seriam válidas para sistemas manejados com 7 anos, no caso do eucalipto, e com
 6888 21 a 23 anos, no caso de *Pinus*. Para plantios comerciais de eucalipto (*E. grandis*), em
 6889 Minas Gerais, estimou-se uma acumulação de C no tronco equivalente a 24,9 Mg CO₂
 6890 ha⁻¹ ano⁻¹, até aproximadamente 7 anos de idade (Soares et al., 2005). Em estudo
 6891 realizado em várias regiões do Brasil, com árvores de eucalipto com 6,5 anos de idade
 6892 (Santana et al., 2008), drenos de C na biomassa foram estimados em 17,8 a 52,8 Mg
 6893 CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹, considerando-se um teor de 50 % C na biomassa das árvores.

6894 Além das florestas comerciais, as árvores podem ser utilizadas em sistemas
 6895 denominados agroflorestais, silvipastoris ou agrosilvipastoris, que permitem obter
 6896 produtos animais e vegetais em solos que produzem árvores para madeira ou para outros
 6897 fins. A presença das árvores implica em acumulação de C no longo prazo em sua
 6898 biomassa, e mesmo no solo. Por exemplo, em pastagens com plantios de *Eucalyptus*
 6899 *grandis* e *Acacia mangium*, numa densidade de 105 árvores ha⁻¹, estimou-se uma taxa
 6900 de 1,49 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ na biomassa das árvores, em um período de 10 anos (Muller et
 6901 al., 2009). No noroeste de Minas Gerais, sistemas integrados de lavoura-pecuária-
 6902 floresta, com eucalipto plantado na densidade de 250 árvores ha⁻¹, após 11 anos,
 6903 resultaram em um dreno de C na biomassa das árvores de 69,78 Mg C ha⁻¹, dos quais 81
 6904 % estavam na madeira (Tsukamoto Filho et al., 2004). A magnitude do sequestro de C
 6905 esperado nesses sistemas dependerá da densidade de árvores utilizadas, embora a
 6906 resposta nas taxas de sequestro por árvore seja maior em sistemas menos densos
 6907 (Tsukamoto Filho et al., 2004; Kruschewsky et al., 2007).
 6908

6909 **3.6.5. Efetividade da mitigação**

6910

6911 **3.6.5.1. Potenciais de mitigação**

6912 Para uma estimativa do potencial de mitigação das práticas, dentro de uma visão de
 6913 país, é importante estabelecer um horizonte de ocupação da terra com lavouras,

6914 pastagens e florestas. Utilizaram-se as expectativas do Governo Federal de área plantada
6915 com as principais culturas (MAPA, 2011a), e os compromissos com NAMAs, para o
6916 ano 2020 (MAPA, 2010).

6917 As estimativas foram baseadas nas informações disponíveis sobre taxas de acumulação
6918 de C no solo e biomassa, e de redução de emissões de GEE para diferentes práticas já
6919 discutidas anteriormente.

6920 *Plantio direto*

6921 Um dos NAMAs prevê expansão de 8 milhões de hectares (Mha) da área de PD até
6922 2020. As taxas de acumulação de C no solo são as mais altas quando se utiliza rotação
6923 de culturas (seção III deste capítulo); 0,82 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ para os Cerrados, de 0,52 Mg
6924 C ha⁻¹ ano⁻¹ para o Sul do País. Muito provavelmente, a expansão do PD ocorrerá em
6925 partes das duas regiões, o que significaria uma taxa de acumulação de C no solo entre o
6926 que se espera para o Sul e o que se espera para os Cerrados. Assumindo-se que as taxas
6927 de sequestro de C no solo sejam mantidas até 2020, e que a economia de energia fóssil
6928 estimada em 0,18 Mg CO₂eq ano⁻¹ (duas safras) se aplica às duas regiões, estimou-se
6929 um potencial de redução de GEEs para o plantio direto, entre 16,7 e 25,4 milhões de
6930 toneladas de equivalentes de CO₂ em 2020 (Tabela 3.6.6).

6931 *Redução da área queimada para colheita de cana-de-açúcar*

6932 De acordo com previsões de safra do Governo Federal (MAPA, 2011a), a cana-de-
6933 açúcar deverá ocupar uma área de 11,4 Mha em 2020/2021. Atualmente, a cultura é
6934 colhida em 8 Mha, dos quais aproximadamente 50% são queimados, considerando-se
6935 que São Paulo queima entre 40 e 50 % da área (Aguiar et al., 2011) e que esta
6936 percentagem é mais alta em áreas do Nordeste e de outras regiões produtoras. Para um
6937 cenário de potencial de mitigação pela eliminação do fogo na colheita da cana, assumiu-
6938 se que a redução da queima seria linear até 2020, quando 80% da área seriam colhidos
6939 sem queima. Os 2 Mha de expansão de área plantada para 2020 foram considerados
6940 como áreas onde a colheita será feita sem queima e que não influenciariam os estoques
6941 de C do solo, pois a área de expansão pode ocorrer sobre pastos e lavouras, e a
6942 estimativa de mudança de estoques de C do solo disponível somente é válida para área
6943 de cana, quando o manejo de colheita é alterado de colheita com queima para colheita
6944 de cana crua. Para as estimativas de acumulação de C no solo, considerou-se a taxa
6945 média proposta por Cerri et al. (2011) de 1,5 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹, com um erro médio de
6946 0,24 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹, estimado dos dados apresentados pelo autor. Neste caso, o
6947 potencial de mitigação de GEEs em 2020 ficaria entre 8,21 e 11,2 milhões de toneladas
6948 de equivalentes de CO₂ em 2020 (Tabela 3.6. 6), caso a eliminação da queima implique
6949 nos aumentos de C do solo relatados na literatura.

6950 *FBN e promoção de crescimento com uso de inoculantes microbianos*

6951 Segundo as projeções do Governo, serão plantadas respectivamente em 2020, 11 e 14
6952 milhões de hectares de cana-de-açúcar e milho, respectivamente (MAPA, 2011a).
6953 Dados da FAO (2004) trazem estimativas de consumo médio anual de fertilizante
6954 nitrogenado para cana-de-açúcar de 55 kg N ha⁻¹ e de 40 kg N ha⁻¹ para a do milho, nas
6955 condições de produção brasileiras. Mais recentemente, Boddey et al. (2008) estimaram
6956 em 57 kg N ha⁻¹ano⁻¹ o consumo médio de N pela cultura da cana-de-açúcar, o que
6957 indica que as estimativas da FAO não devem estar muito defasadas. Com base nesses
6958 números, estima-se que ambas as culturas consumirão, em 2020, 1,67 milhões de
6959 toneladas de N. Além disso, a cultura da soja recebe fertilizante nitrogenado em
6960 pequenas doses em função da disponibilidade de formulações para suprir a demanda de
6961 P e K, quantidade de N estimada pela FAO (2004) como sendo de 8 kg N ha⁻¹. Com a

6962 estimativa de área plantada com a cultura da soja de 30 Mha, se a fertilização for
 6963 mantida nesses níveis, espera-se um consumo de 240 mil toneladas de N pela cultura.
 6964 Para o potencial de mitigação proposto, considerou-se que em 2020 será possível
 6965 comercializar inoculantes microbianos com potencial de redução da fertilização
 6966 nitrogenada em 50 % para milho e cana-de-açúcar, e outras gramíneas (Kennedy et al.
 6967 2004, Hungria et al., 2010). No caso da soja, a FBN pode suprir a demanda de N da
 6968 cultura (Alves et al. 2003), e seria necessário somente garantir a oferta de formulados
 6969 sem N em sua composição. Somadas as emissões fósseis associadas ao fertilizante e as
 6970 emissões de N₂O do solo induzidas pela sua aplicação, existe um potencial de mitigação
 6971 de 11,41 kg CO₂eq kg⁻¹ N aplicado.
 6972 O potencial de mitigação de GEEs em 2020 seria de 9,4 milhões de toneladas de
 6973 equivalentes de CO₂, havendo sucesso com o uso de inoculantes para gramíneas, ou
 6974 pelo menos uma mitigação de 2,7 milhões de toneladas de equivalentes de CO₂ com a
 6975 eliminação do uso de N na cultura da soja (Tabela 3.6. 6).

6976 *Recuperação de pastagens e manejo da dieta*

6977 Até 2020, o Governo espera recuperar 15 Mha de pastagens (MAPA, 2010). Pastagens
 6978 produtivas podem apresentar oferta de forragem que garantem maior lotação animal do
 6979 que pastagens degradadas, neste caso, assume-se que o sistema de criação segue à pasto,
 6980 com alguma suplementação. Para as estimativas de potencial de mitigação com a
 6981 recuperação de pastagens, serão utilizados os dados de Lilienfein et al. (2003) obtidos
 6982 de pastagens típicas dos Cerrados, em que a pastagem degradada apresentava carga
 6983 animal de 0,6 U.A.⁴⁴ ha⁻¹ contra 1,0 U.A. ha⁻¹ da pastagem produtiva. Números
 6984 semelhantes são frequentemente divulgados para outras regiões, embora não estejam
 6985 facilmente disponíveis na literatura científica. Assim, pode-se dizer que a recuperação
 6986 da pastagem implicaria em uma redução de área de pastagem de 1 ha para 0,6 ha para
 6987 criar a mesma quantidade de animais. Porém, pela melhor qualidade de forragem, esses
 6988 animais engordariam em um tempo menor. O tempo médio para o abate de 48 meses
 6989 poderia ser reduzido para 36 meses (Ferraz e Felício, 2010), o que significaria uma
 6990 redução de 25 % nas emissões por unidade de produto, ou o equivalente a uma redução
 6991 em 25% do fator de emissão de CH₄ por animal (61 kg CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹ para 46 kg
 6992 CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹). Considerando animais de 170 a 220 kg⁻¹, o número de animais em
 6993 1 ha⁻¹ na pastagem degradada seria de 1,2 e 1,6 animais. Com a recuperação de
 6994 pastagens, este mesmo número de animais seria criado em menor área, e a redução no
 6995 tempo de abate representaria uma mitigação entre 0,39 e 0,50 Mg CO₂ ha⁻¹ em emissões
 6996 de CH₄ por ano.

6997 O aumento da produção de forragem aumentaria os estoques de C do solo a uma taxa
 6998 média de 3,67 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 3.6. 4), e se bem manejado, a prática da
 6999 queimada não seria utilizada, significando uma redução extra de 0,58 MgCO₂eq ha⁻¹
 7000 ano⁻¹ (Bustamante et al., 2012). Para a recuperação das pastagens, e manutenção da
 7001 produtividade, a adoção dos sistemas integrados com lavouras é uma alternativa que
 7002 vem sendo adotada em várias propriedades, em função de vantagens econômicas e de
 7003 diversificação do sistema de produção. De acordo com os poucos estudos existentes, o
 7004 potencial de sequestro de C no solo é reduzido em relação ao observado com uso
 7005 contínuo de pastagens (Salton et al., 2011). O potencial de mitigação das emissões
 7006 entéricas não deve ser muito diferente do que se observa com a recuperação das
 7007 pastagens, embora não existam estudos neste sentido.

⁴⁴ Unidade animal, que significa 450 kg de peso vivo em 1 hectare.

7008 Com base no mencionado, o potencial de mitigação de GEEs em 2020 estaria entre 59,5
7009 a 92,1 milhões de toneladas de equivalentes de CO₂ (Tabela 3.6.6), com a recuperação
7010 de 15 Mha de pastagens.

7011 A utilização de aditivos e produtos de ação direta no rúmen pode reduzir ainda mais a
7012 emissão de CH₄ por animal. Os resultados sugerem uma redução média de 35% (Tabela
7013 3.6. 5), o que implicaria em uma redução aritmética (levando em conta o efeito de
7014 redução de tempo de abate) para 30 kg CH₄ animal⁻¹ ano⁻¹. Com isso, a recuperação de
7015 pastagens acrescida de técnicas de redução de produção de CH₄ no rúmen resultaria em
7016 uma mitigação de 65,7 a 100,1 milhões de toneladas de equivalentes de CO₂.

7017 *Biodigestores*

7018 Ainda relacionado à pecuária, a ampliação do volume de dejetos tratados deve ser
7019 ampliada em 4,4 milhões de metros cúbicos em 2020, de acordo com a proposta de
7020 NAMAs (MAPA, 2010). A utilização de biodigestores para dejetos de suínos vem
7021 sendo cada vez mais utilizada entre produtores integrados a grandes corporações do
7022 setor, e pode contribuir com reduções acima de 80 % das emissões de GEE. O potencial
7023 pode ser estimado pela utilização de constantes de conversão dos efluentes em CH₄ nos
7024 biodigestores (Kunz e Oliveira, 2006), que podem ser de 12 a 37 m³ CH₄ m⁻³ de dejetos.
7025 Dentro da expectativa do Governo, em 2020 as emissões evitadas pelo tratamento de
7026 dejetos são estimadas entre 0,6 e 1,7 milhões de toneladas de equivalentes de CO₂.

7027 *Plantios comerciais de árvores*

7028 A expectativa do Governo é de ampliar em 3 milhões de hectares as áreas plantadas
7029 com florestas comerciais (MAPA, 2010) para atender ao mercado de celulose, madeira
7030 etc. Em função do curto prazo, a meta deverá ser atendida, principalmente, com a
7031 expansão das áreas de eucalipto (ABRAF, 2011), que de acordo com a literatura, em
7032 média, acumulam entre 30 e 40 Mg CO₂ ha⁻¹ ano⁻¹. Com base nesses números, estima-se
7033 que em 2020, a remoção de CO₂ pela expansão das florestas comerciais seja de 75,6 a
7034 100,7 milhões de toneladas, assumindo-se que as emissões decorrentes dos plantios não
7035 excederão 10 % da quantidade acumulada na biomassa das árvores (Cerri et al., 2010).

7036

7037 Tabela 3.6.6. Potencial de redução de emissões de GEEs através de práticas que estimulam o dreno de C
7038 pelo solo ou pela planta, ou que contribuem para reduzir as emissões de GEE.

	Varição de quantidade e área	Drenos e fontes mitigadas	Total de mitigação em 2020
Agricultura			Tg CO ₂
Expansão do plantio direto	8,0 Mha (expansão)	C-fóssil C-Solo	16,7 a 25,4
Redução da área queimada para colheita de cana-de-açúcar	4,7 Mha (área ainda com queima)	C-Solo GEE-queima	8,2 a 11,2
FBN e promoção de crescimento com uso de inoculantes microbianos para reduzir a fertilização nitrogenada	823,5 mil toneladas de N (fertilizante mineral aplicado em milho, cana e soja, que deve ser evitado)	C-fóssil N ₂ O-fertilizante	2,7 a 9,4
	Total		27,6 a 46,0
Pecuária			
Recuperação de pastagem (melhoria da oferta de pasto + efeito de redução de rebanho)	15 Mha (expansão)	C-solo/GEE-queima/	59,5 a 92,1
+ aditivos da dieta para redução de metanogênese		CH ₄ -entérico	65,7 a 100,1
Biodigestores para dejetos de suínos	4,4 Mm ³ de dejetos (tratamento)	CH ₄ -dejetos	0,6 a 1,7

	Total		60,1 a 101,8
Florestas			
Aumentos dos plantios comerciais	3 Mha (expansão)	C-biomassa	75,6 a 100,7
Total para o Brasil			163,3 a 248,5

7039

7040 O potencial de mitigação pode ser estimado em 163,3 a 248,5 milhões de toneladas de
7041 CO₂, sendo a expansão do plantio direto, a recuperação de áreas degradadas e o plantio
7042 de florestas as estratégias de mais relevantes.

7043 A remoção de CO₂ da atmosfera pela acumulação de C no solo e na biomassa contribui
7044 majoritariamente para o potencial total de mitigação. Neste caso, deve ser considerada a
7045 saturação do processo de remoção (Stewart et al., 2007; Johnston et al., 2009), que para
7046 o C do solo representa o momento em que ocorre um equilíbrio entre a taxa de entrada
7047 de C no solo, pela matéria orgânica depositada, e a taxa de saída, pela decomposição. O
7048 clima, a textura do solo e o manejo das culturas são fatores que afetam o processo,
7049 sendo que em climas mais frios, maior é o tempo para se atingir o equilíbrio, enquanto
7050 que solos mais argilosos apresentam maior nível de saturação de carbono (Johnston et
7051 al., 2009). A remoção de CO₂ na biomassa também atinge saturação com a tendência de
7052 máximo crescimento vegetal, que varia em função da densidade de plantas existente,
7053 clima, solo, espécie etc. (Hyyönen et al., 2007). Ao contrário das práticas que visam
7054 mitigação de emissões de N₂O e CH₄, a saturação dos compartimentos de C (solo e
7055 biomassa) faz com que os benefícios com a remoção sejam finitos, especialmente para
7056 os solos, uma vez que a biomassa pode ser utilizada para substituir fontes fósseis de
7057 energia, e assim evitar emissões fósseis (Schlamadinger & Marland, 1996; Sims et al.
7058 2007).

7059 A princípio, o grau de desgaste dos estoques de C do solo no momento da adoção de
7060 determinado manejo, juntamente com a quantidade e qualidade dos resíduos aportados
7061 ao solo são aspectos chave que podem afetar as estimativas de taxas de “sequestro de C
7062 no solo” (Stewart et al., 2007; Boddey et al., 2010). Zotarelli et al (2012), por exemplo,
7063 mostraram que, após 13 anos, o plantio direto apenas evitou a perda de C do solo, em
7064 comparação ao plantio convencional, não representando incremento dos estoques ao
7065 longo do tempo (Zotarelli et al., 2012).

7066 É importante considerar que as mudanças de estoques de C do solo ocorrem em maior
7067 magnitude nos primeiros anos após a modificação do sistema de produção, tendendo a
7068 reduzir até níveis mais baixos conforme se aproxima o novo equilíbrio entre entradas de
7069 C no sistema e decomposição no solo (Powlson et al. 2011). De acordo com o IPCC
7070 (2006), o equilíbrio seria atingido em média com 20 anos. No Brasil, resultados obtidos
7071 na região sul sugerem comportamentos variáveis nas mudanças de estoque de C do solo
7072 entre sistemas de manejo, e com tendências de equilíbrio para períodos superiores aos
7073 20 anos (Bayer et al., 2006b; Zanatta et al. 2007). No entanto, até que haja resultados
7074 suficientes no País, as taxas de acumulação de C no solo com a mudança de manejo
7075 devem seguir as perspectivas de curto prazo.

7076 O comportamento de taxas decrescentes de acumulação de C no solo com o tempo traz
7077 incertezas associadas ao momento em que se avaliam os sistemas de manejo, uma vez
7078 que nem sempre se conhece o estágio de acumulação, ou de perda, de C que se encontra
7079 o solo. O conhecimento da “linha de base”, ou na condição de referência, sem mudança,
7080 é essencial para reduzir as incertezas (Marland et al., 2001).

7081 A estabilidade do C acumulado no solo e na biomassa é um ponto de vulnerabilidade
7082 para considerar esses reservatórios em projetos de mitigação. No caso do solo, eventuais
7083 mudanças no manejo, com redução na entrada de resíduos ou aumento da perturbação

7084 do solo podem resultar em perdas significativas para a atmosfera do C anteriormente
 7085 estocado no solo (Johnston et al, 2009).
 7086 Além das considerações sobre as estimativas de estoques de C na biomassa e no solo, é
 7087 necessário que seja feita a contabilidade de todos os gases de efeito estufa, visando
 7088 integrar possíveis efeitos negativos, como mudanças nos padrões de emissões de outros
 7089 gases de efeito estufa, como o N₂O (Robertson e Grace, 2004).
 7090

7091 3.6.5.2. Externalidades

7092 A implementação das práticas de mitigação de gases de efeito estufa proporciona efeitos
 7093 paralelos positivos e negativos socioeconômicos e sobre o meio-ambiente, denominados
 7094 externalidades. Em geral, as práticas agrícolas consideradas mitigadoras de emissões
 7095 (Tabela 3.6.7) estão relacionadas ao aumento de eficiência de processos e encerram
 7096 muitos benefícios para os sistemas de produção, ou externalidades positivas. No
 7097 entanto, é importante considerar as possíveis externalidades negativas para que ajustes
 7098 sejam feitos visando um alinhamento cada vez maior com a sustentabilidade ambiental.
 7099 Tabela 3.6.7. Externalidades positivas e negativas provocadas pela utilização de práticas mitigadoras de
 7100 gases de efeito estufa na agricultura.

Estratégia	Externalidades		
	Positivas	Negativas	
		Efeito	Possíveis soluções
Expansão do plantio direto	<ul style="list-style-type: none"> - Redução da erosão e aumento da infiltração de água no solo (Derpsch et al., 1986); - Aumento da fertilidade do solo, com processos biológicos incrementados na região de desenvolvimento radicular (Machado e Silva, 2001; Alves et al., 2003); - Maior economia de combustíveis (Fernandes et al., 2008) e mais possibilidades de safras em um mesmo ano com a eliminação de operações de aração e gradagem (Fidelis et al., 2003); 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento no consumo de herbicidas nos primeiros anos de adoção (Machado e Silva, 2001; Fidelis et al., 2003); - Eventual problema de compactação em solos argilosos (Stone e Silveira, 2001); - Pragas que surgem pelo não revolvimento do solo (Silva et al. 2009) 	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo de culturas, com rotação, para abundante cobertura do solo, de forma permanente durante o ano (Bolliger et al., 2006; Silva et al. 2009).
Redução da área queimada para colheita de cana-de-açúcar	<ul style="list-style-type: none"> - Redução da poluição do ar; - Conservação de nutrientes no sistema solo-planta (Gabiante et al 2011); - Redução da erosão pela cobertura do solo com resíduos (Gabiante et al 2011); 	<ul style="list-style-type: none"> - Surgimento de pragas que se proliferam nos resíduos (p. ex. cigarrinha, brocas – Souza et al. 2008). 	<ul style="list-style-type: none"> - Controle biológico e uso de variedades tolerantes (Dinardo-Miranda et al. 2004; Souza et al. 2008)
FBN e promoção de crescimento com uso de inoculantes microbianos para reduzir a fertilização nitrogenada	<ul style="list-style-type: none"> - Redução de custos de produção e riscos de poluição pelas perdas de N de fertilizantes (Bhattacharjee et al. 2008). 	<ul style="list-style-type: none"> - Nível de fertilidade do solo pode afetar a performance do inoculante (Bhattacharjee et al. 2008) 	<ul style="list-style-type: none"> Ainda sem solução.
Recuperação de pastagem (melhoria	<ul style="list-style-type: none"> - Redução de erosão e aumento da fertilidade do 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo de recuperação (Euclides et al. 2010; 	<ul style="list-style-type: none"> - Incentivos financeiros (Gouvello et al. 2010);

da oferta de pasto + efeito de redução de rebanho) + aditivos da dieta para redução de metanogênese	solo; - Disponibilização de terras para expansão agrícola e reflorestamento; (Euclides et al. 2010); - Conforto animal em sistemas que utilizam árvores (ILPF). (Navarini et al., 2009).	Gouvello et al 2010); - Maior custo de alimentação; - Maior excreção de nutrientes (Ex. N,P e K).	-Manejo adequado de dejetos.
Biodigestores para dejetos de suínos	- Geração de energia na unidade de produção (Salomon & Lora, 2005); - Redução do potencial poluidor dos resíduos (Romeiro et al 2011)	- Custo de instalação e manutenção (Romeiro et al 2011)	- Incentivos financeiros, com fiscalização e controle (Romeiro et al 2011)
Reflorestamento comercial	- Redução da pressão sobre florestas nativas (Gouvello et al 2010) - Aumento da biodiversidade em áreas anteriormente degradadas (Vital 2007) - Amenização da temperatura local (Vital 2007)	- Alterações de ciclo hidrológico (Vital 2007) - Ameaça a áreas nativas por espécies exóticas usadas nos plantios (Zanchetta e Diniz, 2006; Delariva & Agostinho, 1999)	- Manutenção de resíduos de colheita sobre o solo, e estabelecimento de corredores florestais (Vital 2007). - Avaliação de ecossistemas quanto aos possíveis impactos da espécie florestal (Vital 2007)

7101

7102

7103 **3.6.5.3.Barreiras e custos**

7104 No Brasil, ainda são escassos os estudos voltados para o entendimento de barreiras e
7105 custos de tecnologias de mitigação de gases de efeito estufa. Uma das principais
7106 referências é o estudo conduzido recentemente pelo Banco Mundial (Gouvello et al,
7107 2010), que reuniu informações sobre as principais barreiras que dificultam ou impedem
7108 a adoção de práticas mitigadoras de gases de efeito estufa, estudo que suporta algumas
7109 das posições relacionadas à seguir:

7110 **Plantio direto**

7111 O acesso à melhor tecnologia nem sempre é fácil, criando uma fragilidade para o
7112 sucesso da prática; os custos iniciais para conversão e as vantagens econômicas para
7113 que o esforço seja feito nem sempre são considerados factíveis; problemas associados
7114 ao escoamento da produção - o mercado nem sempre é favorável para comercialização
7115 dos produtos de culturas necessárias para rotação com as principais “commodities”
7116 agrícolas. Os resultados do estudo do Banco Mundial indicam que as taxas de retorno
7117 com o uso do plantio direto são sempre superiores ao do plantio convencional, sendo
7118 assim uma prática de cultivo economicamente superior, tal como também ressaltaram
7119 Fidelis et al (2003). Os incentivos financeiros, embora aparentemente desnecessários,
7120 podem ser importantes para incentivar a expansão do sistema como forma de superar os
7121 riscos associados às barreiras tecnológicas e motivar o envolvimento do produtor.

7122 **Eliminação da queima da cana-de-açúcar**

7123 Esta prática não foi abordada no estudo do Banco Mundial uma vez que a eliminação da
7124 queima para colheita da cana-de-açúcar está prevista na Lei da Queima da Cana (Lei nº
7125 11.241/2002), e deverá ser completamente atendida até 2021 em áreas mecanizáveis, e

7126 até 2031 em áreas não mecanizáveis. Os custos com a colheita mecanizada da cana crua
 7127 se elevam pela necessidade de máquinas e custos com combustíveis, embora ganha-se
 7128 com o rendimento do trabalho. No entanto, é uma operação restrita para produtores com
 7129 áreas de declividade superior a 12% e suficientemente produtivas para superar os limites
 7130 de colmos colhidos necessários para dar capacidade de pagamento dos investimentos
 7131 (Oliveira e Nachiluk, 2011).

7132 *Redução da fertilização nitrogenada com a FBN*

7133 Barreiras de ordem tecnológica ainda existem e podem limitar a adoção desta prática.
 7134 Nem sempre os resultados são positivos, o que está relacionado com a fertilidade do
 7135 solo, especialmente a disponibilidade de N (Bhattacharjee et al. 2008), além de
 7136 condições edafoclimáticas e efeitos varietais que ainda precisam ser estabelecidos,
 7137 afetando assim a aceitação do produto. O desconhecimento sobre a existência e
 7138 funcionamento dos inoculantes é outra barreira que precisa ser superada. Existem
 7139 gargalos no desenvolvimento e difusão da tecnologia de inoculantes microbianos
 7140 promotores de crescimento, tanto na agricultura empresarial quanto na familiar.
 7141 A eliminação da fertilização nitrogenada da soja, aparentemente mais simples, se depara
 7142 com a baixa disponibilidade de formulados somente à base de P e K, uma vez que os
 7143 fosfatos amoniacais (MAP e DAP) são largamente utilizados. O superfosfato triplo seria
 7144 uma opção para suprimento de P de custo similar (preço FOB), às vezes menor (ANDA,
 7145 2011), o que poderia ser incentivado por políticas públicas para o setor.

7146 *Recuperação de pastagens, suplementação da dieta e uso de aditivos*

7147 O aproveitamento ideal da prática de mitigação depende não somente da dieta de alta
 7148 qualidade, mas também da genética dos bovinos para potencializar os resultados. A
 7149 disponibilidade de crédito nem sempre cobre a aquisição de animais, e com isso o
 7150 investimento na melhoria da pastagem não traz os benefícios esperados em termos
 7151 econômicos; é uma atividade com relativamente baixa taxa de retorno, e exigiria juros
 7152 muito baixos nos empréstimos para viabilizar o negócio. Essas conclusões são
 7153 reforçadas por Euclides et al (2010), que destacaram que a recuperação de pastagens
 7154 enfrenta barreiras relacionadas ao custo e baixa remuneração, e também a questões
 7155 culturais voltadas para o conhecimento tradicional.

7156 *Biodigestores para a suinocultura*

7157 Os custos de investimento estão entre as maiores barreiras para a implantação de
 7158 biodigestores. Segundo estimativas da Embrapa, discutidas por Angonese et al (2007), o
 7159 custo médio de implementação de um sistema com biodigestor é 10 vezes maior do que
 7160 o de uma lagoa anaeróbica-padrão. Além disso, barreiras relacionadas à complexidade
 7161 do sistema (dificuldades de operação) e intermitência do recurso podem alimentar um
 7162 processo de desmotivação, com abandono ou rejeição da tecnologia (Walter, 2000).

7163 *Reflorestamento comercial*

7164 O novo paradigma da intensificação da produção sustentável reconhece a necessidade
 7165 de um setor agrícola/florestal produtivo e remunerado, ao mesmo tempo conservando os
 7166 recursos naturais e contribuindo positivamente para a melhoria dos serviços ambientais.
 7167 Custos de transação elevados de carvão de florestas comerciais em comparação ao
 7168 oriundo do extrativismo ou ao coque de carvão mineral, além das limitações técnicas e
 7169 logísticas para o uso de carvão vegetal em grandes altos-fornos; acesso ao crédito e
 7170 riscos em relação ao marco regulatório, que implica em morosidade para obtenção de
 7171 licenças ambientais, além da complexidade do processo; insegurança quanto ao
 7172 suprimento de produtos de origem florestal, em função do déficit de área plantada.

7173

7174 **3.6.6. Demandas de conhecimentos**

7175 A pesquisa em gases de efeito estufa é relativamente recente no Brasil, e os resultados
 7176 disponíveis até o momento ainda são insuficientes para permitir uma caracterização
 7177 segura do impacto dos sistemas de produção agrícolas e da silvicultura nas mais
 7178 diversas combinações de clima e solo do território nacional quanto às emissões desses
 7179 gases para a atmosfera. Neste sentido, embora existam informações internacionais que
 7180 podem ser generalizadas para o Brasil, existe grande incerteza nas estimativas de
 7181 potencial de mitigação que foram levantadas neste documento. Esta situação se torna
 7182 crítica em função dos compromissos internacionais que foram assumidos para 2020, que
 7183 caracterizam o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (MAPA, 2010). Várias das ações
 7184 de mitigação para a agricultura contemplam o solo como sumidouro do CO₂
 7185 atmosférico, que ocorreria pela acumulação de matéria orgânica. São consideradas
 7186 lacunas de conhecimento para as condições brasileiras, questões relacionadas à
 7187 capacidade de acumulação e a estabilidade do carbono no solo, tempo para que ocorra
 7188 saturação em função do manejo, e os impactos de mudanças nas condições de produção
 7189 sobre a permanência do C no solo. No entanto, não basta apenas o conhecimento desses
 7190 processos, mas é fundamental que sejam quantificáveis, e que possam ser simulados
 7191 para avaliação de cenários, demandando um esforço para o desenvolvimento da
 7192 modelagem matemática na pesquisa brasileira.

7193 Se existem grandes lacunas na pesquisa sobre o carbono, a situação ainda é mais crítica
 7194 para os gases CH₄ e N₂O. Muito pouco foi adequadamente divulgado em periódicos
 7195 conceituados internacionalmente, criando uma barreira para que as ações nacionais de
 7196 mitigação na agricultura sejam adequadamente orientadas e recebam o devido
 7197 reconhecimento no meio científico. Além disso, deve existir um esforço dos cientistas
 7198 para combinar os objetivos de caracterização do processo de emissão desses gases com
 7199 os de opções de mitigação, sendo importante focalizar os esforços nos sistemas mais
 7200 relevantes, numa visão de curto prazo. Os fatores de emissão devem ser abordados com
 7201 maior intensidade, juntamente com o aprimoramento dos modelos de simulação, assim
 7202 como melhorar a base de informações de atividades do setor. É recomendável orientar a
 7203 pesquisa segundo os critérios requeridos pelo Painel Intergovernamental de Mudanças
 7204 Climáticas das Nações Unidas, que até o momento representa a principal massa crítica
 7205 de cientistas que estudam os efeitos naturais e antrópicos sobre as emissões de gases de
 7206 efeito estufa.

7207 Embora as pesquisas tenham avançado nos últimos anos, ainda há muito a fazer em uma
 7208 escala de tempo relativamente pequena, tornando urgente o maior envolvimento das
 7209 instituições de pesquisa, de forma organizada e com os devidos critérios para que se
 7210 atinjam resultados de forma eficaz.

7211

7212 **Referências Bibliográficas**

7213 Aguiar, D.A., Rudorff, B.F.T., Silva, W.F., Adami, M.; Mello, M.P. 2011. Remote sensing
 7214 images in support of environmental protocol: monitoring the sugarcane harvest in São Paulo
 7215 state, Brazil. Remote Sensing, v. 3, p. 2682-2703.

7216 Aita, C.; Giacomini, S.J.; Hübner, A.P. 2007. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos
 7217 líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.
 7218 42, p. 95-102.

- 7219 Aita, C.; Port, O.; Giacomini, S.J. 2006. Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de
7220 fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos. Revista
7221 Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, p. 901-910.
- 7222 Alves, B.J.R.; Boddey, R.M.; Urquiaga, S. 2003. The success of BNF in soybean in Brazil.
7223 *Plant and Soil*, v.252, p.1-9,.
- 7224 Amado, T. J. C.; Bayer, C.; Conceição, P. C.; Spagnollo, E.; Campos, B.-H.; Veiga, M. 2006.
7225 Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in Southern
7226 Brazil. *Journal of Environmental Quality*, v. 35, p. 1599-1607.
- 7227 Angonese, A.R.; Campos, A.T.; Welter, R.A. 2007. Potencial de redução de emissão de
7228 equivalente de carbono de uma unidade suinícola com biodigestor. *Engenharia Agrícola*, v. 27,
7229 p. 648-657
- 7230 Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína (ABIEPCS). 2011.
7231 Estatísticas do setor. <<http://www.abiepcs.org.br/pt/estatisticas/mercado-interno.html>> (acesso
7232 em 1 de março de 2012).
- 7233 Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF). 2011.
7234 <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12>> (acesso em 1 de março de 2012).
- 7235 Associação Nacional para Difusão de Adubos(ANDA) 2012. Anuário Estatístico do Setor de
7236 Fertilizantes de 2011. São Paulo. 176 p.
- 7237 Babujia, L.C. ; Hungria, M. ; Franchini, J.C.; Brookes, P.C. 2010. Microbial biomass and
7238 activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and
7239 conventional tillage. *Soil Biology and Biochemistry*, v.42, p. 2174–2181.
- 7240 Balbino, L.C.; Cordeiro, L.A.M.; Silva, V.P.; Moraes, A.; Martínez, G.B.; Alvarenga, R.C.;
7241 Kichel, A.N.; Fontaneli, R.S.; Santos, H.P.; Franchini, J.C.; Galerani, P.R.2011. Evolução
7242 tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil.
7243 *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46 [on-line print] ([http://dx.doi.org/10.1590/S0100-](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000001)
7244 [204X2011001000001](http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000001)).
- 7245 Barona, E.; Ramankutty, N.; Hyman, G.; Coomes, O.T. 2010. The role of pasture and soybean
7246 in deforestation of the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, v. 5, 024002 (9pp),
7247 (doi:10.1088).
- 7248 Bayer, C.; Lovato, T.; Dieckow, J.; Zanatta, J.A.; Mielniczuk, J. 2006b. A method for
7249 estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. *Soil &*
7250 *Tillage Research*, v. 91, p. 217-226..
- 7251 Bayer, C.; Martin-Neto, L.; Mielniczuk, J.; Pavinato, A. & Dieckow, J. 2006a. Carbon
7252 sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil and Tillage Research*, v. 86,
7253 p.237-245.
- 7254 Bayer, C.; Mielniczuk, J.; Martin Neto, L.; Ernani, P.R. 2002. Stocks and humification degree
7255 of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. *Plant and Soil*, v. 238,
7256 p. 133-140.
- 7257 Berchielli, T. T.; Pedreira, M. S.; Oliveira, S. G.; Primavesi, O.; Lima, M. A.; Frighetto, R.T.S.
7258 2003.Determinação da produção de metano e pH ruminal em bovinos de corte alimentados com
7259 diferentes relações volumoso:concentrado. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De
7260 Zootecnia, 40, Santa Maria - RS. Anais. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria;
7261 SBZ.
- 7262 Berchielli, T.T.; Fiorentini, G.; Carvalho, I.P.C.; Berndt, A.; Frighetto, R.T.S.; Canesin, R.C.;
7263 Lage, J.F. 2011. Effects of lipid sources in steers performance and methane emission finished in

- 7264 feedlot. *Advances in Animal Biosciences*, v. 2, p. 405-570 (doi: 10.1017/S2040470011002809,
7265 Published online by Cambridge University Press 11 Aug 2011).
- 7266 Bhattacharjee, R.B.; Singh, A.; Mukhopadhyay, S.N. 2008. Use of nitrogen-fixing bacteria as
7267 biofertiliser for non-legumes: prospects and challenges. *Applied Microbiology and*
7268 *Biotechnology*, v. 80, p. 199-209,.
- 7269 Boddey, R.M.; Jantalia, C.P.; Conceição, P.C.; Zanatta, J.A.; Bayer, C.; Mielniczuk, J.;
7270 Dieckow, J.; Santos, H.P. Dos; Denardin, J.E.; Aita, C.; Giacomini, S.; Alves, B.J.R.; Urquiaga,
7271 S. 2010. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture.
7272 *Global Change Biology*, v.16, p.784-795.
- 7273 Boddey, R.M.; Macedo, R.; Tarré, R.M.; Ferreira, E.; Oliveira, O.C. De; Rezende, C. De P.;
7274 Cantarutti, R.B.; Pereira, J.M.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S. 2004. Nitrogen cycling in *Brachiaria*
7275 pastures: the key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture, Ecosystems and*
7276 *Environment*, v. 103, p. 389–403.
- 7277 Boddey, R.M.; Soares, L.H.B.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S. 2008. Bio-ethanol production in
7278 Brazil. In: Pimentel, D. (Org.). *Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems*.
7279 *Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems*. 01ed. Berkeley: Springer, p. 321-355.
- 7280 Bolliger, A.; Magid, J.; Amado, T.J.C.; Skora Neto, F., Ribeiro, M.F.S.; Calegari, A.; Ralisch,
7281 R.; Neergaard, A. 2006. Taking stock of the Brazilian “Zero-Till Revolution”: a review of
7282 landmark research and farmers’ practice. *Advances in Agronomy*, v. 91, p. 47-64.
- 7283 BRASIL. 2002. Lei nº 11.241/2002
- 7284 BRASIL. 2009. Decreto nº 6961/2009
- 7285 BRASIL. 2009. Lei nº 12.187/2009
- 7286 BRASIL. 2010. Decreto nº 7390/2010
- 7287 Braz, S.P.; Urquiaga, S.; Alves, B.J.R.; Jantalia, C.P.; Guimarães, A.P.; Dos Santos, C.A.; Dos
7288 Santos, S.C.; Machado Pinheiro, E.F; Boddey R.M. 2012. Soil carbon stocks under productive
7289 and degraded *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrados. *Soil Science Society of America*
7290 *Journal*, 2012 (no prelo).
- 7291 Bustamante, M.M.C.; Nobre, C.A.; Smeraldi, R.; Aguiar, A.P.D.; Barioni, L.G.; Ferreira, L.G.;
7292 Longo, K.; May, P.; Pinto, A.S.; Ometto, J.P.H.B. 2012. Estimating greenhouse gas emissions
7293 from cattle raising in Brazil. *Climatic Change*, (on-line first) DOI 10.1007/s10584-012-0443-3..
- 7294 Carvalho, A.M.; Bustamante, M.M.C.; Kozovits, A.R.; Miranda, L.N.; Vivaldi, L.J.; Sousa,
7295 D.M. 2006. Emissões de NO e N₂O associadas à aplicação de uréia sob plantio direto e
7296 convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, p. 679-685.
- 7297 Carvalho, I.P.C. De; Berchielli, T.T; Berndt, A.; Frighetto, R.T.S. 2011. Effect of lipid sources
7298 on methane emission of beef cattle at pasture using the SF₆ tracer technique. *Advances in*
7299 *Animal Biosciences*, v. 2, p. 405-570, 2011 (doi: 10.1017/S2040470011002809, Published
7300 online by Cambridge University Press 11 Aug).
- 7301 Carvalho, J.L.N.; Raucci, G.S.; Cerri, C.E.P.; Bernoux, M.; Feigl, B.J.; Wruck, F.J.; Cerri, C.C.
7302 2010. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. *Soil*
7303 *Tillage Research*, v. 110, p. 175-186.
- 7304 Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - ESALQ/USP(CEPEA). 2011. PIB do
7305 Agronegócio – dados de 1994 a 2010.
7306 <http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/other/Pib_Cepea_1994_2010.xls>. Acesso em 20 de
7307 dezembro de 2011.

- 7308 Cerri C.C.; Bernoux, M.; Maia, S.M.F.; Cerri, C.E.P.; Costa Junior, C.; Feigl, B.J.; Frazão,
7309 L.A.; De Castro Mello, F.F.; Galdos, M.V.; Moreira, C.S.; Carvalho, J.L.N. 2010. Greenhouse
7310 gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. *Sciencia*
7311 *Agricola*, v.67, p.102-116.
- 7312 Cerri, C.C.; Bernoux, M.; Cerri, C.E.P.; Feller, C. 2004. Carbon cycling and sequestration
7313 opportunities in South America: the case of Brazil. *Soil Use and Management*, v. 20, p. 248-
7314 254.
- 7315 Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). 2011. Séries históricas.
7316 <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acessado em 11/10/2011.
- 7317 Companhia nacional de Abastecimento (CONAB). 2012. Séries históricas relativas às safras
7318 1976/77 a 2009/2010 de área plantada, produtividade e produção.
7319 <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso em 09 de janeiro de 2012.
- 7320 Corazza, E.J.; Silva, J.E.; Resck, D.V.S.; Gomes, A.C.1999. Comportamento de diferentes
7321 sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado.
7322 *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.425-432.
- 7323 Corbeels, M.; Scopel, E.; Cardoso, A.; Bernoux, M.; Douzet, J.M.; Siqueira Neto, M.S. 2006.
7324 Soil carbon storage potential of direct seeding mulch-based cropping systems in the Cerrados of
7325 Brazil. *Global Change Biology*, v.12, p.1773-1787
- 7326 Costa, M.C.G.; Vitti, G.C.; Cantarella, H. 2003. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas
7327 em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p.
7328 631-637.
- 7329 Costa, O.V.; Cantarutti, R.B.; Fontes, L.E.F.; Costa, L.M.; Nacif, P.G.S.; Faria, J.C. 2009.
7330 Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de Tabuleiro Costeiro no sul da Bahia.
7331 *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 1137-1145, 2009.
- 7332 Cruvinel, E.B.F.; Bustamante, M.M.C.; Kozovits, A.R.; Zepp, R.G. 2011. Soil emissions of NO,
7333 N₂O and CO₂ from croplands in the savanna region of central Brazil. *Agriculture, Ecosystems*
7334 *and Environment*, v. 144, p. 29–40..
- 7335 D'andréa, A.F.; Silva, M.L.N.; Curi, N. & Guilherme, L.R.G. 2004. Estoques de carbono e
7336 nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de
7337 manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, p. 179-186,.
- 7338 Delariva, R.L.; Agostinho, A.A. 1999. Introdução de espécies: uma síntese comentada. *Acta*
7339 *Scientiarum*, v. 21, p. 255-262.
- 7340 Demarchi, J.J.A.A.; Lourenço, A.J.; Manella, M.Q.; Alleoni, G.F.; Friguetto, R.S.; Primavesi,
7341 O.; Lima, M.A. 2003a).Daily methane emission at different seasons of the year by Nelore cattle
7342 in Brazil grazing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu – Preliminary results. In: IX World
7343 Conference on Animal Production and XVIII Reunião Latinoamericana de Produção Animal,
7344 Porto Alegre – RS.
- 7345 Demarchi, J.J.A.A.; Lourenço, A.J.; Manella, M.Q.; Alleoni, G.F.; Friguetto, R.S.; Primavesi,
7346 O.; Lima, M.A. 2003b).Preliminary results on methane emission by Nelore cattle in Brazil
7347 grazing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu –. In: II International Methane And Nitrous Oxide
7348 Mitigation Conference, Beijing. Proceedings of the 3^o International methane and nitrous oxide
7349 mitigation Conference, p. 80-84.
- 7350 Derpsch, R.; Friedrich, T.; Kassam, A.; Hongwen, L. 2010. Current status of adoption of no-till
7351 farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and*
7352 *Biological Engineering*, v. 3, p.1-25.

- 7353 Derpsch, R.; Sidiras, N.; Roth, C.H. 1986. Results of studies made from 1977 to 1984 to control
7354 erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. *Soil & Tillage Research*, v.
7355 8, p. 253-263.
- 7356 Diekow, J.; Mielniczuk, J.; Knicker, H.; Bayer, C.; Dick, D.P. & Kögel-Knabner, I. 2005. Soil
7357 C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil
7358 Acrisol managed under no-tillage for 17 year. *Soil and Tillage Research*, v.81, p.87-95.
- 7359 Dinardo-Miranda, L.L.; Vasconcelos, A.C.M.; Ferreira, J.M.G.; Garcia Jr., C.A.; Coelho, A.L.;
7360 Gil, M.A. 2004. Eficiência de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) no controle de *Mahanarva*
7361 *fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) em cana-de-açúcar. *Neotropical Entomology*, v. 33,
7362 p. 743-749,.
- 7363 Euclides, V.P.B.; Valle, C.B.; Macedo, M.C.M.; Almeida, R.G.; Montagner, D.B.; Barbosa,
7364 R.A. 2010. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI
7365 century. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 151-168.
- 7366 Fearnside, P.M.; Barbosa, R.I. 1998. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in
7367 Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, v. 108, p. 147-166.
- 7368 Fernandes H.C., Silveira, J.C.M. Da, Rinaldi, P.C.N. 2008. Avaliação do custo energético de
7369 diferentes operações agrícolas mecanizadas. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, p. 1582-1587.
- 7370 Ferraz, J.B.S.; Felício, P.E. 2010. Production systems – An example from Brazil. *Meat Science*,
7371 v. 84, p. 238–243.
- 7372 Fidelis, R.R.; Rocha, P.N.C.; Leite, U.T.; Tancredi, F.D. 2003. Alguns aspectos do plantio
7373 direto para a cultura da soja. *Bioscience Journal*, v. 19, p. 23-31,.
- 7374 Figueiredo, E.B.; La Scala Jr., N. 2011. Greenhouse gas balance due to the conversion of
7375 sugarcane areas from burned to green harvest in Brazil. *Agriculture, Ecosystems and*
7376 *Environment*, v. 141, p. 77–85.
- 7377 Fiorezze, C.; Ceretta, C.A. 2006. Fontes orgânicas de nutrientes em sistemas de produção de
7378 batata. *Ciência Rural*, v. 36, p. 1788-1793.
- 7379 Fisher, M.J.; Braz, S.P.; Santos, R.S.M.; Urquiaga, S.; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M. 2007.
7380 Another dimension to grazing systems: soil carbon. *Tropical Grasslands*, v.41, p.65-83,.
- 7381 Flynn, H.C.; Smith, P. 2010. Greenhouse gas budgets of crop production - current and likely
7382 future trends. First edition, IFA, Paris, France, January.
- 7383 Fontes, C.A.A.; Costa, V.A.C.; Berndt, A.; Frighetto, R.T.S.; Valente, T.N.P.; Processi, E.F.
7384 .2011.Emissão de metano por bovinos de corte, suplementados ou não, em pastagem de capim
7385 mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça). II Emissão por Mcal de energia líquida ingerida e
7386 por kg de ganho. 48ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Belém, PA.
- 7387 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2004. Fertilizer use by crop in
7388 Brazil. 1st version. FAO: Roma,. 53 p.
- 7389 Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO). 2011. FaoStat, Food and
7390 Agricultural commodities production <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> and Exports
7391 <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>. Acesso em 20 de dezembro de 2011.
- 7392 Franchini, J.C.; Crispino, C.C.; Souza, R.A.; Torres, E.; Hungria, M. 2007. Microbiological
7393 parameters as indicators of soil quality under various tillage and crop-rotation systems in
7394 southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, v. 92, p.18-29.
- 7395 Freitas, P.L.; Blancaneaux, P.; Gavinelli, E.; Larré-Larrouy, M.C.; Feller, C. 2000. Nível e
7396 natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa*
7397 *Agropecuária Brasileira*, v.35, p.157-170.

- 7398 Galdos, M.V.; Cerri, C.C.; Cerri, C.E.P. 2009. Soil carbon stocks under burned and unburned
7399 sugarcane in Brazil. *Geoderma*, v. 153, p. 347–352.
- 7400 Garbiate, M.V.; Vitorino, A.C.T.; Tomasini, B.A.; Bergamin, A.C.; Panachuki, E. 2011. Erosão
7401 em entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada.
7402 *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 2145-2155.
- 7403 Gatto, A.; Barros, N.F.; Novais, R.F.; Silva, I.R.; Leite, H.G.; Villani, E.M.A. 2010. Estoque de
7404 carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas
7405 Gerais. *Revista Árvore*, v. 35, p. 895-905.
- 7406 Gellings, C.W.; Parmenter, K.E. 2004. Energy efficiency in fertilizer production and use. In:
7407 Knowledge for Sustainable Development - An Insight into the Encyclopedia of Life Support
7408 Systems (Gellings, C.W. & Blok, K., Eds.). Eolss Publishers: Oxford; Vol. II, pp. 419– 450.
- 7409 Giacomini, S.J.; Jantalia, C.P.; Aita, C.; Urquiaga, S.; Alves, B.J.R. 2006. Emissão de óxido
7410 nitroso com a aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo sob plantio direto. *Pesquisa*
7411 *Agropecuária Brasileira*, v. 41, p.1653-1661.
- 7412 Giltrap, D.L., Singh, J.; Saggar, S.; Zaman, M. 2010. A preliminary study to model the effects
7413 of a nitrification inhibitor on nitrous oxide emissions from urine-amended pasture. *Agriculture,*
7414 *Ecosystems and Environment*, v. 136, p. 310 – 317,.
- 7415 Godfray, H. C. J.; Beddington, J. R.; Crute, I.R.; Haddad, L.; Lawrence, D.; Muir, J.F.;
7416 PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S.M.; TOULMIN, C. 2010. Food security: the
7417 challenge of feeding 9 billion people. *Science*, v. 327, p.812–818.
- 7418 Gomes, J.; Bayer, C.; Costa, F.S.; Piccolo, M.C.; Zanatta, J.C.; Vieira, F.C.B.; Six, J. 2009. Soil
7419 nitrous oxide emissions in long-term cover crops-based rotations under subtropical climate *Soil*
7420 *& Tillage Research*, v. 106, p. 36-44.
- 7421 Gouvello, C.; Soares Filho, B.; Nassar, A.; Schaeffer, R.; Alves, F.J.; Alves, J.W.S. 2010.
7422 **Brazilian Low-Carbon Country Case Study.** The International Bank for Reconstruction and
7423 Development. The World Bank, Washington DC, 253 p.
- 7424 Hall, D.O.; House, J.I. 1994. Trees and biomass energy: Carbon storage and/or fossil fuel
7425 substitution? *Biomass and Bioenergy*, v. 6, p. 11-30,.
- 7426 Hulshof, R., Berndt, A., Gerrits, W.J.J., Dijkstra, J.; Van Zijderveld, S.M.; Newbold, J.R.;
7427 Perdok, H.B. 2012. Dietary nitrate supplementation reduces methane emission in beef cattle fed
7428 sugarcane based diets. *Journal of Animal Science*, (on-line first).
7429 <http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/jas.2011-4209v1>
- 7430 Hungria, M.; Campo, R.J.; Souza, E.M.; Pedrosa, F.O. 2010. *Inoculation with selected strains of*
7431 *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant*
7432 *and Soil*, v. 331, p. 413-425,.
- 7433 Hungria, M.; Franchini, J.C.; Campo, R.J.; Crispino, C.C.; Moraes, J.Z.; Sibaldelli, R.N.R.;
7434 Mendes, I.C.; Arihara, J. 2006. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of
7435 biological N₂ fixation and N fertilizer to grain yield. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 86, p.
7436 927-939,.
- 7437 Hyvönen, R.; Ågren, G.I.; Linder, S.; Persson, T.; Cotrufo, M.F.; Ekblad, A.; Freeman, M.;
7438 Grelle, A.; Janssens, I.A.; Jarvis, P.G.; Kellomäki, S.; Lindroth, A.; Loustau, D.; Lundmark, T.;
7439 Norby, R.J.; Oren, R.; Pilegaard, K.; Ryan, M.G.; Sigurdsson, B.D.; Strömngren, M.; Van Oijen,
7440 M.; Wallin, G. 2007. The likely impact of elevated [CO₂], nitrogen deposition, increased
7441 temperature and management on carbon sequestration in temperate and boreal forest
7442 ecosystems: a literature review. *New Phytologist*, v. 173, p. 463–480,.

- 7443 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2011a.. Comunicação social de 03 março
7444 de
7445 2011.<[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=183](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1830&id_pagina=1)
7446 0&id_pagina=1>. Acesso em 23 de novembro de 2011.
- 7447 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2011bPesquisa Agrícola Municipal.
7448 <[http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?ti=1&tf=99999&e=c&p=PA&v=216&z](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?ti=1&tf=99999&e=c&p=PA&v=216&z=t&o=11)
7449 =t&o=11>. Acesso em 28 de outubro de 2011.
- 7450 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2011cPesquisa Nacional por Amostra de
7451 Domicílios.
7452 <[http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/popul/default.asp?t=3&z=t&o=25&u1=1&u2=1&u3=1&u4=](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/popul/default.asp?t=3&z=t&o=25&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1)
7453 1&u5=1&u6=1>. Acesso em 28 de outubro de 2011.
- 7454 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa Pecuária Municipal. Pesquisa
7455 Trimestral do Leite. <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1086&z=t&o=24>.
7456 Acesso em 12 de dezembro de 2011f.
- 7457 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)..2010. Produção da Extração Vegetal e da
7458 Silvicultura.<[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2010/tabelas_pdf/tab01.p](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2010/tabelas_pdf/tab01.pdf)
7459 df>
- 7460 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).2006a. Censo Agropecuário de 2006,
7461 Tabela 849 - Número de estabelecimentos agropecuários e área dos estabelecimentos que
7462 realizaram plantio direto na palha, por condição do produtor em relação às terras e grupos de
7463 área total,. < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=849&z=t&o=11&i=P> >
- 7464 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).2006b.. Censo Agropecuário de 2006,
7465 Tabela 1034 - Efetivo de bovinos e Área média de pastagem por cabeça de bovino - série
7466 histórica (1920/2006),
7467 <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1034&z=t&o=11>>
- 7468 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).2006c. Censo Agropecuário de 2006,
7469 Utilização das terras.
7470 <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ms&tema=censoagro>>
- 7471 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).2006c.. Pesquisa Pecuária Municipal.
7472 Efetivo de bovinos e área média de pastagem por cabeça de bovino - série histórica
7473 (1920/2006),. <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1034&z=t&o=24>>.
- 7474 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).2011d.. Pesquisa Agrícola Municipal.
7475 <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1613&z=t&o=11>>. Acesso em 12 de
7476 dezembro de 2011
- 7477 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).2011e. Pesquisa Pecuária Municipal.
7478 <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=94&z=t&o=24>>. Acesso em 12 de
7479 dezembro de 2011.
- 7480 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. Intergovernmental Panel on Climate
7481 Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Greenhouse Gas Inventory
7482 Reference Manual, vol. 4.. <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>>
- 7483 Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC). 1996 Guidelines for National Greenhouse
7484 Gas Inventories: Reference Manual. 1996. <[http://www.ipcc-](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html)
7485 nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>.
- 7486 Jacques, A.V.A. 2003. A queima das pastagens naturais: efeitos sobre o solo e a vegetação.
7487 Ciência Rural, v.33, p. 177-181.

- 7488 Jantalia, C.P.; Resck, D.V.S.; Alves, B.J.R.; Zotarelli, L.; Urquiaga, S.; Boddey, R.M. 2007.
7489 Tillage effect on C stocks of a clayey Oxisol under a soybean-based crop rotation in the
7490 Brazilian Cerrado region. *Soil & Tillage Research*, v. 95, p. 97-109.
- 7491 Jantalia, C.P.; Santos, H.P. Dos; Urquiaga, S.; Boddey, R.M., Alves, B.J.R. 2008. Fluxes of
7492 nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil.
7493 *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 82, p. 161-173.
- 7494 Johnston, A.E.; Poulton, P.R.; Coleman, K. 2009. Soil Organic Matter: Its Importance in
7495 sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Advances in Agronomy*, v. 101, p. 1-57.
- 7496 Kennedy, I.R.; Choudhury, A.T.M.A.; Kecskés, M.L. 2004. Non-symbiotic bacterial
7497 diazotrophs in crop-farming systems: Can their potential for plant growth promotion be better
7498 exploited? *Soil Biology and Biochemistry*, v. 36, p. 1229-1244.
- 7499 Kohlhepp, G. 2010. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil estudos
7500 avançados, v. 24, p. 223-253.
- 7501 Kruschewsky, G.C.; Macedo, R.L.G.; Venturin, N.; Oliveira, T.K. 2007. Arranjo estrutural e
7502 dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp. em sistema agrossilvipastoril no Cerrado. *Cerne*,
7503 v.13, p.360-367.
- 7504 Kunz, A.; Oliveira, P.A. 2006. Aproveitamento de dejetos animais para geração de biogás.
7505 *Revista de Política Agrícola*, v. 15, p. 28-35.
- 7506 Leite, L.F.C.; Galvão, S.R.S.; Holanda Neto, M.R.; Araújo, F.S.; Iwata, B.F. 2010. Atributos
7507 químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. *Revista*
7508 *Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.1273–1280
- 7509 Lilienfein, J.; Wilcke, W.; Vilela, L.; Ayarza, M.A.; Lima, S.C.; Zech, W. 2003. Productivity
7510 and soil fertility of pastures on Brazilian savanna Oxisols. *Soil Science Society of America*
7511 *Journal*, v. 67, p. 1195–1205.
- 7512 Linquist, B.; Van Groenigen, K.J.; Adviento-Borbe1, M.A.; Pittelkow, C.; Van Kessel, C.
7513 2012. An agronomic assessment of greenhouse gas emissions from major cereal crops. *Global*
7514 *Change Biology*, v. 18, p. 194-209.
- 7515 Lisboa, C.C.; Butterbach-Bahl, K.; Mauder, M.; Kiese, R. 2011. Bioethanol production from
7516 sugarcane and emissions of greenhouse gases – Know and unknowns. *Global Change Biology*
7517 *Bioenergy*, v. 3, p. 1-16,.
- 7518 Macedo, I.C.; Seabra, E.A.J.; Silva, E.A.R. 2008. Greenhouse gases emissions in the production
7519 and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020.
7520 *Biomass and Bioenergy*, v. 32, p. 582–595.
- 7521 Macedo, M.C.M. 2009. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações
7522 tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.133-146.
- 7523 Machado, P.L.O.A.; Silva, C.A. 2001. Soil management under no-tillage systems in the tropics
7524 with special reference to Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 61, p. 119-130.
- 7525 Machado-Pinheiro, E.F.; Lima, E.; Ceddia, M.B.; Urquiaga, S.; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M.
7526 2010. Impact of pre-harvest burning versus trash conservation on soil carbon and nitrogen
7527 stocks on a sugarcane plantation in the Brazilian Atlantic forest region. *Plant and Soil*, v. 333, p.
7528 71-80.
- 7529 Magalhães, K.A.; Reis, R.A.; Casagrande, D.R.; Cardozo, M.V.; Furlan, D.A.; Miguel, M.C.V.;
7530 Berchielli, T.T. 2009. Utilização da técnica do gás traçador SF₆ para medição do metano
7531 ruminal em novilhos zebuínos alimentados exclusivamente com forrageiras tropicais¹ 46^a

- 7532 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Maringá, PR. ISSN/ISBN: 19834357.
7533 Disponível em <http://www.sbz.org.br/reuniaoanual/anais/?idiom=pt>
- 7534 Maia, S.M.F.; Ogle, S.M.; Cerri, C.E.P.; Cerri, C.C. 2009. Effect of grassland management on
7535 soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. *Geoderma*, v.19, p. 84-
7536 91.
- 7537 Manzatto, C.V.; Assad, E.D.; Bacca, J.F.M.; Zaroni, M.J.; Pereira, S.E.M. 2009. Zoneamento
7538 agroecológico da cana-de-açúcar. Rio de Janeiro: Embrapa Solos,. 55 p. (Documentos /
7539 Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 110).
- 7540 Marchão, R.L.; Becquer, T.; Brunet, D.; Balbino, L.C.; Vilela, L.; Brossard, M. 2009. Carbon
7541 and nitrogen stocks in a Brazilian clayey Oxisol: 13-year effects of integrated crop-livestock
7542 management systems. *Soil and Tillage Research*, v.103, p.442-450.
- 7543 Marland, G.; Mccarl, B.A.; Schneider, U. 2001. Soil carbon: policy and economics. *Climatic*
7544 *Change*, v. 51, p. 101–117
- 7545 Martha Jr., G.B., Corsi, M.; Trivelin, P.C.O.; Vilela, L.; Pinto, T.L.F.; Teixeira, G.M.; Manzoni,
7546 C.S.; Barioni, L.G. 2004. Perda de amônia por volatilização em pastagem de capim-tanzânia
7547 adubada com uréia no verão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, p. 2240-2247.
- 7548 Mckinsey & e Co. 2010. Pathways to a Low Carbon Economy for Brazil.
7549 <[http://www.mckinsey.com/en/Client_Service/Sustainability/Latest_thinking/
7550 ~/media/McKinsey/dotcom/client_service/Sustainability/cost%20curve%20PDFs/pathways_low
7551 _carbon_economy_brazil.ashx](http://www.mckinsey.com/en/Client_Service/Sustainability/Latest_thinking/~media/McKinsey/dotcom/client_service/Sustainability/cost%20curve%20PDFs/pathways_low_carbon_economy_brazil.ashx)>. 2010. Acesso em 28 de dezembro de 2010.
- 7552 Meijide, A.; Díez, J.A.; Sánchez-Martín, L.; López-Fernández, S.; Vallejo, A. 2007. Nitrogen
7553 oxide emissions from an irrigated maize crop amended with treated pig slurries and composts in
7554 a Mediterranean climate. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 121, p. 383-394.
- 7555 Metay, A.; Oliver, R.; Scopel, E.; Douzet, J.M.; Moreira, J.A.A., Maraux, F.; Feigl, B.J., Feller,
7556 C. 2007. N₂O and CH₄ emissions from soils under conventional and no-till management
7557 practices in Goiania (Cerrados, Brazil). *Geoderma*, v. 141, p. 78-88.
- 7558 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 2011a. Brasil Projeções do
7559 Agronegócio 2010/2011 a 2020/2021. Brasília, 06/2011. Assessoria de Gestão Estratégica.
7560 2011a, 59 p.
7561 <[http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES%20DO
7562 %20AGRONEGOCIO%202010-11%20a%202020-21%20-%202_0.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/PROJECOES%20DO%20AGRONEGOCIO%202010-11%20a%202020-21%20-%202_0.pdf)>
- 7563 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 2011b Plano Agrícola e Pecuário
7564 2011-2012. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política
7565 Agrícola. Brasília: 92 p.
- 7566 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento(MAPA). 2009. Câmara Setorial de
7567 Silvicultura Agenda Estratégica do Setor de Florestas Plantadas. Brasília. Disponível em
7568 [http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Florestas_plantadas/9_reuniao/
7569 Agenda_Sivicultura.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Florestas_plantadas/9_reuniao/Agenda_Sivicultura.pdf). Acessado em março de 2011.
- 7570 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento(MAPA). 2010. Programa de Agricultura
7571 de Baixo Carbono. Brasília:. <[http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-
7572 sustentavel/programa-abc](http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/programa-abc)>. Acesso em 13 de agosto de 2011.
- 7573 Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação(MCTI). 2011. Inventário Brasileiro de Emissões
7574 Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados
7575 pelo Protocolo de Montreal - Parte II da Segunda Comunicação Nacional do Brasil.
7576 <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310922.html>>. Acesso em 20 de dezembro de
7577 2011.

- 7578 Mistry, J. 1998. Decision-making for fire use among farmers in the savannas of central Brazil.
7579 Journal of Environmental Management, v. 54, p. 321-334.
- 7580 Mosier, A.R.; Wassmann, R.; Verchot, L.; King, J.; Palm, C. 2004. Methane and nitrogen oxide
7581 fluxes in tropical agricultural soils: sources, sinks and mechanisms. Environment, Development
7582 and Sustainability, v. 6, p.11-49.
- 7583 Moss, A.R.; Jounany, J.P.; Neebold, J. 2000. Methane production by ruminants: its
7584 contribution to global warming. Annales de Zootechnie, v. 49, p. 231-253.
- 7585 Müller, M.D.; Fernandes, E.N.; Castro, C.R.T.; Paciullo, D.S.C.; Alves, F.F. 2009. Estimativa
7586 de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na Zona da Mata mineira.
7587 Pesquisa Florestal Brasileira, v. 60, p. 11-17..
- 7588 Nascimento, C.F.M. 2007. Emissão de metano por bovinos Nelore ingerindo *Brachiaria*
7589 *brizantha* em diferentes estádios de maturação. Pirassununga: Universidade de São Paulo -
7590 Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2007, 65 p. Dissertação (Mestrado em
7591 Medicina Veterinária - Nutrição Animal).. Disponível em
7592 <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10135/tde-19102007-134319/pt-br.php>
- 7593 Navarini, F.C.; Klosowski, E.S.; Campos, A.T.; Teixeira, R.A.; Almeida, C.P. 2009. Conforto
7594 térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno
7595 sol. Engenharia Agrícola, v. 29, p. 508-517
- 7596 Neto, G.B.; Berndt, A.; Nogueira, J.R.; Demarchi, J.J.A.; Nogueira Filho, J.C.M. 2009.
7597 Monensin and protein supplements on methane production and rumen protozoa in bovine fed
7598 low quality forage. South African Journal of Animal Science, v.39, p. 280–283.
- 7599 Neves, M.E.; Rodrigues, L.; Sakamoto, R.L. 2006. Defensivos em queda. Agroanalysis , <
7600 http://www.agroanalysis.com.br/materia_detalhe.php?idMateria=82>. Acesso em 11 de
7601 dezembro 2011.
- 7602 Oliveira, M.D.M.; Nachiluk, K. 2011. Custo de produção de cana-de-açúcar nos diferentes
7603 sistemas de produção nas regiões do estado de São Paulo. Informações Econômicas, v. 41, p. 5-
7604 33..
- 7605 Oliveira, O.C. De; Oliveira, I.P. De; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S.; Boddey, R.M. 2004. Chemical
7606 and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado.
7607 Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 103, p. 289-300.
- 7608 Oliveira, O.C. De; Oliveira, I.P. DeOliveira, I.P. de; Ferreira, E.; Alves, B.J.R.; Miranda,
7609 C.H.B.; Vilela, L.; Urquiaga, S.; Boddey, R.M. 2001. Response of degraded pastures in the
7610 Brazilian Cerrado to chemical fertilization. Pasturas Tropicales, v. 23, p. 14-18.
- 7611 Oliveira, S.G.; Berchielli, T.T.; Pedreira, M.S.; Primavesi, O.; Frighetto, R.; Lima, M.A. 2007.
7612 Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent
7613 digestibility and methane emission in beef cattle. Animal Feed Science and Technology, v. 135,
7614 p. 236-248.
- 7615 Pedreira, M. S. 2004. Estimativa da produção de metano de origem ruminal por bovinos tendo
7616 como base a utilização de alimentos volumosos: utilização da metodologia do gás traçador
7617 hexafluoreto de enxofre (SF6). Jaboticabal: UNESP-FCAV, 162p. (Tese de doutorado, em
7618 Zootecnia). Disponível para solicitação de cópia em
7619 <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/F/GMPS4CY6B4U7U8LFFT5UTVST8TVS8C14X5TX>
7620 [1MKBHAKPMFYARV-04744?func=item-](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/F/GMPS4CY6B4U7U8LFFT5UTVST8TVS8C14X5TX)
7621 [global&doc_library=UEP01&doc_number=000228587&year=&volume=&sub_library=BJA](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/F/GMPS4CY6B4U7U8LFFT5UTVST8TVS8C14X5TX)
- 7622 Pedreira, M.S.; Primavesi, O.; Andrade, A.R.; Lima, M.A.; Oliveira, S.G.; Berchielli, T.T. 2003.
7623 Emissão de metano de origem ruminal em novilhas alimentadas com diferentes variedades de
7624 cana-de-açúcar e suplementadas com concentrado ou uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA

- 7625 SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, Santa Maria - RS. Anais. Santa Maria:
 7626 Universidade Federal de Santa Maria; SBZ. Disponível em
 7627 <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPPSE/14655/1/PROCIOP2003.00084.PDF>
- 7628 Pedreira, M.S.; Primavesi, O.; Lima, M.A.; Frighetto, R.T.S.; Oliveira, S.G.; Berchielli, T.T.
 7629 2009. Ruminant methane emission by dairy cattle in southeast Brazil. *Scientia Agricola*, v. 66, p.
 7630 742-750..
- 7631 Peron, A.J.; Evangelista, A.R. 2004. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. *Ciência e*
 7632 *Agrotecnologia*, v.28, p. 655-661,.
- 7633 Possenti, R.A. .2006. Efeitos de dietas com *Leucaena leucocephala* com ou sem adição de
 7634 *Sacharomyces cerevisiae* na digestão, fermentação, protozoários e produção de metano no
 7635 rúmen em bovinos. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
 7636 Universidade de São Paulo, 100p. (Tese de doutorado, em Zootecnia). Disponível em
 7637 <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-18072006-135007/pt-br.php>
- 7638 Possenti, R.A.; Franzolin, R.; Schammass, E.A.; Demarchi, J.J.A.A.; Friguetto, R.T.S.; Lima,
 7639 M.A. 2008. Efeitos de dietas contendo *Leucaena leucocephala* e *Saccharomyces cerevisiae*
 7640 sobre a fermentação ruminal e a emissão do gás metano em bovinos. *Revista Brasileira de*
 7641 *Zootecnia*, v.37, p.1509-1516.
- 7642 Poth, M.; Anderson, I.C.; Miranda, H.S.; Miranda, A.C.; Riggan, P.J. 1995. The magnitude and
 7643 persistence of soil NO, N₂O, CH₄, and CO₂ fluxes from burned tropical savanna in Brazil.
 7644 *Global Biogeochemical Cycles*, v. 9, p. 503–513.
- 7645 Powlson, D.S.; Whitmore, A.P.; Goulding, K.W.T. 2011. Soil carbon sequestration to mitigate
 7646 climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. *European Journal of*
 7647 *Soil Science*, v. 62, p. 42-55..
- 7648 Ramírez, C.A.; Worrell, E. 2006. Feeding fossil fuels to the soil: An analysis of energy
 7649 embedded and technological learning in the fertilizer industry. *Resources, Conservation and*
 7650 *Recycling*, v. 46, p. 75–93.
- 7651 Rangel, O.J.P.; Silva, C.A. 2007. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de
 7652 Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do*
 7653 *Solo*, v. 31, p. 1609–1623.
- 7654 Resende, A.S.; Santos, A.; Xavier, R.P.; Coelho, C.H.; Gondin, A.; Oliveira, O.C.; Alves,
 7655 B.J.R.; Boddey, R.M.; Urquiaga, S. 2006. Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar e de
 7656 aplicações de vinhaça e adubo nitrogenado em características tecnológicas da cultura. *Revista*
 7657 *Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, p. 937-941.
- 7658 Rezende, C.P.; Cantarutti, R.B.; Braga, J.M.; Gomide, J.A.; Pereira, J.M.; Ferreira, E.; Tarré,
 7659 R.; Macedo, R.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S.; Cadisch, G.; Giller, K.E.; Boddey, R.M. 1999.
 7660 Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the
 7661 South of Bahia, Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 54, p. 99-112,.
- 7662 Robertson, G.P.; Grace, P. 2004. Greenhouse gas fluxes in tropical and temperate agriculture:
 7663 the need for a full-cost accounting of global warming potentials. *Environment, Development*
 7664 *and Sustainability*, v. 6, p. 51-63.
- 7665 Rochette, R 2008. No-till only increases N₂O emissions in poorly-aerated soils. *Soil & Tillage*
 7666 *Research*, v. 101, pp. 97–100.
- 7667 Roscoe, R.; Buurman, P. 2003. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a
 7668 Cerrado Oxisol. *Soil and Tillage Research*, v.70, p.107-119.

- 7669 Sá, J.C.M.; Cerri, C.C.; Dick, W.A.; Lal, R.; Venske-Filho, S.P.; Piccolo M.C.; Feigl, B.E.
7670 2001. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a
7671 Brazilian Oxisol. *Soil Science Society of America Journal*, v. 65, p. 1486–1499.
- 7672 Salomon, K.R.; Lora, E.E.S. 2005. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para
7673 diferentes fontes de biogás no Brasil. *Biomassa & Energia*, v. 2, p. 57-67.
- 7674 Salton, J.C.; Mielniczuk, J.; Bayer, C.; Fabrício, A.C.; Macedo, M.C.M.; Broch, D.L. 2011.
7675 Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa*
7676 *Agropecuária Brasileira*, v.46, p.1349-1356.
- 7677 Sano, E.E.; Rosa, R.; Brito, J.L.S.; Ferreira, L.G. 2010. Land cover mapping of the tropical
7678 savanna region in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 166, p. 113-124.
- 7679 Santana, R.C.; Barros, N.F.; Novais, R.F.; Leite, H.G.; Comerford, N.B. 2008. Alocação de
7680 nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p.
7681 2723-2733.
- 7682 Sawyer, D. 2008. Climate change, biofuels and eco-social impacts in the Brazilian Amazon and
7683 Cerrado. *Philosophical Transactions of the Royal Society - Biological Sciences*, v. 363, p. 1747-
7684 1752.
- 7685 Schlamadinger, B.; Marland, G. 1996. The role of forest and bioenergy strategies in the global
7686 carbon cycle. *Biomass and Bioenergy*, v. 10, p. 275-300.
- 7687 Silva, A.A.; Galon, L.; Ferreira, F.A.; Tironi, S.P.; Ferreira, E.A.; Silva, A.F.; Aspiazú, I.;
7688 Agnes, E.L. 2009. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira.
7689 *Revista Ceres*, v. 56, p. 496-506.
- 7690 Silva, J.; Resck, D.; Corazza, E.; Vivaldi, L. 2004. Carbon storage in clayey Oxisol cultivated
7691 pastures in Cerrado region, Brazil. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, v. 103, p. 357-
7692 363.
- 7693 Silva, L.S.; Griebeler, G.; Moterle, D.F.; Bayer, C.; Zschornack, T.; Pcojeski, E. 2011.
7694 Dinâmica da emissão de metano em solos sob cultivo de arroz irrigado no sul do Brasil. *Revista*
7695 *Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 473-481.
- 7696 Sims, R.E.H.; Schock, R.N.; Adegbulugbe, A.; Fenhann, J.; Konstantinaviciute, I.; Moomaw,
7697 W.; Nimir, H.B.; Schlamadinger, B.; Torres-Martínez, J.; Turner, C.; Uchiyama, Y.; Vuori,
7698 S.J.V.; Wamukonya, N.; Zhang, X. 2007: Energy supply. In *Climate Change 2007: Mitigation.*
7699 *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental*
7700 *Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)],
7701 Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 7702 Siqueira Neto, M.; Piccolo, M. De C.; Scopel, E.; Costa Junior, C. Da; Cerri, C.C; Bernoux, M.
7703 2009. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. *Acta*
7704 *Scientiarum Agronomy*, v.31, p.709-717.
- 7705 Sisti, C.P.J.; Santos, H.P.; Kohhann, R.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S.; Boddey, R.M. 2004.
7706 Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in
7707 Southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, v.76, p.39-58.
- 7708 Smith, K.A.; Conen, F. 2004. Impacts of land management on fluxes of trace greenhouse gases.
7709 *Soil Use and Management*, v. 20, p. 255-263.
- 7710 Smith, P.; Martino, D.; Cai, Z.; Gwary, D.; Janzen, H.; Kumar, P.; Mccarl, B.; Ogle, S.; O'mara,
7711 F.; Rice, C.; Scholes, B.; Sirotenko, O. 2007. Agriculture. In: *Climate Change 2007: Mitigation.*
7712 *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental*
7713 *Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)],
7714 Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. .

- 7715 Soares, C.P.B.; Leite, H.G.; Görgens, E.B. 2005. Equações para estimar o estoque de carbono
7716 no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. *Revista Árvore*, v.29,
7717 p.711-718.
- 7718 Souza, E.D.; Costa, S.E.V.G.A.; Anghinoni, I.; Carvalho, P.C.F.; Andrigueti, M.; Cao, E. 2009.
7719 Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavourapecuária
7720 em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.
7721 33, p. 1829-1836.
- 7722 Souza, Z.M.; Paixão, A.C.S.; Prado, R.M.; Cesarin, L.G.; Souza, S.R.; Montanari, R. 2008.
7723 Produtividade agrícola de variedades de cana-de-açúcar e incidência de broca-comum e
7724 cigarrinha da raiz em canavial colhido sem queima. *Bragantia*, v.67, p.413-419.
- 7725 Stewart, C.S.; Paustian, K.; Conant, R.T.; Plante, A.F.; Six, J. 2007. Soil carbon saturation:
7726 concept, evidence and evaluation. *Biogeochemistry*, v.86, p.19-31.
- 7727 Stone, L.F.; Silveira, P.M. 1999. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo,
7728 disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, p.
7729 83-91
- 7730 Tarré, R.; Macedo, R.; Cantarutti, R.B.; Rezende, C.P.; Pereira, J.M.; Ferreira, E.; Alves, B.J.R.;
7731 Urquiaga, S.; Boddey, R.M. 2001. The effects of the presence of a forage legume on nitrogen
7732 and carbon levels in soils under brachiaria pasture in the Atlantic Forest region of the south of
7733 Bahia, Brazil. *Plant and Soil*, v. 234, p. 15-26.
- 7734 Trivelin, P.C.O; Oliveira, M.W.; Vitti, A.C.; Gava, G.J.C.; Bendassolli, J.A. 2002. Perdas do
7735 nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. *Pesquisa*
7736 *Agropecuária Brasileira*, v. 37, p. 193-201.
- 7737 Trujillo, W.; Fisher, M.J.; Lal, R. 2006. Root dynamics of native savanna and
7738 introduced pastures in the Eastern Plains of Colombia. *Soil and Tillage Research*, v. 87, p. 28-
7739 38.
- 7740 Trumbore, S.E.; Davidson, E.A.; Camargo, P.B.; Nepstad, D.C.; Martinelli, L.A. 1995. Below-
7741 ground cycling of carbon in forests and pastures of eastern Amazonia. *Global Biogeochemical*
7742 *Cycles*, v. 9, p. 515-528.
- 7743 Tsukamoto Filho, A.A.; Couto, L.; Neves, J.C.L.; Passos, C.A.M.; Silva, M.L. 2004. Fixação de
7744 carbono em um sistema agrissilvipastoril com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais.
7745 *Agrossilvicultura*, v. 1, n. 1, p. 29-41.
- 7746 União brasileira Brasileira de aviculturaAvicultura (UBABEF,). 2010. Relatórios anuais..
7747 <http://www.abef.com.br/ubabef/publicacoes_relatoriosanuais.php>, (acesso em 1 de março de
7748 2012).
- 7749 Van Den Bergh, J.C.J.M. 2010. Externality or sustainability economics. *Ecological Economics*,
7750 v. 69, pp. 2047–2052
- 7751 Vital, M.H.F. 2007. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. *Revista do BNDES*, v. 14, p.
7752 235-276.
- 7753 Walter, Arnaldo. 2000. Fomento à geração elétrica com fontes renováveis de energia no meio
7754 rural brasileiro: barreiras, ações e perspectivas.. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO
7755 RURAL, 3., Campinas. Proceedings online... Available from:
7756 <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022000000100028&lng=en&nrm=abn>. Acesso em 21 de agosto de 2011.
- 7758 Watzlawick, L.F.; Sanquetta, C.R.; Caldeira, M.V. 2005. Estoque de carbono orgânico e
7759 biomassa em *Pinus taeda* L. *Biomassa & Energia*, v. 2, p. 7-17.

7760 Zanatta, J. A.; Bayer, C.; Dieckow, J.; Vieira, F. C. B.; Mielniczuk, J. 2007. Soil organic carbon
7761 accumulation and carbon costs related to tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in a
7762 subtropical Acrisol. *Soil & Tillage Research*, v. 94, p. 510-519.

7763 Zanchetta, D.; Diniz, F.V. 2006. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três
7764 diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil). *Revista do Instituto Florestal*, v.
7765 18, p. 1-14.

7766 Zotarelli, L.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S.; Boddey, R.M.; Six, J. 2007. Impact of tillage and crop
7767 rotation on light fraction and intra-aggregate soil organic matter in two Oxisols. *Soil and Tillage*
7768 *Research*, v. 95, p. 196-206.

7769 Zotarelli, L.; Zatorre, N.P.; Boddey, R.M.; Urquiaga, S.; Jantalia, C.P.; Franchini, J.C.; Alves,
7770 B.J.R. 2012. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations
7771 for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. *Field Crops Research*, v. 132, p.
7772 185–195.

7773

7774

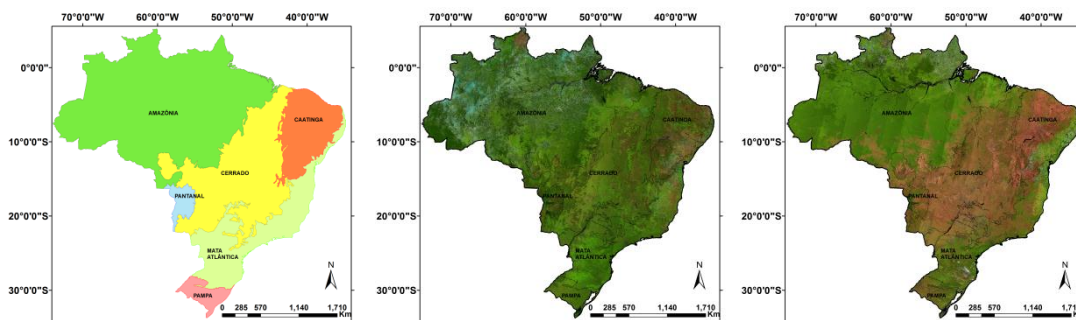
7775 **3.7. MUDANÇA NO USO DA TERRA**

7776 Este capítulo é composto de seis partes. A primeira parte, denominada Introdução
7777 apresenta uma breve descrição e o histórico do uso e mudanças na cobertura da terra
7778 para cada bioma brasileiro. Na segunda parte apresenta-se uma breve descrição dos
7779 impactos esperados das mudanças climáticas para os biomas brasileiros. Em seguida
7780 apresentam-se os estoques e fluxos de carbono de forma comparativa entre os biomas.
7781 Na seção 4 são apresentadas as medidas e políticas de mitigação, que abordam os temas
7782 de monitoramento e prevenção do desmatamento, de queimadas e combate à
7783 desertificação, e a questão do ordenamento territorial. Baseando-se em artigos
7784 científicos e relatórios oficiais, identificam-se as principais fontes de emissão de gases
7785 de efeito estufa (GEE) para cada bioma, e definem-se medidas mitigatórias. Parte-se de
7786 uma descrição das projeções do clima e de GEE para estes ecossistemas, abordando os
7787 mecanismos de mitigação em vetores que atuam em diferentes escalas, a partir de uma
7788 avaliação em relação a fatores físicos, de infraestrutura e fatores socioeconômicos. Ao
7789 final, são apresentadas as lacunas no conhecimento. No Anexo I são apresentados textos
7790 complementares sobre as tecnologias e práticas atuais de mitigação, suas efetividades e
7791 implicações para o desenvolvimento sustentável.

7792 **Introdução**

7793 O conceito de florestas é bastante amplo, sendo definido de diversas formas por
7794 diferentes organismos internacionais. Segundo a Organização das Nações Unidas para
7795 Agricultura e Alimentação (FAO, 2010), floresta é uma área medindo mais de 0,5 ha,
7796 com árvores maiores que 5 m de altura e cobertura de copa superior a 10%, ou árvores
7797 capazes de alcançar estes parâmetros *in situ*, não incluindo terras que estão
7798 predominantemente sob uso agrícola ou urbano. De acordo com a *United Nations*
7799 *Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC, 2001), floresta é uma área de
7800 no mínimo 0,05 – 1,0 ha, com cobertura de copa de mais de 10-30%, com árvores com
7801 o potencial de atingir a altura mínima de 2-5 m na maturidade. Para florestamentos e
7802 reflorestamentos, o Brasil adotou os seguintes limiares perante a UNFCCC:
7803 porcentagem mínima de cobertura de copa em 30%, área mínima de 1 ha e altura
7804 mínima das árvores de 5 metros. Uma floresta pode consistir de formações densas, onde
7805 árvores de vários estratos cobrem uma alta proporção do solo ou florestas abertas.
7806 Povoamentos naturais jovens e todas as plantações que ainda podem atingir densidade

7807 de 10-30% ou uma altura de 2-5 m são incluídos como florestas, assim como áreas que
 7808 normalmente fazem parte da formação florestal temporariamente desflorestadas, como
 7809 resultado da intervenção humana (como a colheita) ou causas naturais, mas cuja
 7810 reversão da floresta é esperada.
 7811 No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), órgão responsável
 7812 pelo desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Classificação da Vegetação (IBGE,
 7813 1992), adota o conceito de biomas como um conjunto de vida constituído pelo
 7814 agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com
 7815 condições geoclimáticas e histórico de mudanças similares, agrupando assim os
 7816 conjuntos de diversidade.
 7817 Para manter uma homogeneização entre esse relatório e os demais dados oficiais do
 7818 IBGE, Ministério do Meio Ambiente e o relatório oficial do Ministério da Ciência e
 7819 Tecnologia “Segundo inventário Brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito
 7820 estufa” (MCT, 2010), as análises do setor de floresta foram organizadas por biomas. Os
 7821 nomes dos biomas adotados seguem os do IBGE, associados ao tipo de vegetação
 7822 predominante ou relevo, como no caso do Bioma Pantanal, que constitui a maior
 7823 superfície inundável interiorana do mundo. O Bioma Amazônia é definido pela unidade
 7824 de clima, fisionomia florestal e localização geográfica. O Bioma Mata Atlântica ocupa
 7825 toda a faixa continental atlântica leste brasileira, com uma vegetação florestal
 7826 predominante e relevo diversificado. O Pampa localiza-se no Rio Grande do Sul e
 7827 apresenta um conjunto de vegetação predominantemente campestre, mas também com a
 7828 presença de matas, em relevo de plano a ondulado. O Bioma Cerrado é o segundo mais
 7829 extenso do Brasil, recobrando desde o Centro-Oeste até litoral Maranhense, com um
 7830 complexo de fitofisionomias variando desde o estrato herbáceo-graminoso até o arbóreo
 7831 denso. O Bioma Caatinga, típico do clima semi-árido, apresenta-se no sertão nordestino.
 7832 Apesar de não ser identificado como Bioma pelo IBGE, neste relatório apresenta-se
 7833 também o Bioma Manguezais, devido a sua importância ecológica, as pressões
 7834 antrópicas que vêm sofrendo e seu importante papel no ciclo biogeoquímico. Na
 7835 Figura 3.7.1 apresenta-se a localização dos biomas Brasileiros, seguida pelos mosaicos
 7836 de imagens de satélite para o ano de 2010, representado a época chuvosa e a época seca.



7837
 7838
 7839
 7840
 7841
 7842
 7843
 7844

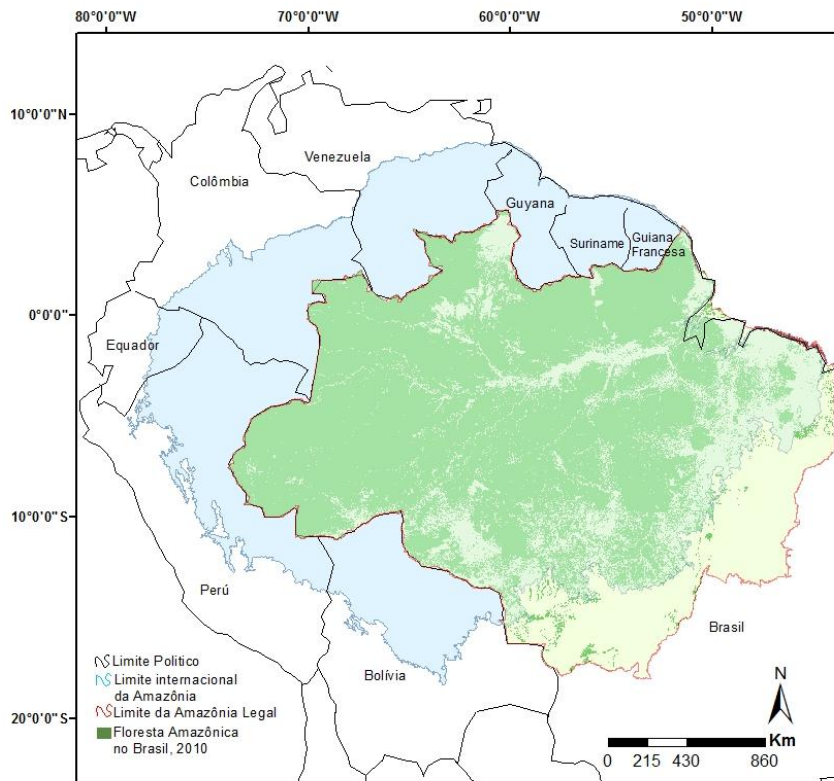
Figura 3.7.1 - À esquerda apresenta-se a localização dos Biomas Brasileiros (de acordo com classificação do IBGE), ao centro e à direita apresenta-se um mosaico de imagens de satélite - sensor MODIS 2012, correspondente ao mês de fevereiro (estação chuvosa) e julho (estação seca), respectivamente. Observa-se no mosaico central a vegetação mais vigorosa (em tons de verde) devido a época das chuvas, enquanto que o mosaico à direita, representando a estação seca, mostra a vegetação menos vigorosa e solo exposto, mais evidentes na região do Cerrado e áreas de lavouras no Centro-Oeste e Sul do Brasil.

7845 3.7.1.1 Amazônia

7846 3.7.1.1.1. Caracterização da cobertura da terra

7847 A floresta Amazônica se desenvolveu durante o período Cretáceo e é uma feição
 7848 permanente na América do Sul há por pelo menos 55 milhões de anos (Maslin et al.,

7849 2005). Devido às alterações antrópicas no uso da terra, estima-se que a floresta
 7850 Amazônica cubra entre 80 - 85% de sua extensão original, cerca de 5,3 milhões de km²,
 7851 podendo ser reduzida a 3,2 milhões de km² (ou seja, 53%) até 2050, caso as taxas de
 7852 desmatamento sejam como as observadas no período entre 1997 e 2002 (cenários
 7853 *business as usual* de desmatamento) (Soares-Filho et al., 2006) (Figura 3.7.2).
 7854 A floresta Amazônica é considerada como uma das maiores reservas biológicas do
 7855 planeta, e um componente-chave dos sistemas terrestres. É a floresta com a maior
 7856 riqueza de espécies (Myers et al., 2000) e tem acumulado na biomassa de suas florestas
 7857 o correspondente a 1,5 décadas de emissões de carbono antropogênico em escala global
 7858 (Nepstad et al., 2006, Saatchi et al., 2007).
 7859 Especificamente quanto ao ciclo global de carbono, o bioma tem um papel ainda pouco
 7860 compreendido. Sua área florestal estoca cerca de 120 ± 30 Pg de carbono em biomassa
 7861 (Malhi et al., 2006), com uma distribuição espacial de biomassa viva acima do solo
 7862 variando entre 300 Mg ha^{-1} na Amazônia Central e em regiões leste e norte, até cerca de
 7863 $100\text{-}200 \text{ Mg ha}^{-1}$ em florestas de transição e sazonais na região sul e limites noroeste da
 7864 bacia (Saatchi et al., 2007). Além disso, contribui com cerca de aproximadamente 10%
 7865 (4-6 Pg C) da produtividade primária global anual (Field et al., 1998, Malhi e Grace,
 7866 2000).
 7867



7868
 7869 Figura 3.7.2 -A Amazônia, segundo os limites internacionais (Eva e Huber , 2005), Amazônia Legal
 7870 Brasileira e floresta remanescente em 2010 (INPE/PRODES).

7871 3.7.1.1. 2. Histórico do uso e mudanças na cobertura no Bioma Amazônia

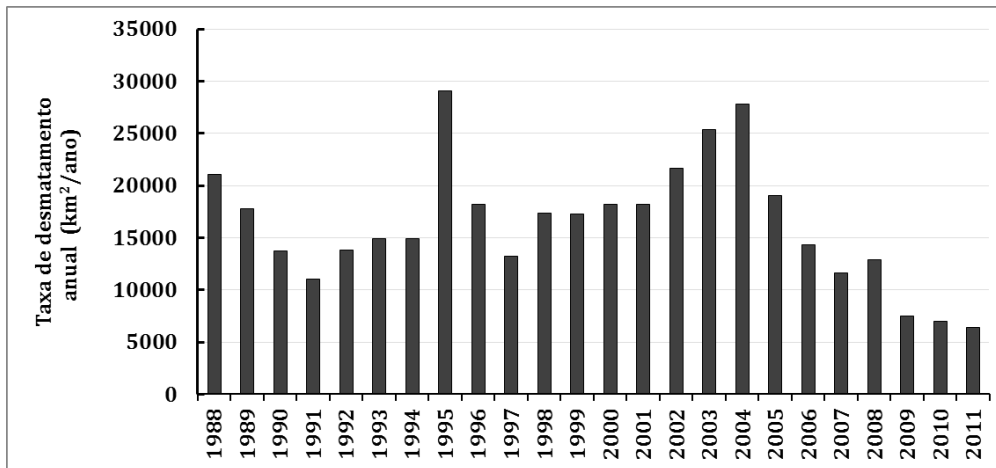
7872 O processo de conversão do bioma amazônico segue uma complexa e dinâmica
 7873 interação com fatores socioeconômicos, como é próprio de processos de desmatamento
 7874 (Geist e Lambin, 2002). No caso da Amazônia, é marcante a influência de fatores
 7875 externos à região, de origem nacional e internacional, públicos e privados. Até a década
 7876 de 1970, o impacto de atividades humanas sobre os ecossistemas naturais da região foi
 7877 limitado. Incurções em busca das ‘drogas do sertão’ (especiarias) e povoadamentos de

7878 expansão do território português nos séculos XVII e XVIII envolveram uma população
7879 local de 123 mil habitantes em 1827. O ciclo da borracha na virada do século XIX para
7880 o XX levou a um expressivo crescimento populacional em termos relativos, mas em
7881 1920 a população de toda a região Amazônica não chegava a 1,5 milhão, número que
7882 permaneceu praticamente inalterado até 1960.

7883 As políticas de ‘povoar para não entregar’, ‘vazio demográfico’ e ‘terras livres’ do
7884 período militar transformaram a realidade regional (Ferreira e Salati, 2005). Políticas de
7885 migração em massa (Andersen e Reis, 1997; Laurance, 1999), associadas a fortes
7886 incentivos econômicos para conversão de terras por parte do Estado (Moran, 1993;
7887 Andersen e Reis, 1997; Margulis, 2003) elevaram a população local de 2,6 milhões em
7888 1960 para 16,6 milhões em 1991. Tais iniciativas foram em grande parte desenvolvidas
7889 como paliativo para problemas sociais em outras regiões do país (Skole et al., 1994;
7890 Ferreira e Salati, 2005). O primeiro grande vetor para o desmatamento na região,
7891 portanto, foi externo à região, estatal e nacional. Ao mesmo tempo que se configurava
7892 como grande força indutora do desmatamento, entretanto, o Estado em larga medida se
7893 ausentava de suas obrigações relativas ao estabelecimento da ordem jurídico-
7894 institucional. Como consequência, o processo de conversão na região é caracterizado
7895 por uma óptica imediatista e predatória, gerando pouco ou nenhum benefício
7896 permanente à população local (Rodrigues et al., 2009). Desta forma, à natural
7897 instabilidade de regiões de fronteiras de colonização, soma-se a instabilidade resultante
7898 de ocupações temporárias e predatórias (Ferreira e Salati, 2005).

7899 A partir do início da década de 1990 ocorre uma gradual mudança de paradigma no
7900 processo de conversão da região. Migrações em larga escala para a região cessam, com
7901 o crescimento vegetativo passando a responder pelo aumento da população, e são
7902 substituídas por migrações intra-regionais. A mobilidade da população é caracterizada
7903 tanto por um acompanhamento da fronteira de expansão como por uma migração para
7904 os centros urbanos. As políticas estatais de incentivo ao desmatamento são, em larga
7905 medida, eliminadas, mas permanece baixa a capacidade do Estado em garantir a
7906 segurança jurídica e o ordenamento territorial. A força motriz para o desmatamento
7907 torna-se a óptica privada de lucros advindos da combinação de exploração madeireira,
7908 grilagem de terras e pecuária (Margulis, 2003). Com a estabilização da economia, em
7909 1995, a expansão de lavouras permanentes na região torna-se também um importante
7910 fator (Alencar et al., 2004; Morton et al., 2006). O desmatamento continua em níveis
7911 elevados, atingindo o recorde histórico de 2,9 milhões de hectares em 1995 (INPE,
7912 2011).

7913 No início do Século XXI, pressões internacionais e nacionais levam o Governo Federal
7914 a buscar uma maior capacidade de garantir o ordenamento territorial local (Ferreira e
7915 Salati, 2005). Esta iniciativa, associada às pressões de mercado por um aumento da
7916 sustentabilidade da cadeia produtiva (Rudorff et. al, 2011) e flutuações negativas na
7917 economia agrícola (Soares-Filho et al., 2010) levam a uma redução expressiva do
7918 desmatamento a partir de 2005 (Nepstad et al., 2009; INPE, 2011). A evolução do
7919 desmatamento na Amazônia Legal, baseada nos dados do PRODES/INPE, é
7920 apresentada na Figura 3.7.3.



7921
7922
7923

Figura 3.7.3 - Taxas anuais de desmatamento para a Amazônia Legal Brasileira entre 1988 e 2011.
Fonte: PRODES/INPE.

7924

3.7.1.2. Cerrado

7925

3.7.1.2.1. Caracterização da cobertura da terra

7926

7927

7928

7929

7930

7931

7932

7933

7934

7935

7936

7937

7938

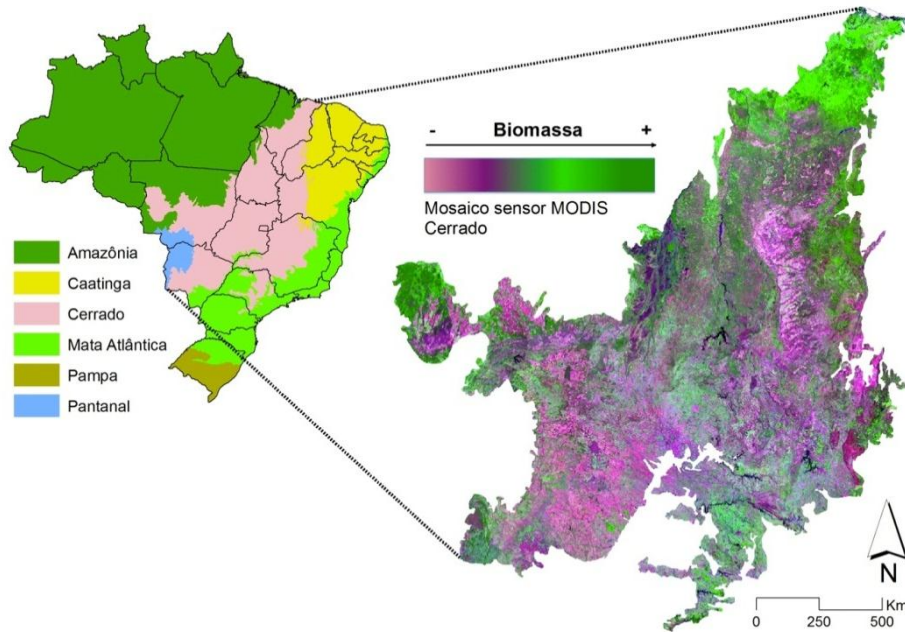
7939

7940

7941

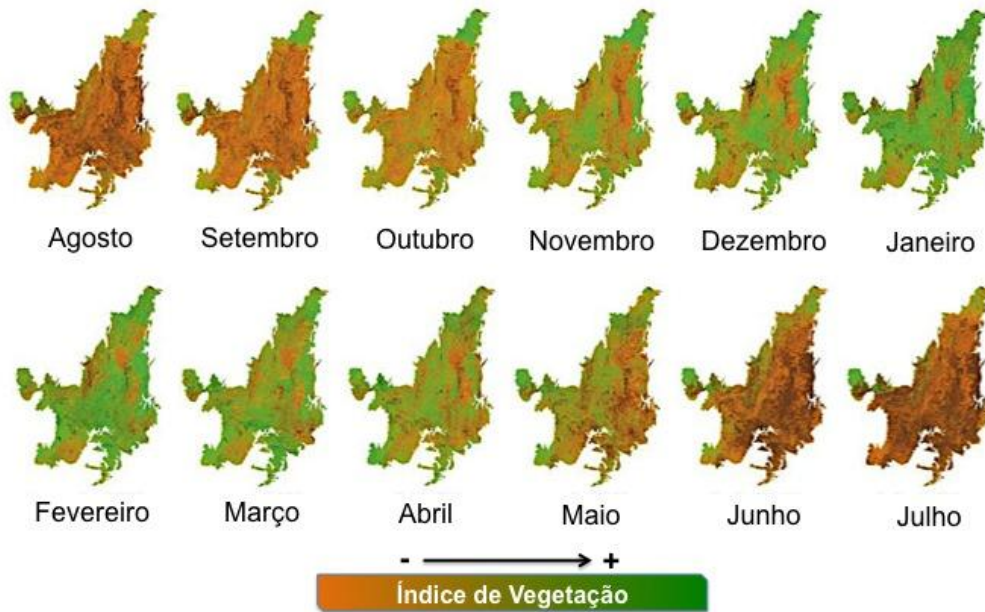
No Brasil, o bioma Cerrado se distribui de forma contínua pela região do Planalto Central, em altitudes que variam de 300 a 600 metros (extremos de 1600 metros na Chapada dos Veadeiros), cortando 10 Unidades da Federação (Figura 3.7.4) (IBGE, 2004): Goiás (e Distrito Federal), Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Paraná. O estado com a maior presença de Cerrado é Goiás (97% do território), seguido por Tocantins (92%) e o Maranhão (65%). Sua presença é verificada também, em menor extensão, em áreas disjuntas em Rondônia, norte do Amazonas, Amapá e Roraima.

Trata-se de um sistema vegetal complexo, caracterizado por espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas, determinadas por uma marcante sazonalidade climática (chuvas concentradas entre outubro e março) (Figura 3.7.5), pela baixa fertilidade do solo e elevada frequência de queimadas naturais (Pivello e Coutinho, 1996; Ribeiro e Walter, 1998; Ferreira et al., 2006). A vegetação gramíneo-lenhosa, de estrutura e densidade variadas, alterna-se com florestas estacionais em solos mais férteis e matas de galeria / ciliares ao longo dos rios.



7942
7943
7944
7945
7946
7947
7948
7949
7950
7951
7952
7953
7954
7955
7956
7957
7958
7959

Figura 3.7.4 -Localização do Cerrado no Brasil, com respectiva representação do gradiente vegetacional (mosaico de imagens do sensor MODIS, composição R/G/B, utilizando as bandas Infravermelho (IV) médio/ IV próximo/ Vermelho), com uma equivalência ao gradiente de biomassa aérea. Em contrapartida às peculiaridades físicas e bióticas do Cerrado, deste a década de 1970 esta região vem sendo intensamente ocupada por atividades agropecuárias, motivadas pela presença de terras mais baratas e com topografia adequada à mecanização (Almeida, 2003). Num curto espaço de tempo, aproximadamente 50% da área original do bioma foi transformada numa paisagem composta por pastagens cultivadas (maior parte) e *commodities* agrícolas (Sano et al., 2010; Brasil / MMA, 2009 e 2010). Com diferentes níveis de degradação, o Cerrado sofre com diversos impactos ambientais (Klink e Machado, 2005), tais como a fragmentação do hábitat natural, perda de biodiversidade, invasão de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição de rios e aquíferos, desequilíbrios no ciclo biogeoquímico do carbono e, possivelmente, modificações nos regimes de precipitação em escala local e regional. Frente a estas alterações, é alta a probabilidade de mudanças climáticas no bioma ainda neste século (Malhi et al., 2008).



7960

7961

7962

Figura 3.7.5 - Variação sazonal do Cerrado, com equivalente índice de vegetação, durante um ciclo anual de precipitação.

7963

3.7.1.2.2. Histórico do uso e mudanças na cobertura da terra no Bioma Cerrado

7964

7965

7966

7967

7968

7969

7970

7971

7972

7973

7974

7975

7976

7977

7978

7979

7980

7981

7982

7983

7984

7985

7986

7987

7988

7989

7990

7991

7992

As mudanças no uso da terra no bioma Cerrado estão, num primeiro momento, fortemente atreladas às características morfológicas da paisagem, tais como a topografia pouco declivosa, em conjunto com solos antigos e profundos (em geral, com baixa fertilidade) (Miziara e Ferreira, 2008; Silveira e Silva, 2010). A classe de uso da terra predominante é a pastagem (nativa ou cultivada), seguida pela agricultura especializada (*commodities*), urbanização e atividades extrativistas. As atividades agropecuárias respondem por grande parte da produção de grãos e carne no país (Sano et al., 2001), e concentram-se preferencialmente em áreas planas, ideais para a mecanização da agricultura (Jasinski et al., 2005; Silveira e Silva, 2010). Cerca de 93% desta ocupação, ou o equivalente a 80 milhões de hectares (registrada até o ano 2002) (Sano et al., 2008), situam-se em terrenos com até 10° de declividade, predominantes no bioma (Ferreira, 2009); tal fato indica que as áreas de menor declividade continuam a atrair um maior número de desmatamentos, destinados à expansão da agricultura e da pastagem (Ferreira et al., 2007a; Genival et al., 2011). A fertilidade do solo, por sua vez, tem sido outra variável física importante para a ocupação do Cerrado (Rezende, 2003), sobretudo pela demanda por terras mais férteis, cada vez mais escassas. Normalmente, os solos na região apresentam um teor de fertilidade reduzido, devido ao elevado grau de intemperismo, principalmente em solos do tipo Latossolos, predominantes na região (Reatto e Martins, 2005). As terras com cobertura vegetal mais densa, de fisionomia florestal (ex. Cerradão e Mata seca), mesmo em menor quantidade, foram originalmente as mais procuradas por agricultores, por oferecerem um solo com maior suporte nutricional aos plantios. Entretanto, nas últimas décadas, a fertilidade vem deixando de ser um fator limitante à ocupação do Cerrado, devido à incorporação de novas técnicas de plantio e adubação. Atualmente, os desmatamentos vêm se concentrando em áreas de “baixa” ou “muito baixa” fertilidade (56% e 42%, respectivamente) (Ferreira, 2009). A ocupação do Cerrado parece estar vinculada também às condições climáticas da região, conforme destacam Diniz-Filho et al. (2008), indicando a relevância da média mensal anual de precipitação como uma variável importante neste processo. Segundo

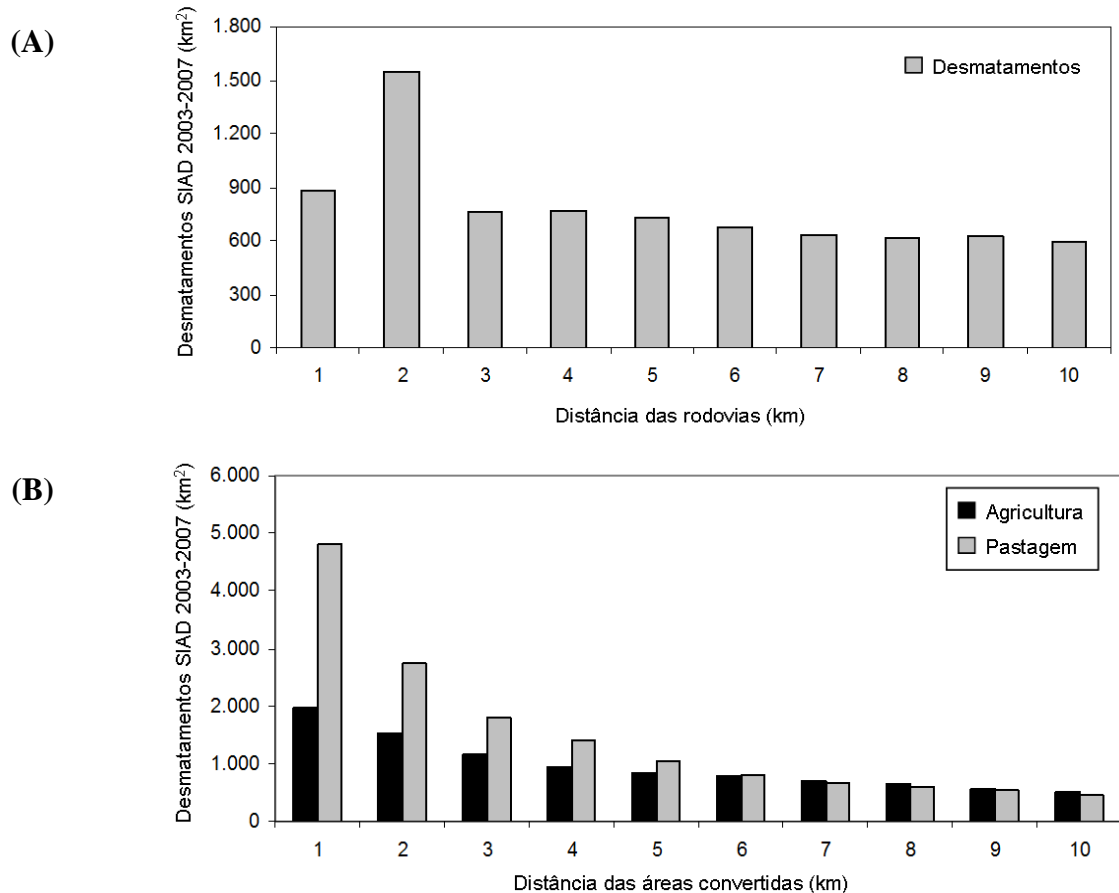
7993 estes autores, o clima estaria correlacionado em até 65% com a atual estrutura espacial
7994 do bioma. Outros estudos apontam que a extensa e irrigada malha hidrográfica do
7995 Cerrado, com um elevado número de nascentes e rios, compensa o efeito sazonal das
7996 chuvas na região. Em fato, nascentes de três das maiores bacias hidrográficas da
7997 América do Sul (São Francisco, Araguaia/Tocantins e Paraná/Paraguai) são encontradas
7998 nos limites deste bioma (Eiten, 1994; Ratter et al., 1996). Vários estudos, inclusive, já
7999 confirmam a transformação dessas paisagens fluviais, sobretudo pela perda da cobertura
8000 vegetal nativa ao longo de suas margens (Latrubesse et al., 2005), com significativas
8001 mudanças nos sistemas hidrológicos, geomorfológicos e bioquímicos (Costa et al.,
8002 2003; Neill et al., 2006; Coe et al., 2011).

8003 Além dos fatores físicos, outros estudos indicam que grande parte da conversão
8004 antrópica no Cerrado se deveu às políticas de expansão agropecuária, intensificadas a
8005 partir da década de 1970 (Pires, 2000; Miziara e Ferreira, 2008), quando a precária
8006 infraestrutura da região e a distância dos principais mercados consumidores passa a ser
8007 compensada por atrativos econômicos e tecnológicos, incentivos fiscais, baixo preço de
8008 terras e o desenvolvimento de novos insumos e práticas agrícolas (variedades de
8009 sementes, adubos e maquinários), adaptados ao clima sazonal e ao relevo plano do
8010 Cerrado. Dentre estes fatores políticos e socioeconômicos, o baixo preço da terra foi um
8011 elemento crucial na ocupação do Cerrado, normalmente com baixa dependência à
8012 presença de cobertura vegetal nativa (desprezando a valoração dos serviços ambientais)
8013 (Ferreira et al., 2009).

8014 Dentre as variáveis antrópicas, a infraestrutura viária é a que oferece a maior atração
8015 para a conversão da cobertura vegetal nativa (Soares-Filho, et al., 2004; Fearnside,
8016 2006; Ferreira et. al., 2007b), sobretudo nas áreas de extração madeireira e produção de
8017 carvão vegetal (caso da Amazônia e do Cerrado) ou para a agricultura de larga escala
8018 (caso do Cerrado). Tal fato se deve pela facilidade de acesso e escoamento de produção,
8019 influenciando o surgimento de outras ocupações e atividades (ex. urbanização, rotas de
8020 comércio e indústrias). Esta relação é ilustrada na figura 3.53, onde se observa que a
8021 maioria dos desmatamentos está concentrada em até 2 km das rodovias, estabilizando-se
8022 na faixa de 8 a 10 km.

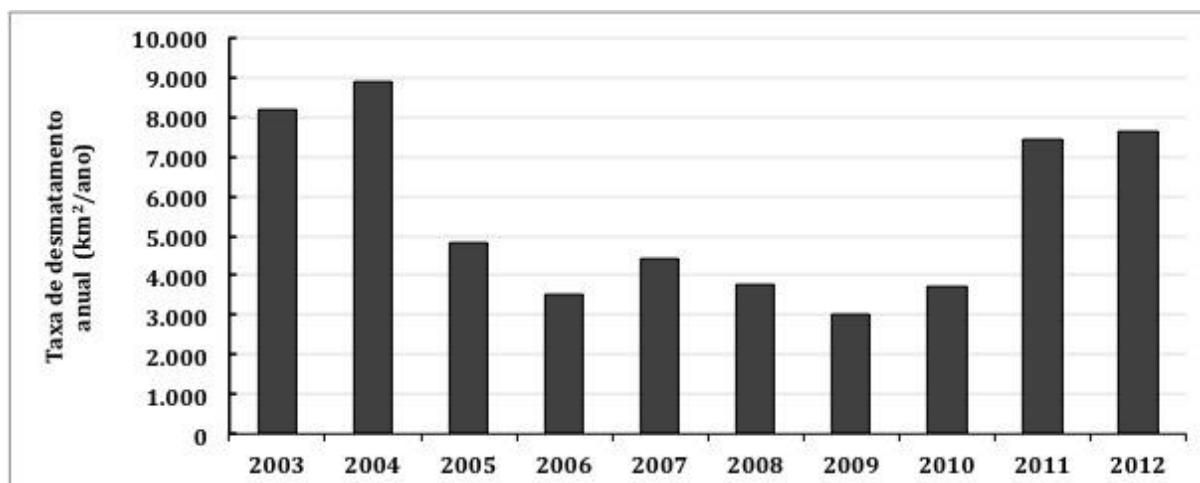
8023 Semelhantemente à estrutura rodoviária, a variável antrópica “localidade”, referente à
8024 proximidade de centros consumidores mais desenvolvidos, também atua como um polo
8025 de atração para a ocupação do Cerrado (Miziara e Ferreira, 2008; Rodrigues e Miziara,
8026 2008), em conjunto com outras variáveis socioeconômicas, tais como o Índice de
8027 Desenvolvimento Humano e o PIB das sedes municipais (Ferreira et al., 2007c; Ferreira
8028 et al, 2009).

8029 O fator “localidade” também atua sobre a distribuição dos desmatamentos, em função,
8030 por exemplo, da proximidade de áreas já convertidas. Verifica-se, assim, uma maior
8031 concentração dos desmatamentos nos primeiros 5 km dessas áreas, com um volume
8032 significativamente maior de mudanças com a proximidade de pastagens, indicando a
8033 prevalência desta atividade no processo de expansão e/ou intensificação do uso do solo
8034 no Cerrado (Figura 3.7.6).



8035 Figura 3.7.6 - Distribuição dos alertas de desmatamentos no Cerrado (dados SIAD), entre 2003 e 2007,
 8036 em função da (A) distância de rodovias (até 10 km) e da (B) distância de áreas previamente convertidas
 8037 (até 10 km). Fonte: Ferreira (2009).

8038 A evolução do desmatamento no Cerrado, entre os períodos 2002/2003 e 2011/2012,
 8039 pode ser observada na Figura 3.54, baseada nos dados gerados anualmente pelo Sistema
 8040 Integrado de Alerta de Desmatamentos (SIAD, mais informações em Rocha et al.,
 8041 2010) e divulgados pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento
 8042 (LAPIG, www.lapig.iesa.ufg.br), da Universidade Federal de Goiás (UFG). Em geral, os
 8043 desmatamentos no Cerrado reduziram bastante, se comparados às altas taxas nas
 8044 décadas de 1980 e 1990. Nos últimos anos, porém, estes eventos voltaram a aumentar
 8045 (sobretudo de 2010 em diante), muito provavelmente como um reflexo das mudanças
 8046 em curso no Código Florestal Brasileiro e no reaquecimento da economia brasileira,
 8047 materializada pelo aumento das exportações de *commodities* agrícolas, conforme ilustra
 8048 a 3.7.7.



8049
8050
8051
8052
8053

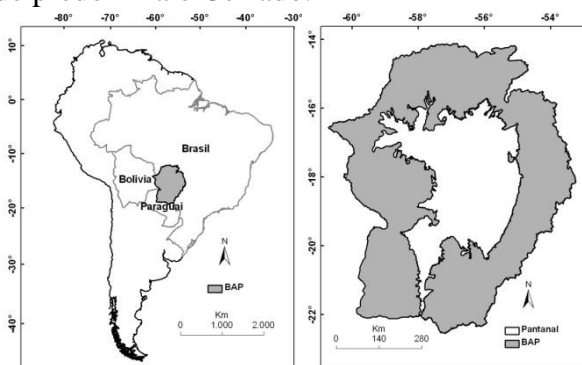
Figura 3.7.713. Evolução dos desmatamentos no bioma Cerrado, entre os anos 2003 e 2012. Fonte: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG), Universidade Federal de Goiás (UFG), <www.lapig.iesa.ufg.br> acessado em 19 de novembro de 2012.

3.7.1.1.3. Pantanal

3.7.1.1.3.1. Caracterização da cobertura da terra

8054
8055
8056
8057
8058
8059
8060
8061

A Bacia do Alto Paraguai (BAP) é uma área aproximada de 600.000 km², sendo que cerca de 360.000 km² pertencem ao Brasil (Figura 3.7.8). Na BAP há o encontro de cinco grandes biomas: a Amazônia, o Cerrado e o Pantanal, no lado brasileiro, e o Chaco e a Floresta Chiquitano no lado boliviano e paraguaio. Do ponto de vista físico, a BAP ainda se divide em duas grandes unidades fisionômicas: a planície, que tem altitude de até 200 metros e onde predomina o Pantanal, e o planalto adjacente, com altitudes de até 1.400 metros, onde predomina o Cerrado.



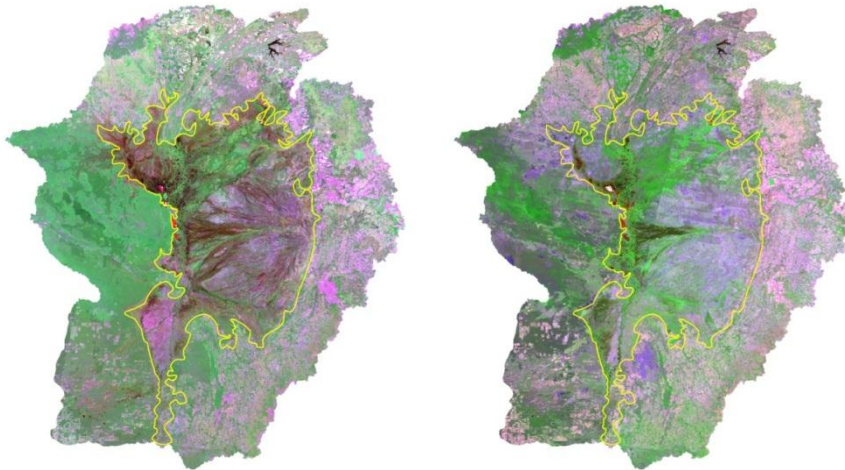
8062
8063
8064

Figura 3.7.8. Localização da Bacia do Alto rio Paraguai (BAP) no Brasil, Bolívia e Paraguai, na América do Sul e o limite do Pantanal dentro da BAP.

8065
8066
8067
8068
8069
8070
8071
8072
8073
8074
8075
8076
8077

Segundo os mapas de biomas brasileiros (IBGE, 2004) e das sub-bacias – nível 3, da Agência Nacional de Águas (ANA), o Pantanal é uma das maiores planícies de sedimentação do mundo (Silva, 2003), ocupando uma área de 151.000 Km² (IBGE, 2004) no território brasileiro, com 65% de sua área no estado de Mato Grosso do Sul e 35% no Mato Grosso (Castelnou et al., 2003). Essa região é formada por um conjunto de grandes planícies deprimidas e leques aluviais na bacia do rio Paraguai (Adámoli, 1982), para onde convergem quatro das mais importantes províncias fitogeográficas do Continente: Floresta Amazônica, Cerrado, Chaco e Floresta Atlântica (Amador, 2006). Essa heterogeneidade determina, conforme Corsini e Guarim Neto (2000), a existência de diversos pantanais, que possuem características próprias, com diversidade ecológica e florística. No total, onze sub-regiões formam o Pantanal: Cáceres, Poconé, Barão de Melgaço, Paraguai, Paiaguás, Nhecolândia, Abobral, Aquidauana, Miranda, Nabileque e Porto Murtinho (Silva e Abdon, 1998).

8078 A inundação é o fenômeno ecológico mais importante, que o caracteriza como macro
 8079 ecossistema ecológico peculiar (Ad moli, 1982). O pulso de inundação monomodal
 8080 (Junk e Nunes da Cunha, 2005)   considerado a força motriz do ecossistema e ainda
 8081 ocorrem flutuações plurianuais, responsáveis pela intensificação da seca e dos períodos
 8082 de cheia(Figura 3.7.9). A proporção de ocorrência de certas comunidades vegetais
 8083 depende das características ecológicas, especialmente da frequência, extensão, altura e
 8084 duração das inundações e das características do solo (Corsini e Guarim Neto, 2000),
 8085 sendo inversa a rela o entre a altura da inundação e diversidade das espécies
 8086 (Nascimento e Nunes da Cunha, 1989; Arieira e Nunes da Cunha, 2006). Nos ambientes
 8087 hidromórficos tropicais, o acúmulo de matéria orgânica tende a ser maior, onde o lençol
 8088 freático flutua menos e, por alguma razão, a água livre é menos oxigenada.



Março/2008

Junho/2008

8089
 8090
 8091 Figura 3.7.9 - Imagens de sat elite ilustrando a Bacia do Alto Paraguai (BAP), com o Planalto e o Pantanal
 8092 em dois momentos: março de 2008, período de inundação, e junho de 2008, período de seca.

8093
 8094 No Pantanal, a variação do nível de água é muito acentuada, com alternância
 8095 pronunciada entre excesso e deficiência da  gua. As  guas são mais arejadas e mais
 8096 ricas em nutrientes, não havendo grande acúmulo de matéria orgânica. Nos solos,
 8097 normalmente mais ricos, pode ocorrer translocação de material do horizonte A (camada
 8098 superficial, com bastante interferência do clima e da biomassa; é o horizonte de maior
 8099 mistura mineral com húmus), acumulando-se no horizonte B (camada de maior
 8100 concentração de argilas, minerais oriundos de horizontes superiores, com colora o
 8101 mais forte, agregação e desenvolvimento), pelo processo de podzolização. Os aluviais
 8102 são formados de depósitos pelo rio, depósitos aluviais ou aluviões, de forma que a cada
 8103 ano, ou no intervalo de alguns anos, novas camadas cobrem as anteriores,  s vezes
 8104 enterrando algumas plantas pioneiras, quando o intervalo entre deposições permite. A
 8105 distribuição de matéria orgânica em profundidade é irregular, registrando esses eventos
 8106 (Resende et al., 1997).

8107 O Pantanal compõe um domínio pedobioclim tico transicional, constituindo uma
 8108 unidade   parte, onde o período de grande umidade (outubro a março)   alternado com
 8109 seca pronunciada (abril a setembro), e   vegeta o dos campos com pastagens nativas
 8110 adicionam-se paisagens diferentes, identificadas por nomes relacionados às plantas
 8111 dominantes ou expressivas, tais como cambarazal, carandazal, paratudal, piuval,
 8112 buritizal, acurizal, pindaibal, pirizal, pajonal, etc. (Pereira, 1966; Resende, 1997). Com
 8113 isso, há formação de um complexo mosaico ecológico, contendo extensas áreas com
 8114 vegeta o lenhosa sujeitas a inundações periódicas, incluindo acurizal (*Attalea*

8115 *phaleratta* Mart. ex spreng), cambarazal (*Vochysia divergens* Pohl), e carandazal
 8116 (*Copernicia alba* Morong) (Damasceno-Júnior et al., 2005; Junk et al., 2005) e grandes
 8117 arbustos invasivos de pombeiro (*Combretum laxum* Jacq) e canjiqueiro (*Brysonima*
 8118 *orbignyana* Adr. Juss.) (Haase e Haase, 1995).
 8119 Muitas espécies arbóreas de várzea da Amazônia, que toleram altas e prolongadas
 8120 inundações, apresentam amplo potencial para suportar condições potencialmente
 8121 estressantes (Parolin e Wittmann, 2010). A inundações afeta diretamente a troca de
 8122 material entre os rios e a planície de inundações, e grandes eventos de inundações cobrem
 8123 grandes planícies, eventualmente com inundações mais profundas, o que potencialmente
 8124 aumenta o intercâmbio biosfera-atmosfera.
 8125 A falta de dados sobre interações biosfera-atmosfera é particularmente grave para as
 8126 zonas úmidas tropicais, que são importantes reservatórios de biodiversidade, fontes de
 8127 rastreamento de gases como o metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), e sumidouros de
 8128 CO₂, nutrientes e energia (Fung et al., 1991; Ehhalt et al., 2001; Borma et al., 2009; Sha
 8129 et al., 2010).

8130 **3.7.1.1.3.2. Histórico do uso e mudanças na cobertura da terra no Bioma Pantanal**

8131 No Pantanal, as principais atividades econômicas são a agricultura, a pecuária, a
 8132 indústria agroalimentar (abate, embutidos, etc.), o aproveitamento hidrelétrico, o
 8133 turismo e a piscicultura. Nas proximidades da cidade de Corumbá encontram-se também
 8134 polos de mineração de manganês e ferro e siderurgia (Wantzen et. al. 2008, Lima 2008).
 8135 Várias carvoarias operam também neste bioma, além da silvicultura de eucalipto.
 8136 Boa parte da população pantaneira transita entre o planalto e a planície (Borges, 1991;
 8137 Earthwatch, 2004; Girarde Vargas, 2008; Junke Cunha, 2005; Silvae Girard, 2004). A
 8138 sociedade se estabeleceu no Planalto a partir da década de 1970. A população da Bacia
 8139 do Alto Paraguai (BAP), incluindo Campo Grande, é de aproximadamente 2,5 milhões
 8140 de pessoas (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2003; IBGE, 2011); a grande maioria vive em
 8141 zonas urbanas (> 70%). Somente em Campo Grande (capital de MS) e Cuiabá (capital
 8142 de MT), as duas maiores cidades da BAP, vivem mais de 1,3 milhões de pessoas, a
 8143 quase totalidade (98%) em zona urbana (Silva e Romero, 2011).
 8144 No decorrer do século XXI, a população deve continuar crescendo e se urbanizando
 8145 (IBGE, 2011), o que deverá contribuir com aumento da emissão de GEEs. O número de
 8146 veículos automóveis está aumentando *per capita*, o que, combinado com aumento
 8147 líquido da população, deve aumentar a emissão de GEEs.
 8148 Abordar a socioeconomia da planície pantaneira, repartida entre MS e MT, sem
 8149 considerar as relações com o planalto circundante, faz pouco sentido. As principais
 8150 atividades econômicas no Pantanal, a pecuária de cria e engorda, a pesca comercial ou
 8151 amadora e o turismo, encontram hoje seus mercados na sociedade que se estabeleceu no
 8152 Planalto, a partir da década de 1970. Boa parte da população pantaneira transita entre o
 8153 planalto e a planície (Borges, 1991; Earthwatch, 2004; Girard & Vargas, 2008; Junk &
 8154 Cunha, 2005; Silva & Girard, 2004).
 8155 A agricultura no Planalto é caracterizada por extensas áreas contínuas nos chapadões
 8156 remanescentes de grandes fazendas, com culturas de soja, milho e sorgo, sendo os dois
 8157 últimos mais comuns na entressafra da soja. Em algumas áreas ocorre o cultivo da cana-
 8158 de-açúcar, que faz uso da queima da palha, liberando uma grande quantidade de gases e
 8159 fuligem para a atmosfera. De uma forma geral, a área de agricultura é menor que as de
 8160 pastagens e localiza-se em solos menos susceptíveis à erosão. Em 2008, a agricultura
 8161 ocupava 10% desta área de planalto (Brasil, 2010). A agricultura familiar ocorre também
 8162 no planalto, em pequenas propriedades ou assentamentos rurais. A área total da

8163 agricultura familiar no planalto é ainda desconhecida; porém, assim como as grandes
 8164 fazendas, também impactam as matas ciliares e nascentes.
 8165 A manutenção das matas ciliares, nascentes e reservas legais são mais exequíveis que na
 8166 pecuária, pois não exige isolamento com cercas; porém, se observa plantios até nas
 8167 margens dos rios e nascentes (exceto quando o grau de umidade do solo impede o
 8168 acesso das máquinas). Não há levantamentos sistemáticos, mas estima-se que várias
 8169 propriedades estão sem reserva legal, em especial as pequenas propriedades rurais, ou
 8170 com reserva menor que a prevista no Código Florestal de 20%. Assim, a soma das
 8171 pequenas propriedades rurais pode ter um impacto considerável na cobertura vegetal e
 8172 nos corpos d'água.
 8173 O desmatamento no Pantanal e planalto adjacente não é um fato recente, sendo o
 8174 mesmo tema de publicações desde os anos 1970 em diante: 1976 (Silva et al., 2001a),
 8175 1984 (Silva et al., 2001b), 1994 (Silva et al., 1997), 2000 (Padovani et al., 2004), 2002
 8176 (Silva et al. 2007; Abdon et al., 2007; WWF-Brasil, 2009) e 2008 (MMA, 2009; MMA,
 8177 2010; Brasil, 2009).
 8178 Até 2008, as pastagens ocupavam 43% das áreas de planalto adjacentes ao Pantanal
 8179 (WWF-Brasil, 2009⁴⁵), a maior parte sobre solos arenosos, com relevo acidentado,
 8180 naturalmente susceptível à erosão. Cabe ressaltar que a disponibilidade das pastagens
 8181 nativas varia consideravelmente entre as épocas de inundação e seca (Potter et al.,
 8182 1989), com grande variabilidade espacial na oferta de pastagens em quantidade e
 8183 qualidade. Além destas condições naturais adversas, a falta de práticas de manejo
 8184 adequado do solo resultaram em aumento dos processos erosivos (voçorocas, erosão em
 8185 sulcos e erosão laminar), assoreamento dos rios e exportação de sedimentos para o
 8186 Pantanal. Nas áreas de Cerrado da BAP é comum a ocorrência das veredas, que formam
 8187 uma área tampão entre o Cerrado e a mata ciliar. São áreas baixas, úmidas e de
 8188 vegetação característica. Estas áreas deveriam estar incluídas como Áreas de
 8189 Preservação Permanentes, com um necessário isolamento com cercas, evitando o
 8190 pisoteio do gado. Dependendo do número de riachos, nascentes e do tamanho da reserva
 8191 legal, os gastos com a instalação e manutenção de cercas seria elevado.
 8192 A dessedentação do gado é feita tradicionalmente nos córregos, fazendo com que os
 8193 animais se habituem a trilhar os mesmos caminhos das áreas mais altas até as mais
 8194 baixas, onde estão tais cursos hidrográficos. Assim, o pisoteio dos animais e as
 8195 enxurradas provocadas pelas chuvas levam à formação das erosões em sulcos. Essas
 8196 erosões fazem com que uma grande quantidade de sedimentos chegue aos córregos,
 8197 assoreando os mesmos. Na atividade pecuária, vale ressaltar, o manejo com curvas de
 8198 nível é muito pouco utilizado, potencializando o processo erosivo.
 8199 Por esses motivos, a pecuária na região de planalto tem sido apontada como a principal
 8200 responsável pela exportação de sedimentos para o Pantanal. Na bacia do rio Taquari,
 8201 uma área de aproximadamente 5.000 km² tem sido inundada permanentemente, em
 8202 grande parte pelo assoreamento desse rio no seu baixo curso, decorrente dos processos
 8203 erosivos nas áreas mais altas.
 8204 Já em outras áreas do Pantanal, o desmatamento tem aumentado em função dos custos
 8205 reduzidos para tal prática, uma vez que as carvoarias se encarregam de desmatar para
 8206 a produção de carvão vegetal, vendido para siderúrgicas de outros estados, como Minas
 8207 Gerais e Goiás; outro fator é o preço da terra, o qual no Pantanal é mais baixo do que

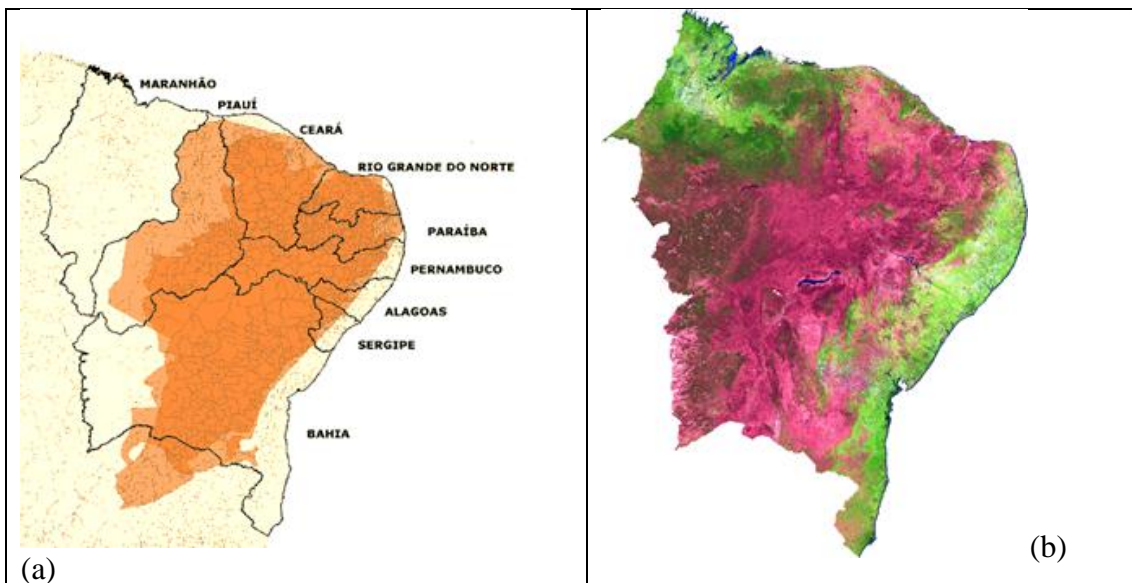
⁴⁵Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do solo na Bacia do Alto Paraguai – porção brasileira – período de análise de 2002 a 2008. Relatório técnico metodológico. Brasília: CI/COA/AVINA/SOS Pantanal/WWF-Brasil, 2009. 58p.; ISBN 978-85-86440-25-0. Por favor, adequar esta referência. Quem é o autor?

8208 nas áreas de planalto. Seja pela expansão das áreas de pastagens e desmatamentos, seja
 8209 pela expansão de áreas alagadas na época de cheias, a ocupação antrópica vigente
 8210 contribui com o aumento das emissões de gases de efeito estufa, como o carbono
 8211 (advindo da substituição da vegetação nativa) e do metano (advindo da decomposição
 8212 da matéria orgânica em ambiente aquático ou da digestão em bovinos).

8213 3.7.1.4. Caatinga

8214 3.7.1.4.1.1. Caracterização da cobertura da terra

8215 A Caatinga é o principal complexo de vegetação existente na região semiárida do
 8216 Nordeste do Brasil (NEB) e o único bioma totalmente incluído nos limites políticos do
 8217 país. Em 2005, a região classificada oficialmente como semiárida nordestina aumentou
 8218 de 892.309,4 km² para 969.589,4 km², um acréscimo de 8,66%. A região engloba 1.133
 8219 municípios dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco,
 8220 Alagoas, Sergipe, Bahia e norte de Minas Gerais, totalizando uma população de
 8221 20.858.264 de pessoas, 44% destas residindo na zona rural (MI, 2005a). Os critérios da
 8222 nova classificação consistiram na inclusão de municípios com precipitação média anual
 8223 igual ou inferior a 800 mm, com índice de aridez (calculado pelo balanço hídrico, que
 8224 relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, neste caso para o período
 8225 entre 1961 e 1990) situado entre os limites de 0,21 a 0,50 e com déficits hídricos diários
 8226 iguais ou superiores a 60% (MI, 2005a). Com essa atualização, foi abolida a utilização
 8227 do termo ‘Polígono das Secas’ como instrumento legal de delimitação das áreas do NEB
 8228 sujeito às secas (Figura 3.7.10).
 8229



8230 Figura 3.7.10 - (a) Nova delimitação do semiárido Brasileiro, e (b) Imagem de satélite com composição
 8231 colorida equivalente à cobertura da vegetação mais densa (tons de verde) à mais rala (tons de magenta).
 8232 Fonte: www.lapismet.com, acessado em 19 de novembro de 2012.

8233 A designação Caatinga é resultante da junção de duas palavras de origem tupi: Caa
 8234 (mata) e Tinga (branca), e significa mata branca (ou seca). Em termos botânicos e
 8235 ecológicos, essa formação é de elevada importância, pois apresenta fisionomia e
 8236 florística próprias, bem distinta das demais formações florestais dos biomas de regiões
 8237 semiáridas. Para Melo (1998), a consagração do termo Caatinga se deve a Gabriel
 8238 Soares de Souza, em sua obra ‘Tratado Descritivo do Brasil’, publicada em 1587. De
 8239 acordo com esse trabalho, Caatinga é um termo fitogeográfico genérico que designa o
 8240 conjunto de todos os tipos de vegetação que recobrem o NEB, caracterizado pela
 8241 caducidade das folhas durante a estação seca e a presença frequente ou abundante de

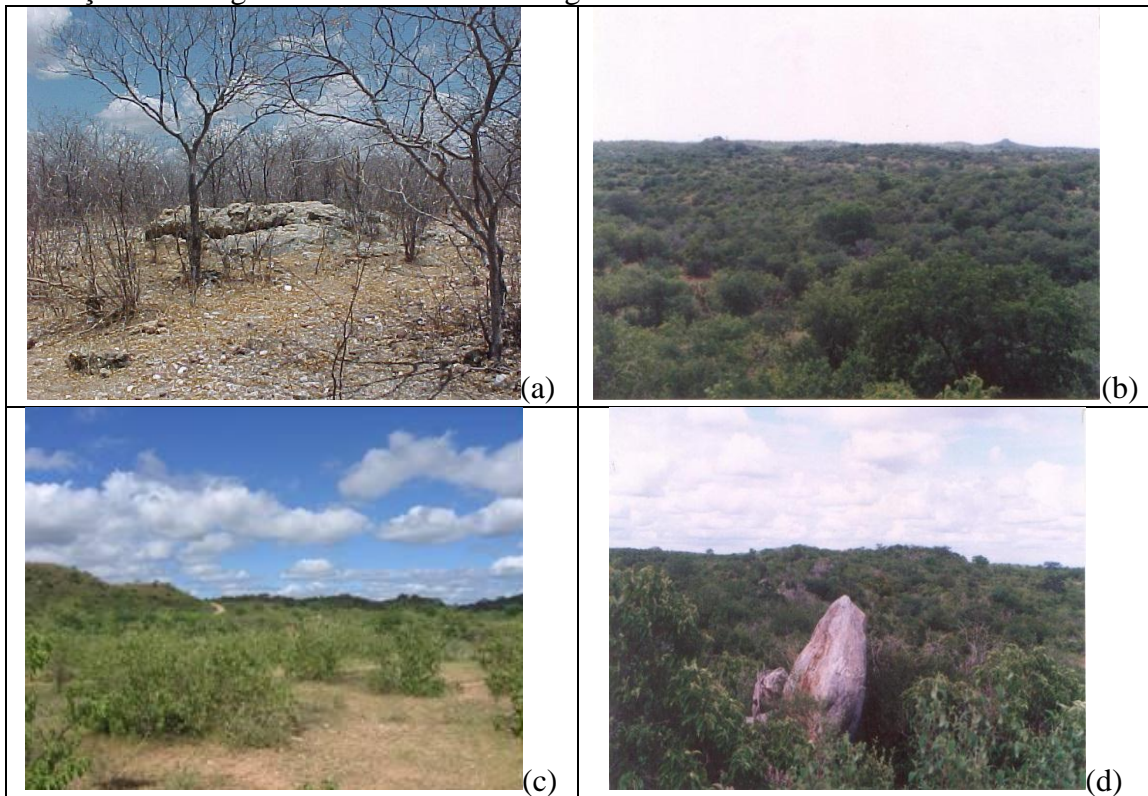
8242 arbustos espinhentos e de grandes cactáceas. No entanto, o glossário de Ecologia
8243 diferencia esse termo baseado na fisionomia da vegetação. Segundo essa fonte (ACIESP,
8244 1997), a fisionomia desse bioma é cálida e espinhosa, com estratos compostos por
8245 gramíneas, arbustos e árvores de porte baixo ou médio (3 a 7 metros de altura),
8246 caducifólias (folhas que caem), com grande quantidade de plantas espinhosas
8247 (leguminosas), entremeadas de outras espécies como as cactáceas e as bromeliáceas,
8248 onde as condições climáticas e edáficas definem a ocorrência desse complexo
8249 fitofisionômico denominado de Caatinga. No entanto, o trabalho de Andrade-Lima
8250 (1981) considera a Caatinga pelo determinismo dos fatores climáticos, edáficos e
8251 antrópicos. As informações sobre a estrutura e o funcionamento desse ecossistema ainda
8252 são escassas. É um dos biomas mais vulneráveis às alterações climáticas globais,
8253 associadas aos efeitos de aquecimento global induzido pelo acúmulo de gases de efeito
8254 estufa na atmosfera (Malhi et al., 2009). Em paralelo, 70% de sua área foram alteradas
8255 por ações antrópicas (Araújo et al., 2005).

8256 As espécies observadas nessas condições apresentam adaptações fisiológicas e
8257 morfológicas, capacitando-as para resistirem à deficiência hídrica estacional como
8258 armazenamento de água em partes da planta, caducifolia, órgãos para absorção da
8259 umidade atmosférica ou de chuvas e outras. Até o momento, estima-se que a vegetação
8260 da Caatinga é composta por cerca de 930 espécies, sendo 380 endêmicas. A fisionomia
8261 dessa formação é caracterizada pela abundância de *Cereus* (mandacaru e facheiro),
8262 *Pilocereus* (xiquexique), leguminosas (mimosa, acácia, emburana), cactáceas e outras.
8263 A retirada de madeira dessa formação foi muito intensa nas últimas décadas,
8264 principalmente de espécies de grande porte de mandacaru (*Cereus hildmanianus*
8265 Schum).

8266 A morfologia, fisiologia e ecologia dos tipos de vegetação da Caatinga determinam as
8267 características xerofíticas do bioma. As espécies possuem caráter comportamental e
8268 fisiológico em relação às características físicas e socioambientais do meio,
8269 determinando, dessa forma, o conhecimento das características funcionais desse
8270 ecossistema e, por conseguinte, de sua resistência a diversos fatores de tensão
8271 decorrentes, sobretudo, da atividade antrópica. São reconhecidos 12 tipos diferentes de
8272 Caatingas, que chamam atenção especial pelos exemplos fascinantes de adaptações aos
8273 hábitos semiáridos. De acordo com Alves (2007), as Caatingas constituem um mosaico
8274 de fitofisionomias onde densidade, altura e porcentagem de cobertura de espécies
8275 variam continuamente desde parque até arbóreo-arbustiva. Para o autor, esses gradientes
8276 fisionômicos de Caatingas contrastam com as áreas florestadas, compostas por espécies
8277 medindo em torno de 5 a 7 metros de altura, mais ou menos densas, com grossos
8278 troncos. Em contraposição, Caatinga parque é composta, principalmente, pelas espécies
8279 *Mimosa acustipula*, *Auxema oncolalyx* e *Aspidosperma pyrifolium*. Essa área recebe
8280 esse nome por recobrir pequenas depressões capeadas que, à época das chuvas, são
8281 alagadas e também por ter seus indivíduos pseudo-ordenados sobre denso tapete
8282 gramíneo-lenhoso.

8283 No que se refere à caracterização fisionômica (visual), a Caatinga apresenta três
8284 estratos: arbóreo (8 a 12 metros), arbustivo (2 a 5 metros) e o herbáceo (abaixo de 2
8285 metros). Algumas poucas espécies não perdem as folhas na época seca, entre essas se
8286 destaca o juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), uma das plantas mais típicas desse ecossistema.
8287 As espécies vegetais que habitam esse ecossistema são em geral dotadas de folhas
8288 pequenas, uma adaptação para reduzir a transpiração. Essas espécies sofrem constantes
8289 perturbações antrópicas de diferentes naturezas, como extrativismo seletivo e outros.
8290 Tais atividades, que continuam até hoje em intensidades variadas, tornam complexa a
8291 discussão sucessional desse bioma, já que praticamente inexistem remanescentes não

8292 degradados na maioria do NEB (Alves, 2007). A Figura 3.7.11 retrata a diferença das
8293 formações Caatinga arbórea aberta e Caatinga arbustiva-arbórea fechada.



8294 Figura 3.7.11. Fisionomias da Caatinga: (a) Caatinga arbórea aberta, (b) Caatinga arbórea fechada, (c)
8295 Caatinga arbustiva arbórea aberta, (d) Caatinga arbustiva arbórea fechada. Fonte: Fotografias de
8296 Humberto Barbosa.

8297 É necessário enfatizar a vulnerabilidade a que está exposta a maior parte do bioma
8298 Caatinga em decorrência da instabilidade climática, dramatizada pelas secas que
8299 ocorrem, em média, a cada 5 anos. Rebouças (1997) aponta que os valores médios
8300 anuais das chuvas podem ocorrer em apenas um mês ou se distribuir de forma irregular
8301 nos 3 a 5 meses do período chuvoso, com coeficiente de variação superior a 45%. Nos
8302 últimos anos, as secas foram responsáveis por redução da ordem de 9% no produto da
8303 agropecuária regional, e de 4,5% no PIB nacional (Produto Interno Bruto). A população
8304 atingida chegou a quase 12 milhões, e o número de trabalhadores inscritos nas frentes
8305 emergenciais de trabalho, a 2 milhões. A grande dificuldade dos agricultores é lidar com
8306 a elevada variação dos fatores climáticos, que oscilam fortemente entre um ano e outro.
8307 A sazonalidade climática expressa-se claramente na estrutura e no funcionamento da
8308 Caatinga, que apresenta diferentes fases na fenologia dos grupos de espécies que nela se
8309 desenvolvem. A condição de solo raso (litólico), com elevada acidez e baixa capacidade
8310 de retenção hídrica na estação seca, atuam como fatores edáficos seletivos para
8311 ocorrência de espécies. Tal formação geológica limita a capacidade de infiltração da
8312 água no solo, propiciando maior escoamento superficial, que por sua vez dificulta o
8313 armazenamento de água subterrânea.

8314 O relevo da região da Caatinga, por sua vez, constitui num importante fator para a
8315 compreensão do clima semiárido de seu interior (Suassuna, 2009). As serras e planaltos
8316 formam grandes barreiras geológicas para a ação do vento e de outros fatores,
8317 impedindo as chuvas nas regiões mais altas do lado oriental e setentrional das serras e
8318 planaltos. A partir desses condicionantes meteorológicos e geomorfológicos, a
8319 precipitação média anual varia de 250 a 600 mm.

8320 De acordo com Duarte (2002b), o clima predominante na Caatinga é o Tropical
 8321 semiárido. A temperatura média anual é de 25°C, podendo alcançar até 40°C no verão.
 8322 As mínimas registradas podem chegar a valores próximos de 20°C ou até menos nos
 8323 meses de maio e junho, sendo esses os meses mais chuvosos. As chuvas estão
 8324 concentradas na chamada ‘estação chuvosa’, com duração de 3 a 4 meses e com
 8325 distribuição irregular. As perdas devido à evaporação, depois das chuvas, são maiores
 8326 do que aquelas causadas pelo escoamento superficial e infiltração subterrânea. Devido à
 8327 reduzida presença de nuvens, a região apresenta mais de 3.000 horas de Sol durante o
 8328 ano, favorecendo o elevado potencial de perda de água por evapotranspiração, que
 8329 atinge 2.500 mm ao ano. Com isso, 91,8% da precipitação pluviométrica na região da
 8330 Caatinga se evaporam, 8% contribuem para o escoamento superficial e 0,2% percola no
 8331 subsolo (Carvalho et al., 2003). As chuvas são extremamente concentradas no tempo e
 8332 possuem significativa variância. Esses elementos climáticos adversos produzem uma
 8333 aridez quase generalizada.

8334 A principal manifestação da variabilidade climática desse bioma é a seca.
 8335 Historicamente, a região da Caatinga sempre foi afetada por grandes secas (Guerra,
 8336 1981). Entre as principais secas na história da região, mencionam-se especialmente
 8337 aquelas ocorridas em: 1915; 1919/20; 1931/32; 1942; 1951/53; 1958; 1966; 1970; 1972;
 8338 1976; 1979/80; 1982/83; 1993; 1998/99. O fenômeno meteorológico mais associado à
 8339 ocorrência das secas no Bioma da Caatinga é o El Niño-Oscilação Sul (ENOS). Durante
 8340 a fase positiva do ENOS, a região da Caatinga experimenta uma diminuição sazonal das
 8341 chuvas e, por conseguinte, um aumento de intensidade das secas. É fácil verificar que,
 8342 de modo geral, ocorrem anos de secas após anos de ocorrência do fenômeno do El Niño.
 8343 Isto aconteceu nos anos 1914, 1918, 1930, 1941, 1951, 1953, 1957, 1965, 1969, 1971,
 8344 1982, 1992 e 1997. O ano seguinte a um ano de El Niño, entretanto, nem sempre é um
 8345 ano seco, como se pode ver em 1912, 1924 e 1926. Há também anos secos que não
 8346 foram antecedidos por anos de El Niño, como por exemplo, 1936 e 1979. Entretanto,
 8347 relatos de secas na região podem ser encontrados desde o século 17, quando os
 8348 portugueses chegaram à região. Na grande seca de 1877-79, por exemplo, teriam
 8349 morrido mais de 500 mil pessoas na Província do Ceará e vizinhanças, vitimadas pela
 8350 fome, sede, epidemias, falta de condições sanitárias, e ausência de infraestrutura,
 8351 embora haja, por parte dos historiadores, certa divergência em relação a esse número. A
 8352 seca, portanto, se diferencia da aridez, já que esta se restringe a regiões de baixa
 8353 precipitação e é uma característica permanente do clima. O caráter da seca é nitidamente
 8354 regional, refletindo características meteorológicas, hidrológicas e socioeconômicas
 8355 singulares. Segundo Aceituno (1988), durante episódios de ENOS há o deslocamento da
 8356 Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para uma posição ao norte, dificultando a
 8357 formação de chuvas na região. A ZCIT é o principal sistema atmosférico atuante na
 8358 Caatinga, e responsável direto pelas chuvas nesse bioma no período de fevereiro a maio.
 8359 A ZCIT recebe influência dos padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM).
 8360 Anomalias positivas de TSM no Atlântico Norte e negativas no Atlântico Sul, próximo
 8361 da costa africana, configuram um padrão de dipolo de TSM desfavorável às chuvas na
 8362 Caatinga, influenciando a ZCIT para a posição mais no norte do Equador.

8363 **3.7.1.4.1.2. Histórico do uso e mudanças na cobertura da terra no Bioma Caatinga**

8364 Na Caatinga, o desenvolvimento de políticas de enfretamentos dos efeitos das secas
 8365 iniciou-se a partir da seca de 1877-79. A sinergia e complementaridade das políticas
 8366 sobre a gravidade da seca e ações de mitigação durante períodos de seca tornaram-se
 8367 mais sistemáticas no início do século passado. Planos de preparação para o combate aos
 8368 efeitos da seca propiciaram uma maior coordenação dentro dos diversos níveis de

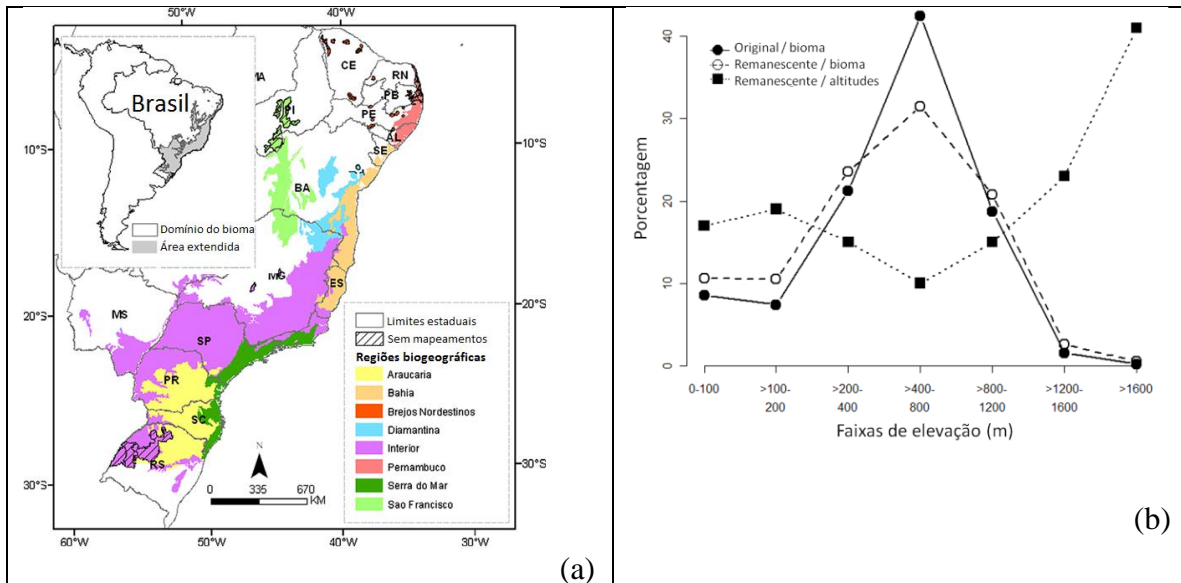
8369 governo e entre eles. Avaliações pós-seca mostraram os esforços nos procedimentos
 8370 para o monitoramento, resposta e mitigação de graves deficiências hídricas. Entretanto,
 8371 existem alguns exemplos. Durante as secas de meados dos anos 50, no Nordeste, mais
 8372 especificamente em 1958, houve uma redução de 40% na safra agrícola dessas áreas,
 8373 com prejuízo de 132 milhões de dólares à cotação de 1957, com a agricultura
 8374 contabilizando um prejuízo da ordem de 106 milhões de dólares e a pecuária de 26
 8375 milhões de dólares (Duarte, 2002a). Entre 1970 e 1984, a vulnerabilidade à seca
 8376 aumentou em alguns contextos devido à expectativa dos destinatários das ações quanto
 8377 à obtenção de assistência por parte dos governos ou doadores. Como resultado das secas
 8378 de 1978-80, as culturas de subsistência de milho e feijão tiveram uma redução de 82% e
 8379 72%, respectivamente. A principal cultura comercial na época, o algodão, teve um
 8380 declínio de produção de 69%. Na primeira década do século 21, apesar da ocorrência de
 8381 anos com déficit de precipitação pluviométrica, como os anos de 2001 a 2005, não foi
 8382 observada a ocorrência de uma grande seca na região. Secas severas de longos períodos
 8383 podem levar a uma excessiva pressão sobre os recursos naturais pelo uso da terra, cujas
 8384 causas imediatas são a perda gradativa da cobertura vegetal, degradação do solo,
 8385 mudança do efeito de albedo. Ciclos de fortes secas costumam atingir a Caatinga em
 8386 intervalos que variam de poucos anos a, até mesmo, décadas.
 8387 Os principais fatores antrópicos que afetam a dinâmica de fragmentação desse
 8388 ecossistema são: grandes latifúndios, prospecção e exploração de lençóis d'água
 8389 subterrâneos e de combustíveis fósseis (petróleo e gás natural), formação de pastagens,
 8390 irrigação e drenagem, siderúrgicas, olarias e outras indústrias. Esses fatores provocam,
 8391 além da perda de diversidade biológica, perdas profundas nos ganhos de carbono,
 8392 acarretando redução da qualidade do solo (Araújo et al., 2005). As chamadas áreas com
 8393 ocorrência de desertificação totalizam aproximadamente 40 mil km² (MMA, 2000). Nas
 8394 últimas décadas, vem-se observando um cenário extremamente modificado pela intensa
 8395 ação antrópica, manifestada principalmente pelo surgimento e intensificação dos
 8396 processos biofísicos, tais como erosão dos solos, aumento do déficit hídrico do solo,
 8397 contribuindo para expansão da desertificação. Para tentar reverter os efeitos da
 8398 desertificação, o Ministério do Meio Ambiente lançou, em 2004, o Programa de Ação
 8399 Nacional de Combate à Desertificação (PAN-Brasil, 2005). O programa relaciona
 8400 políticas voltadas ao meio rural, como Programa Nacional de Fortalecimento da
 8401 Agricultura Familiar, bolsa família e ações de convivência com a seca, à agenda de
 8402 combate à desertificação.

8403 **3.7.1.5. Mata Atlântica**

8404 **3.7.1.5.1.1. Caracterização da cobertura da terra**

8405 A Mata Atlântica é a segunda maior floresta tropical do continente Sul-Americano.
 8406 Originalmente cobria uma área de 1,5 milhão de km² ao longo da costa brasileira, se
 8407 estendendo ao oeste em menor profundidade em sua porção nordeste (desde a Paraíba
 8408 até Minas Gerais). O bioma cobria todo o estado do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São
 8409 Paulo, Paraná, Santa Catarina e também a porção norte do Rio Grande do Sul,
 8410 alcançando o sul do Mato Grosso do Sul, e a face leste Paraguai e Argentina (Galindo-
 8411 Leal e Câmara 2003; Ribeiro et al. 2009) (Figura 3.7.12a). A Mata Atlântica se estende
 8412 latitudinalmente de 3°S a 30°S, longitudinalmente de 35°W a 60°W, com altitudes
 8413 variando entre 0 a 2900 m acima do nível do mar, com gradientes de precipitação anual
 8414 no interior do continente, chegando a 4000 mm na zona costeira (Câmara, 2003). A
 8415 Mata Atlântica é extremamente heterogênea, compreendendo extensos maciços
 8416 florestais de ombrófila densa (costa leste) a florestas semi-decíduais conforme se
 8417 adentra no interior do continente. Também é composta por ambientes especiais, como

8418 formações pioneiras (áreas alagáveis ou várzeas), restingas (florestas e vegetação
8419 herbáceo-arbustiva em conduções de solos arenosos na zona costeira), mangue
8420 (vegetação típica de ambientes lodosos), campos rupestres e de altitude, além da floresta
8421 ombrófila mista com araucária (Scarano 2002; Câmara 2003).
8422 Este mosaico de habitats resultou em uma expressiva biodiversidade, com mais de
8423 20.000 espécies de plantas, 263 mamíferos, 936 aves, 306 répteis e 475 anfíbios
8424 (Mittermeier et al., 2005). Além do alto nível de biodiversidade, a Mata Atlântica
8425 apresenta distintas regiões biogeográficas (Bahia, Brejos Nordestinos, Diamantina,
8426 Pernambuco, Serra do Mar e São Francisco) e zonas de transição como a Floresta de
8427 Interior e Floresta de Araucária (Silva e Casteleti, 2003; Ribeiro et al., 2009). O elevado
8428 grau de endemismo (30% das aves, 44% das plantas) e alta biodiversidade, combinado
8429 com avançado estágio de perda de habitat, fragmentação e degradação florestal atribui
8430 ao bioma a 5ª posição no ranque de *hotspots* de biodiversidade (Mittermeier et al.,
8431 2005). Adicionalmente ao elevado nível de endemismo, combinado ao gradiente de
8432 heterogeneidade ambiental, a Mata Atlântica apresenta níveis extremamente elevados de
8433 diversidade alfa (escalas locais) e beta (escalas regionais) para diversos grupos
8434 taxonômicos, como plantas, mamíferos e borboletas (Brown e Freitas, 2000; Costa et
8435 al., 2000; Oliveira-Filho e Fontes, 2000).
8436 A distribuição do bioma no gradiente de elevação está concentrada principalmente entre
8437 os 200 e 1200 m (80%), com maior expressão na faixa de 400 a 800 m (Tabarelli et al.,
8438 2010; Ribeiro et al., 2011). Por conta da elevada perda de habitat e fragmentação, a
8439 vegetação remanescente sofreu drástica modificação em relação à elevação, sendo em
8440 termos relativos mais concentrados nas altas altitudes (Figura 3.7.12b). Ribeiro et al.
8441 (2011) analisaram a distribuição da Mata Atlântica em relação à posição do relevo, para
8442 as seguintes categorias: (a) áreas de várzeas ou sob influência da hidrografia, (b) relevos
8443 planos (<12 % de inclinação), (c) declividade moderada (>12%) e (d) encostas (cristas,
8444 topos de morros e áreas com elevada inclinação). Os resultados indicam que, em termos
8445 gerais, relevos com declividade moderada foi predominante (60% do domínio),
8446 seguidos por áreas planas (19%) e áreas de várzeas (16%). Após o processo de perda de
8447 habitat, apenas 7,6% de vegetação remanescente foi encontrada nas áreas mais planas,
8448 enquanto nas áreas de inclinação moderada este valor sobe para 10,6%. Em contraste,
8449 áreas com maior declividade estão entre as mais preservadas, com 33% da cobertura
8450 original (Ribeiro et al., 2011). Este tipo de resultado favorece, em parte, fisionomias
8451 como campos rupestres e campos de altitudes, mais encontrados em regiões como
8452 quadrilátero ferrífero (Minas Gerais), encosta Devoniana (Paraná), ou campos de
8453 altitude comuns em Santa Catarina (Ribeiro et al., 2011).
8454



8455 Figura 3.7.12 - (a) Regiões Biogeográficas da Mata Atlântica Brasileira, proposta por Silva e Casteleti
 8456 (2003) com base em registros de endemismo de aves, borboletas e primatas, bem como aspectos de relevo
 8457 e clima. Abreviação para os estados brasileiros: AL - Alagoas, BA - Bahia, CE - Ceará, ES - Espírito
 8458 Santo, GO - Goiás, MA - Maranhão, MG - Minas Gerais, MS - Mato Grosso do Sul, PE - Pernambuco,
 8459 PB - Paraíba, PI - Piauí, PR - Paraná, RN - Rio Grande do Norte, RS - Rio Grande do Sul, SC - Santa
 8460 Catarina, SE - Sergipe, SP - São Paulo, TO - Tocantins. Fonte: Adaptado de Ribeiro et al., 2000). (b) Os
 8461 círculos representam as porcentagem de vegetação original e remanescente para todas as faixas de
 8462 elevação. Quadrados indicam a porcentagem de vegetação remanescente em relação a vegetação original
 8463 dentro de cada faixa de altitude. Fonte: Adaptado de Ribeiro et al., 2011.

8464 3.7.1.5.1.2. Histórico do uso e mudanças na cobertura da terra no Bioma Mata 8465 Atlântica

8466 A perda de habitat e fragmentação é um dos principais fatores que afetam a
 8467 biodiversidade (Fahrig, 2003). Estudos recentes (Ribeiro et al., 2009; Tabarelli et al.,
 8468 2010; Ribeiro et al., 2011) estimam que a Mata Atlântica brasileira apresenta em torno
 8469 de 12% de vegetação remanescente (Figura 3.58), podendo chegar a 16% se considerados
 8470 remanescentes pequenos (<3 ha) ou matas ripárias e ciliares. A porção paraguaia da
 8471 Mata Atlântica ainda mantém 25% de seus 11.620 km² (Cartes e Yanosky, 2003; Huang
 8472 et al., 2007 e 2009), enquanto o nordeste da Argentina preserva ~39% dos 9.950 km²
 8473 (Chebez e Hilgert, 2003; De Angelo, 2009). Algumas regiões brasileiras apresentam
 8474 mais de 90% de perda de habitat (Ribeiro et al., 2009), como é o caso das Florestas de
 8475 Interior (7,1% de remanescentes), São Francisco (4,7%) (Figura 3.7.13). As áreas
 8476 convertidas de Mata Atlântica por ações antrópicas formam mosaicos com atividades de
 8477 agricultura, silvicultura e agropecuária, em paisagens dinâmicas combinando
 8478 remanescentes florestais em complexos que incluem formações pioneiras, e florestas em
 8479 estágios iniciais, médios e avançados de sucessão (Ribeiro et al., 2009, Teixeira et al.,
 8480 2009).

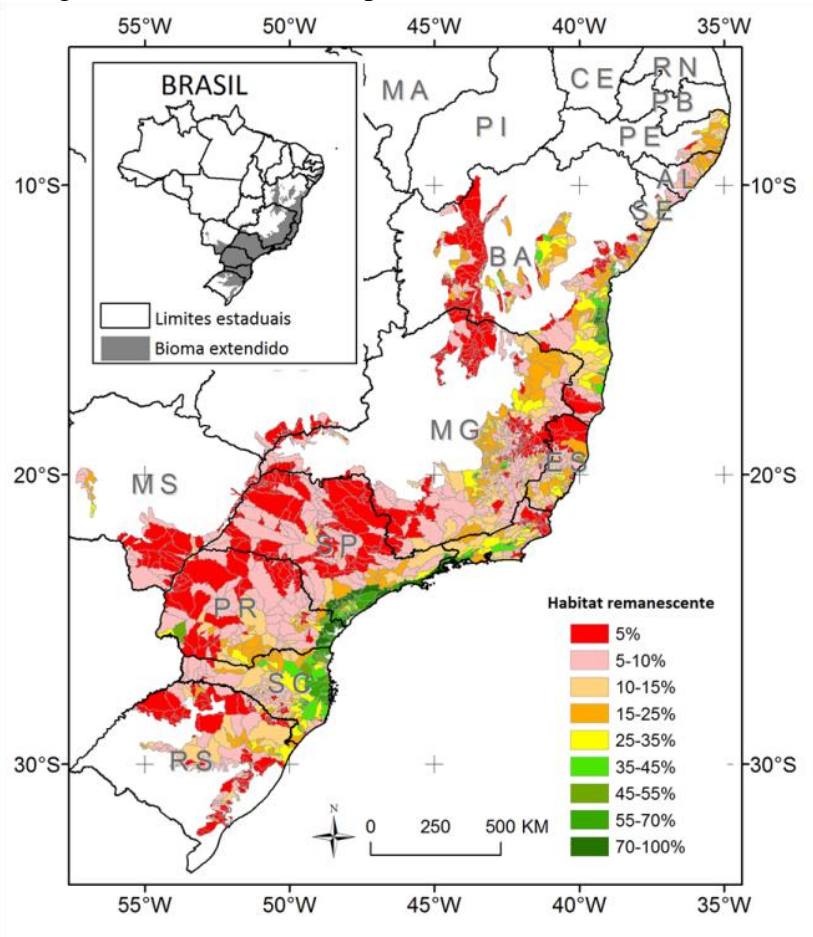
8481 Além da perda de habitat em si, a Mata Atlântica ainda apresenta preocupantes aspectos
 8482 em relação à estrutura da paisagem resultante do processo de degradação, onde os
 8483 fragmentos apresentam tamanhos bastante reduzidos (84% são <50 ha), elevado grau de
 8484 isolamento (distância média 1.440 m entre remanescentes) e expressivo efeito de borda
 8485 (metade dos remanescentes estão a no máximo 100 m de qualquer borda) – ver Ribeiro
 8486 et al. (2009). Os desmatamentos florestais estão sempre associados com outras
 8487 atividades de perturbação antrópica, como caça furtiva, exploração seletiva de madeira,
 8488 coleta de produtos não-florestais, o que compromete ainda mais a biodiversidade da
 8489 Mata Atlântica (Tabarelli et al., 2005; Galetti et al., 2009; Tabarelli et al., 2010).

8490 Segundo Laurance (2009), poucas florestas tropicais estão em estado mais crítico do
8491 que a Mata Atlântica, face ao seu elevado nível de ameaças e elevado valor para a
8492 conservação da biodiversidade. Em termos de áreas protegidas, de suas 700 unidades de
8493 conservação [UC] (Galindo-Leal e Câmara, 2003), apenas 1,62% da cobertura original
8494 do bioma encontram-se efetivamente protegidas por UC de proteção integral (Ribeiro et
8495 al., 2009).

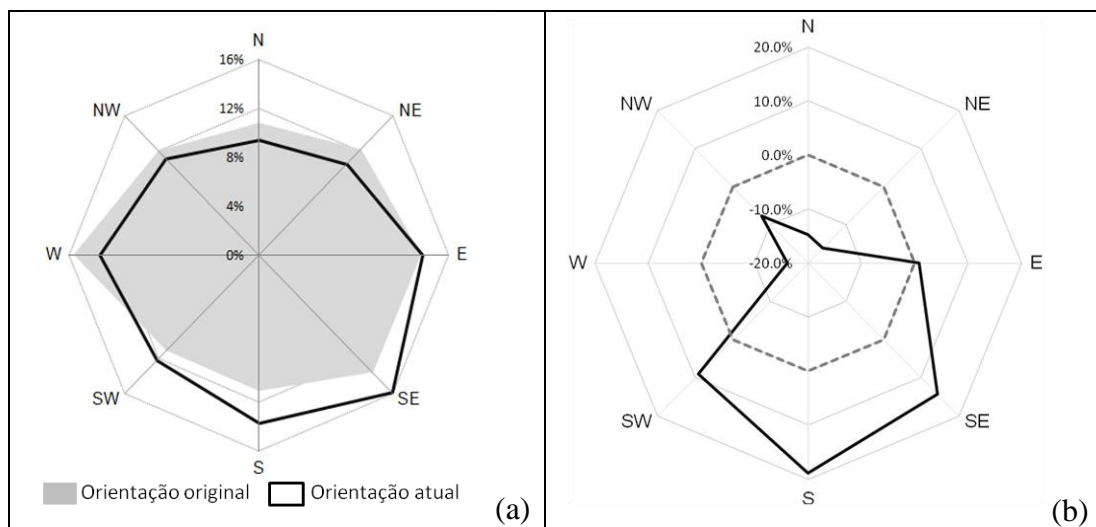
8496 Processos de degradação, como perda de habitat e desmatamento, não acontecem ao
8497 acaso, sendo em geral influenciados por aspectos associados ao relevo e fertilidade do
8498 solo. Segundo a literatura, para o hemisfério Sul existe uma preferência por explorar
8499 com agricultura, silvicultura ou agropecuária principalmente as faces voltadas ao norte
8500 dos relevos. Isto se deve a maior incidência de energia solar, que potencializa a
8501 produtividade primária nessas condições, aumentando, em decorrência, a produção
8502 agropecuária dessas áreas (Lu et al., 2002). A própria biodiversidade apresenta maior
8503 taxa relativa em condições de relevos voltadas às faces onde a produtividade primária é
8504 superior (Silva et al., 2008; Silva, 2010). Ribeiro et al. (2011) quantificaram pela
8505 primeira vez a distribuição original (pré-colinização), e observaram que, se
8506 considerarmos as oito direções cardeais, a porcentagem média por orientação variou de
8507 11% a 16%, o que sugere que, originalmente, não existia uma distribuição predominante
8508 (teste de Rayleigh, $t=0,0076$; $p=0,9445$; Figura 3.7.14. Entretanto, ao considerar o
8509 histórico do desmatamento, Ribeiro et al. (2011) relatam que foram detectados 20%
8510 menos desmatamento na orientação sul (teste de Rayleigh, $t=0,5842$; $p=0,000162$), o
8511 que confirma a preferência por manter a face sul preservada em detrimento das demais
8512 (Figura 3.7.14).

8513 A cana-de-açúcar foi a primeira atividade agrícola extensivamente plantada nos
8514 domínios da Mata Atlântica do Nordeste, começando no início do século 16, o que
8515 iniciou um extensivo processo de conversão florestal. Mais tarde, e em outras regiões, o
8516 café ocupou cenário, principalmente nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e
8517 Paraná, o que impulsionou o avanço da fronteira do desmatamento. Atualmente a cana-
8518 de-açúcar, a agropecuária e os plantios de *Eucalyptus*spp. e de *Pinus*spp. ocupam
8519 espaço significativo no cenário da Mata Atlântica, formando paisagens compostas tanto
8520 por pequenas propriedades e vegetações esparsas (pequenas em tamanho, mal
8521 conectadas, alto grau de isolamento e elevado efeito de borda), como por atividades
8522 extremamente extensivas (Ribeiro et al., 2011). Desde o princípio, o padrão geral da
8523 agricultura no Brasil, e na Mata Atlântica, é representado por propriedades de
8524 monoculturas em latifúndios. Atualmente esta perspectiva de sistema continua
8525 erroneamente elevada, onde 15% das propriedades cobrem mais de 75% do País (IBGE,
8526 2006). Propriedades em pequena escala ou agricultura familiar estão concentradas
8527 principalmente em relevos mais acidentados (Altieri, 2009a, b). Embora pequenas
8528 propriedades e agricultura familiar ocupem menos de 25% do território nacional, este
8529 sistema de produção é responsável por porção significativa da base alimentar do Brasil,
8530 produzindo 87% da mandioca, 70% do feijão, 46% do milho, 38% do café, 34% do
8531 arroz, 58% do leite, 59% da suinocultura, 50% da avicultura, 30% da carne bovina e
8532 21% do trigo, mas somente 16% da soja (IBGE, 2006). Entretanto, em áreas de relevo
8533 mais planos, onde a mecanização é possível, a cana-de-açúcar ocupa áreas extensas, e a
8534 atividade se expande para diversas regiões do bioma em virtude dos subsídios que
8535 foram dedicados à produção de biocombustível por muitos anos (Lapola et al., 2010),
8536 que também poderia ser denominado como agrocombustível (Altieri, 2009a, b).
8537 A mecanização da colheita de cana-de-açúcar, embora tenha reduzido os impactos
8538 anteriores relacionados, nas condições sub-humanas de trabalho (o que sempre manteve
8539 elevado risco de saúde e de vida dos trabalhadores rurais; ver Silva, 2008), também é

8540 responsável pela redução no grau de conectividade dos fragmentos florestais, uma vez
 8541 que árvores isoladas, previamente distribuídas em plantios de cana, são removidas para
 8542 dar espaço à colheita mecanizada. Segundo Harvey et al. (2004), as árvores isoladas são
 8543 elementos importantes para aumento da conectividade em paisagens fragmentadas, por
 8544 aumentar a porosidade da matriz e facilitar a movimentação de espécies de fauna, em
 8545 especial aves frugívoras e mamíferos dispersores de sementes.



8546
 8547 Figura 3.7.13 - Percentagem de habitat remanescente para diferentes sub-bacias (Pfastetter, 1987)
 8548 estimadas para a Mata Atlântica Brasileira (Fonte: Adaptado de Ribeiro et al., 2011).
 8549



8550
 8551 Figura 3.7.14 - Gráficos indicando (a) orientação de relevo em porcentagem da distribuição original
 (cinza claro) e remanescente (linha sólida preta) da Mata Atlântica Brasileira (soma - 100%); (b)

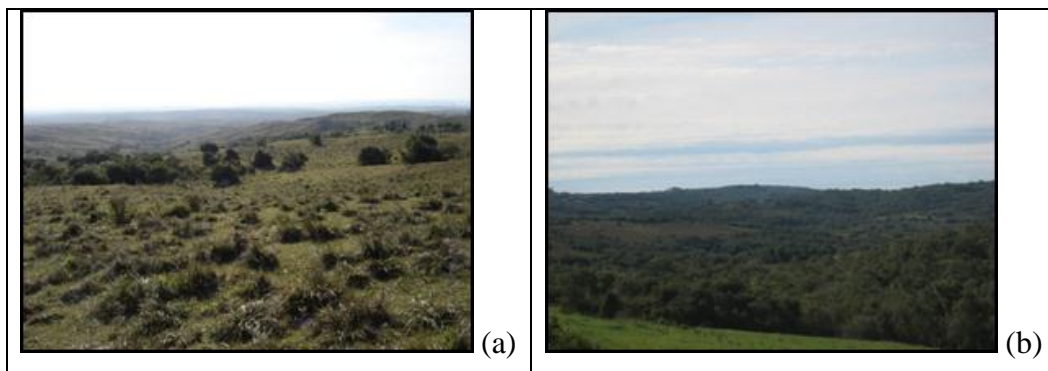
8552 diferença (em %; linha sólida preta) entre a distribuição original e remanescente da vegetação em relação
 8553 à orientação do relevo, onde valores positivos indicam menor desmatamento ou maior área remanescente
 8554 em relação à distribuição original, e valores negativos indicam condições preferenciais para
 8555 desmatamento. As linhas tracejadas em (B) destacam diferenças relativas entre distribuição original e
 8556 atual igual a zero. Nos gráficos de radar (A e B), a legenda representa as direções: N - norte, NE -
 8557 nordeste; E - leste; SE - sudeste; S - sul; SW - sudoeste; W - oeste e NW - noroeste.

8558 3.7.1.6. Pampa

8559 3.7.1.6.1.1. Caracterização da cobertura da terra

8560 O bioma Pampa ocupa uma área de 178.243 km², que historicamente não foi tratada
 8561 como área sob interesse de preservação (Overbeck et al., 2007). O relevo plano a
 8562 ondulado propicia que a paisagem seja dominada por uma forma reconhecida
 8563 regionalmente como coxilha, resultante do efeito mamelonizador (Suertegaray et al.,
 8564 2009). A região Sul do Rio Grande do Sul possui uma temperatura média anual de
 8565 aproximadamente 17,5°C, com alto contraste de temperatura entre inverno (média de
 8566 12,5°C) e verão (média de 23°C), e estações de transição com temperaturas semelhantes,
 8567 porém mais quente em abril (18,5°C) do que em outubro (17°C). A distribuição de
 8568 chuvas é uniforme ao longo do ano, com alguma tendência de chuvas mais fortes no
 8569 inverno. A média mensal no verão é de 120mm enquanto que no inverno chega a
 8570 145mm, com a quantidade de chuva anual total para a região ficando próxima de
 8571 1400mm (Iracema et al., 2009). A vegetação natural do bioma Pampa possui diferentes
 8572 fitofisionomias, com um predomínio de vegetação campestre em associação com
 8573 formações de matas ciliares e de encosta (Overbeck et al., 2007). Segundo Boldrini et
 8574 al. (2010), existem cerca de 2.200 espécies de plantas nesse bioma, sendo a maioria
 8575 dessas pertencentes à família das gramíneas. Na classificação proposta por Veloso et al.
 8576 (1991), o bioma Pampa apresenta duas formações com destaque. Na chamada formação
 8577 de campo limpo (Figura 3.7.15), a característica da vegetação é a coloração acinzentada
 8578 nos períodos de inverno, apresentando um estrato herbáceo com espécies adaptadas à
 8579 ambientes relativamente secos, além da compactação superficial do solo, pela ação das
 8580 queimadas e do pisoteamento do gado. Na formação campo sujo (Figura 3.7.15), a
 8581 característica diferenciadora é a ocorrência em maior quantidade de espécies arbustivas,
 8582 além de espécies arbóreas bastante dispersas.

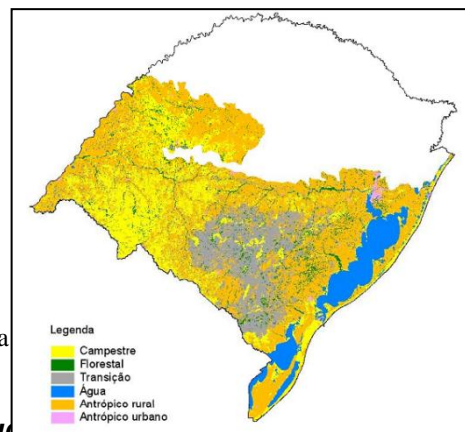
8583



8584 Figura 3.7.15 - Fisionomias do Bioma Pampa: (a) Exemplo do padrão observado em campo para as áreas
 8585 de campo limpo, (b) Exemplo da presença de substrato arbóreo na formação campo sujo. Fonte:
 8586 Fotografias de E. L. Fonseca.

8587 A vegetação campestre natural do bioma Pampa tem seu crescimento nas estações mais
 8588 quentes do ano, diminuindo potencialmente seu crescimento no inverno. Já os cultivos
 8589 exóticos inseridos no bioma possuem diferentes períodos de crescimento, como as
 8590 culturas de inverno, pastagens de inverno para a pecuária e cereais de inverno como o
 8591 trigo, que possuem seu crescimento nas estações mais frias. Nas estações quentes os

8592 cultivos mais disseminados são o arroz, a soja e o milho, estes dois últimos também
 8593 influenciados pela precipitação pluvial regular, já que são cultivados sem a utilização de
 8594 irrigação (Berlato et al., 2003). Já os cultivos na silvicultura, as espécies de acácias,
 8595 *Pinusspp*, *Eucaliptusspp.*, se comportam de forma diferenciada, por terem um ciclo de
 8596 cultivo maior. As espécies cultivadas na silvicultura são perenifólias, o que demonstra
 8597 nestas espécies maior resistência contra as oscilações intra-anuais do clima. Além disso,
 8598 este tipo de cultivo altamente competitivo em relação às outras espécies presentes,
 8599 especialmente quando se considera a capacidade de dispersão dessas espécies.
 8600 Segundo o mapeamento realizado por Hasenack et al. (2007) (Figura 3.7.16), o bioma
 8601 Pampa possui 58,68% (85.788,713 km²) de sua área terrestre ocupada com algum tipo
 8602 de atividade antrópica, majoritariamente por atividades rurais. Isso quer dizer que
 8603 41,32% (73.649,746 km²) da área do bioma ainda possui sua cobertura vegetal original.
 8604 Porém, cabe salientar que, devido às características da pecuária extensiva, as áreas de
 8605 campo nativo, que foram classificadas como vegetação natural, também são utilizadas
 8606 nas atividades de pecuária. Se estas áreas de campo nativo utilizadas pela pecuária não
 8607 fossem classificadas como áreas onde a vegetação original está preservada, a
 8608 porcentagem de área preservada cairia para 11,7% do bioma (20.855,66 km²).



8610
 8611
 8612
 8613
 8614
 8615
 8616
 8617
 8618 Figura 3.7.16 - Limites do bioma Pampa no Rio Grande do Sul. Fonte: Hasenack
 8619 et al. (2007).

8620 3.7.1.6.1.2. Histórico do uso e manejo da cobertura da terra do Bioma Pampa

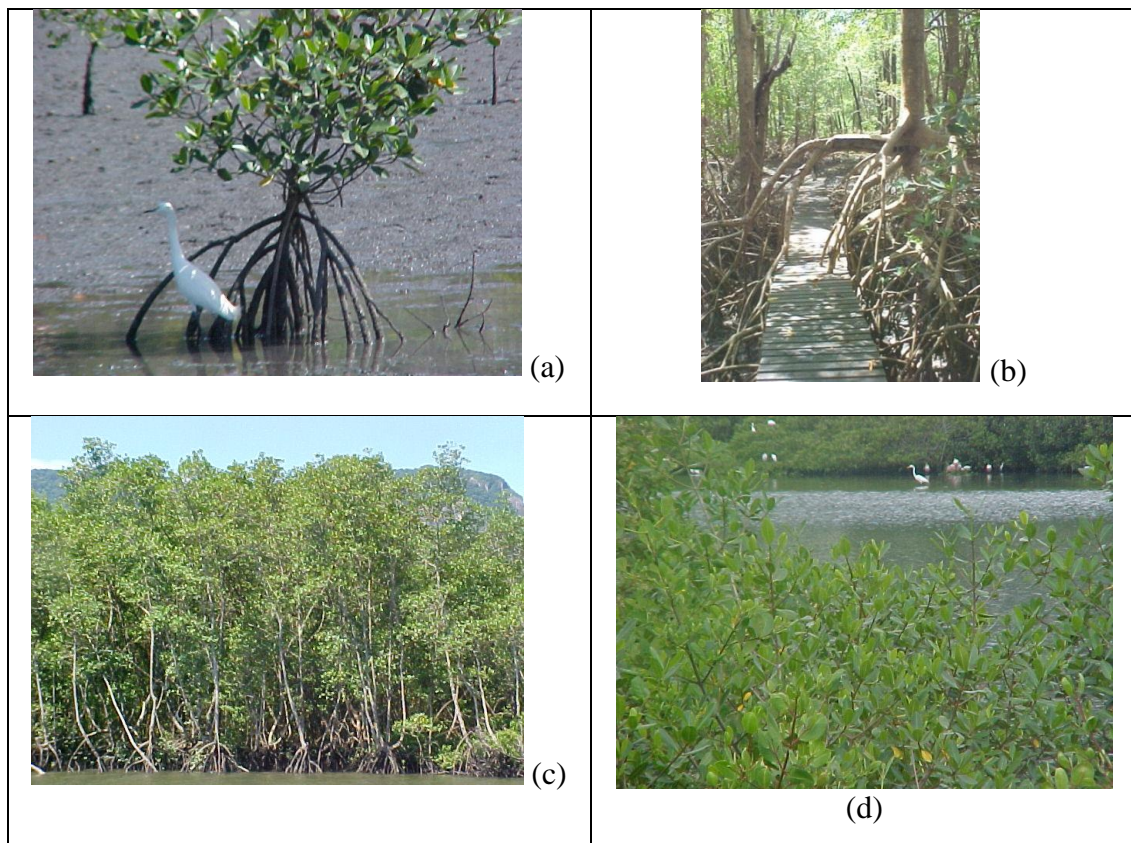
8621 A infraestrutura da região de ocorrência do bioma Pampa (considerando cidades e
 8622 estradas) já está consolidada. Isso contribui para que os índices de qualidade de vida
 8623 nessa região sejam altos, maiores que a média do restante do país (Théry e Mello, 2008).
 8624 Existem na região poucas indústrias em função do pequeno mercado consumidor e da
 8625 distância em relação aos grandes centros consumidores (Bairros et al., 2007).
 8626 A estrutura fundiária reflete a realidade local em termos do histórico de ocupação e
 8627 concentração de renda (Bairros et al., 2007). As propriedades rurais são extensas,
 8628 quando comparadas com o tamanho das propriedades rurais de outras regiões dentro do
 8629 próprio estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 2011). A divisão de terras, em função de
 8630 pressões econômicas, transferência de propriedade ou heranças, tem levado
 8631 à fragmentação das áreas de campos, o que pode afetar a diversidade de espécies das
 8632 áreas campestres (Fidelis et al., 2007).
 8633 A evolução da interferência socioeconômica no bioma Pampa pode ser diferenciada em
 8634 três estágios. O primeiro inicia-se no século XVII, quando missionários jesuítas
 8635 introduziram cavalos e gado na região, originando a pecuária extensiva na região, se
 8636 estendendo até a implantação das primeiras sesmarias e a consolidação política do
 8637 território, atualmente formador do estado do Rio Grande do Sul (Suertegaray et al.,
 8638 2009). O segundo estágio traz a estabilização e desenvolvimento ao longo de três
 8639 séculos da exploração econômica na região do bioma Pampa pelo pastoreio extensivo
 8640 para os animais, principalmente gado bovino de corte e ovino, tornando esta atividade a
 8641 mais importante e tradicional forma de uso da terra na região (Overbeck et al., 2007). A

8642 implantação deste sistema de produção, de baixo impacto ambiental das pastagens,
 8643 permitiu que a preservação do bioma e seu uso econômico coexistissem por um longo
 8644 período. O terceiro estágio corresponde à atualidade, onde as grandes porções de terra
 8645 ocupadas pela pecuária extensiva, em processo de enfraquecimento, adquirem valor
 8646 financeiro significativo. Isto levou ao desenvolvimento e intensificação das atividades
 8647 agropecuárias na região, levando a transformações e a substituição da vegetação natural
 8648 por espécies vegetais exóticas, lavouras temporárias, como o arroz e soja, bem como de
 8649 espécies arbóreas com o advento da silvicultura (Fonseca, 2004).

8650 3.7.1.7. Manguezais

8651 3.7.1.7.1.1. Caracterização da cobertura da terra

8652 Os manguezais são ecossistemas costeiros, tropicais e subtropicais, geralmente
 8653 associados às margens de baías, enseadas, barras, desembocaduras de rios e lagunas, ou
 8654 diretamente expostos à linha da costa, ligados por um sistema de marés em áreas
 8655 estuarinas abrigadas, onde ocorre a mistura das águas de ambientes dulce-aquícolas
 8656 (continentais) e salgados (mares). O seu sistema ecológico é dominado por espécies
 8657 vegetais típicas, que ocorre em substratos de vasa (formação recente, de pequena
 8658 declividade, sob ação diária das marés de água salgada ou pelo menos salobra), de
 8659 pequena declividade, periodicamente inundado pelas marés, com grandes variações de
 8660 salinidade; seus limites verticais, no médio litoral, são estabelecidos por diferentes
 8661 padrões de longo prazo das marés (Figura 3.7.17).



8662 Figura 3.7.17 - Fisionomias dos Manguezais. (a) Itaipu, Rio de Janeiro, (b) Passarela de acesso à torre
 8663 meteorológica em Bragança, Pará, (c) Baía de Paranaguá, Paraná, (d) Aves do manguezal. Fonte:
 8664 Fotografias de S. M. Fonseca.

8665 A distribuição dos manguezais também é determinada por barreiras geográficas, como
 8666 massas de terra e de águas muito frias. Movimentos tectônicos foram as primeiras
 8667 barreiras para o desenvolvimento dos manguezais, de suas características regionais e

8668 espécies endêmicas, em determinadas áreas do globo. Todos os manguezais da América
 8669 Tropical estão reconhecidos como ‘ecossistema-chave’ (funcionalmente complexos,
 8670 altamente resilientes e, portanto, estáveis), cuja preservação é essencial para a
 8671 manutenção de outros ecossistemas, muito além da floresta de mangues. Atualmente,
 8672 ele é um ecossistema bastante dinâmico, em vista das diversas mudanças
 8673 geomorfológicas (escala de milênios), evoluções fisiológicas (eventos
 8674 ocasionais/evolutivos) e, principalmente, alterações antropogênicas (escala de décadas).
 8675 Há que se ressaltar que a cada perturbação antropogênica há uma perda de elementos do
 8676 sistema, tornando os manguezais menos aptos à ação de novos tensores e, por
 8677 consequência, mais vulneráveis e com menor capacidade de suporte. A partir da década
 8678 de 1950, as áreas estuarinas e de mangue começaram a ter uma intensa ocupação
 8679 urbana, para implantação industrial e expansão imobiliária.
 8680 A eficiência para o armazenamento do carbono em florestas de mangue, assim como a
 8681 sua valoração econômica -ecológica, necessita de parametrização para modelagem de
 8682 cenários futuros. Estudos sobre o ciclo de carbono florestal indicam que entre os
 8683 sumidouros de carbono estariam as florestas em expansão e o acúmulo de matéria
 8684 orgânica no solo (Houghton et al., 1983). No momento, já são conhecidas algumas
 8685 funções do ecossistema manguezal, tais como: (a) prover e manter a biodiversidade; (b)
 8686 manter as bacias flúvio-marinhas; (c) sustentar inúmeras e importantes atividades
 8687 econômicas; e (d) atuar como sumidouro de carbono, contribuindo para amenizar as
 8688 emissões de gases antrópicos, bem como na geração de créditos de carbono, como
 8689 atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). A
 8690 Tabela 3.7.1 sumariza as principais funções dos manguezais.
 8691 Tabela 3.7.1 - Principais funções e usos do ecossistema de manguezais.

ÁREAS	CATEGORIA DE RECURSOS	TIPOS
Biogeoquímica	Funções e serviços	Retenção de sedimentos carregados pelos rios, estabilização e aumento da linha da costa pela propagação da área ocupada pela vegetação. Armazenamento de carbono e outros elementos. Filtragem de metais pesados.
	Uso Indireto	Responsável pela produção, reciclagem e exportação de nutrientes que são depositados no seu solo.
Ecológica	Funções e serviços	Habitat, reprodução e alimentação de espécies.
	Uso indireto	Concentração de nutrientes; zona de berçário natural, para as espécies características desses ambientes, bem como para peixes anádromos e catádromos e outros animais que migram para as áreas costeiras durante, pelo menos, uma fase do ciclo biológico. Renovação do estoque pesqueiro de interesse econômico das áreas marinhas costeiras. Áreas de nidificação e alimentação para aves, locais de descanso e nutrição das espécies migratórias de outros países.
Antropocêntrica	Funções e serviços	Habitação. Áreas de conforto visual, recreação e lazer.
	Uso Direto	Extração de madeira, tanino, óleos, açúcares, álcool, plantas medicinais. Captura de peixes, crustáceos e moluscos (estoques de expressiva biomassa), constituindo excelentes fontes de proteína animal de alto valor nutricional e importante fonte de divisas para o País.
	Uso indireto	Proteção da linha de costa: barreira mecânica à ação erosiva das ondas, marés e ventos. Regulação do microclima. Sequestro de carbono.
	Não uso	Valor de existência.

8692 Fonte: Adaptado de Mattos-Fonseca et al. (2000).

8693 **3.7.1.7.1.2. Histórico do uso e mudanças na cobertura da terra nos Manguezais**

8694 As áreas com florestas de mangue no Brasil (ecossistema de manguezal) são distribuídas
 8695 como retalhos ao longo dos mais de 6.800 km da costa brasileira. Ao norte, essas áreas
 8696 podem formar faixas contínuas de até 40 km continente adentro, ao longo de estuários e
 8697 rios, com árvores que alcançam os 40 m de altura e 1 m de diâmetro. Essas faixas são
 8698 favorecidas pela grande amplitude de marés combinadas com altos índices
 8699 pluviométricos, principalmente nos estados do Amapá, Pará e Maranhão. Com a
 8700 diminuição da amplitude de marés e dos níveis de precipitação pluviométrica na direção
 8701 do seu limite austral (28° 56' Sul, Santa Catarina), os manguezais tornam-se mais
 8702 esparsos, ciliares ao interior de baías, estuários, lagunas costeiras e deltas de rios.
 8703 Diversos fatores abióticos são identificados na estruturação dos manguezais, como
 8704 substratos aluvionais, costas de baixa energia de ondas, salinidade e aporte de água
 8705 doce, assim como outros que são pouco estudados e que se relacionam com a razão
 8706 entre precipitação e evapotranspiração potencial (P/ET) (Schaeffer-Novelli; Cintrón,
 8707 1995). A temperatura também é considerada um fator limitante para a extensão dos
 8708 ecossistemas manguezais, que proliferam em regiões com médias superiores a 20 °C.
 8709 Por isso, os seus limites latitudinais são geralmente relacionados à intolerância da
 8710 maioria das espécies a condições frias. Através do equilíbrio térmico, os ecossistemas
 8711 mantêm as suas características, possibilitando o desenvolvimento da vida nas suas mais
 8712 diversas formas.

8713 Estudo publicado pela FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e
 8714 Agricultura), com apoio da ITTO (International Tropical Timber Organization),
 8715 apresenta a situação dos ecossistemas de manguezal no período de 1980 a 2005 em 124
 8716 países e áreas onde ocorrem esse ecossistema. O mesmo reúne as informações mais
 8717 atualizadas sobre os manguezais, importante ferramenta para pesquisadores e
 8718 formuladores de políticas ambientais, além daqueles que admiram sua beleza e
 8719 importância no equilíbrio ecológico do nosso planeta. Estudos pretéritos sobre a
 8720 extensão dos manguezais são resumidos na Tabela 3.7.2.

8721 Tabela 3.7.2 - Publicações sobre a área mundial de manguezais.

REFERÊNCIA	ANO	Nº DE PAÍSES	ÁREA TOTAL ESTIMADA (HA)
FAO e UNEP (1981)	1980	51	15.642.673
Saenger et al. (1983)	1983	65	16.221.000
FAO (1994)	1980-1985	56	16.500.000
Groombridge (1992)	1992	87	19.847.861
Itto e Isme (1993)	1993	54	12.429.115
Fischer e Spalding (1993)	1993	91	19.881.800
Spalding et al. (1997)	1997	112	18.100.077
Aizpuru et al. (2000)	2000	112	17.075.600

8722 1 ha = 0,01 km²; e 1 km² = 100 ha. Adaptado de FAO (2007).

8723 Atualmente, na América do Sul, cerca de dois milhões de hectares são cobertos pelas
 8724 florestas de mangue, com mais da metade desta área localizada em território brasileiro,
 8725 conforme estudo da FAO (2007), observado na Tabela 3.7.3.

8726 Tabela 3.7.3 - Evolução das áreas de manguezais no Brasil, 1980-2005.

Estimativa Confiável mais Recente (ha) para o ano de referência 1991	1980 (ha)	1990 (ha)	Perdas Anuais 1980-1990		2000 (ha)	Perdas Anuais 1990-2000		2005 (ha)	Perdas Anuais 2000- 2005	
			Ha	%		ha	%		ha	%

1.012.376	1.050.000	1.015.000	35.000	3,3	1.000.000	5.000	1,5	1.000.000	0	0
-----------	-----------	-----------	--------	-----	-----------	-------	-----	-----------	---	---

8727 Adaptado de FAO (2007)⁴⁶.
8728

8729 3.7.2. Impacto de mudanças climáticas

8730 O aumento de publicações técnicas abordando a temática de mudanças climáticas
8731 evidencia que cresce a preocupação entre especialistas sobre os impactos dessas
8732 mudanças na cobertura vegetal nativa, solos, recursos hídricos e, sobretudo, no aumento
8733 da emissão de gases de efeito estufa para os ecossistemas em geral. Segundo Pijanowski
8734 et al. (2007) , para se compreender a ação integrada das interações entre o sistema
8735 humano-ambiente e as alterações climáticas é necessária uma avaliação de diversos
8736 fatores dentro do sistema climático, tais como a temperatura, padrões de precipitação, o
8737 impacto sobre o comportamento humano e sistemas socioeconômicos. A perturbação
8738 dos biomas naturais pode acarretar perda de biodiversidade (Wilson, 1989), alterações
8739 climáticas (Gash et al., 1996) e hidrológicas (Bruijnzeel, 1990). Esses estudos
8740 confirmam a necessidade de conhecimento e compreensão das inter-relações das
8741 variáveis na relação causa-efeito das alterações climáticas. Contudo, existe uma falta de
8742 padronização dos procedimentos e métodos para executar estas escalas de forma
8743 operacional. Essa construção requer uma consistente base de dados temporal, composta
8744 por informações orbitais e terrestres (estações de campo).
8745 Devido a forte conexão entre o clima, a cobertura vegetal e as ações antrópicas, não é
8746 possível isolar cada um destes componentes sem considerar o processo de
8747 retroalimentação positivo ou negativo que co-existem entre eles. Por exemplo, o
8748 desmatamento causa a emissão de CO₂ para a atmosfera, que atua diretamente sob o
8749 clima local (aumento de temperatura e diminuição de chuvas) com grandes impactos
8750 para a cobertura vegetal, podendo estas tornarem-se emissoras de gases de efeito estufa
8751 devido ao aumento de mortalidade de árvores e aumento de queimadas descontroladas
8752 de origem antrópica (Davidson et al., 2012, Spracklen et al., 2012). De uma forma geral,
8753 os maiores impactos das mudanças climáticas para os biomas brasileiros, além do
8754 aumento da temperatura, estão relacionados à mudanças na quantidade e distribuição de
8755 chuvas intra e interanual. Enquanto que para os biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga a
8756 previsão é de diminuição de chuvas, para os biomas Mata Atlântica e Pampa espera-se
8757 um aumento na precipitação. De uma forma geral, estima-se que eventos extremos,
8758 como secas e enchentes, devem aumentar em número de ocorrências.
8759 Para o **Bioma Amazônia**, os impactos mais prováveis são em relação ao aumento na
8760 frequência de eventos extremos (chuvas e secas) e o aumento da temperatura. Análises
8761 recentes apontam para uma maior probabilidade de frequências de secas na Amazônia
8762 nos próximos 100 anos, devido à mudanças no clima, desmatamentos e queimadas (Cox
8763 et al., 2008; Harris et al., 2008; Malhi et al., 2008). Além disso, o aquecimento global
8764 pode também aumentar a intensidade de eventos de El Niño (Hansen et al., 2006), que
8765 em 1997/98 resultou em uma redução de chuvas de aproximadamente 50% em relação a
8766 média da série temporal (Uppala et al., 2005), atingindo principalmente a Amazônia
8767 ocidental (Nepstad et al., 1999). As secas podem potencialmente reduzir o estoque de
8768 biomassa acima do solo (Rolim et al., 2005, Phillips et al., 2009, Lewis et al., 2011),
8769 assim como, a longo prazo, alterar a composição e diversidade de espécies (Engelbrecht
8770 et al., 2007, Nepstad et al., 2007, Fonty et al., 2009, Phillips et al., 2010, Ter Steege et
8771 al., 2003, Butt et al., 2008). Espera-se que a resposta a eventos de secas entre
8772 ecossistemas na Amazônia ocorram de forma dissimilar, dada a grande diversidade de

⁴⁶ Publicada pelo estudo The World's Mangroves 1980-2005, FAO Forestry paper 153. NÃO DEVERIA ESTAR NAS REFRÊNCIAS???

8773 tipos e composição de solos e vegetação (Sombroek, 1966). Entre 1960 e 1998, a
 8774 variabilidade de temperatura em regiões tropicais foi maior que qualquer tendência
 8775 prevista (Malhi e Wright, 2004). Segundo estes autores, a variação na temperatura exibe
 8776 uma forte correlação com eventos de ENSO, sendo que temperaturas durante El Niño
 8777 são cerca de 1 °C mais altas que temperaturas durante eventos de La Niña. Malhi e
 8778 Wright (2004) também estimaram uma tendência significativa de aumento de
 8779 temperatura de 0.08 ± 0.03 °C por década, ou seja, um aumento líquido de 0.31°C entre
 8780 1960 e 1998 para a região de florestas tropicais. Particularmente para a Amazônia, estes
 8781 pesquisadores estimaram um aumento de cerca de 0.25°C por década. Sem levar em
 8782 consideração os efeitos do ENSO na mudança de temperatura da Amazônia, uma
 8783 pesquisa realizada com base em dados de campo apontou um aumento de 0.57°C entre
 8784 1913 e 1995 (Victoria et al., 1998). Portanto, as combinações dos efeitos de diminuição
 8785 de chuvas, aumento de secas extremas e aumento de temperatura têm um potencial de
 8786 aumentar as emissões de gases de efeito estufa, que pode ainda ser amplificados se
 8787 forem incluídos os efeitos de queimadas, posto que estas são favorecidas por tais
 8788 mudanças climatológicas. Outros fatores associados com a perda de florestas são
 8789 aumento de insolação e diminuição de nuvens, aumento na refletância de superfície,
 8790 aumento do albedo, alteração nos aerossóis, alteração na rugosidade da superfície,
 8791 alterando a velocidade e padrão de ventos (Andreae et al., 2004). Estes processos têm a
 8792 potencialidade de influenciar padrões locais e globais de circulação atmosférica, com
 8793 implicações para ciclos biogeoquímicos.

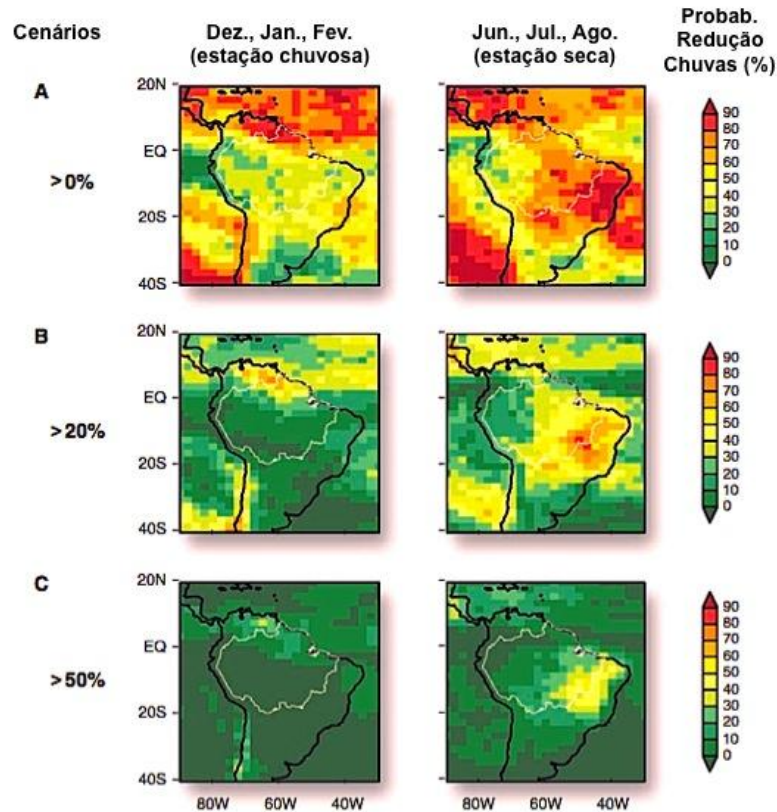
8794 No **Bioma Cerrado**, ainda são poucos os estudos que avaliam os cenários de mudanças
 8795 climáticas, acompanhadas dos respectivos impactos sobre a biodiversidade, recursos
 8796 hídricos e emissão de gases de efeito estufa. No entanto, algumas pesquisas já indicam
 8797 uma tendência de alteração na temperatura, nos regimes de precipitação, e no próprio
 8798 equilíbrio biogeoquímico entre o Cerrado e a Amazônia, descritas nos parágrafos
 8799 seguintes.

8800 Em um dos cenários publicados no relatório do IPCC (2007), descreve-se um aumento
 8801 na temperatura de, aproximadamente, 3 °C na Amazônia, seguido por uma redução na
 8802 precipitação em torno de 20% na região de fronteira entre a Amazônia e o Cerrado.
 8803 Somada a estas mudanças na atmosfera regional e global, as mudanças climáticas
 8804 podem ser causadas também pelos impactos do desmatamento sobre a interação
 8805 vegetação-atmosfera (Malhado et al., 2010). Estes processos podem agir mutuamente,
 8806 de forma a induzir uma mudança mais rápida neste sistema (Costa e Foley, 2000). Em
 8807 pesquisa realizada na bacia hidrográfica do Araguaia-Tocantins, Coe et al. (2011)
 8808 demonstram que a redução na cobertura vegetal nativa tem influenciado na redução da
 8809 evapotranspiração, causando um aumento na descarga hídrica dos rios, o que pode vir a
 8810 causar uma redução das chuvas naquela bacias ou em outras bacias vizinhas (ex.: bacia
 8811 Amazônica).

8812 Mudanças no clima do bioma Cerrado, em função do aumento da emissão de gases de
 8813 efeito estufa e/ou desmatamentos, podem induzir ao que os ambientalistas denominam
 8814 de “tipping point” (Lenton et al., 2008; Nobre e Borma, 2009; Nepstad et al, 2008), ou
 8815 seja, ultrapassar um limiar crítico, no qual uma perturbação relativamente pequena pode
 8816 alterar qualitativamente o estado ou o desenvolvimento de um sistema, e deflagrar uma
 8817 redução das chuvas e um prolongamento da estação seca. Tal fenômeno pode ser a
 8818 causa para o processo de “savanização” da floresta amazônica, já desencadeado nas
 8819 áreas de fronteira entre a Amazônia e o Cerrado (no chamado Arco do
 8820 Desflorestamento), conforme explicitam Costa e Pires (2009) e Malhado et al. (2010).
 8821 Malhi et al. (2009), por meio de modelos ecofisiológicos (i.e., que indicam a demanda
 8822 de precipitação para os biomas), acoplados à modelos climáticos globais, demonstraram

8823 a possibilidade de se representar as áreas mais críticas e suscetíveis a ultrapassarem este
8824 limite ecológico. Este limiar, conseqüentemente, indica o alcance potencial das
8825 mudanças climáticas (induzidas pelo ser humano) para as áreas de transição entre o
8826 ecossistema Amazônico (Malhado et al., 2010) e o Cerrado, baseados em medições de
8827 precipitação anual e no valor mais negativo do Déficit Hídrico Climatológico Máximo
8828 (DHCM). Enquanto que na região do Cerrado o DHCM se mantém entre -800 e -300
8829 mm (com precipitação anual <1500 mm), nas áreas de floresta tropical o DHCM varia
8830 de -300 a 0 mm (com precipitação anual >1500 mm). Com as mudanças climáticas em
8831 curso, há uma tendência de que estes valores de DHCM (que mantém as características
8832 fisionômicas da savana, por exemplo) venham a ocorrer cada vez mais ao norte do país,
8833 “adentrando” em áreas de floresta perenes e estacionais.

8834 Com base numa modelagem climática realizada por Malhi et al. (2008), a região do
8835 Cerrado é evidenciada em três cenários que apontam uma probabilidade de redução de
8836 chuvas maior que 50% no período da seca, ainda neste século (Figura 3.7.18). As
8837 implicações de tais cenários não são boas para este bioma (e ecossistemas limítrofes),
8838 pois o mesmo poderá passar à condição de emissor de CO₂ durante uma severa seca
8839 (Phillips et al., 2009), absorvendo uma quantidade menor deste gás do que de fato
8840 poderia em condições normais (Scurlock e Hall, 1998). Outra consequência seria um
8841 aumento considerável na ocorrência de incêndios em áreas de Cerrado, devido a uma
8842 biomassa aérea mais seca ao longo do ano (com maior acúmulo de serapilheira),
8843 implicando na perda de biodiversidade e maior poluição atmosférica (Bowman et al.,
8844 2009), além de impactos na composição e estrutura da vegetação, dada a maior
8845 sensibilidade de várias espécies ao fogo. Por fim, teria-se um grande impacto na
8846 produção agropecuária da região, devido à redução de chuvas e variação da temperatura
8847 (IPCC, 2007; Nobre et al., 2005). Várias *commodities* agrícolas, que hoje representam
8848 um importante pilar na economia brasileira, poderão sofrer uma queda expressiva de
8849 produtividade, mesmo com o avanço de cultivares adaptados à seca (Assad e Silveira
8850 Pinto, 2008; Assad et al., 2004). Da mesma forma, a produção de carne bovina também
8851 seria afetada neste cenário, já que grandes áreas de pastagem (sobretudo de pasto
8852 nativo) teriam sua produtividade reduzida durante uma condição de seca mais severa.
8853 Outras projeções para a América do Sul, realizadas por Marengo et al. (2009) com base
8854 no cenário A2 do IPCC (IPCC, 2000), indicam uma possibilidade de mudanças na
8855 temperatura e precipitação para a região de Cerrado por volta do ano 2100. Este cenário
8856 considerou uma concentração de gases de efeito estufa na atmosfera a partir de um
8857 crescimento significativo da populacional mundial (cerca de 15 bilhões de pessoas em
8858 2100, contra os atuais 7 bilhões), além de um desenvolvimento mais lento quanto ao uso
8859 de fontes alternativas de energia. As previsões mais severas indicam uma mudança de
8860 temperatura em cerca de 4 °C, exceto para as áreas de transição com a Amazônia
8861 (estados de Tocantins e Maranhão), cujo aumento poderá ser de 6 °C. Em relação à
8862 precipitação, os piores cenários indicam uma redução de 20 a 50% dos valores atuais de
8863 precipitação nas regiões central e sul do Cerrado, com redução de 70% no nordeste do
8864 bioma. No cenário menos severo, é esperada uma redução de 30% nas regiões central e
8865 sul do Cerrado, e de 50% na porção nordeste do bioma.



8866
8867
8868
8869
8870
8871
8872
8873
8874
8875
8876
8877
8878
8879
8880
8881
8882
8883
8884
8885
8886
8887
8888
8889
8890
8891
8892
8893

Figura 3.7.18 - Probabilidade de redução das chuvas para a América do Sul (em especial para os biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga), baseada em séries climáticas de 1980 a 1999, e em modelos climáticos para 2080 a 2099. A análise se divide em três cenários: A) probabilidade de mudança >0%; B) probabilidade >20%; e C) probabilidade >50%. Adaptada de Malhi et al. (2008).

Mudanças na distribuição de chuvas ao longo do ano também são esperadas para o bioma Cerrado (Marengo et al., 2010). No norte-nordeste do Cerrado é previsto um aumento de 20 a 30 dias na duração da estação seca (número máximo de dias consecutivos sem chuva). Da mesma forma, uma diminuição no número de dias de chuvas por ano é esperado para o Tocantins, norte de Goiás, nordeste do Mato Grosso e na região central de Minas Gerais, com um aumento na intensidade de chuvas (tempestades) no centro-sul deste bioma.

Tais cenários de mudanças no regime de chuvas também são confirmados por Costa et al. (2003) e Costa e Pires (2010) na escala de bacias hidrográficas (bacia Araguaia-Tocantins), devido às mudanças no uso do solo ocorridas nas últimas décadas no Cerrado e na fronteira com a Amazônia (Arco do Desflorestamento), marcadas pela substituição da vegetação nativa por culturas de grãos e pastagem.

No **Bioma Pantanal**, com a contínua conversão da vegetação natural (*business as usual*), os eventos chuvosos mais intensos aumentam as taxas de erosão no Planalto (Favis-Mortlocka e Guerra, 1999; Wagener e Franks 2005) e resultam em perda de produtividade agrícola (Pimentel et al., 1995). Provocam também assoreamento, às vezes catastrófico, como já aconteceu na bacia do rio Taquari (Querner et al. 2005). Chuvas mais intensas aumentam também os riscos e custos operacionais de centrais hidrelétricas, provocando um assoreamento mais rápido, especialmente considerando a conversão da vegetação natural em pastagens e lavouras, como já é caso no aproveitamento Itiquira (Carvalho et al., 2000).

Em Cuiabá e Campo Grande, durante o período de intensas chuvas, as redes pluviais transbordam com frequência (Diniz et al., 2008; Gutierrez et al., 2011). Durante a seca,

8894 que se estende de maio a outubro, a morbidade respiratória é elevada devido à quantidade
8895 de partículas no ar (Botelho et al., 2003).

8896 Neste sentido, uma possível mudança climática irá interferir diretamente na região, onde
8897 se prevê chuvas mais intensas e período de secas prolongadas, aumentando tanto os
8898 problemas com inundações urbanas (Diniz et al., 2008; Gutierrez et al., 2011) quanto a
8899 morbidade respiratória (Botelho et al., 2003), em especial nas capitais Cuiabá e Campo
8900 Grande. Outras atividades antrópicas também podem afetar o clima no Pantanal.

8901 Destaca-se a conversão da vegetação nativa em pastagem e culturas anuais, causando
8902 alterações em variáveis biofísicas como o albedo da superfície e a evapotranspiração. O
8903 desmatamento e assoreamento das nascentes, córregos e rios (com uma possível
8904 diminuição do fluxo de água dos mesmos), bem como a degradação dos solos, podem
8905 diminuir o fluxo de água para a atmosfera, via evaporação.

8906 **O Bioma Caatinga** é dotado de diversos recursos renováveis. No entanto, fenômenos
8907 naturais – tais como as alterações climáticas e sua variabilidade, e fatores humanos,
8908 como a degradação ambiental – cada vez mais ameaçam a sustentabilidade dos recursos
8909 naturais dessa região e, portanto, a própria sobrevivência humana. Devido à sua
8910 extensão, esta região é considerada uma das maiores áreas do mundo susceptível ao
8911 processo de desertificação (PAN-Brasil, 2005). A elevada variabilidade temporal e
8912 espacial da precipitação também tem repetidamente levado a eventos climáticos
8913 extremos (secas e inundações), afetando o ecossistema e representando um risco
8914 contínuo para as pessoas e os seus meios de subsistência na região semiárida.

8915 O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e muitas outras
8916 avaliações recentes têm mostrado que a região da caatinga é uma das mais vulneráveis
8917 aos impactos negativos de qualquer variabilidade e mudanças climáticas presentes e
8918 futuras. Por exemplo, as projeções climáticas ilustradas na Figura 3.7.18 (referente ao
8919 bioma Cerrado), com base numa modelagem climática realizada por Malhi et al. (2008),
8920 colocam ainda mais pressão sobre a disponibilidade de água também para a Caatinga,
8921 uma vez que estes apontam a probabilidade de redução das chuvas ainda neste século
8922 (com base em séries climáticas de 1980 a 1999, e estimativas para 2080 a 2099). O
8923 primeiro cenário considerou qualquer declínio na precipitação (probabilidade de
8924 mudança > 0%); o segundo considerou um declínio substancial (probabilidade de
8925 mudança > 20%); e o terceiro considerou um declínio severo (probabilidade de
8926 mudança > 50%). Dentre as análises realizadas, foi observado que apenas a região da
8927 Caatinga surge nos três cenários com probabilidade maior que 60% de ter o regime de
8928 chuvas alterado, sobretudo no período de seca.

8929 Barbosa (1998) e Barbosa et al. (2006) demonstraram a diminuição absoluta de
8930 cobertura vegetal no período 1991-1999, devido, sobretudo, às secas meteorológicas,
8931 sob o impacto da variabilidade térmica do fenômeno El Niño. Os processos de
8932 degradação ambiental e desertificação, por sua vez, têm desdobramentos na
8933 agropecuária, haja vista que a transformação da paisagem, tanto de ordem natural
8934 quanto de ordem socioeconômica, acaba por atingir de maneira direta ou indireta
8935 pequenos produtores rurais. A degradação ocorre, principalmente, devido à adoção de
8936 práticas antigas de agricultura de subsistência e manejo de pastos (Sá et al., 1994). As
8937 práticas agrícolas de desmatamentos e queima da cobertura vegetal, além de retirar os
8938 nutrientes do solo, deixam expostos aos agentes erosivos, principalmente os hídricos e
8939 eólicos.

8940 O aumento da variabilidade climática e/ou diminuição da precipitação pluviométrica
8941 poderá afetar as áreas de Caatinga e as atividades agropecuárias. Disto decorre maior
8942 exposição às ações dos agentes do intemperismo, especialmente o físico, e erosão, que
8943 dificultam a permanência da vegetação. Consequentemente, nos períodos prolongados

8944 de seca, o fenômeno da desertificação se potencializa (PAN-Brasil, 2005).
 8945 Superficialmente, os solos são recobertos por pedregulhos e cascalhos, e apresentam
 8946 erosão acelerada, ocupado com a criação extensiva de caprinos e bovinos. Este contexto
 8947 regional resulta na forte vulnerabilidade à degradação ambiental, na qual o uso e manejo
 8948 da terra e as tradicionais práticas agrícolas estão elaborando uma paisagem de
 8949 desertificação.

8950 Os efeitos previstos da diminuição de chuvas também impactarão a produção agrícola,
 8951 já que nos anos de seca a produção agrícola é reduzida. Variações da oferta hídrica
 8952 acarretam na perda de safra. E o peso da agricultura de subsistência explica, por sua vez,
 8953 as consequências sociais das estiagens periódicas (Sáet al., 1994). O desenvolvimento
 8954 da economia semi-árida nordestina, por seu lado, encontra um obstáculo na agricultura
 8955 de subsistência, cujos rendimentos, sendo mais baixos que os da agricultura da zona da
 8956 mata nordestina, fazem com que os preços relativos dos alimentos tendam a se elevar
 8957 mais no semi-árido (Dubeux Jr. et al., 2005). Dada a baixa intensidade em trabalho da
 8958 agricultura de subsistência, não há a formação dos condicionantes para uma fonte local
 8959 de demanda, o que resulta na fragilidade da economia do semi-árido ao impacto das
 8960 secas. Não obstante a tais dificuldades, os açudes do semi-árido não conseguem
 8961 disponibilizar, em média, mais do que 25% da água que armazenam (Brasil, 2006).
 8962 Os processos hidrológicos na região da Caatinga também são influenciados pelas
 8963 mudanças na cobertura vegetal nativa. Tais mudanças quase sempre se iniciam com o
 8964 desmatamento e com a substituição da vegetação nativa por outra cultivada e de porte
 8965 e/ou ciclo de vida diferente. A vegetação arbustiva e arbórea da caatinga, predominante
 8966 no semi-árido, é substituída por pastos herbáceos ou culturas de ciclo curto. O
 8967 descobrimento do solo favorece o processo de erosão; o cultivo permanente, com a
 8968 retirada de produtos agrícolas e sem reposição dos nutrientes, leva à perda da fertilidade
 8969 (Perez-Marin et al., 2006). Isso tem provocado, ao longo dos anos, redução da área
 8970 agricultável, baixo rendimento das culturas e assoreamento de rios e reservatórios, com
 8971 graves prejuízos à produtividade do solo, à integridade do meio-ambiente e à
 8972 rentabilidade do agricultor.

8973 A manutenção de um reduzido ativo ambiental é uma das condições básicas para a
 8974 manutenção dos regimes climáticos, ciclos hidrológicos e mitigação de efeitos de
 8975 poluição do ar e das águas na região da *Mata Atlântica* (Ribeiro et al. 2009).
 8976 Atualmente, além dos desmatamentos, os principais impactos neste bioma são a alta
 8977 concentração populacional (70% da população brasileira), em geral residente em áreas
 8978 urbanas (Tabarelli et al., 2010), e a emissão de gases de efeito estufa, oriundas do alto
 8979 grau de desenvolvimento tecnológico e da produção industrial, com a queima de
 8980 combustíveis fósseis (em especial por veículos automotivos). Somado a estas questões,
 8981 a expansão da fronteira agrícola, em especial a da cana-de-açúcar, é bastante
 8982 preocupante, uma vez que 50% desta cultura é anualmente manejada com auxílio da
 8983 queima dos canaviais que precedem ao corte (Rudorff e Sagawara, 2007; Nassar et al.,
 8984 2008; Fargione et al., 2010; Lapola et al., 2010), podendo haver queima não-intensional
 8985 de áreas de florestas no entorno das plantações.

8986 A região dos Campos Sulinos (que envolve tanto o bioma Pampa quanto os campos do
 8987 bioma Mata Atlântica) apresenta poucos estudos avaliando os impactos das mudanças
 8988 do clima. Especificamente para a região do *Bioma Pampa*, que está localizado na
 8989 porção norte de uma das mais importantes regiões de campos temperados do mundo, os
 8990 Campos do Rio da Prata, os poucos estudos publicados com foco no entendimento das
 8991 mudanças climáticas foram realizados mais ao sul dessa formação, onde o clima é
 8992 diferente do que ocorre na porção brasileira, que está sob influência do clima
 8993 subtropical. As projeções nos padrões de mudança da precipitação pluvial nos relatórios

8994 do IPCC (2007) indicam um aumento na quantidade de precipitação para essa região,
 8995 bem como um aumento da temperatura. Sabe-se que o clima e, principalmente, a
 8996 temperatura do ar e precipitação pluvial na região sul do Brasil são fortemente
 8997 influenciados pelo fenômeno ENOS. Na região dos Campos Sulinos ocorrem, com
 8998 frequência, eventos de seca durante o verão, associados a fase de La Niña, e na fase de
 8999 El Niño observa-se uma intensificação da ocorrência de eventos extremos de
 9000 precipitação pluvial, associados aos complexos convectivos de mesoescala (Rebiota et
 9001 al., 2006), bem como aumentos nos totais de precipitação pluvial acumulada (Puchalski
 9002 et al., 2001). Em um contexto de mudanças ambientais globais, espera-se que ocorra
 9003 uma intensificação desses eventos (i.e., La Niña), semelhantes aos que ocorrem quando
 9004 a região está sob influência das diferentes fases do fenômeno ENOS, causando impactos
 9005 semelhantes aos atualmente observados sobre a vegetação, solos e recursos hídricos, os
 9006 quais estão parcialmente monitorados e documentados.
 9007 A temperatura média do ar, a precipitação pluvial e a radiação solar incidente são os
 9008 fatores que definem o crescimento e a produção de biomassa vegetal para essas
 9009 formações vegetais (Mota et al., 1981). Machado (1999), ao analisar a vegetação
 9010 campestre natural do Rio Grande do Sul, destacou que na estação quente do ano, a
 9011 produção de biomassa é maior, sendo diretamente influenciada pela precipitação pluvial
 9012 acumulada. Na estação fria, as baixas temperaturas e a ocorrência de geadas reduzem o
 9013 crescimento da vegetação, bem como o acúmulo de biomassa. Fonseca et al. (2006)
 9014 sugerem a dependência de alocação de biomassa aérea da vegetação campestre natural
 9015 do bioma Pampa com o tipo de solo e com a disponibilidade de nutrientes e água, sendo
 9016 diferenciada de acordo com as épocas do ano. Existem estudos demonstrando que em
 9017 solos sob vegetação natural do bioma Pampa, o balanço entre as adições e perdas de
 9018 carbono orgânico leva a um estado de equilíbrio dinâmico, no qual praticamente não
 9019 existe variação com o tempo (Bayer & Mielniczuck, 1999). Dessa forma, entende-se
 9020 que o atual manejo das áreas de vegetação campestre natural, que inclui o pastoreio com
 9021 animais (bovinos e ovinos) feito de forma extensiva, como forma de exploração
 9022 econômica, é sustentável e evita os possíveis impactos decorrentes de um contexto de
 9023 mudanças ambientais globais, uma vez que o balanço entre as adições e perdas de
 9024 carbono está estabilizado.

9025

9026 **3.7.3. Estoques de Carbono e Fluxos de CO₂, e outros gases de efeito estufa**

9027 Mais de 50% das emissões de Gases de Efeito Estufa emitidos pelo Brasil são devido a
 9028 alterações na cobertura e uso da terra. Uma avaliação recente realizada para o Brasil, no
 9029 período entre 2000 e 2005, mostrou que a conversão de florestas e outras formações
 9030 vegetais primárias foram responsáveis por 93,7% e 94% das emissões brutas de CO₂ em
 9031 2000 e 2005, respectivamente, enquanto que emissões dos solos representaram apenas
 9032 6,3% e 6%, respectivamente. Em termos de emissões líquidas (excluindo a remoção de
 9033 CO₂), estima-se que foram liberados para a atmosfera cerca de 0,85 Pg CO₂ e 0,86 Pg
 9034 CO₂ em 2000 e 2005, respectivamente (Cerri et al., 2009).
 9035 Estima-se que o estoque de carbono alocado na vegetação brasileira nativa é de 115,7 ±
 9036 33,8 Pg de carbono, dentro os quais 68,4 Pg C são reportados para o Bioma Amazônia,
 9037 21,3 Pg C para o Cerrado, 17,6 Pg C para a Mata Atlântica, 6,5 Pg C para a Caatinga,
 9038 0,65 Pg C para o Pantanal, 1,3 Pg C para o Pampa (Leite et al., 2012) e cerca de 0,76 a
 9039 1,9 Pg C nos Manguezais, considerando-se o valor de estoque médio de 76 t C ha⁻¹ e
 9040 uma área total desta formação vegetal entre 10,000 a 25,000 km². As emissões líquidas
 9041 devido a mudança na cobertura da vegetação natural no Brasil até a década de 1940 é de
 9042 aproximadamente 3,8 ± 2,1 Pg C, enquanto que para o período de 1940 a 1995, somam

9043 17,2 ± 9,0 Pg C, sendo 43% devido a conversões na Mata Atlântica, 28% oriundos do
 9044 Cerrado e 25% da Amazônia (Leite et al., 2012). Um sumário com dados da literatura é
 9045 apresentado na Tabela 3.7.4 e na Figura 3.7.19.

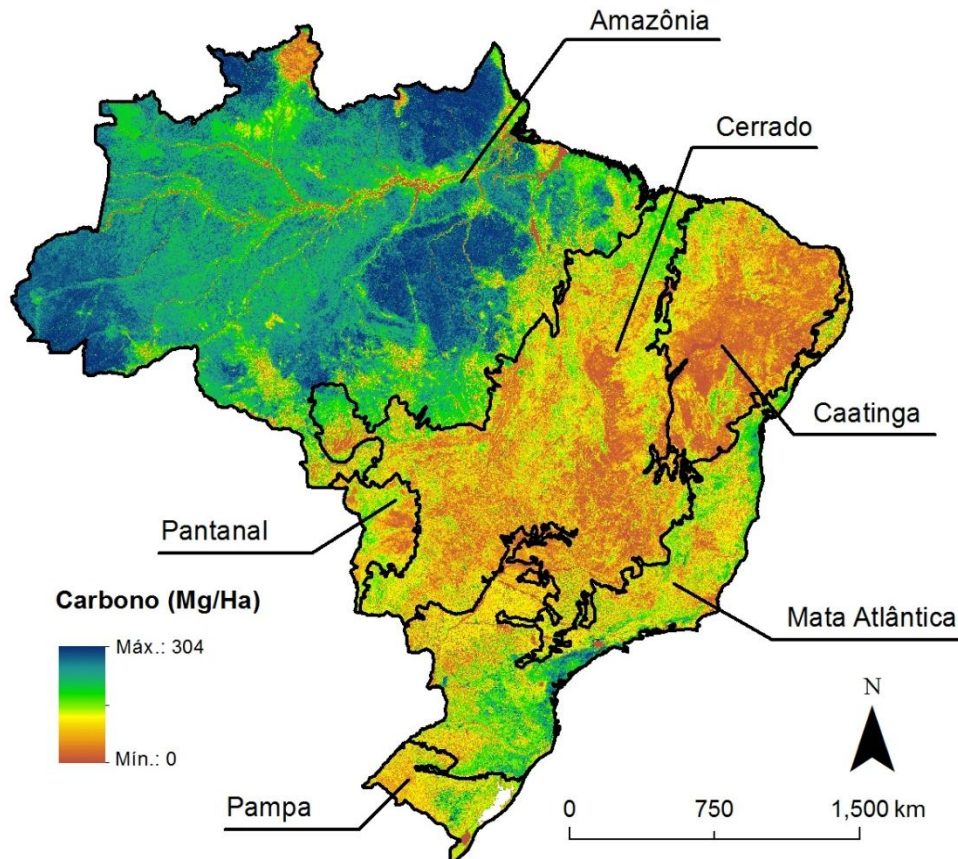
9046 Tabela 3.7.4 - Estoque e emissão de CO₂ por biomas devido a alterações na cobertura da terra.

Biomias	Área Original (ha)*	Estoque de C no bioma original (Pg C) ***	% do bioma alterado entre 1994 e 2002*	Emissão líquida (Pg CO ₂) entre 1940 e 1995**	Emissão líquida (Pg CO ₂) entre 1994 e 2002*	Emissão líquida (Pg CO ₂) total do bioma entre 1940 e 2002
Amazonia	419.763.073	68,4	19,2	15,76±6,9	6,8	22,56±6,9
Cerrado	203.953.330	21,3	12,9	17,96±9,9	2,4	20,36±9,9
Pantanal	15.131.022	0,65	7	0,88±0,47	0,12	1±0,47
Caatinga	82.789.139	6,5	9,7	0,77±0,44	0,30	1,07±0,44
Mata Atlântica	111.789.930	17,6	41	27,13 ±15	0,63	27,76±15
Pampa	16.571.297	1,3	1,8%	0,44±0,25	-0,0016	0,438±0,25

9047 Fonte: *MCT, 2010; **Intervalo de confiança de 90%, Leite et al. (2012).

9048

9049



9050

9051 Figura 3.7.19 - Estoques de carbono nos biomas Brasileiros, ano 2000. Adaptado de Saatchi et al. (2011).

9052 Os estoques de carbono no Bioma Amazônia apresentam uma grande variação espacial.
 9053 Existem diversas evidências que a floresta primária Amazônica funciona como um
 9054 reservatório e sumidouro de carbono, e poderia, em parte, auxiliar a diminuição do
 9055 dióxido de carbono de origem antropogênica na atmosfera. A Amazônia estoca 120 ± 30
 9056 Pg C em biomassa (Malhi et al., 2006, Saatchi et al., 2007, Saatchi et al., 2010). Uma
 9057 comparação de estimativas de biomassa (incluindo biomassa morta, biomassa viva

9058 acima e abaixo do solo) para a Amazônia Brasileira aponta para uma variação entre 39 a
 9059 93 Pg C (Houghton et al., 2001). O padrão espacial da biomassa na Amazônia varia
 9060 entre 300 Mg ha⁻¹ na região central e nordeste a 100-200 Mg ha⁻¹ nas florestas
 9061 transicionais e nos limites ao sul da floresta (Saatchi et al., 2007). Estima-se que os
 9062 solos Amazônicos estocam cerca de 66,9 Pg C e 6,9 Pg N na camada de até 1 metro de
 9063 profundidade (Batjes e Dijkshoorn, 1999) e quantidades iguais ou superiores no solo.
 9064 Dados apontam para um crescimento maior e mais rápido de biomassa, provavelmente
 9065 devido à “fertilização” por CO₂ atmosférico e aumento nos depósitos de nitrogênio
 9066 (Grace et al., 1994, Phillips et al., 2002). Estudos micro-meteorológicos em florestas
 9067 intactas na parte sul e central da Amazônia sugerem que estas florestas absorvem cerca
 9068 de 1,0 e 5,8 toneladas de carbono por hectare por ano, respectivamente (Grace et al.,
 9069 1994, Malhi et al., 1999), e dados mais recentes sugerem valores mais baixos, de cerca
 9070 de ~ 0,70 toneladas por hectare por ano (Wright et al., 2005, Phillips et al., 2009). Entre
 9071 1988 a 2011, cerca de 392,200 km² foram desmatados somente na Amazônia Brasileira
 9072 (PRODES/INPE), que corresponde a cerca de 18% da cobertura de floresta original.
 9073 Entre 1940 e 1995, estima-se as emissões por desmatamentos na Amazônia em 15,76 ±
 9074 6,9 CO₂eq (Leite et al., 2012); para o período de 1994 a 2002, as emissões líquidas são
 9075 estimadas em 6,8 Pg CO₂eq (MCT, 2010) e, finalmente, para o período entre 2000 e
 9076 2009, 0,87±0,18 Pg CO₂eq por ano, totalizando para estes últimos 10 anos 8,7±1,8 Pg
 9077 CO₂eq (Aguiar et al., 2012).

9078 No **Cerrado**, de acordo com o Inventário de Emissões e Reduções de Gases de Efeito
 9079 Estufa Brasileiro (MMA, 2010), do total de emissões de CO₂ decorrentes de
 9080 desmatamentos e queimadas no Brasil (76,3%), 24,1% partiram deste bioma no ano de
 9081 2005. Considerando apenas o período de 2002 a 2008, a emissão média anual no
 9082 Cerrado ficou em torno de 64 milhões de toneladas de Carbono(o equivalente a 235
 9083 milhões de toneladas de CO₂), aproximando-se da emissão estimada para a Amazônia
 9084 em 2009 (253 milhões de toneladas de CO₂) (MMA, 2010). Até o ano de 2002, o
 9085 Cerrado já havia perdido cerca de 40% de sua cobertura vegetal nativa (Sano et al.,
 9086 2008), ou aproximadamente 800 mil km². Atualmente, a taxa de desmatamento é de
 9087 aproximadamente 0,4% ano⁻¹ (Rocha et al., 2011; Ferreira et al., 2012).

9088 Conforme dados da Tabela 3.40, entre 1940 e 1994, estima-se que as emissões por
 9089 desmatamentos no Cerrado foram de 17,96 ±9,9 Pg CO₂eq (Leite et al., 2012); para o
 9090 período de 1994 a 2002, as emissões líquidas são estimadas em 2,4 Pg CO₂eq (MCT,
 9091 2010), totalizando 20,36 ±9,9 Pg CO₂eq para o período de 1940 a 2002.

9092 De acordo com o inventário de gases de efeito-estufa do Ministério do Meio Ambiente
 9093 (MMA, 2010b), entre 2002 e 2008, a emissão de carbono no Cerrado, devido às práticas
 9094 de desmatamentos e queimadas, foi de 0,06 Pg C ano⁻¹ (o equivalente a 64 milhões de
 9095 toneladas de carbono emitidos para a atmosfera em menos de uma década, que
 9096 poderiam ser evitados, ao menos em parte, com ações eficazes em prol da manutenção
 9097 da cobertura vegetal nativa).

9098 Em relação ao sequestro natural de dióxido de carbono (CO₂) no Cerrado, este é de
 9099 aproximadamente 2 ton ha⁻¹ano⁻¹ ou 200 ton. km²ano⁻¹ (Sawyer, 2009). Os estoques de
 9100 carbono no solo, sob diferentes coberturas vegetais e uso da terra (no caso, pastagens
 9101 cultivadas), para até 1m de profundidade, variam de 99 até 209 Mg C ha⁻¹ (Bustamante
 9102 et al., 2006). Para Abdala (1993), considerando a cobertura vegetal e o primeiro metro
 9103 de solo, o estoque total é de 265 Mg C ha⁻¹, sendo que 70% deste valor faz parte da
 9104 matéria orgânica do solo (i.e., 185 Mg C ha⁻¹). Já próximo à superfície do solo, com
 9105 profundidade entre 0 – 20cm, os estoques de carbono são de aproximadamente 45 Mg C
 9106 ha⁻¹, devido à remoção da vegetação nativa e por sua posterior utilização (Bustamante et
 9107 al., 2006). Ambos os resultados enfatizam o solo como um importante reservatório de

9108 carbono nos ecossistemas de savana, com vários estudos demonstrando este potencial
 9109 de absorção do carbono subterrâneo em área de Cerrado nativo (Cerrado típico,
 9110 Cerradão e Mata ciliar), o qual cresce significativamente com o aumento da
 9111 profundidade, chegando a duplicar a absorção em profundidades próximas a 2 metros
 9112 (Bayer et al., 2006; Zinn et al., 2002; Lilienfein et al., 2001).
 9113 Em comparação com os demais biomas (Tabela 3.40), o estoque de carbono aéreo no
 9114 Cerrado é inferior apenas ao da Amazônia (cerca de 2 vezes menor), sendo 32 vezes
 9115 maior que o estoque no Pantanal, cuja vegetação apresenta menor biomassa (Leite et al.,
 9116 2012).
 9117 Por fim, e não menos importante, a emissão de gás metano (CH₄) também é apontada
 9118 como um fator para as mudanças climáticas, e um sério problema no setor agropecuário
 9119 (pecuária, cultivo de arroz, queima de resíduos agrícolas), no qual o bioma Cerrado
 9120 participa em 70,5% da emissão desse gás no país (MCT, 2010). Essa informação serve,
 9121 portanto, como um alerta, visto que a região concentra os maiores produtores de gado
 9122 (leite/corte) do país, com um setor ainda em expansão.
 9123 Sobre o fluxo decarbono em *Manguezais*, o projeto CARBOPARA, desenvolvido no
 9124 contexto do Experimento de Larga Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia (LBA) -
 9125 em sítio experimental no município de Bragança, Pará - constatou o intenso fluxo deste
 9126 gás em diferentes períodos do dia, conforme destaca a Tabela 3.7.5 (Oliveira et al.,
 9127 2004). Os instrumentos foram instalados em área de floresta (dóssel com até 25 metros
 9128 de altura), com uma torre de 27 metros de altura, para a captação de dados
 9129 micrometeorológicos.
 9130 Tabela 3.7.5. Fluxo total de Carbono em área de Manguezal*. Adaptada de Oliveira et al. (2004).

Total (kg C ha ⁻¹ dia ⁻¹)			
Períodos	Diurno 06:00 – 18:30	Noturno 19:00 – 05:30	24 horas 18:30 – 19:00
Chuvoso	-30,54	15,97	-14,57
Seco	-26,71	18,88	-7,82
Diferença	3,83	2,91	6,75
Diferença (%)	-12,55	18,24	-46,30

9131 * Dados obtidos nos meses de janeiro de 2001 e novembro de 2002, correspondendo ao período chuvoso
 9132 e seco na região, respectivamente.

9133 Cogliatti-Carvalho e Mattos-Fonseca (2004) indicam que a quantidade de carbono
 9134 armazenado no manguezal da laguna de Itaipu (Niterói, RJ), ainda que com um balanço
 9135 positivo (76,09 t C ha⁻¹), é menor do que a encontrada por Rezende et al. (2001) para
 9136 áreas de floresta de terra firme (111,65 t C ha⁻¹) e de floresta alagável (98,58 t C ha⁻¹),
 9137 embora nestes dois últimos valores estejam incluídos também o carbono estocado nas
 9138 raízes. Entretanto, o estoque de carbono no mangue de Itaipu é maior do que o
 9139 encontrado por aqueles mesmos autores para o Cerrado (31,46 t C ha⁻¹) e para campos
 9140 de várzea (6,84 t C ha⁻¹).

9141

9142 3.7.4. Medidas e Políticas de Mitigação

9143 Nos últimos cinco anos, diversos estados do Brasil se dotaram de órgãos específicos
 9144 para tratar das questões de mudanças climáticas. Em 2007, o governo federal
 9145 estabeleceu um comitê Interministerial para Mudanças Climáticas, e 19 dos 27 estados
 9146 também organizaram secretarias, comitês ou fóruns de discussão para articular e discutir
 9147 ações em esferas não federais. São listados em seguida os estados e suas iniciativas:

9148 I- Acre: Instituto de Mudanças Climáticas e Regulação de Serviços Ambientais;

- 9149 2- *Amazonas*: Centro Estadual de Mudanças Climáticas (Ceclima),foi criado em
9150 2008, por meio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento
9151 Sustentável (SDS), para a implementação da Lei 3.135, de 05 de junho de 2007 -
9152 Política Estadual de Mudanças Climáticas do Estado do Amazonas;
- 9153 3-*Bahia*: Fórum Baiano de Mudanças Climáticas Globais e Biodiversidade da
9154 Secretaria Estadual do Meio Ambiente (Sema);
- 9155 4- *Espirito-Santo*: Fórum Capixaba de Mudanças Climáticas;
- 9156 5-*Maranhão*: Fórum Maranhense de MudançasClimáticas (Decreto N° 22.735 de 29
9157 de novembro de 2006);
- 9158 6- *Mato Grosso*: Fórum Mato-grossense de Mudanças Climáticas (FMMC) - [Lei nº](#)
9159 [9.111 de 15 de abrilde 2009](#), o Fórum está vinculado a Secretaria Estadual do Meio
9160 Ambiente e sua composição disposta no [Decreto nº 2.197 de 22 de outubro de 2009](#);
- 9161 7- *Minas Gerais*: Fórum Mineiro de Mudanças Climáticas Globais, pelo decreto
9162 44.042/05 de 09/06/2005;
- 9163 8- *Pará*: Fórum Paranaense de Mudanças Climáticas - Decreto nº 1.900, de
9164 22/09/2009;
- 9165 9- *Paraná*: Em maio de 2005, o Governo do Estado do Paraná lançou o Fórum
9166 Paranaense de Mudanças Climáticas Globais através do [Decreto n° 4.888](#) de 31 de
9167 maio de 2005, para fazer frente às demandas sobre o tema no Estado. A [Lei nº16.019](#)
9168 de 19 de dezembro de 2008 - Institui o Fórum Paranaense de Mudanças Climáticas
9169 Globais, com os objetivos especificados, e adota outras providências;
- 9170 10- *Rio de Janiero*: Fórum Carioca de Mudanças Climáticas - Decreto 31.415, de 30
9171 de Novembro de 2009 e Lei 5.248, de 27 de Janeiro de 2011 – Institui a Política
9172 Municipal sobre Mudança do Clima e Desenvolvimento Sustentável;
- 9173 11- *Rio Grande do Sul*: Fórum Gaúcho de Mudanças Climáticas foi criado em 15 de
9174 junho de 2007;
- 9175 12- *Rondônia*: Fórum de Mudanças Climáticas, Biodiversidade e Serviços
9176 Ambientais de Rondônia por meio do Decreto 16232 de 04 de outubro de 2011;
- 9177 13- *Santa Catarina*: Fórum Catarinense de Mudanças Climáticas, Decreto Estadual
9178 3.273/2010;
- 9179 14- *São Paulo*: Fórum Paulista de Mudanças Climáticas Globais e Biodiversidade,
9180 Conselho Estadual de Mudanças Climáticas, Comitê Gestor da Política Estadual de
9181 Mudanças Climáticas;
- 9182 15- *Distrito Federal*: Lei Distrital nº 4.797/2012 - Política de Mudança Climática do
9183 DF;
- 9184 16- *Tocantins*: Fórum Estadual de Mudanças Climáticas e de Biodiversidade,
9185 Decreto No 3.007, de 18 de abril de 2007;
- 9186 17 - *Pernambuco*: Fórum Pernambucano de Mudanças Climáticas;
- 9187 18- *Ceará*: Fórum Cearense de Mudanças Climáticas e Biodiversidade, Decreto nº
9188 29.272/2008;
- 9189 19 - *Piauí*: Fórum Estadual de Mudanças Climáticas e Combate à Pobreza - Decreto
9190 nº 12.613, de 04/06/2007.
- 9191

9192 3.7.4.1. Monitoramento e Prevenção ao desmatamento

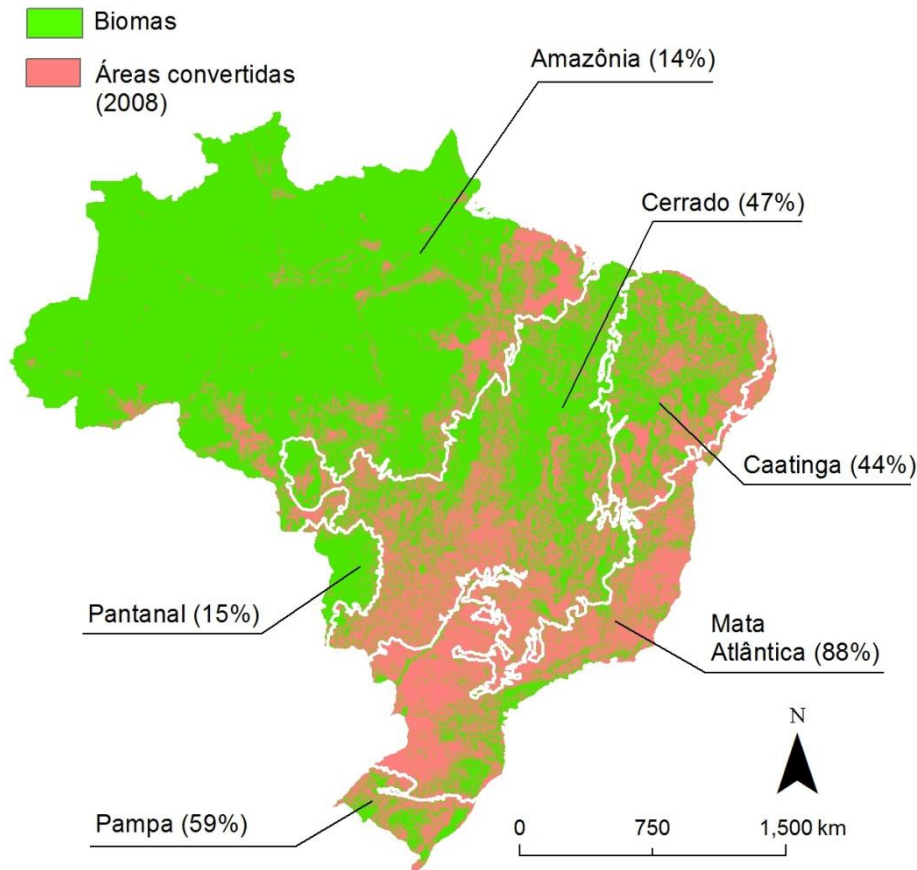
9193 Posto que mais de 50% das emissões de gases de efeito estufa no Brasil são provenientes das
9194 alterações em áreas de vegetação natural, com fisionomias florestais, savânicas e campestres
9195 (em 2005, este valor chegou a 95% das emissões brutas de CO₂ no país), monitorar e prevenir o
9196 desmatamento é uma medida mitigatória fundamental frente às mudanças climáticas. Para o
9197 bioma Amazônia, alguns sistemas já estão em operação, enquanto que para os demais biomas,
9198 caso do Cerrado, os sistemas de monitoramento extensivo e sistemático estão ainda em fase
9199 de desenvolvimento.

9200 A Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente (SBF/MMA), com
9201 apoio financeiro do Projeto PNUD/BRA/08/011, assinado entre a Agência Brasileira de
9202 Cooperação - ABC e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD e o MMA,
9203 visam a elaboração e execução do Sistema de Monitoramento por Satélite do Desmatamento
9204 nos Biomas Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. Caso esse programa seja
9205 concretizado, o Centro de Sensoriamento Remoto do Ibama será responsável pela detecção de
9206 desmatamentos, podendo aplicar medidas cabíveis pela lei para combater desmatamentos
9207 ilegais.

9208 A Figura 3.7.20 ilustra a distribuição dos desmatamentos pelos biomas brasileiros, com a
9209 respectiva porcentagem de áreas alteradas (base MMA/IBAMA,- 2008). Depois da Mata
9210 Atlântica, com 88% da cobertura vegetal nativa convertida para uso antrópico, o Pampa é o
9211 segundo bioma no estágio de conversão (59%), seguido pelo Cerrado (47%), Caatinga (44%),
9212 Pantanal (15%) e a Amazônia (14%).

9213 Estima-se que a diminuição das taxas de desmatamento entre 2010 e 2020, segundo o
9214 planejamento do governo Federal, poderiam evitar a emissão entre $8,2 \times 10^{-3}$ Pg CO₂ e $1,8 \times 10^{-2}$
9215 Pg CO₂ devidos a conversões de florestas e vegetações primárias nos biomas Brasileiros (Cerri
9216 et al., 2010). As diferenças nas estimativas referem-se a cenários com diferentes taxas de
9217 redução de desmatamento, aliados a consideração apenas de emissões devido a biomassa
9218 acima do solo (valor mínimo) e biomassa total e liteira (valor máximo).

9219



9220

9221 Figura 3.7.20 - Área convertida por ação antropogênica por tipo de bioma (base MMA/IBAMA - 2008).
 9222 Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/>

9223 No **Bioma Amazônia**, projeções baseadas em series históricas de desmatamento entre
 9224 os anos de 1997 a 2002, indicam que sua dimensão pode variar entre 625 mil e 2,8
 9225 milhões de hectares por ano até 2030 (Soares-Filho et al., 2008), essencialmente os
 9226 recordes históricos superior (2,9 milhões de hectares em 1995) e inferior (642 mil
 9227 hectares em 2011). No entanto, estimativas de desmatamentos recentes para o ano de
 9228 2008/09 apontam para uma redução de 42% em relação ao mesmo período em 2007/08,
 9229 enquanto que a menor taxa anual quantificada desde 1988 é de 6,418 km² em 2011
 9230 (PRODES/INPE). Apesar da grande divergência entre os desmatamentos simulados para
 9231 cenários futuros e as quantificações das taxas atuais, pode-se considerar que o futuro do
 9232 processo de conversão na Amazônia é ainda incerto. Em 2007 o governo Federal adotou
 9233 um decreto que estabelece um comitê Inter-Ministerial para Mudanças Climáticas e a
 9234 elaboração de um Plano Nacional de Mudanças climáticas (Brasil, 2008). Neste
 9235 documento propõe-se um cenário a ser alcançado para a redução do desmatamento da
 9236 Amazônia, em relação as taxas de 1996 a 2005: entre 2006 e 2009 deveria ser feita uma
 9237 redução de 40%, (equivalente a uma taxa media anual de 11,700 km² ano); entre 2010 e
 9238 2013 e entre 2014 e 2017 deveria haver uma redução de 30% (equivalente a uma taxa
 9239 media anual de 8,200 km² ano para o primeiro período e 5,700 km² ano para o segundo
 9240 período). Em 2009, foi estabelecida uma Lei Federal (Lei nº 12187/2009) em que o
 9241 Brasil reduzirá o desmatamento na Amazônia em 80% em relação a taxa histórica de
 9242 19,500 km² por ano até 2020, ou seja, o máximo a ser desmatado anualmente será de
 9243 apenas 3,900 km² – menos da metade observada nos anos de 2009 a 2011, segundo os
 9244 dados de desmatamento do PRODES/INPE.

9245 Para diminuir a pressão sobre as florestas primárias, o monitoramento e entendimento
9246 das forçantes do desmatamento são fundamentais. Um sistema de monitoramento
9247 eficiente é importante não só como instrumento político, mas também como elemento-
9248 chave para reforçar a legislação, identificar áreas e os responsáveis por desmatamentos
9249 ilegais e aplicar penalidades cabíveis pela lei. Para o monitoramento de desmatamento
9250 da Amazônia, existem duas instituições com programas independentes nacionais: o
9251 *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais* (INPE), que coordena o Projeto de
9252 Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES), o Sistema de
9253 Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER) e o mapeamento da degradação
9254 florestal na Amazônia Brasileira (DEGRAD); o *Instituto do Homem e Meio Ambiente*
9255 *da Amazônia* (IMAZON), que coordena o Sistema de Alerta do Desmatamento (SAD),
9256 o Mapeamento de áreas desmatadas, as Detecção de Riscos Ambientais e o
9257 Mapeamento de Exploração Madeireira. Internacionalmente existe a avaliação do estado
9258 das florestas realizado pela FAO (FAO, 2011). Em relação às forçantes do
9259 desmatamento, apesar dos fatores relacionados a infraestrutura serem considerados
9260 impar, a maior parte da diferença entre os cenários de altas taxas de desmatamento e de
9261 baixas taxas de desmatamento são explicados pelos fatores socioeconômicos. Tais
9262 fatores podem ser agrupados em (i) demanda por terras e (ii) instrumentos econômicos.
9263 Em relação a demanda por terra, considera-se que a busca por novas terras agrícolas é o
9264 motor central do desmatamento na Amazônia. Estima-se que 44% da recente (2004-
9265 2006) redução no ritmo do desmatamento tenha ocorrido por influência da retração na
9266 expansão agrícola (Soares-Filho et al., 2010). O ritmo de crescimento da atividade
9267 agrícola domina outros 13 fatores (ex. expansão de áreas protegidas, expansão da
9268 infraestrutura) correlacionados com nível de desmatamento (Soares-Filho et al.,
9269 2008). Entre 1985 e 2006, a área de lavouras e pastagens cultivadas no Brasil passou de
9270 126 milhões de hectares para 161 milhões de hectares (IBGE, 2011). Deste incremento
9271 de 35 milhões de hectares, 30,3 milhões de hectares ocorreram nos nove estados da
9272 Amazônia Legal, enquanto que no resto do país a área agrícola cresceu apenas 4,3
9273 milhões de hectares (IBGE, 2011). O desmatamento na Amazônia Legal entre 1988 e
9274 2006 foi de 33 milhões de hectares (INPE, 2011). Entre 1985 e 2006, as lavouras
9275 cresceram 8 milhões de hectares e as pastagens cultivadas 27 milhões de hectares no
9276 Brasil. Após a estabilização da economia, entretanto, percebe-se uma mudança de
9277 paradigma na expansão agrícola. Lavouras (que perderam área entre 1985 e 1995)
9278 expandiram-se em 18 milhões de hectares entre 1995 e 2006, enquanto que as pastagens
9279 cultivadas cresceram apenas dois milhões de hectares. A dinâmica regional no período
9280 mais recente ilustra mais uma vez a especificidade da região Amazônica. Entre 1995 e
9281 2006, no resto do país, a área de lavouras cresceu 11 milhões de hectares, enquanto que
9282 as pastagens retraíram-se em 8 milhões de hectares. No mesmo período, nos estados
9283 Amazônicos, lavouras expandiram-se em 7 milhões de hectares e as pastagens plantadas
9284 cresceram 9 milhões de hectares (IBGE, 2011). Portanto, a dinâmica entre as regiões é
9285 marcada pela progressiva substituição de pastagens por lavouras de maior valor
9286 econômico no Centro-Sul e em áreas consolidadas dos estados Amazônicos, e pelo
9287 deslocamento da pecuária para áreas de fronteira (Morton et al., 2006; Nepstad et al.,
9288 2006).

9289 De acordo com projeções da FAO, o Brasil será responsável pela maior expansão
9290 nacional de produção agrícola até 2030 (FAO, 2003). O Ministério da Agricultura
9291 projeta que a maior parte do aumento de produção entre 2010 e 2020 será advindo de
9292 ganho de produtividade. De acordo com suas projeções, a produção das lavouras
9293 crescerá a uma taxa média de 2,69% ao ano, enquanto que a área plantada crescerá a um
9294 ritmo de 0,45% ao ano (MAPA, 2010). Este crescimento da área de lavouras, entretanto,

9295 equivalerá a 9,6 milhões de hectares em 10 anos. As projeções apontam que a produção
9296 de carne crescerá 8,4 milhões de toneladas, um aumento de 37,8% em relação à
9297 produção de 2009 (MAPA, 2010).As projeções acima são influenciadas por fatores
9298 socioeconômicos nacionais e globais. Aproximadamente 40% do crescimento da cultura
9299 de maior taxa de crescimento projetado, a cana de açúcar, estará relacionada ao aumento
9300 de demanda externa (MAPA, 2010). Fatores que afetem esta demanda, como mudanças
9301 nas metas de biocombustíveis da União Européia, por exemplo, terão impacto
9302 importante na demanda por terras no Brasil. No entanto, cabe salientar que o
9303 zoneamento da cana-de-açúcar não permite a expansão do setor sobre o bioma
9304 Amazônia. Mudanças nos padrões de consumo global, como o crescente consumo de
9305 proteína animal em países em desenvolvimento, também terão impacto significativo na
9306 demanda por terras (FAO, 2003). Com a globalização do mercado agrícola, crises em
9307 outras partes do globo (ex. surto de encefalopatia espongiforme bovina na Europa)
9308 afetam diretamente a demanda por terras no Brasil (Nepstad et al., 2006). Aspectos
9309 puramente econômicos, como a velocidade de expansão da economia mundial e a
9310 cotação internacional do Real, também têm impacto direto sobre a demanda por terras
9311 (Ferreira e Salati, 2005).

9312 Outro aspecto socioeconômico com influência sobre a demanda por terras adicionais
9313 são as pressões de mercado por um aumento da sustentabilidade da cadeia produtiva
9314 (Nepstad et al., 2006). O exemplo mais conhecido é o da bem-sucedida moratória da
9315 soja(Rudorff et al., 2011), que banuiu a comercialização de soja plantada em áreas
9316 desmatadas após julho de 2006. Ações focadas em um único produto podem ter sua
9317 eficácia reduzida pelo deslocamento de outras culturas para a fronteira, mas o sucesso
9318 da moratória da soja indica que a expansão de ações semelhantes poderia ter grande
9319 efeito inibidor na expansão da área agrícola.

9320 Duas variáveis definirão o impacto que esta expressiva expansão agrícola terá sobre os
9321 ecossistemas naturais da Amazônia. A primeira, que dará a dimensão total da demanda
9322 por terras, é em que medida o aumento de produção de carne será atendido pelo
9323 aumento da área de pastagens ou pelo aumento de produtividade. A segunda é em que
9324 medida a demanda por terras será absorvida por um melhor aproveitamento de áreas já
9325 convertidas ou pela conversão de novas áreas.

9326 Um aumento de produtividade das culturas agrícolas maior do que o previsto reduziria a
9327 área necessária para expansão da produção. As produtividades da cana-de-açúcar e da
9328 soja, que responderão por 94% da expansão de terras entre 2010 e 2020 (MAPA, 2010),
9329 entretanto, já são consideradas altas em comparações internacionais (Martinelli et al.,
9330 2010). O grande escopo para o aumento da produtividade é na pecuária, tanto em função
9331 da área ocupada (63% do total) como pela baixa produtividade atual (Valentim e
9332 Andrade, 2009). Projeções recentes indicam que um aumento da produtividade na
9333 pecuária poderia absorver grande parte da expansão agrícola necessária até 2030 e, em
9334 conjunto com outras medidas, reduzir o desmatamento na Amazônia em 68% (Banco
9335 Mundial, 2010). O aumento da produtividade na pecuária é um dos objetivos do Plano
9336 Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2009). É importante notar, entretanto, que o
9337 aumento de produtividade por si só não é garantia de redução de demanda por terras
9338 (Phalan et al., 2011), sendo necessário complementar tal ganho com outras medidas que
9339 incentivem o uso mais eficiente de terras já convertidas.

9340 Portanto, como o desmatamento representa a maior fonte de emissão de gases de efeito
9341 estufa pelo Bioma Amazônia, o fator mais pertinente para a região para mitigar tais
9342 emissões é a própria conservação da floresta. Além disso, para evitar perda nos estoques
9343 de carbono, e mesmo aumentar o estoque, sugere-se manejo de florestas, implementação
9344 de agro-florestas e fertilização dos solos com carvão, que aumenta a capacidade de

9345 estoque de carbono em solos florestais (Batjes, 1998, Mutuo et al., 2005). Estudos de
 9346 modelagem para a Amazônia Legal Brasileira apontam para uma diminuição do
 9347 carbono orgânico do solo sob florestas, devido à diminuição da área das mesmas, sendo
 9348 que as estimativas para 2030 indicam a liberação para a atmosfera de cerca de 4200 Tg
 9349 C (Cerri et al., 2007).

9350 Na floresta Amazônica, estima-se que entre 25 e 50% da chuva é originada por
 9351 processos de evapotranspiração (Salati et al., 1984, Eltahir et al., 1994, Lean et al.,
 9352 1996), sendo que em escalas locais tal processo tem maior importância devido o
 9353 predomínio de processos de convecção, enquanto que em escalas maiores prevalece
 9354 fatores de circulação atmosférica (Roy et al., 2002). A diminuição da cobertura florestal
 9355 pode também alterar eventos de convergência de umidade atmosférica em larga escala,
 9356 limitando a ocorrência de chuvas (Betts et al., 2004). Também foi sugerido que parte do
 9357 vapor de água da Amazônia é transportado para outras regiões, como por exemplo o
 9358 noroeste da Colômbia, sul do Brasil, Uruguai, Paraguai, Argentina, Europa e África.
 9359 Assim, a diminuição da camada de florestas, e portanto alterações no ciclo hidrológico
 9360 regionais, teriam impactos nestas outras regiões.

9361 Vários são os grupos e estudos que defendem este controle dos desmatamentos (muitas
 9362 vezes associados aos eventos de queimadas) para os demais biomas brasileiros, como a
 9363 forma mais eficiente de se mitigar as causas e efeitos das mudanças climáticas em nosso
 9364 território (Fearnside, 2009 e 2010), considerando que a preservação da vegetação nativa
 9365 favorece, a um custo proporcionalmente baixo, a manutenção e ciclagem do estoque de
 9366 Carbono (C) equivalente com cada ecossistema.

9367 No **bioma Cerrado**, este tema foi recentemente encampado pelo Governo Federal, por
 9368 meio do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas
 9369 no Cerrado (PPCerrado), com metas de redução do desmatamento e consequente
 9370 redução das emissões de CO₂ (MMA, 2011). Outro projeto com objetivos semelhantes
 9371 foi conduzido pela Embaixada Britânica do Brasil em 2011, denominado
 9372 Monitoramento das Emissões de Carbono no Cerrado Brasileiro (Ferreira e Bustamante,
 9373 2011), visando a criação de um sistema de monitoramento de desmatamentos e
 9374 emissões de gases de efeito estufa para o Cerrado, como uma forma de acompanhar as
 9375 emissões de Carbono nesta região, bem como subsidiar outras iniciativas de controle e
 9376 preservação do bioma.

9377 Até este ano (2012), o monitoramento dos desmatamentos no Cerrado vem sendo
 9378 realizado por meio de projetos vinculados às universidades federais, redes de pesquisas
 9379 e ONGs, a citar o Sistema Integrado de Alerta de Desmatamentos (SIAD), desenvolvido
 9380 pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG), da
 9381 Universidade Federal de Goiás (UFG). O SIAD é um projeto permanente no LAPIG,
 9382 voltado para a detecção e análise dos desmatamentos no Cerrado, a partir do emprego
 9383 de base em dados gratuitas, como imagens de satélite (sensor MODIS / índices de
 9384 vegetação EVI) e demais informações geográficas (Rocha et al., 2010; Ferreira et al.,
 9385 2007d). Em tais iniciativas, vale ressaltar o envolvimento, a custo bastante reduzido, de
 9386 pesquisadores e estudantes, contando com apoio de ONGs (ex. WWF e Conservação
 9387 Internacional) e de redes de pesquisa governamentais (ex. ComCerrado / MCT).

9388 No **bioma Pantanal**, a contribuição à emissão de GEEs por pecuária, agricultura,
 9389 mineração/siderurgia e carvoarias provocaram, nos últimos anos, desmatamentos e
 9390 modificação do uso do solo (Harris et al., 2005, CI-Brasil et al., 2010). A queima da
 9391 vegetação desmatada, em parte para alimentar carvoarias locais (LIMA, 2008), provoca
 9392 aumento dos gases de efeito estufa (Uhlig et al., 2008). Cenário de emissões produzidos
 9393 por Galford et al. (2010), para até o ano de 2050 no estado de MT, indica que na
 9394 ausência de desmatamento, agricultura e pecuária serão os principais emissores de

9395 GEEs, sendo que a emissão de metano pelo gado responde por ~35%. A redução destas
 9396 emissões requer o manejo do desmatamento no Pantanal, o que exige uma lei específica
 9397 e a sua fiscalização na planície, já que no Pantanal, segundo o Código Florestal, numa
 9398 área úmida não deveria haver desmatamentos, o que é inviável no atual cenário
 9399 econômico (Irigaray et al., 2008).

9400 Levantamentos sobre o desmatamento no *Pantanal* e no planalto adjacente que compõe
 9401 a Bacia do alto Paraguai, têm sido publicados por alguns autores para os anos de 1976
 9402 (Silva et al., 2001a), 1984 (Silva et al., 2001b), 1994 (Silva et al., 1997), 2000
 9403 (Padovani et al., 2004), 2002 (Monitoramento, 2009) e 2008 (MMA, 2010;
 9404 Monitoramento, 2009). Este monitoramento tem sido feito em base anual apenas para o
 9405 estado de Mato Grosso, desde 1992, pela SEMA - Secretaria de Meio Ambiente do
 9406 Estado de Mato Grosso⁴⁷. Para a porção de Pantanal no estado de Mato Grosso do Sul, o
 9407 monitoramento anual está sendo planejado pelo IMASUL - Instituto de Meio Ambiente
 9408 de Mato Grosso do Sul (<http://www.imasul.ms.gov.br/Geo/geo.php>).

9409 Uma iniciativa recente, por parte de um conjunto de ONGs, pretende realizar o
 9410 monitoramento bianual do uso da terra para toda a Bacia do Alto Paraguai e Pantanal,
 9411 incluindo os estados de MT e MS, além da porção de Pantanal existente na Bolívia e
 9412 Paraguai. O primeiro levantamento pode ser encontrado no site da WWF Brasil⁴⁸
 9413 (WWF-Brasil, 2009)

9414 Ainda no quesito prevenção, é desejável que o código florestal brasileiro (vigente desde
 9415 1965, agora em vias de atualização) mantenha um rígido teor acerca da recuperação de
 9416 Áreas de Preservação Permanente, em conjunto com pesquisas para a adequação do
 9417 mesmo às peculiaridades locais e regionais no Pantanal.

9418 Nos Campos Sulinos, por serem formados predominantemente por vegetação
 9419 campestre, se faz necessário um sistema de monitoramento mais complexo, uma vez
 9420 que a vegetação natural não é predominantemente composta por espécies florestais.
 9421 Dessa forma, para uma análise da degradação dos campos, são consideradas as
 9422 substituições de áreas naturais de vegetação campestre por outros usos do solo, tais
 9423 como agricultura ou silvicultura, e também a degradação genética, quando o pastoreio é
 9424 praticado de forma não sustentável, reduzindo o número de espécies vegetais que
 9425 compõem as diferentes formações.

9426 Os dados divulgados em 2010 pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) mostram que
 9427 o bioma Pampa já perdeu quase 54% da vegetação original. Esses dados também
 9428 indicam que entre 2003 e 2008, 2.183 km² de cobertura nativa foram convertidos em
 9429 outros usos. Os campos do bioma Mata Atlântica estão rapidamente sendo substituídos
 9430 pelo monocultivo de espécies arbóreas para extração vegetal, tais como *Pinus* sp. e
 9431 *Eucaliptus* sp. Segundo o mapeamento realizado por Hasenack et al. (2007), o bioma
 9432 Pampa possui 58,68% (85.788,713 km²) de sua área ocupada com algum tipo de
 9433 atividade antrópica, majoritariamente por atividades rurais; ou 41,32% (73.649,746
 9434 km²) da área original preservadas.

9435 Em áreas do *bioma Pampa* é comum a superlotação de animais em pastejo nos meses
 9436 de inverno, quando a produção de biomassa é menor, levando a degradação genética do
 9437 mesmo, motivo do desaparecimento das espécies de maior valor forrageiro (Boldrini,
 9438 1997). Essa superlotação visa apenas o rendimento econômico da produção animal, não
 9439 considerando a carga animal adequada para a manutenção da diversidade botânica das

⁴⁷Mais informações em:

http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=86&Itemid=146

⁴⁸Mais informações em:

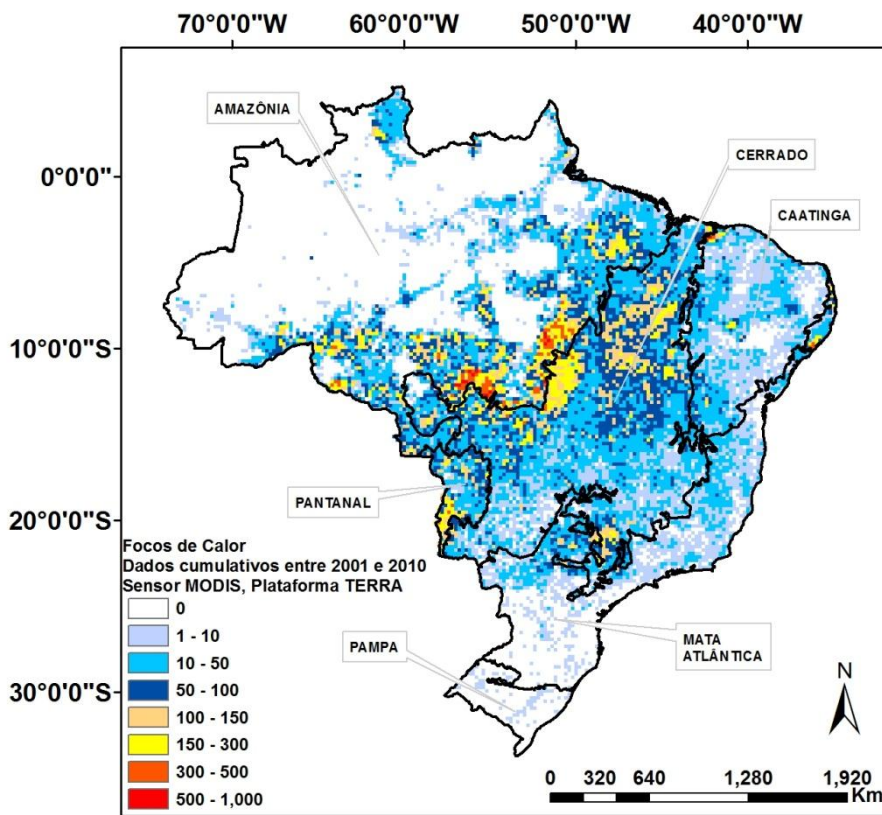
http://m.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/pantanal/pantanal_pub/?25181/Monitoramento-das-alteracoes-da-cobertura-vegetal-e-uso-do-solo-na-Bacia-do-Alto-Paraguai

9440 áreas naturais (Maraschin, 2009). O estabelecimento da carga animal em pastejo para
 9441 cada tipo de fisionomia do bioma Pampa, considerando também a época do ano, é a
 9442 melhor forma de se mitigar esse efeito de superpasteio. A pesquisa tem trabalhado
 9443 nesse sentido, mas muitas vezes o baixo número de animais em pastejo por área é
 9444 entendida como uma subutilização da propriedade agrícola, tornando-a, dessa forma,
 9445 passível de desapropriação para fins de reforma agrária.
 9446 Estudos demonstram que a atual fisionomia do **bioma Pampa** depende essencialmente
 9447 do pastoreio, que é uma atividade sustentável, embora necessite de intervenções da
 9448 pesquisa no sentido de otimizar a atividade econômica sem degradar o ambiente. Nesse
 9449 ponto, o bioma Pampa se apresenta com uma condição ímpar em termos de exploração
 9450 econômica em harmonia com a sustentabilidade, a qual já vem sendo praticada pelas
 9451 comunidades tradicionais que habitam essa região (os gaúchos), tanto no Brasil como
 9452 também no Uruguai e Argentina, por onde esse bioma se estende. Em relação às
 9453 mudanças no uso e cobertura do solo, tem-se a pressão econômica potencializando as
 9454 transformações no ambiente, sobretudo pela substituição de áreas de vegetação natural
 9455 por áreas de monocultivos (Evangelista et al., 2011). Atualmente, a taxa de conversão
 9456 dos campos para áreas agrícolas tem sido da ordem de 1.000 km² por ano (Cordeiro &
 9457 Hasenack, 2009). Nos últimos anos, os campos têm sido substituídos pela silvicultura,
 9458 com introdução de Pinus e Eucalipto, incentivado por indústrias privadas e por órgãos
 9459 públicos (Overbeck et al. 2007), fato este observado nas áreas do bioma Pampa sobre o
 9460 Uruguai e Argentina (Suertegaray, 2009).
 9461 Essas mudanças de uso e cobertura do solo terão grandes impactos no que se refere ao
 9462 ciclo hidrológico, uma vez que as espécies arbóreas apresentam valores de índice de
 9463 área foliar maiores que as espécies herbáceas (predominantes na região) e, em
 9464 consequência, os valores de evapotranspiração serão também maiores. Da mesma
 9465 forma, esperam-se impactos no que se refere aos estoques de carbono no solo, os quais
 9466 se encontram em equilíbrio quando em áreas do **bioma Pampa** exploradas
 9467 economicamente com pecuária extensiva (conforme já mencionado).

9468 **3.7.4.2. Monitoramento e Redução de Queimadas**

9469 A redução de queimadas é um tema central para diminuir as emissões de gases de efeito
 9470 estufa pelo Brasil. Todos os biomas do Brasil sofrem fortemente pela degradação pelo
 9471 fogo, com grandes prejuízos socioeconômicos e para a diversidade e funcionamento dos
 9472 diferentes ecossistemas. Diferentes estratégias são necessárias para reduzir as queimadas
 9473 nas diferentes regiões e ecossistemas do Brasil (Figura 3.7.21). Em relação ao
 9474 monitoramento, existem diferentes órgãos que fazem a avaliação de queimadas no
 9475 território nacional. Por exemplo, o INPE-CPTEC tem o programa *Monitoramento de*
 9476 *Queimadas e Incendios por satélite em tempo quase-real* e também o programa *Risco*
 9477 *de Fogo*; a EMPRAPA tem o programa Monitoramento Orbital de Queimadas. Ambos
 9478 os programas disponibilizam dados especializados mostrando a localização de focos de
 9479 fogo. O IBAMA possui o Centro Nacional de Combate a Incendios Florestais
 9480 (PrevFogo), responsável pela política de prevenção e combate aos incêndios florestais
 9481 em todo território nacional, com atividades que incluem o atendimento de pedidos de
 9482 informação sobre o uso do fogo em atividades agrosilvipastoris, campanhas educativas,
 9483 treinamento e capacitação de produtores rurais e brigadistas, monitoramento e manejo
 9484 do fogo em unidades de conservação.
 9485 Este monitoramento vem sendo aprimorado graças aos novos (e mais precisos) produtos
 9486 satelitários, tal como o sensor MODIS (Roy et al., 2008; Boschetti et al., 2009; Araújo
 9487 et al., 2012). Os dados de localização e frequência das queimadas é essencial para a
 9488 implementação de políticas de controle e redução dos eventos, tais como medidas

9489 socioambientais, ações de fiscalização e orientação agrícola. Alguns estudos já
 9490 ressaltam tais ações e seus resultados positivos para a redução das emissões de carbono
 9491 (Borges et al., 2011).



9492
 9493
 9494 Figura 3.7.21 - Focos de calor acumulados com confiabilidade maior que 80%, derivados do sensor
 9495 MODIS/Terra entre 2001 e 2010 nos Biomas Brasileiros. Fonte: L. O. Anderson, não-publicado.
 9496 No **Bioma Amazônia**, as queimadas representam uma grande fonte de emissão de
 9497 CO₂ pelas florestas primárias, potencializadas em anos de secas extremas (El Niño, La
 9498 Niña e ENSO-AMO). Por exemplo, foi estimado que no grande incêndio de Roraima
 9499 em 1998 (ano de El Niño) foram liberados cerca de 12.0 a 12.3 × 10⁶ toneladas de C
 9500 para a atmosfera devido à queima de florestas primárias (Barbosa & Fearnside, 1999).
 9501 Para esse mesmo ano, foi estimado que cerca de 26.000 km² de incêndios em florestas
 9502 primárias na Amazônia, em comparação com somente 1.800 Km² em 1995 (ano sem
 9503 influência de El Niño) (Mendonça et al., 2004). Aragão e Shimabukuro (2010)
 9504 analisaram uma série temporal de focos de calor (1998 a 2006) detectados pelo sensor
 9505 AVHRR, a bordo do satélite NOAA-12, e quantificaram uma tendência de aumento de
 9506 queimadas em 42% da Amazônia brasileira. Durante a época Pré-colombiana, estima-se
 9507 que a recorrência de queimadas nas florestas da Amazônia ocorriam com cerca de 400 a
 9508 700 anos de intervalo, provavelmente associados a secas severas (Meggers, 1994).
 9509 Atualmente, estima-se que o intervalo de recorrência desses eventos tenha se reduzido
 9510 para 5 a 15 anos, como consequência do crescimento econômico e populacional
 9511 ocorrido na região Amazônica desde o final de 1960 (Goldammer, 1990; Cochrane et
 9512 al., 1999; Alencar et al., 2006).
 9513 Na região Amazônica, muitos Estados desenvolveram seus próprios sistemas de
 9514 monitoramento de queimadas para atender as necessidades locais, como por exemplo o
 9515 Estado do Acre (Comissão Estadual de Gestão de Riscos Ambientais - CEGdRA, e a
 9516 Unidade de Situação de Eventos Extremos) e o Estado do Amazonas (Centro Integrado
 Multiagências do Amazonas - Ciman-AM).

9517 Entre os biomas brasileiros, o **Cerrado**, uma savana úmida com precipitação média
 9518 anual variando de 800 a 2000 mm (Ratter et al., 1997; Silva et al., 2008), é o que
 9519 apresenta a melhor adaptação para queimadas naturais. Em fato, a germinação e o
 9520 florescimento de muitas espécies endêmicas, bem como a reciclagem de nutrientes do
 9521 solo, dependem da ocorrência destes eventos (França e Setzer, 2001; Coutinho, 2006).
 9522 No entanto, as práticas contínuas de corte-e-queima, através de repetidos incêndios (alta
 9523 temperatura), a fim de abrir novas áreas para agricultura e pastagens, acaba causando a
 9524 perda de nutrientes, seguida pela compactação e erosão do solo, além de perda de flora e
 9525 fauna (Klink, e Machado, 2005; Certini, 2005).
 9526 Araújo et al. (2012), com base em dados de satélite de resolução moderada (sensor
 9527 MODIS, Produtos MOD45A1 / cicatriz de fogo, MOD14 e MYD14 / focos de calor),
 9528 investigaram os padrões gerais de distribuição temporal e espacial das queimadas no
 9529 Cerrado, no período 2002 – 2010, e constataram que, aproximadamente, 73% das áreas
 9530 queimadas ocorreram no bioma Cerrado, seguido por 15% na Amazônia, 6% no
 9531 Pantanal, 4% na Mata Atlântica, 2% na Caatinga e 0,4% no Pampa; quanto às anomalias
 9532 de focos de calor (*hotspots*), 49% e 33% dos focos foram detectados na Amazônia e
 9533 Cerrado, respectivamente. Tais dados comprovam a elevada incidência de queimadas de
 9534 origem antrópica no Cerrado, bem como a necessidade de monitoramento e controle
 9535 sistemáticos destes eventos.
 9536 Tabela 3.7.6 - Área queimada (%) nos biomas brasileiros, entre 2002 e 2010, gerada pelo sensor MODIS
 9537 (Produto MOD45A1), com destaque para o Cerrado. Adaptada de Araújo et al. (2012).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total
Amazônia	10	8	11	13	6	25	6	2	27	108
Caatinga	1	1	1	2	0,6	5	1	0,4	4	17
Cerrado	60	32	47	47	28	129	46	11	147	545
Mata Atlântica	3	5	3	2	2	4	2	1	5	27
Pampa	0,3	0,7	0,4	0,2	0,2	0,5	0,2	0,3	0,4	3
Pantanal	8	1	6	14	1	8	2	2	6	48
Total	82	48	69	78	38	170	57	17	189	748

9538
 9539 Em decorrência desses eventos de queimadas em áreas de pastagens (incluindo a
 9540 atividade de desmatamento e manutenção de pastagens, bem como a fermentação
 9541 entérica bovina), Bustamente et al. (2012) calcularam, para o período de 2003 a 2008,
 9542 uma emissão na Amazônia na ordem de 499 a 775 Mt CO₂eq. No Cerrado, este valor
 9543 ficou entre 229 e 231 Mt CO₂eq, enquanto que, no resto do país, 84 e 87 Mt CO₂eq.
 9544 Cálculos de emissões de CO₂ eq provenientes de queimadas deverão ser gerados a partir
 9545 de novos mapas de desmatamentos e biomassa do Cerrado, a fim de fornecer indicativos
 9546 mais precisos, não apenas para as áreas de pastagens, mas para todas as classes de
 9547 cobertura e uso da terra.
 9548 Atualmente, o monitoramento de queimadas no **bioma Pantanal** vem sendo realizado
 9549 de forma sistemática para a sua área no estado de Mato Grosso, com o uso de dados de
 9550 focos de calor disponibilizados pelo INPE⁴⁹. Faz-se necessário que esforço similar seja
 9551 empregado para a área do Pantanal no estado de Mato Grosso do Sul. Nos últimos anos,
 9552 iniciaram-se algumas pesquisas para se compreender formas de mitigação (Embrapa,

⁴⁹ Mais informações em:

http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=131

9553 2000; Rodrigues, 2002) e as influências das variáveis meteorológicas sobre as
 9554 queimadas no Pantanal.
 9555 As queimadas conduzidas no planalto adjacente ao **Pantanal** estão mais relacionadas
 9556 com a expansão de áreas agrícolas, limpeza de pasto e para a colheita de cana-de-
 9557 açúcar, principalmente no município de Sonora, MS. Pelo fato destas queimadas
 9558 ocorrerem em áreas de vegetação graminosa, de rápida regeneração, o saldo total de
 9559 gases efetivamente liberados para a atmosfera é bem menor que na Amazônia
 9560 (Rodrigues, 2002).
 9561 O manejo das áreas do **bioma Pampa** utilizadas para a criação extensiva de bovinos e
 9562 ovinos é baseado no conhecimento tradicional dos produtores rurais da região; faz parte
 9563 deste manejo o uso de fogo para a limpeza de biomassa morta no final do inverno,
 9564 visando o rebrote da vegetação com o início da estação quente na região (Heringer &
 9565 Jacques, 2002). O pastoreio e fogo são responsáveis pelas características fisionômicas
 9566 da vegetação campestre, tal como se conhece nos dias atuais (Overbeck et al., 2007).
 9567 Entretanto, a legislação proíbe o uso do fogo como prática de manejo, o que impõe a
 9568 necessidade de redução dessa prática, seguida pela adoção de outras equivalentes (ex.
 9569 roçar as áreas no final da estação fria), além de uma intensificação da fiscalização.

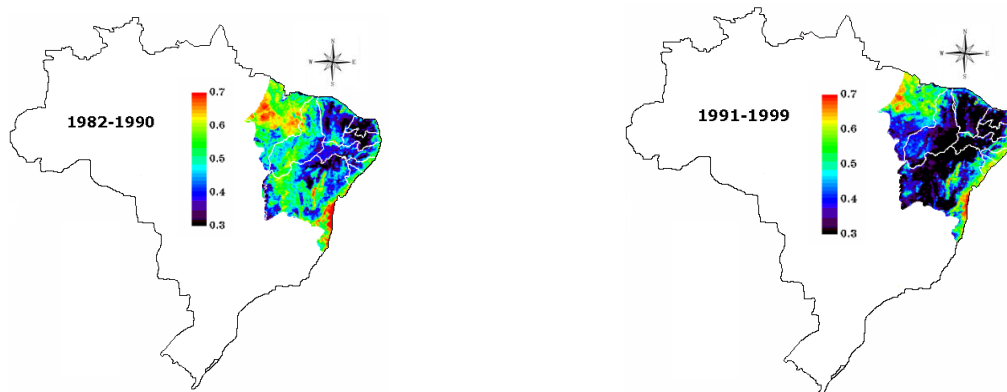
9570 **3.7.4.3. Monitoramento e Combate a Desertificação**

9571 Ainda existe um descompasso muito grande entre o monitoramento e ações efetivas de
 9572 mitigação dos efeitos da degradação do semi-árido brasileiro. Atualmente, são 200 mil
 9573 quilômetros quadrados de terras degradadas e, em muitos locais, imprestáveis para a
 9574 agricultura. Somando-se a área onde a desertificação ocorre ainda de forma moderada, a
 9575 área total atingida pelo fenômeno sobe para aproximadamente 600 mil quilômetros
 9576 quadrados (PAN-Brasil, 2005). Embora os sinais de degradação nessas áreas sejam tão
 9577 evidentes, sua organização em um sistema de indicadores quantitativos do avanço do
 9578 processo ainda é muito incipiente e não fornecem resultados consistentes com as
 9579 observações. É necessário, pois, que se desenvolvam ferramentas de uso fácil, a partir
 9580 de utilização da tecnologia de informação, a fim de conjugar os conhecimentos na busca
 9581 de diagnósticos mais precisos e de estratégias eficazes para tratar da degradação e dos
 9582 problemas a ela associada.
 9583 Um bom e confiável indicador ambiental é a redução da cobertura vegetal, sinalizando o
 9584 início do processo de degradação. Nesse sentido, combater a desertificação implica em
 9585 desenvolver ações no sentido de controlar e prevenir o avanço do processo e, quando
 9586 possível, recuperar áreas degradadas para uso produtivo. Pois, combater a desertificação
 9587 não é essencialmente combater a erosão, salinização, assoreamento ou tantas outras
 9588 consequências, mas sim eliminar as causas que a provoquem, e, considerando-se o
 9589 fenômeno em curto prazo, estas causas necessariamente estarão relacionadas com as
 9590 atividades humanas. Sendo assim, combater a desertificação, mais que tudo implica
 9591 influir no comportamento social, econômico e político da sociedade (Rodrigues,
 9592 2000). Mais recentemente, Barbosa et al. (2006) e Barbosa e Lakshmi Kumar (2011)
 9593 identificaram a diminuição da cobertura vegetal de Caatinga nas duas últimas décadas
 9594 do século XX. Essa condição alarmante de perda da cobertura vegetal nativa reflete a
 9595 crescente degradação e escassez de recursos naturais desse Bioma. Com isso, tem-se
 9596 perda de biodiversidade, contribuindo também para o aumento da vulnerabilidade desse
 9597 ecossistema. Dentre os importantes estudos para se ampliar o conhecimento da
 9598 Caatinga, destacam-se as pesquisas da EMBRAPA e do Ministério do Meio Ambiente
 9599 (MMA) por meio do Programa Nacional da Biodiversidade (PROBIO), direcionadas a
 9600 tentar minimizar ou reverter este processo de degradação da Caatinga (MMA, 2007).
 9601 Uma parte significativa tem-se focado em escalas locais, sendo poucos os estudos que

9602 elegem a escala regional (Araújo et al., 2005). Para esses autores, a falta de
 9603 conhecimento relativo à capacidade que algumas espécies apresentam para se adaptarem
 9604 a novas condições ecológicas seria um dos principais aspectos responsáveis pela perda
 9605 da biodiversidade e fragmentação da vegetação.

9606 Uma maneira alternativa de se avaliar os impactos na vegetação, decorrentes de
 9607 alterações climáticas, é por meio dos modelos climáticos regionais ou globais. Neste
 9608 âmbito, e apoiados nos resultados de experiências de modelagem de vegetação
 9609 associadas aos cenários de alterações de clima por elevadas emissões de GEEs, os
 9610 trabalhos de Oyama e Nobre (2003) e Salazar et al. (2007) sugerem que, no semi-árido, a
 9611 Caatinga pode dar lugar a uma vegetação mais típica de zonas áridas, com
 9612 predominância de cactáceas, até o final do século 21. Nestes trabalhos, fica patente a
 9613 sensibilidade do NEB às variações climáticas; eles apontam para a desertificação do
 9614 semi-árido nordestino até o fim deste século.

9615 Índices de vegetação como, por exemplo, o *Normalized Difference Vegetation Index*
 9616 (NDVI), que são combinações de dois ou mais comprimentos de onda designados para
 9617 realçar alguma propriedade da vegetação, são comumente utilizados para monitorar
 9618 padrões espaciais da atividade fotossintética em estudos regionais (Figura 3.67)
 9619 (Barbosa et al., 2006). Os valores de NDVI oscilam entre -1 e +1, expressando desde
 9620 características relacionadas ao suprimento hídrico até informações relativas ao estado da
 9621 vegetação. A água apresenta valores negativos de NDVI, pois possui reflectância
 9622 (embora baixa) maior na faixa do visível do que no infravermelho. As nuvens refletem
 9623 de forma semelhante no visível e no infravermelho próximo, portanto espera-se que o
 9624 valor do pixel seja em torno de zero. O solo nu ou com vegetação rala apresenta valores
 9625 positivos, mas não muito elevados. Vegetação densa, sem estresse hídrico e bem
 9626 desenvolvida (elevada atividade fotossintética) apresenta os maiores valores de NDVI.
 9627



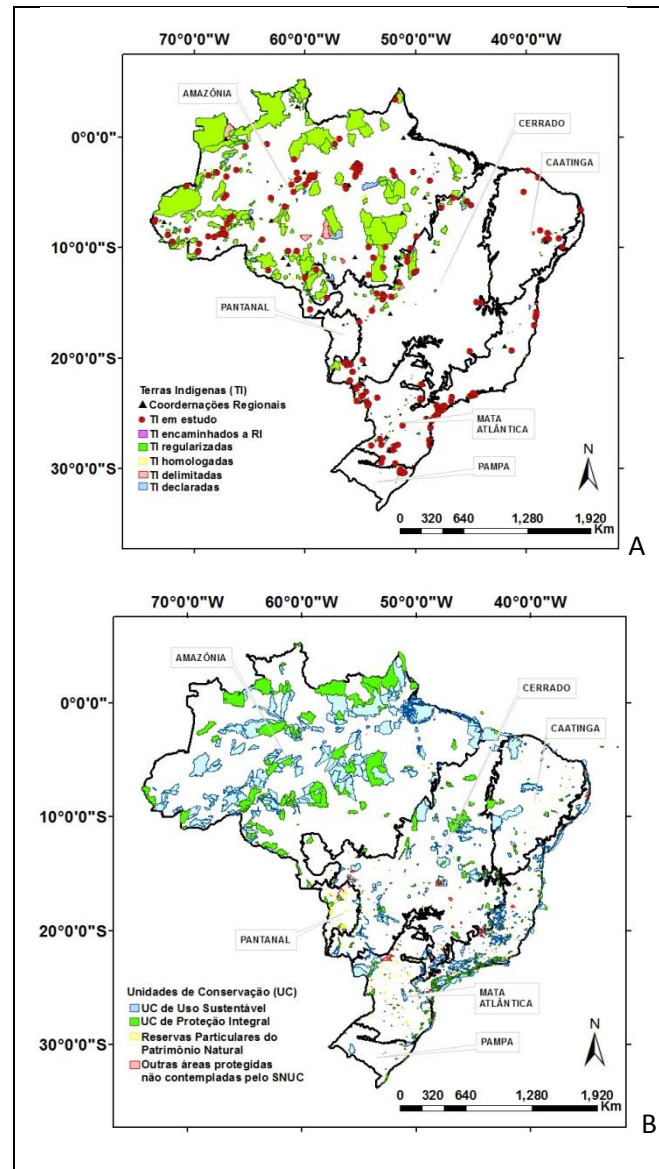
9628 Figura 3.7.22 - Mapas de NDVI médio sobre o NEB para as décadas de 1980 e 1990. Em azul escuro (0,3
 9629 a 0,7) áreas desnudo-degradadas. FONTE: Barbosa et al. (2006).

9630 Dentre as variáveis importantes para se realizar esse acompanhamento estão: os dados
 9631 ambientais, incluindo o cenário A2 (IPCC) para o uso e cobertura do solo, as queimadas
 9632 e poluição atmosférica; dados climáticos, como precipitação, vento e umidade; dados
 9633 socioeconômicos, como condições de habitação, educação e renda, entre outros; e dados
 9634 de saúde. No Brasil, existe um conjunto desses dados fornecido pelo sistema
 9635 EUMETCast da EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of
 9636 Meteorological Satellites). O sistema tem o objetivo de distribuir dados observados da
 9637 superfície, da atmosfera, metadados e produtos para diversos tipos de usuários,
 9638 sobretudo imagens METEOSAT Segunda Geração (MSG), em tempo real, para tomada
 9639 de decisões conscientes em várias áreas, incluindo saúde pública, energia, agricultura,
 9640 tempo, água, clima, desastres naturais e ecossistemas. A tecnologia de recepção

9641 EUMETCast é baseada no uso de componentes comuns e disponíveis no mercado, o
 9642 que permite ampla adoção do serviço por um custo baixo. Uma estação de recepção
 9643 completa pode ser comprada e instalada por R\$ 3.000 a 4.000 (BarbosaeErturk,
 9644 2009). Estes sistemas de observação remota produzem imagens das condições
 9645 atmosféricas em termos de nuvens e vapor d'água presentes na atmosfera, que são
 9646 indicativos dos sistemas atmosféricos atuantes, com uma elevada frequência temporal
 9647 (15 minutos). Por exemplo, a temperatura de topo de nuvem (CTT) e as composições
 9648 coloridas RGB são utilizadas para a identificação e o monitoramento do deslocamento e
 9649 da severidade dos sistemas meteorológicos. A temperatura da superfície terrestre (LST)
 9650 e o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) são utilizados para o
 9651 monitoramento de áreas agrícolas, de biomas nativos (matas e savanas) e para o
 9652 monitoramento climático de secas e estiagens.

9653 **3.7.4.4. Ordenamento territorial e Cenários Futuros**

9654 Projetos de ordenamento territorial são reconhecidos como uma forma de se mitigar as
 9655 ações de desmatamentos e emissões de CO₂ (Alves et al., 2011). Este ordenamento
 9656 envolve a criação de novas Unidades de Conservação e/ou Áreas Prioritárias para a
 9657 Conservação da Biodiversidade (Novaes et al., 2003; MMA, 2007; Couto et al., 2010),
 9658 as quais podem resultar em áreas efetivamente monitoradas e preservadas (Figura
 9659 3.7.23). O mesmo pode ocorrer com o mapeamento das Áreas de Preservação
 9660 Permanente (APPs), voltadas para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos e de
 9661 corredores ecológicos naturais (Mascarenhas et al., 2009). Outra ação complementar,
 9662 visando tal redução das emissões de gases de efeito estufa, passa por um entendimento
 9663 dos processos que acarretam a antropização da paisagem, como forma de planejamento
 9664 e governança. Neste sentido, algumas pesquisas demonstram a possibilidade de se
 9665 modelar a ocupação humana sobre uma paisagem natural, assim como os impactos
 9666 decorrentes, seja em ambiente urbano ou rural (Baker, 1989; Almeida et al., 2003). Em
 9667 fato, a partir do entendimento e integração de variáveis orientadoras para essa ocupação,
 9668 tais como os aspectos do relevo e a infra-estrutura, torna-se possível a construção de
 9669 cenários futuros para uma dada paisagem, indicando a probabilidade de transição no uso
 9670 da terra, ao longo do tempo e do espaço (Soares-Filho et al., 2002 e 2006). Devido ao
 9671 fato de alguns desses modelos incorporarem variáveis socioeconômicas, biofísicas e
 9672 climáticas, já é possível estimar, por exemplo, custos ambientais e sociais, ou perdas na
 9673 biodiversidade para um dado cenário futuro (Münier et al., 2004; Levy et al., 2004;
 9674 Thomas et al., 2004). No Brasil, a modelagem de cenários relativos aos desmatamentos
 9675 em extensas áreas naturais vem sendo realizada, principalmente, para o **bioma**
 9676 **Amazônia**, devido ao seu maior destaque na manutenção da biosfera e atmosfera
 9677 globais (Evans et al., 2001; Soares-Filho et al., 2006; Ximenes et al., 2008).



9678 Figura 3.7.23 - Localização e status das Terras indígenas, adaptado da Fundação Nacional do Índio
 9679 (adaptada por L.O.Anderson, fonte: FUNAI); b) Localização das Unidades de Conservação, adaptado da
 9680 Coordenação de Zoneamento Ambiental do IBAMA (adaptada por L.O. Anderson, fonte: IBAMA).
 9681 As áreas protegidas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas), que cobrem cerca
 9682 de 43% do *bioma Amazônia*, têm um papel importante na redução do desmatamento.
 9683 Soares et al (2007) demonstrou que somente a criação de 13 UCs na região amazônica no
 9684 período de 2003 a 2007 evitará, até 2050, a emissão de 0,43 bilhões de toneladas de
 9685 carbono na atmosfera. O **Programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA)**, do
 9686 governo federal, tem o objetivo de expandir, consolidar e manter 60 milhões de hectares
 9687 de uma parcela significativa do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)
 9688 localizada no Bioma Amazônia. (MMA/ARPA/UCP, 2009). Com este Programa, poderá
 9689 ser evitada a emissão de até 8 bilhões de toneladas de carbono até 2050 - equivalente a
 9690 16% das emissões globais anuais (em 2009) ou 70% da meta comprometida para o
 9691 primeiro período do Protocolo de Quioto.
 9692 Segundo o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (MMA, 2012), atualmente,
 9693 cerca de 26,5% (ou cerca de 118 milhões de hectares) do bioma Amazônia estão
 9694 protegidos por Unidades de Conservação (UCs) federais e estaduais. Embora, ainda
 9695 existem outros desafios, além da criação de UCs, que implicam na manutenção dos
 9696 objetivos de sua criação, a gestão adequada ou a implementação efetiva destas áreas

9697 garante a manutenção de suas funções ecossistêmicas; segundo ICMBio (2012), o
 9698 Bioma Amazônia apresentou os melhores índices de avanço de efetividade ao comparar,
 9699 nas UC federais e por meio do método RAPPAM (*Rapid Assessment and Prioritization*
 9700 *of Protected Area Management*), os ciclos de gestão de 2005- 2006 e 2010.
 9701 No **Bioma Cerrado**, segundo o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (MMA,
 9702 2012), apenas 8,21% (ou 168.194 Km²) estão protegidos por Unidades de Conservação
 9703 (UCs) federais e estaduais, sendo 3,1% na categoria de Proteção Integral e 5,1% na
 9704 categoria de Uso Sustentável, com a categoria Área de Proteção Ambiental (APA)
 9705 representando 4,9%. Se considerarmos apenas as UCs federais, os números se dividem
 9706 em 2% de Proteção Integral e 0,9% de Uso Sustentável, com predominância para as
 9707 APAs, com 0,81% do bioma (MMA, 2010).
 9708 Ao comparar as aplicações do método RAPPAM (*Rapid Assessment and Prioritization*
 9709 *of Protected Area Management*) nas unidades de conservação federais, nos ciclos 2005 -
 9710 2006 e 2010 para as UCs federais do Bioma Cerrado, o ICMBio(2012) observou o
 9711 avanço da efetividade de gestão destas UCs, de 35,8% para 46,8% de efetividade
 9712 máxima possível, representado uma melhoria de 11%, e compondo, junto com as UCs
 9713 do bioma Amazônia, os melhores índices de avanço de efetividade.
 9714 O mapa de Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade e Utilização
 9715 Sustentável dos Recursos Naturais (MMA, 2007d), que orienta a implementação das
 9716 políticas de conservação brasileira (em fase de atualização), identificou, em 2006, 120
 9717 novas áreas para criação de UCs no Cerrado, cuja demanda e expectativa de criação
 9718 totalizava 416.502 km². Desde então foram criadas 11 UCs no bioma, totalizando
 9719 552,66 km². No entanto, a ausência de bases cartográficas atualizadas sobre o uso das
 9720 terras no bioma trás implicações para as ações de planejamento e recuperação de áreas
 9721 em estágio de degradação ambiental, tanto em nível de propriedade quanto de bacia
 9722 hidrográfica. O conjunto destas informações geográficas, dispostas em bases de dados
 9723 públicas (algo já realizado em alguns estados situados no bioma Cerrado) tende a
 9724 facilitar a orientação de atividades agrícolas para áreas já convertidas e/ou abandonadas
 9725 (ex. pastagens de baixa produtividade), ou mesmo destinar políticas públicas específicas
 9726 para a conservação da biodiversidade (Ferreira et. al., 2007; Ferreira et al., 2012).
 9727 Sobre as modelagens de cenários futuros no **Bioma Cerrado**, pode-se citar os estudos de
 9728 Ferreira et al. (2012) e Ribeiro et al. (2010), os quais, respectivamente, indicam cenários
 9729 de desmatamentos e análises sobre a expansão de *commodities* agrícolas, em nível
 9730 estadual e de bacias hidrográficas. Tais modelagens indicam um avanço dos
 9731 desmatamentos para o Norte e Nordeste do bioma, principalmente nos estados da Bahia,
 9732 Maranhão e Piauí, com possibilidade de conversão do Cerrado em até 40.000 km² por
 9733 década, até o ano 2050 (cenário *business as usual*), com comprometimento intenso das
 9734 bacias hidrográficas mais preservadas neste bioma (superior a 30%). Em consenso com
 9735 tais cenários encontra-se a modelagem para a expansão da cana-de-açúcar (etanol), onde
 9736 é previsto um aumento da área plantada em cerca de 9 milhões de hectares (área três
 9737 vezes superior ao plantio de cana neste bioma até 2007), com 66% da expansão prevista
 9738 para áreas de pastagem (outros 34% ainda são indefinidos, podendo se expandir sobre
 9739 áreas agrícolas e/ou de Cerrado nativo).
 9740 O ordenamento territorial no **Pantanal** tem sido realizado por meio de um Zoneamento
 9741 Ecológico Econômico (ZEE) nos estados de MS e MT (mais informações em:
 9742 <http://www.semec.ms.gov.br/zeems/>; <http://www.zsee.seplan.mt.gov.br/zsee/>). Tal ação
 9743 de governança deve influir num melhor manejo dos solos e pastagens, como uma forma
 9744 de se mitigar a degradação ambiental, através do controle do processo erosivo (Stefens,
 9745 2008). A adoção de curvas de nível e o isolamento das áreas de preservação
 9746 permanente, embora de custo alto em curto prazo, pode resultar em longo prazo na

9747 conservação do sistema produtivo e da água. Esses cuidados podem trazer também a um
 9748 maior acúmulo de biomassa e na manutenção das nascentes e cursos d'água,
 9749 restaurando os processos de evapotranspiração e evaporação. Atualmente, apenas 4,4%
 9750 (ou 6.000km²) do bioma Pantanal estão protegidos por Unidades de Conservação (UCs)
 9751 federais e estaduais, sendo 2,9% na categoria de Proteção Integral e 1,5% na categoria
 9752 de Uso Sustentável.

9753 Os planos diretores das capitais do MT e MS⁵⁰prevêm melhoria da infraestrutura de
 9754 esgoto, sem fazer menção específica para episódios com chuvas mais intensas. Outra
 9755 medida de mitigação comumente adotada para diminuir a emissão de GEEs devido ao
 9756 espalhamento urbano, reduzir enchentes urbanas e diminuir a morbidade respiratória é o
 9757 aumento de áreas verdes urbanas (Gill et al. 2007, Dwyer et al. 1992, Bolund &
 9758 Hunhammar, 1999), para os quais os planos diretores urbanos preveem de forma geral,
 9759 sem estabelecer números, dimensões e cronogramas (Cuiabá 2007⁵¹).

9760 Reservatórios são reconhecidos emissores de GEEs, em particular metano (St. Louis et
 9761 al., 2000, dos Santos et al., 2006). Nos próximos anos, o número de hidrelétricas na
 9762 Bacia do Alto Paraguai (BAP) deve ultrapassar 100 usinas (ANEEL, 2011, Girard,
 9763 2011), com um consequente aumento da área inundada por barragem assim aumento
 9764 da emissão de emissão de GEE. Uma mudança de paradigma no setor hidrelétrico,
 9765 focada na redução da demanda no lugar da atual expansão da oferta, poderá reduzir a
 9766 necessidade de novas hidrelétricas (Nogueira, 2007), diminuindo assim a área inundada
 9767 por atividades antrópicas.

9768 Cenários futuros sobre a dinâmica de uso da terra pode ser uma forma de gerir a
 9769 ocupação antrópica no *Pantanal* e prever os possíveis impactos ambientais decorrentes
 9770 desta ocupação. Por outro lado, poucos estudos neste sentido foram realizados, sendo
 9771 um destes conduzido por Harris et al. (2006). No momento, o Laboratório de
 9772 Geoprocessamento da Embrapa Pantanal e o Laboratório de Processamento de Imagens
 9773 e Geoprocessamento (UFG/LAPIG) estão iniciando uma parceria para a modelagem de
 9774 cenários futuros para o referido bioma.

9775 As unidades de conservação (UC) da *Caatinga* cobrem cerca de 7% de sua área,
 9776 enquanto que menos de 1% são unidades de conservação de proteção integral (Parques,
 9777 Reservas Biológicas e Estações Ecológicas), que são as mais restritivas à intervenção
 9778 humana. A conservação da Caatinga está intimamente associada ao combate da
 9779 desertificação, processo de degradação ambiental, e é fundamental a criação de novas
 9780 UC e melhorar a gestão das já implementadas para assegurar uma maior área protegida
 9781 desse bioma exclusivamente brasileiro. O Departamento de Áreas Protegidas do
 9782 Ministério do Meio Ambiente junto ao ICMBIO tem uma agenda para a criação de
 9783 novas UC nesse bioma, sendo que recentemente foi implementado o Monumento
 9784 Natural do São Francisco, que ocupa 30.000 ha nos estados da Bahia, Alagoas e
 9785 Sergipe.

9786 Nos últimos anos ocorreram avanços significativos no monitoramento de alterações
 9787 ambientais e climáticas na região da Caatinga. A disponibilidade de projeções
 9788 climáticas e informações de satélites meteorológicos e ambientais complementam o
 9789 conhecimento e a capacidade de previsão dessas mudanças. Um dos serviços
 9790 importantes para se realizar esse acompanhamento é a previsão de ocorrência de secas
 9791 realizada pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto
 9792 Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com a participação dos Centros de
 9793 Meteorologia Estaduais do Nordeste. O monitoramento das secas, embora ainda em

⁵⁰Mais informações em:

http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=26&Itemid=45

⁵¹http://www.campogrande.ms.gov.br/planurb/canaisTexto?id_can=1608

9794 estado inicial, tem contribuído para minimizar seus efeitos, disponibilizando produtos
9795 para pesquisadores, produtores, gestores públicos e o público em geral.
9796 Consequentemente, nos períodos prolongados de seca, o fenômeno da desertificação se
9797 potencializa.

9798 Uma visão mais abrangente dessa temática foi apresentada no Programa de Ação
9799 Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos de Seca (PAN-Brasil,
9800 2005), que foi implantado em 2004, com a colaboração de instituições governamentais e
9801 não-governamentais. É neste contexto que o Sistema Brasileiro de Alerta Precoce de
9802 Secas e Desertificação, coordenado pelos Ministérios do Meio Ambiente (MMA) e da
9803 Ciência e Tecnologia (MCT), pretende prever e avaliar os impactos que as grandes
9804 secas episódicas poderão ter no semiárido brasileiro, estando este sistema focado nas
9805 áreas suscetíveis a um processo de desertificação desencadeado por alterações
9806 climáticas. Esta mesma vulnerabilidade foi recentemente confirmada durante a quarta
9807 avaliação do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas. Os efeitos das
9808 alterações e variabilidade climáticas são neste momento evidentes no Bioma Caatinga
9809 (IPCC, 2007). Para mitigá-los se faz necessária uma ação coerente e coordenada que
9810 articule o saber, os meios e os conhecimentos práticos de todos. Este esforço inclui
9811 compromissos nos níveis federal, estadual e municipal, específicos para uma ação
9812 concreta à escala local, regional e nacional.

9813 O investimento no desenvolvimento de modelos que relacionam a circulação global,
9814 ENSO e chuva pode ser uma alternativa viável para melhorar as estimativas interanuais
9815 de chuva e previsões de secas, e assim auxiliar o planejamento regional e mitigar
9816 impactos na região da **Caatinga**. Atualmente, o desenvolvimento de métodos de
9817 previsão de secas na região têm sido efetuados através da análise dos fenômenos de
9818 circulação global, especialmente o ENSO. A chuva na Caatinga é diretamente
9819 controlada pela variabilidade da atividade convectiva e associada diretamente às
9820 anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos Atlântico e
9821 Pacífico Tropicais (Moura e Shukla, 1981; Philander, 1990). As correlações entre os
9822 índices do ENSO e a precipitação interanual nessa região permitem uma estimativa da
9823 previsão sazonal de chuva. Ela possibilita, uma vez incorporada aos modelos chuva-
9824 vazão, ações de mitigação dos efeitos das secas no gerenciamento e a otimização da
9825 operação de reservatórios na região da Caatinga.

9826 A ocorrência de déficits hídricos no **bioma Pampa**, principalmente durante o verão
9827 (Berlato e Fontana, 2003), tem impulsionado a construção de um grande número de
9828 barragens, visando o fornecimento de água para o consumo humano e irrigação de
9829 lavouras, com apoio dos governos estadual (Rio Grande do Sul) e federal (Siuma,
9830 2011). Quanto à emissão de gases de efeito estufa nas áreas do **bioma Pampa** (exploradas
9831 economicamente com pecuária extensiva), ainda não existem dados absolutos sobre as
9832 emissões de gás metano. Entretanto, devido à baixa lotação de animais por área
9833 praticada na maioria das propriedades - no período de maior produção de biomassa
9834 vegetal (estações quentes do ano), estima-se que a emissão de metano seja menor que
9835 nas áreas cultivadas com arroz irrigado.

9836 Não existe na literatura dados que relacionem os impactos dos fatores socioeconômicos
9837 no **bioma Pampa** em relação às mudanças do clima; no entanto, devido à implementação
9838 de silvicultura (Pinus e Eucalipto) em grandes extensões deste bioma nos últimos anos,
9839 sugere-se, como medida de mitigação, uma limitação nas áreas disponíveis para
9840 exploração com silvicultura, através de zoneamentos elaborados com critérios
9841 científicos e não apenas econômicos, que considerem também a manutenção da
9842 biodiversidade e os efeitos nos ciclos biogeoquímicos na delimitação das áreas
9843 permitidas para esse tipo de exploração econômica.

9844 Na **Mata Atlântica**, segundo o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (MMA,
9845 2012), cerca de 8,7% (ou 107.246 Km²) deste bioma estão protegidos por Unidades de
9846 Conservação (UCs) federais e estaduais, sendo 2,3% na categoria de Proteção Integral e
9847 7,3% na categoria de Uso Sustentável, com a categoria Área de Proteção Ambiental
9848 (APA) representando 7,1%.

9849 O fortalecimento das UCs, sobretudo daquelas de Proteção Integral, privilegiando as
9850 regiões com maior proporção de mata preservada (ex. Serra do Paranapiacaba em São
9851 Paulo e sul da Bahia), seria uma forma de se compensar a baixa porcentagem de áreas
9852 protegidas pelo governo, oferecendo maior potencial como sumidouros de CO₂.
9853 Entretanto, o cumprimento da atual legislação ambiental já seria uma forma eficiente
9854 para se mitigar os efeitos negativos de atividades antrópicas extensivas, como é o caso
9855 dos plantios de cana-de-açúcar, pecuária em larga escala e silvicultura. Apesar do
9856 Código Florestal brasileiro estabelecer que, nos domínios da Mata Atlântica, devem ser
9857 mantidas as Áreas de Preservação Permanentes (APP; ~10% da área para regiões
9858 planas, e 15% para relevos mais acidentados), e também as Reservas Legais (20% do
9859 território para a região da Mata Atlântica, excluídas APPs e unidades de conservação), a
9860 pequena parcela de remanescentes de vegetação (12%) sugere, pelo menos, um déficit
9861 de 18% de vegetação nativa⁵² (cerca de 27 milhões de ha) (Ribeiro et al., 2009; Ribeiro
9862 et al., 2011).

9863 Em contrapartida a este déficit, o estímulo à restauração florestal poderia aumentar, de
9864 forma significativa, o tamanho dos remanescentes e a conectividade entre estes. Se
9865 considerarmos que 84% dos remanescentes da Mata Atlântica têm área inferior a 50 ha
9866 (Ribeiro et al., 2009), o desenvolvimento de projetos de restauração florestal seria de
9867 fundamental importância, em especial se priorizarem o aumento de tamanho dos
9868 fragmentos com maior potencial de manutenção da biodiversidade (tamanhos
9869 intermediários e melhor conectados). Os fragmentos com tamanho intermediário e com
9870 maior grau de conectividade são favorecidos no processo de restauração, por contarem a
9871 seu favor com a resiliência do sistema, onde a vegetação atual serve como fonte de
9872 propágulos por meio de dispersão de sementes por vento, água, ou fauna, colonizando
9873 áreas adjacentes a um menor custo e com maiores chances de se manterem a longo
9874 prazo. Desta forma, paisagens com quantidade expressiva de remanescentes (>20%)
9875 poderiam servir como áreas prioritárias para receber projetos de restauração.

9876 **3.7.4.5. Instrumentos econômicos**

9877 Os instrumentos econômicos são peças-chave na determinação dos padrões de
9878 desmatamentos nas próximas décadas. O Plano Nacional de Mudanças Climáticas
9879 (PNMC) objetiva a recuperação de áreas degradadas, uma iniciativa com grande
9880 potencial de redução da demanda por terras adicionais. O Programa Agricultura de
9881 Baixo Carbono pretende recuperar 15 milhões de hectares de áreas degradadas (MAPA,
9882 2010), reincorporando-os à parcela produtiva de terras e, conseqüentemente, reduzindo
9883 a demanda por terras adicionais. As iniciativas de integração de usos múltiplos da terra
9884 também apresentam potencial de redução da demanda por terras adicionais (Godfray et
9885 al., 2010; Herrero et al., 2009).

9886 Considerando-se o cenário mais conservador, em que estima-se as emissões evitadas
9887 devido ao desmatamento da biomassa acima do solo nos biomas brasileiro em 0,0082
9888 Pg CO₂, (Cerri et al., 2010) para o período de 2010 a 2020, e considerando-se o valor
9889 médio de US\$ 5 dólares por tonelada de carbono, estima-se que no mercado voluntário
9890 poderia ser gerado uma receita de US\$11,2 x10⁶ milhões.

⁵² Mais informações em: <http://www.pactomataatlantica.org.br>

9891 Para a região **Amazônica**, foi criado em 2008 o Fundo da Amazônia, como parte do
 9892 Plano Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC). Esse plano que objetiva captar
 9893 recursos de doações internacionais para serem investidos em reduções quantificadas de
 9894 emissões devido a diminuição de desmatamentos. Baseando-se em quedas das taxas de
 9895 desmatamento, recursos captados são direcionados a projetos de prevenção,
 9896 monitoramento e controle do desmatamento, áreas protegidas, atividades produtivas
 9897 sustentáveis e pesquisa e desenvolvimento na Amazônia. Até Setembro de 2012, apenas
 9898 duas ações REDD+ foram cadastradas no Ministério do Meio Ambiente (MMA): a
 9899 “Capacitação em REDD, desenvolvida pelo MMA – Secretaria de Mudanças Climáticas
 9900 e Qualidade Ambiental e Serviço Florestal, e o programa Bolsa Floresta, desenvolvido
 9901 pela Fundação Amazonas Sustentável. Em relação a projetos cadastrados no MMA,
 9902 encontram-se hoje 23 projetos no portal REDD+ Brasil, criado pelo Ministério do Meio
 9903 Ambiente (MMA) e o Serviço Florestal Brasileiro. No setor do mercado voluntário de
 9904 créditos de carbono, encontram-se hoje 3 projetos certificados no programa *Verified*
 9905 *Carbon Standard* que visam a diminuição de emissões de gases de efeito estufa devido
 9906 a desmatamento e degradação florestal, ou acúmulo de CO₂ através de plantações
 9907 florestais na Amazônia.

9908 No **bioma Cerrado**, juntamente com os sistemas de monitoramento e fiscalização da
 9909 cobertura vegetal nativa, crescem também as iniciativas voltadas para o Pagamento por
 9910 Serviços Ambientais (PSA), atrelados à ideia do custo de oportunidade em áreas com a
 9911 vegetação preservada; trata-se de um mercado para a negociação de fragmentos
 9912 florestais conservados, ainda bastante reduzido no país, sobretudo para este bioma
 9913 (Nepstad et al., 2009; Ferreira et al., 2009).

9914 Algumas pesquisas apontam os PSAs como um caminho viável para se reduzir e
 9915 controlar os desmatamentos (Chomitz et al., 1999; Chomitz, 2004 e 2006), bem como as
 9916 emissões de GEEs (Harvey et al., 2010), mantendo-se os estoques de carbono em áreas
 9917 de floresta tropical ou savana; outras contribuições seriam a redução dos impactos no
 9918 ciclo hidrológico e a conservação de nascentes, bem como a manutenção da
 9919 biodiversidade e dos solos. Baseado neste sistema de pagamento por áreas preservadas,
 9920 ideias como o REDD (Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação
 9921 florestal) vêm sendo bastante entoadas nos últimos anos, como uma alternativa para a
 9922 conservação dos biomas brasileiros, sobretudo para a Amazônia e o Cerrado (Yanai et
 9923 al., 2011).

9924 Outros estudos, ainda que enumerem as vantagens desse tipo de instrumento econômico
 9925 (Angelsen, 2008), também fazem ressalvas à sua adoção (Sawyer, 2009; Aragão e
 9926 Shimabukuro, 2010), devido a uma questão de escala (i.e., dimensão da área necessária
 9927 para efeito de redução de emissões), gerência dos fundos financeiros (público ou
 9928 privado; municipal, estadual ou federal), pela difícil tarefa de se monitorar a longo
 9929 prazo (multi-décadal), de forma hábil e sistemática, as áreas elencadas por tais
 9930 mecanismos de compensação, incluindo o próprio manejo de queimadas (de origem
 9931 natural ou antrópica).

9932 O número de projetos beneficiados pelo REDD no Brasil ainda é pouco expressivo. Até
 9933 2011 eram apenas 20 projetos, sendo 17 na Amazônia, dois na Mata Atlântica e apenas
 9934 um no Cerrado, este último localizado no estado do Tocantins (na Serra do Lajeado -
 9935 distrito de Taquareussu), com 121.415 hectares, prevendo uma redução das emissões de
 9936 GEEs (em 20 anos) de 57.389 t CO₂eq ou 2.869 t CO₂eq / ano (Viana, 2009; Moutinho
 9937 et al., 2011).

9938 O pagamento por serviços ambientais (PSA) tem sido planejado para o **Pantanal** e, em
 9939 alguns casos, implantando por ONGs ambientais e secretarias de meio ambiente nos
 9940 dois estados (MT e MS). Uma dessas iniciativas é o ICMS ecológico. Atualmente, no

9941 Mato Grosso tramita um antiprojeto de lei para criar o Sistema Estadual de Redução de
 9942 Emissões por Desmatamento e degradação Florestal, Conservação, Manejo Florestal
 9943 Sustentável (REDD+), o qual poderá ser uma alternativa ao uso da terra tradicional na
 9944 região, por meio do pagamento por serviços ambientais, materializados com a
 9945 manutenção da cobertura vegetal nativa e conservação de nascentes⁵³.
 9946 Para os ecossistemas de *Manguezais*, a literatura sobre projetos de reflorestamento,
 9947 taxas de crescimento e quantificação da biomassa são escassas, apesar deste bioma
 9948 ocupar aproximadamente 25.000 km² no Brasil (Mattos-Fonseca e Drummond, 2003). A
 9949 eficiência para o sequestro do carbono atmosférico das espécies de sua flora, entretanto,
 9950 precisa ser comparada com aquela das espécies da mata atlântica ou das espécies de
 9951 outras florestas, assim como a valoração econômica e ecológica desses esforços. Field
 9952 (1997) organizou coletânea de artigos que descreve as principais experiências de
 9953 restauração de ecossistemas manguezais entre os trópicos, ambos com dados que
 9954 aguardam sistematização para correlação da biometria com o sequestro do carbono
 9955 atmosférico. Não se trata de uma tarefa simples, porém factível, como ressalta Carson
 9956 (1998). Um dos poucos projetos desenvolvidos no Brasil, até este momento, estudou os
 9957 ecossistemas manguezais na laguna de Itaipu - Niterói, Rio de Janeiro, no contexto das
 9958 restrições e de elegibilidade do MDL/Protocolo de Kyoto. O projeto “Reflorestamento
 9959 de Manguezais e o Valor de Resgate do Sequestro do Carbono Atmosférico” (Edital
 9960 09/2001 do Fundo Nacional do Meio Ambiente – FNMA) foi apoiado pela Embaixada
 9961 dos Países Baixos e pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento -
 9962 PNUD, desenvolvido por pesquisadores da Associação de Proteção a Ecossistemas
 9963 Costeiros – APREC, em parceria com o Centro de Estudos Avançados em Economia
 9964 Aplicada da Universidade de São Paulo (CEPEA/ESALQ/USP) e o Centro de
 9965 Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília – CDS/UnB (Mattos-Fonseca
 9966 e Drummond, 2003).
 9967 Resultados preliminares deste projeto estimam um total de 152,19 t ha⁻¹ de biomassa
 9968 (peso seco), armazenando 76,09 t ha⁻¹ de carbono no manguezal de Itaipu (Cogliatti-
 9969 Carvalho e Mattos-Fonseca, 2004). Os valores de densidade, biomassa e carbono
 9970 armazenado nas três espécies estudadas estão na Tabela 3.7.7.
 9971 Tabela 3.7.7 - Valores de densidade, biomassa e carbono armazenado em *Avicennia shaueriana*,
 9972 *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* no manguezal de Itaipú - Niterói, RJ (adaptada de Cogliatti-
 9973 Carvalho e Mattos-Fonseca, 2004).

ESPÉCIE	DENSIDADE INDIVÍDUOS POR HECTARE	BIOMASSA (T HA ⁻¹) (PESO SECO)	CARBONO (T HA ⁻¹)
<i>Avicennia shaueriana</i>	2971	119,58	59,79
<i>Laguncularia racemosa</i>	3271	31,43	15,72
<i>Rhizophora mangle</i>	57	1,18	0,59
Total		152,19	76,09

9974

9975 Randa (1980) e Grasso (1994), destaca a importância econômica e social dos
 9976 manguezais do Parque Nacional de Caroni (Trinidad – Tobago), estabelecendo um valor
 9977 de US\$ 8.000,00 por hectare de área úmida. Mattos-Fonseca (2001) encontrou US\$
 9978 2.105,00 por hectare, expressando o valor de existência pela disposição a pagar, e o

⁵³ Mais informações em:

http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=727%3Aminuta-de-anteprojeto-d

9979 valor indiretamente eliciado através do trabalho voluntário de US\$ 7.560,00 por hectare
 9980 da laguna de Itaipu.
 9981

9982 **3.7.5. Lacunas no conhecimento**

9983 Existe pouca documentação que relacione as variações na produção de biomassa aérea e
 9984 subterrânea com as variações dos elementos do clima para os biomas brasileiros, assim
 9985 como são escassas medições contínuas para o entendimento das taxas de crescimento,
 9986 mortalidade, decomposição e de acúmulo de biomassa. As dinâmicas destes
 9987 ecossistemas ainda não estão quantificadas em uma escala compatível com sua
 9988 variabilidade espacial, e variações do solo, composições florísticas e clima em
 9989 diferentes escalas impossibilitam uma extrapolação de medições para áreas extensas.
 9990 Muitos dos dados de medições de variáveis biofísicas dos biomas estão apresentados
 9991 apenas em congressos científicos e em dissertações e teses, o que dificulta o acesso aos
 9992 mesmos.
 9993 Essas lacunas no conhecimento se tornam mais críticas quando considera-se a grande
 9994 pressão que tais biomas enfrentarão em relação às mudanças no clima. Isso também
 9995 impacta fortemente a efetividade da criação e viabilização de políticas públicas
 9996 nacionais e internacionais, como o mercado de carbono, tornando-se mais frágil a
 9997 valoração e implementação de tais medidas.
 9998 Há grandes lacunas de conhecimento, propostas e soluções para a mitigação das
 9999 alterações antrópicas e mudanças climáticas nos biomas Pantanal, Mata Atlântica,
 10000 Pampa e Manguezais. Isso se deve, em grande parte, à preocupação bastante recente ao
 10001 tema. As iniciativas existentes são propostas ou planos baseados, principalmente, em
 10002 documentos oficiais como o relatório do IPCC. Da mesma forma, há pouca interação
 10003 entre os órgãos tomadores de decisão e a comunidade científica local.
 10004 No bioma Caatinga, embora haja muitas evidências de alterações climáticas, ainda não é
 10005 possível apontar de uma forma quantitativa a dimensão e a velocidade dos processos de
 10006 degradação e desertificação. A infraestrutura para se prever tais riscos é precária, assim
 10007 como são limitados os sistemas de alerta. Seria necessária uma melhor compreensão dos
 10008 efeitos das alterações e variabilidade climáticas, para então se prever os riscos
 10009 relacionados. As propriedades do uso e cobertura do solo, aliadas aos fatores biofísicos,
 10010 combinam-se com as tendências atmosféricas, tais como as concentrações de gases de
 10011 efeito estufa, com efeito de realimentação nas dinâmicas de alterações regional e global
 10012 do clima. As grandes lacunas de dados, metodologias e de conhecimento relacionam-se
 10013 com o monitoramento, mapeamento e informação sobre a cobertura vegetal e uso do
 10014 solo.
 10015 Para os bioma em geral, com exceção da Amazônia, nenhum sistema de
 10016 monitoramento, mapeamento e coleta de dados está em funcionamento de forma
 10017 sistemática. A coleta de dados em nível local e regional não está totalmente coordenada,
 10018 e se os dados são coletados para uma determinada finalidade, podem não estar
 10019 disponíveis para outras partes interessadas e para outros fins. Métodos de coleta e
 10020 armazenamento de dados estão dispersos e não se encontram harmonizados. O
 10021 monitoramento por satélite é complementar e não uma alternativa a observações *insitu*,
 10022 mas oferece uma boa base para a integração espaço-temporal de ambos os tipos de
 10023 dados (o conhecimento contextual adquirido no campo pode ser usado para orientar e
 10024 calibrar a análise de dados via satélite). No entanto, estas devem ser combinadas com
 10025 séries de longo prazo, através de abordagens inovadoras. As análises de impactos das
 10026 alterações climáticas necessitam integrar melhor os aspectos do clima para fornecer uma

10027 maior compreensão da relação causa-efeito, visando identificar as áreas potenciais para
 10028 gestão de adaptação e orientação política.
 10029

10030 **Referencias Bibliográficas**⁵⁴

10031 Abdala, G.C., 1993. Análise energética de um cerrado e sua exploração por atividade de
 10032 carvoejamento rústico. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília – UnB..

10033 Abdon, M. M.; Silva, J. S. V.; Souza, I. M.; Romom, V. T.; Rampazzo, J.; Ferrari, D. Let al.,
 10034 2007. Desmatamento no bioma Pantanal até o ano 2002: Relações com a Fitofisionomia e
 10035 Limites municipais. Revista Brasileira de Cartografia, V.59/1, abril 2007, p. 17-24.

10036 Academia de Ciência do Estado de São Paulo (ACIESP)., 1997. Glossário de ecologia. São
 10037 Paulo: ACIESP, 2. ed., . 352p. (Academia de Ciências do Estado de São Paulo).

10038 Aceituno, P., 1988. On the functioning of the Southern Oscillation in the South-American sector
 10039 .1. surface climate. Monthly Weather Review, v.116, n.3, p.505-524, 1988.

10040 Adámoli, J. 1982. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados: discussão sobre o
 10041 conceito de complexo do Pantanal. In Anais do 32º Congresso nacional da Sociedade Botânica
 10042 do Brasil, Teresina, Universidade Federal do Piauí, p.109-119..

10043 Aguiar et al.. 2012. Modeling the spatial and temporal heterogeneity of deforestation-driven
 10044 carbon emissions: the INPE-EM framework applied to the Brazilian Amazon, Global Change
 10045 Biology, accepted.(online 11 Jul 2012)

10046 Aguiar, Renata Gonçalves. 2005. Fluxos de Massa e Energia em uma Floresta Tropical, no
 10047 sudoeste da Amazônia, Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Universidade
 10048 Federal de Mato Grosso, Cuiaba, 2005.

10049 Aizpuru et al..2000.

10050 Alencar, A. 2004. "O Desenvolvimento que Queremos: Ordenamento Territorial da BR-163,
 10051 Baixo Amazonas, Transamazônica e Xingu." In: *Relatório do Encontro. Maio, 29-31. Santarém*
 10052 [, IPAM, ISA, FVPP, Fetagri BAM, FORMAD, FVPP, CEFTBAM, Forum BR-163, GTA
 10053 (org.)] ParáA.

10054 Alencar, A. 2006. ????

10055 Almeida, C.M.; Battyb, M.; Monteiroa, A. M. V.; Câmara, G.; Soares-Filho, B. S.; Cerqueira,
 10056 G. C.; Pennachind, C. L. ., et al., 2003. Stochastic cellular automata modeling of urban land use
 10057 dynamics: empirical development and estimation. Computers, Environment and Urban Systems,
 10058 v. 27, 481-509, 2003.

10059 Almeida, M.G., 2003. Cultura ecológica e biodiversidade. Mercator, v. 02, n. 3., 71-82, 2003.

10060 Altieri, 2009a

10061 Altieri, 2009b

10062 Alves, 2007.

10063 Alves, H.Q.;, R.G.P. Junqueira, R. G. P.; e F. Bellei, F.,. 2011. Geoprocessamento como
 10064 Ferramenta para averiguar o Cadastro Ambiental Rural realizado no estado de Mato Grosso. In:
 10065 *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. (pp. 4225-4232), Curitiba, PR.

⁵⁴ A lista de **Referências Bibliográficas** do subcapítulo 3.7 Mudança e Uso da Terra está em **processo de revisão**

- 10066 Amador, G. A. 2006. Composição florística e caracterização estrutural de duas áreas de
10067 Carandazais nas sub-regiões do Miranda e Nabileque, Pantanal sul mato-grossense, Brasil.
10068 2006. 55 f, Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação), Universidade Federal de Mato
10069 Grosso do Sul.
- 10070 ANA/GEF/PNUMA/OEA. 2003. *Implementação de Práticas de Gerenciamento integrado de*
10071 *Bacia Hidrográfica para o Pantanal e Bacia do Alto Paraguai*. Subprojeto 9.4A - Elaboração
10072 do Diagnóstico Analítico do Pantanal e Bacia do Alto Paraguai – DAB. Resumo Executivo.
- 10073 Andersen, L.E., e& E.J. Reis, E. J., 1997. Deforestation, Development and Government Policy
10074 in the Brazilian Amazon: An Econometric Analysis. (Working Paper 513.). Rio de Janeiro,
10075 Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).
- 10076 Anderson, J.L: Explaining long-term economic change, Cambridge University Press, 1995.
- 10077 Anderson, L. O., Y. Malhi, L. E. O. C. Aragão, R. Ladle, E. Arai, N. Barbier, and O. Phillips
10078 .2010.Remote sensing detection of droughts in Amazonian forest canopies, *New Phytologist*,
10079 187(3), 733-750.
- 10080 Andrade-Lima, D.A., 1981. The Caatinga dominium. *Revista Brasileira de Botânica*. Rio de
10081 Janeiro, v.4, n.1, p. 149-153, 1981.
- 10082 Andrae et al. 2004
- 10083 ANEEL. BIG – Banco de Informações e Geração. Capacidade Instalada por Estado. Consultado
10084 junho 2011. <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/ResumoEstadual.asp>.
- 10085 Angelsen, A. (ed.). Moving ahead with REDD: Issues, options and implications. CIFOR, Bogor,
10086 Indonesia, 2008. 156p. Disponível em:
10087 <http://www.cifor.cgiar.org/publications/pdf_files/Books/BAngelsen0801.pdf>.
- 10088 Aragão, L. E. O. C.; Shimabukuro, Y. E. 2010. The Incidence of Fire in Amazonian Forests
10089 with Implications for REDD. *Science*, v. 328 (5983), 1275-1278, 2010. DOI:
10090 10.1126/science.1186925.
- 10091 Araújo, F. M.; Ferreira Jr. L. G. 2011. Validação do Produto MODIS MCD45 A1 área
10092 queimada utilizando imagens Landsat-TM para o bioma Cerrado. In XV Simpósio Brasileiro de
10093 Sensoriamento Remoto (p. 6410-6417), Curitiba, PR
- 10094 Araújo, F.M.A., L.G.; Ferreira, L.G.;e A.E. Arantes, 2012. *A.E. Remote Sens.*, 4, 1929-1946,
10095 2012. Doi:10.3390/rs4071929
- 10096 Araújo, F.S., M.J.N; Rodal, e M;R.VM.J.N.; BARBOSA, M.R.V. 2005. Análise das variações
10097 da biodiversidade do Bioma Caatinga. Ministério do Meio Ambiente, DF. Brasília
- 10098 Arieira, J.; Nunes Da Cunha, C. 2006. Fitossociologia de uma floresta inundável
10099 monodominante de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae), no Pantanal Norte, MT, Brasil.
10100 *Acta Botanica Brasilica*, v. 20, 569-580, Setembro
- 10101 Assad, E. D., e H. Silveira Pinto, H. 2008. Aquecimento global e Cenários Futuros da
10102 agricultura Brasileira. São Paulo: Cepagri / Unicamp. (Disponível em:
10103 <http://www.agritempo.gov.br/climaeagricultura/download.html> Acessado em ???).
- 10104 Assad, E. D., et al., 2004. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do
10105 café no Brasil. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39, n.11, p.1057-1064.
- 10106 Assad, E. D.; Silveira Pinto, H.; Zullo Jr., J.; Ávila, A. M. H. 2004. Impacto das mudanças
10107 climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39,
10108 n.11, p.1057-1064

- 10109 Avissar, R., Silva-Dias, P. L., Silva-Dias, M. A. F., Nobre, C. 2002. The Large-Scale
10110 Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA): Insights and future research needs.
10111 Journal of Geophysical Research. 107, 43-1 a 43-6..
- 10112 Bairros, A.; ., et al., 2007. Uso da terra na região metade sul – RS. Revista Brasileira de
10113 Agroecologia, v.2, n.,pp.1430 - 1433
- 10114 Baker, T. R., et al. 2004. Increasing biomass in Amazonian forest plots, Philosophical
10115 Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 359(1443), 353-
10116 365.
- 10117 Baker, W. L. 1989. A review of models of landscape change. Landscape Ecology, v. 2 (2), 111-
10118 133.
- 10119 Barbosa e Fearnside, 1999
- 10120 Barbosa, H.A. e, Erturk, A. G., 2009. Using multispectral SEVIRI radiances at the top of deep
10121 convective storm as a powerful tool for short prediction in Brazil. 5th European Conference on
10122 Severe Storms, Stadtsala Bernlochner - Landsat - Germany, 12-16 October,
10123 www.essl.org/ECSS/2009/preprints/007-7-barbosa.pdf. Acessado em
- 10124 Barbosa, H.A., 1998. Análise espaço temporal de índice de vegetação AVHRR/NOAA e
10125 precipitação na região Nordeste do Brasil em 1982-85. Dissertação de Mestrado. Divisão de
10126 Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP,
10127 Brazil.
- 10128 Barbosa, H.A, A.R. Huete, W.E. Baethgen, 2006. A 20-year study of NDVI variability over the
10129 Northeast region of Brazil, Journal of Arid Environ., 67, 288-307.
- 10130 Barbosa, H.A., 2004. Vegetation dynamics over the Northeast region of Brazil and their
10131 connections with climate variability during the last two decades of the twentieth century.
10132 Doctoral degree dissertation in Soil, Water, and Environmental Science at the University of
10133 Arizona. Tucson, Arizona.
- 10134 Barbosa, H.A.; e Lakshmi Kumar, 2011. Strengthening regional capacities for providing remote
10135 sensing decision support in drylands in the context of climate variability & change. In:
10136 YOUNG, S. S.; SILVERN, S. E. *Environmental change* [Young, S.S., e S.E. Silvern
10137 (Org.)]. USA, ISBN 979-953-307-109-0.
- 10138 Bayer, C., e J. Mielniczuck, 1999. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: *Fundamentos da*
10139 *matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. [Santos, G. de A., F.A. de O.
10140 Camargo, (Eds.)] Porto Alegre: Gênesiscap.2, p.9-26.
- 10141 Bayer, C., et al.; Martin-Neto, L.; Mielniczuk, J.; Pavinato, A.; Dieckow, J. 2006. Carbon
10142 sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. Soil & Tillage Research, v. 86, p.
10143 237-245
- 10144 Bayer, C.; Mielniczuck, J. 1999. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de
10145 A.; CAMARGO, F.A. de O. (Eds). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas*
10146 *tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênesiscap.2, p.9-26.
- 10147 Belk, E. L., D. Markewitz, T. C. Rasmussen, E. J. M. Carvalho, D. C. Nepstad, and E. A.
10148 Davidson 2007. Modeling the effects of throughfall reduction on soil water content in a
10149 Brazilian Oxisol under a moist tropical forest, Water Resour. Res., 43(8), W08432.
- 10150 Berlato, M. A. e D.C.; Fontana, D. C. 2003. El Niño e La Niña: impactos no clima, na
10151 vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na
10152 agricultura. Porto Alegre: UFRGS. 110p.

- 10153 Bettoli, M. L.; et al. Pastura natural de salto (Uruguay): relación con la variabilidad climática y
 10154 análisis de contextos futuros de cambio climático. Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.2,
 10155 2010. p.248 - 259.
- 10156 Bisso, A. B. A.; et al. Análise da variação da resposta espectral da vegetação do bioma pampa,
 10157 frente às variações da fenologia. Anais... XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo
 10158 Horizonte, 2009. CD-ROM.
- 10159 Boldrini, I.I. et al., 2010. Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica. Porto Alegre:
 10160 Editora Pallotti, 2010. 64 p.
- 10161 Boldrini, I.I., 1997. Boletim do instituto de biociências: campos do Rio Grande do Sul,
 10162 caracterização fisionômica e problemática ocupacional. Porto Alegre: Universidade Federal do
 10163 Rio Grande do Sul, 1997. 39 p.
- 10164 Bolund, P., Hunhammar, S. 1999. Ecosystem services in urban area. Ecological Economics, 29,
 10165 293-301.
- 10166 Borges et al. 2011.
- 10167 Borges, F.T.M.1991. *Do extrativismo à pecuária: algumas observações sobre a história*
 10168 *econômica de Mato Grosso (1870 a 1930)*, São Paulo: Master Dissertation. Economy
 10169 Department, University of São Paulo.
- 10170 Borja, A. G. B.; Ferreira, M. E.; Nemayer, M.; Miziara, F.; Ribeiro, F. L. 2011. Quantification
 10171 of greenhouse gases emission from sugarcane burnings: a study case in savanna areas of Brazil.
 10172 Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n. 22, 60 – 65,.
- 10173 Boschetti, L.; Roy, D.; Hoffmann, A. A. 2009. MODIS Collection 5 Burned Area Product -
 10174 MCD45 User's Guide version 2.0,
- 10175 Botelho C., Correia, A.L., Silva, A.M.C., M A.G., Silva, C.O.S.et al., 2003. Fatores ambientais
 10176 e hospitalizações em crianças menores de cinco anos com infecção respiratória aguda. Cad.
 10177 Saúde Públ.;19, 1771-1780.
- 10178 Bowman, D.M.J.S., Balch, J.K., Artaxo, P., Bond, W.J., Carlson, J.M., Cochrane, M.A.,
 10179 D'antonio, C.M., Defries, R.S., Doyle, J.C., Harrison, S.P., Johnston, F.H., Keeley, J.E.,
 10180 Krawchuk, M.A., Kull, C.A., Marston, J.B., Moritz, M.A., Prentice, I.C., Roos, C.I., Scott,
 10181 A.C., Swetnam, T.W., Van Der Werf, G.R., and Pyne, S.J et al., 2009. Fire in the Earth system.
 10182 Science 324, pp.481-484.
- 10183 Braga, C. C.; De Brito, J.I; Sansigolo, C.A E Rao, T.V.R. 2003. Tempo de Resposta da
 10184 Vegetação às Variabilidades Sazonais da Precipitação no Nordeste do Brasil. Revista Brasileira
 10185 de Agrometeorologia, v.11, n.1, p.149-157
- 10186 Brando, P. M., D. C. Nepstad, E. A. Davidson, S. E. Trumbore, D. Ray, and P. Camargo .2008
 10187 Drought effects on litterfall, wood production and belowground carbon cycling in an Amazon
 10188 forest: results of a throughfall reduction experiment, Philosophical Transactions of the Royal
 10189 Society B: Biological Sciences, 363(1498), 1839-1848.
- 10190 Brando, P., D. Ray, D. Nepstad, G. Cardinot, L. Curran, and R. Oliveira .2006. Effects of partial
 10191 throughfall exclusion on the phenology of *Coussarea racemosa* (Rubiaceae) in an east-central
 10192 Amazon rainforest, Oecologia, 150(2), 181-189.
- 10193 Brasil, 2006
- 10194 Brasil, 2006.Decreto Nº 5995 DE 19 de Dezembro de 2006. Institui o Sistema de Gestão do
 10195 Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste
 10196 Setentrional, e dá outras providências.
- 10197 Brasil, 2008

- 10198 Brasil, 2010
- 10199 Brasil. 2009. Lei n/ 121187/22009
- 10200 Brown e Freitas, 2000
- 10201 Bruijnzeel, L.A., 1990. Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of
10202 knowledge review. Unesco International Hydrological Programme.Paris. 224p, 1990.
- 10203 Burma, L. S.; Rocha, H. R.; Cabral, O. M.; Von Randow, C.; Collicchio E.; Kurzatkowski, D.;
10204 Brugger, P. J.; Freitas, H., Tannus, R.; Oliveira L.; Rennó, C. D.; Artaxo, P. 2009. Atmosphere
10205 and hydrological controls of the evapotranspiration over a floodplain forest in the Bananal
10206 Island region, Amazonia. Journal of Geophysical Research, 114:G01003.
10207 Doi:10.1029/2007JG000641, 2009.
- 10208 Bustamante, M.M.C.; Corbeels, M.; Scopel, E.; Roscoe, R. 2006. Soil carbon storage and
10209 sequestration potential in the cerrado region of Brazil. In: Carbon Sequestration in Soils of Latin
10210 America (285-304). The Haworth Press.
- 10211 Butt, N., Y. Malhi, O. Phillips, and e M. New, (2008),. Floristic and functional affiliations of
10212 woody plants with climate in western Amazonia, Journal of Biogeography, 35(5), 939-950.
- 10213 Câmara. 2003
- 10214 Carson, Richard T. 1998. Valuation of tropical rainforests: philosophical and practical issues in
10215 the use of contingent valuation, Ecological Economics, n. 24/1, Elsevier Science, Ireland,.
- 10216 Cartes e Yanosky, 2003
- 10217 Carvalho, D.F. et al., 2003. Efeito da cobertura morta e do preparo do terreno nas perdas de solo
10218 e água em um argissolo vermelho amarelo. Engenharia na Agricultura, v. 11, n. 1-4, p. 15-22,
10219 2003.
- 10220 Carvalho, N.O., L.G. Guilhon, L.G., e P.A. Trindade, P.A. 2000. O assoreamento de um
10221 pequeno reservatório - Itiquira, um estudo de caso. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 5,
10222 pp. 69-79. 2000.
- 10223 Castelnou, M. N.; Floriani, D.; Vargas, I. A.; Dias, J. B. Sustentabilidade socioambiental e
10224 diálogo de saberes: o Pantanal mato-grossense e seu espaço vernáculo como referência.
10225 Desenvolvimento e Meio Ambiente, Editora UFPR, n. 7, p. 41-67, jan/jun. 2003.
- 10226 Castro, S.S.; Abdala, K.; Silva, A.A.; Borges, V.M.S. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado
10227 e no Estado de Goiás: A expansão para uma análise espacial do processo. Boletim Goiano de
10228 Geografia, v. 30, n. 01, 2010.
- 10229 Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE; IPAM; SAE/PR). 2011. REDD no Brasil: um
10230 enfoque amazônico: fundamentos, critérios e estruturas institucionais para um regime nacional
10231 de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal - REDD. Centro de Gestão
10232 e Estudos Estratégicos, Brasília, DF, 2011. 152 p.
- 10233 Cerri et al., 2009. **Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and**
10234 **livestock**, Sci. agric. (Piracicaba, Braz.) vol.66 no.6 Piracicaba Nov./Dec. 2009
10235 <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162009000600017>
- 10236 Cerri et al.. 2010.**Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock**
10237 **and agriculture**. ci. agric. (Piracicaba, Braz.) vol.67 no.1 Piracicaba Jan./Feb. 2010
10238 <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000100015>
- 10239 Cerri, C.C., Bernoux, M., Maia, S.M.F., Cerri, C.E.P., Costa Junior, C., Feigl, B.J., Frazão,
10240 L.A., Castro Mello, F.F., Galdos, M.V., Moreira, C.S., Carvalho, J.L.N. 2010. Greenhouse gas

- 10241 mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. *Sci. Agric.*
10242 (Piracicaba, Braz.), 67, 102-116
- 10243 Cerri, C.E.P., Sparovek, G., Bernoux; M., Easterling, W.E., Melillo, J.M., Cerri, C.C. 2007.
10244 Tropocal agriculture and global warming: impacts and mitigation options. *Sci. Agric.*
10245 (Piracicaba, Braz.), 64, 83-99.
- 10246 Certini, G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: A review. *Oecologia*, 143.,
10247 Doi:10.1007/s00442-004-1788-8.
- 10248 Chaves, M. M., J. P. Maroco, and J. S. Pereira (2003), Understanding plant responses to drought
10249 - from genes to the whole plant, *Functional Plant Biology*, 30(3), 239-264.
- 10250 Chebez e Hilgert, 2003.
- 10251 Chomitz, K. M. 2004. Transfer of Development Rights and Forest Protection: an exploratory
10252 analysis. *International Regional Science Review* 27 (3), 348-373
- 10253 Chomitz, K. M. 2006. At Loggerheads?: Agricultural Expansion, Poverty Reduction, and
10254 Environment in the Tropical Forests. World Bank Publications
- 10255 Chomitz, K. M.; Brenes, E.; Constantino, L. 1999. Financing environmental services: the Costa
10256 Rican experience and its implications. *Science of the Total Environment*, v. 240, 1-3, 157-169,
- 10257 CI-Brasil, ECOA, AVINA, SOS Pantanal, WWF-Brasil. 2010. Monitoramento das Alterações
10258 da Cobertura Vegetal e Uso do Solo na Bacia Alto Paraguai. Resumo Exeutivo.
10259 http://assets.wwfbr.panda.org/downloads/baciaaltoparaguai_resumoexecutivo.pdf.
- 10260 Cochrane et al. 1999.
- 10261 Coe, M.T.; Latrubesse, E.M.; Ferreira, M.E.; Amsler, M.L., et al., 2011. The effects of
10262 deforestation and climate variability on the streamflow of the Araguaia River, Brazil.
10263 *Biogeochemistry* (Dordrecht), v. xx,.
- 10264 Cogliatti-Carvalho, L. & Mattos-Fonseca, Sérgio. 2004. Quantificação da biomassa e do
10265 Carbono em *Rhizophora mangle*, *Avicennia shaueriana* e *Laguncularia racemosa* no manguezal
10266 da laguna de Itaipu, Niterói – RJ. in VI Simpósio de Ecossistemas Brasileiros – Programa e
10267 Resumos, Academia de Ciências do Estado de São Paulo, INPA, São José dos Campos, 2004.
- 10268 Collischonn, W. Tucci, C.E.M, Clarke, R.T. Further evidences of change in hydrological regime
10269 of the river Paraguay: part of a wider phenomenon of climatic change? *Journal of Hydrology*,
10270 245: 218-238, 2001.
- 10271 Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD). 1998. *Nosso Futuro*
10272 *Comum*, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1988.
- 10273 Cordeiro, J. L. P.; Hasenack, H. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In: Pillar, V. D.;
10274 Muller, S. C.; Castilhos, Z. M. S.; Jacques, A. V. A. (Org.). 2009. *Campos Sulinos:*
10275 *Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade*. Brasília: MMA. cap. 23, p. 285-299.
- 10276 Corsini, E.; Guarim Neto, G. 2000. Aspectos ecológicos da vegetação de "carvoal" (*Callisthene*
10277 *fasciculata* (Spr.) Mart.) no pantanal mato-grossense. In: III SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS
10278 NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 1, Corumbá (MS). *Anais. Corumbá:*
10279 *III SINPAM*, p. 1-52.
- 10280 Costa et al., 2000.
- 10281 Costa, M. H., A.; Botta, A.J.; A. Cardille, J. A. 2003. Effects of large-scale change in land cover
10282 on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. *Journal of Hydrology*, v. 283
10283 (12), 206-217.,

- 10284 Costa, M.H., e G.F.; Pires, G.F. 2009. Effects of Amazon and central Brazil deforestation
10285 scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation. International Journal of
10286 Climatology, (doi:10.1002/joc.2048).
- 10287 Costa, M.H., e G.F.; Pires, G.F. 2010. Effects of Amazon and central Brazil deforestation
10288 scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation. International Journal of
10289 Climatology. (doi:10.1002/joc.2048).
- 10290 Costa, M.H., e J.A. Foley. 2000. Combined effects of deforestation and doubled atmospheric
10291 CO₂ concentrations on the climate of Amazonia. Journal of Climate 13: 18-34
- 10292 Costa, M.H.; Foley, J.A. 2000. Combined effects of deforestation and doubled atmospheric CO₂
10293 concentrations on the climate of Amazonia. Journal of Climate 13: 18-34
- 10294 Coutinho, L.M.2006. O conceito de bioma. Acta Bot. Braz., 20, 13–23.
- 10295 Coutinho, L.M. O conceito de bioma. Acta Bot. Braz., 20, 13–23, 2006.
- 10296 Couto, M. S. D. S.; Ferreira, L. G.; Hall, B. R.; Silva, G. J. P.; Garcia, F. N.2010. Identificação
10297 de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade e paisagens no estado de Goiás:
10298 métodos e cenários no contexto da bacia hidrográfica. Revista Brasileira de Cartografia, v.
10299 62(2), 125-135,
- 10300 Cox, P.M., P. P. Harris, C. Huntingford, R. A. Betts, M. Collins, C. D. Jones, T. E. Jupp, J. A.
10301 Marengo, and C. A. Nobre, et al., . 2008.Increasing risk of Amazonian drought due to
10302 decreasing aerosol pollution, Nature, 453(7192), 212-215.
- 10303 da Costa, A. C. L., et al. 2010., Effect of 7 yr of experimental drought on vegetation dynamics
10304 and biomass storage of an eastern Amazonian rainforest, New Phytologist, 187(3), 579-591.
- 10305 Damasceno-Junior, G. A.; Semir, J.; Santos, F. A. M.; Leitão-Filho H.F. 2005. Structure,
10306 distribution of species and inundation in a riparian forest of Rio Paraguai, Pantanal, Brazil.
10307 Flora, v. 200, 119-135, Maio, 2005.
- 10308 Davidson et al., 2012. *Nature***481**,321–328 doi:10.1038/nature10717
- 10309 Davidson, E. A., D. C. Nepstad, F. Y. Ishida, and P. M. Brando. 2008., Effects of an
10310 experimental drought and recovery on soil emissions of carbon dioxide, methane, nitrous oxide,
10311 and nitric oxide in a moist tropical forest, Global Change Biology, 14(11), 2582-2590.
- 10312 Davidson, E. A., F. Y. Ishida, and D. C. Nepstad .2004., Effects of an experimental drought on
10313 soil emissions of carbon dioxide, methane, nitrous oxide, and nitric oxide in a moist tropical
10314 forest, Global Change Biology, 10(5), 718-730.
- 10315 De Angelo, 2009.
- 10316 De Carlo, Sandra: Meio Ambiente: sua Integração nos Sistemas de Informações Estatísticas,
10317 Textos para Discussão n° 96, IBGE, Rio de Janeiro, 1999.
- 10318 Deregibus, V.A. Argentina's humid grazing lands. In: Lelaire, G.; Hodgson, J.;De Moraes, A.;
10319 Carvalho, P.C.F.; Nabinger,C. (ed). Grassland ecophysiologyand grazing ecology. Cambridge:
10320 CABI Publishing, 2000. cap.20, p.395-405.
- 10321 Diniz, G.L., Fonseca, M. Campelo Jr., J.H. 2008. Análise harmônica do regime de precipitação
10322 em duas localidades da baixada cuiabana. Biomatemática, 18, 37-48,
- 10323 Diniz-Filho, J.. A.F.; Oliveira, G.; Lobo, F.; Ferreira Jr., L. G.; Bini, L. M.; Rangel, T. F. V. L.
10324 B., et al., 2008. Agriculture, habitat loss and spatial patterns of human occupation in a
10325 biodiversity hotspot. Scientia Agrícola,

- 10326 dos Santos, M. A., Pinguelli Rosa, L., Sikar, B., Sikar, E., Oliveira dos Santos, E. 2006. Gross
10327 greenhouse gas fluxes from hydro-power reservoir compared to thermo-power plants. Energy
10328 Policy 34, 481–488.
- 10329 Doughty, C. E., M. G. Flanner, and M. L. Goulden. 2010. Effect of smoke on subcanopy shaded
10330 light, canopy temperature, and carbon dioxide uptake in an Amazon rainforest, Global
10331 Biogeochem. Cycles, 24(3), GB3015.
- 10332 Duarte, R.S., 2002a. A seca de 1958: Uma avaliação pelo ETENE. Fortaleza. Banco do
10333 Nordeste; Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2002a. 144p. (série Estudos sobre as Secas do
10334 Nordeste; v.1)
- 10335 Duarte, R.S., 2004b 2002b.
- 10336 Dubeux Jr. J.C., e M.V.F.; Santos, M.V.F.2005.Exigências nutricionais da palma forrageira.
10337 In: MENEZES R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. *A palma no nordeste do brasil:
10338 conhecimento atual e novas perspectivas de uso*. [Menezes R.S.C., D.A. Simões, E.V.S.B
10339 Sampaio (org.)]. Recife: Ed. Universitária da UFPE. p. 105-128.
- 10340 Dwyer, J.F., McPherson, E.G., Schroeder, H.W., Rowntree, R.A. 1992. Assessing the benefits
10341 and costs of the urban forest. Journal of Arboriculture, 18, 227-234.
- 10342 Earthwatch.2004.*Pantanal Conservation Research Initiative: Annual Report 2003*. Maynard:
10343 Earthwatch.
- 10344 Ehhalt, D.; Prather, M.; Dentener, F.; Dlugokencky, E.; Holland, E.; Isaksen, I.; Katima, J.,
10345 Kirchhoff, V.; Matson, P.; Midgley, P.; Wang, M. 2001. Atmospheric chemistry and
10346 greenhouse gases. In Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Dai X,
10347 Maskell K, Johnson CA (eds) *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge
10348 University Press, Cambridge, pp 239-287
- 10349 Eiten, G., 1994. Vegetação do Cerrado (pp. 17-73). In: *M. N. Pinto (org.). Cerrado:
10350 Caracterização, Ocupação e Perspectivas*. [Pinto, M.N. (Org.)]. Editora Universidade de
10351 Brasília, Brasília
- 10352 EMBRAPA. Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento.2000. Alternativas para a prática de
10353 queimadas na agricultura: recomendações tecnológicas. Brasília, 2000. 63 p.
- 10354 Empraba. 2005. Plano Nacional de Agroenergia: 2006-2011. Brasília.
- 10355 Engelbrecht, B.M.J., L. S. Comita, R. Condit, T. A. Kursar, M. T. Tyree, B. L. Turner, and S. P.
10356 Hubbell et al., 2007. Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests,
10357 Nature, 447(7140), 80-82.
- 10358 Eva, H.D, eO. Huber (Eds.), 2005. “A proposal for defining the geographical boundaries of
10359 Amazonia,” (Rep. EUR 21808-EN, Off. Publ. Eur. Communities, Luxembourg,.
- 10360 Evangelista, F.M.; Tebaldi, C. Fonseca, E.L. 2010. Cenários de estimativa dos impactos das
10361 atividades socioeconômicas sobre a vegetação remanescente do bioma Pampa. Anais... XV
10362 Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba, . CD-ROM.
- 10363 Evans, T. P.; Manire, A.; Castro, F.; Brondizio, E.; Mccracken, S. 2001. A dynamic model of
10364 household decision-making and parcel level landcover change in the eastern Amazon.
10365 Ecological Modelling, v. 143, 95-113.
- 10366 Fahrig. 2003.
- 10367 Faleiro, F.G.; Farias Neto, A.L. (Eds.).2008. Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio
10368 entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrado. Informação
10369 Tecnológica,

- 10370 Fargione et al.2010.
- 10371 Favis-Mortlocka, D.T., e AJ.T. Guerra, A.J.T. 1999. The implications of general circulation
10372 model estimates of rainfall for future erosion: a case study from Brazil. *Catena*,37, 329-354
- 10373 Fearnside, P. M. 2010. Tropical forests [Mitigation of climate change, pp. 484-493]. In: *S. H.*
10374 *Schneider, A. Rosencranz, M. D. Mastrandrea and Kristin Kuntz-Duriseti (eds.) Climate*
10375 *Change Science and Policy*. [Schneider S.H., A. Rosencranz, M. D. Mastrandrea, e K. Kuntz-
10376 Duriseti (eds.)] Island Press, Washington, DC., 2010. 522 p.
- 10377 Fearnside, P. M., 2006. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta*
10378 *Amazonica*, v. 36 (3), 395-400
- 10379 Fearnside, P. M., 2009. Global warming in Amazonia: Impacts and Mitigation. *Acta*
10380 *Amazonica*, v. 39 (4), 1003 - 1012.
- 10381 Feigl, B. J.; Bernoux, M.; Cerri, C. C.; Piccolo, M. C. 2001. O efeito da sucessão
10382 floresta/pastagem sobre o estoque de carbono e o fluxo de gases em solos da Amazônia. In:
10383 LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. Mudanças climáticas globais e a
10384 agropecuária brasileira (Orgs.). Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente397 p.
- 10385 Ferreira Jr., L. G., e M.M.C. Bustamante (Org.), 2011. Monitoramento das emissões de carbono
10386 no Cerrado brasileiro. Brasília: Embaixada Britânica. Disponível em < www.lapig.iesa.ufg.br>
- 10387 Ferreira, 2007
- 10388 Ferreira, 2007d.
- 10389 Ferreira, A.M.M., e & E. Salati, E., 2005. "Forças de transformação do ecossistema amazônico".
10390 *Estudos Avançados* 19 (54) 25-44.
- 10391 Ferreira, M. E. 2009. Modelagem da dinâmica de paisagem do Cerrado. Tese, Universidade
10392 Federal de Goiás (UFG), Ciências Ambientais,. Disponível em< www.lapig.iesa.ufg.br>
- 10393 Ferreira, M. E. et al., 2009. Ativos ambientais do bioma Cerrado: uma análise da cobertura
10394 vegetal nativa e sua relação com o preço da terra no estado Goiás. *Revista Brasileira de*
10395 *Cartografia*, V. 61 (1), 37-50
- 10396 Ferreira, M. E., N. Bleyer, e G. Fernandes, 2008. Indicativos de desmatamentos em Unidades de
10397 Conservação com base em dados orbitais: uma análise temporal (2003-2006) para o Cerrado
10398 Goiano. In: *IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais*.
10399 Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2008
- 10400 Ferreira, M. E.; Bleyer, N.; Fernandes, G. 2008. Indicativos de desmatamentos em Unidades de
10401 Conservação com base em dados orbitais: uma análise temporal (2003-2006) para o Cerrado
10402 Goiano. In: *IX Simpósio Nacional Cerrado e II Simpósio Internacional Savanas Tropicais*.
10403 Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2008.
- 10404 Ferreira, M. E.; Ferreira Jr., L. G.; Ferreira, N. C.; Lobo, F. C. 2007b. Base de dados territoriais
10405 necessárias à análise de um sistema de reserva extra-propriedade no Estado de Goiás. *Boletim*
10406 *Goiano de Geografia*, v. 27 (1), 27-46, 2007b.
- 10407 Ferreira, M. E.; Miziara, F.; Ferreira Jr., L. G.; Ribeiro, F. L.; Ferreira, N. C. 2009. Ativos
10408 ambientais do bioma Cerrado: uma análise da cobertura vegetal nativa e sua relação com o
10409 preço da terra no estado Goiás. *Revista Brasileira de Cartografia*, V. 61 (1), 37-50
- 10410 Ferreira, M.E., et al., 2007b. Base de dados territoriais necessárias à análise de um sistema de
10411 reserva extra-propriedade no Estado de Goiás. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 27 (1), 27-46.
- 10412 Ferreira, M.E., et al.; Ferreira Jr., L.G; Miziara, F.; Soares-Filho, B. 2012. Modeling landscape
10413 dynamics in the central Brazilian savanna biome: future scenarios and perspectives for

- 10414 conservation. Journal of Land Use Science., 2012 (versão online). DOI:
 10415 10.1080/1747423X.2012.675363. Disponível em:
 10416 <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1747423X.2012.675363#preview>
- 10417 Ferreira, N. C.; Ferreira, M. E.; Lobo, F. C. 2007^a. Riscos de desmatamentos e potencial de
 10418 regeneração da vegetação nativa: definindo prioridades e estratégias territoriais. Boletim Goiano
 10419 de Geografia, v. 27 (1), 83-96, 2007a.
- 10420 Ferreira, N. C.; Miziara, F.; Ribeiro, N. V. 2007c. Preço da terra em Goiás: pressupostos e
 10421 modelos. Boletim Goiano de Geografia, v. 27 (1), 47-62
 10422 Fidelis, A. et al., Efeito do fogo na
 10423 ecologia de populações herbáceas e arbustos dos campos sulinos. Revista Brasileira de
 Biociências, v.5, supl1, p. 303-305. 2007.
- 10424 Ferreira, N.C., F. Miziara, e N.V. Ribeiro, 2007c. Preço da terra em Goiás: pressupostos e
 10425 modelos. Boletim Goiano de Geografia, v. 27 (1), 47-62.
- 10426 Ferreira, N.C., M.E. Ferreira, e F.C. Lobo, 2007a. Riscos de desmatamentos e potencial de
 10427 regeneração da vegetação nativa: definindo prioridades e estratégias territoriais. Boletim Goiano
 10428 de Geografia, v. 27 (1), 83-96.
- 10429 Fidelis, A. et al., 2007. Efeito do fogo na ecologia de populações herbáceas e arbustos dos
 10430 campos sulinos. Revista Brasileira de Biociências, v.5, supl1, p. 303-305.
- 10431 Field, C.olin. 1997. (org): La Restauracion de Ecosistemas de Manglar, ISME - Sociedad
 10432 Internacional para Ecosistemas de Manglar, Editora de Arte, Managua, 1997.
- 10433 Fisher e Spalding. 1993.
- 10434 Fisher, R. A., M. Williams, A. L. Da Costa, Y. Malhi, R. F. Da Costa, S. Almeida, and P.
 10435 Meir.2007.The response of an Eastern Amazonian rain forest to drought stress: results and
 10436 modelling analyses from a throughfall exclusion experiment, Global Change Biology, 13(11),
 10437 2361-2378.
- 10438 Fonseca, E.L., V.C.P.; Silveira, V. C. P.; e E. Salomoni, E. 2006. Eficiência de conversão da
 10439 radiação fotossinteticamente ativa incidente em biomassa aérea da vegetação campestre natural
 10440 no bioma Campos Sulinos do Brasil. Ciência Rural, v.36, p.656-659.
- 10441 Fonseca, E. L.; Ponzoni, F. J.; Formaggio, A.R. 2007. Modelo agrometeorológico-espectral para
 10442 estimativa da disponibilidade de forragem no bioma "campos sulinos". Revista Brasileira de
 10443 Agrometeorologia. v15, n3, p. 241-249. 2007
- 10444 Fonseca. 2004
- 10445 Fontana, D. C. et al. Caracterização da dinâmica temporal dos campos do Rio Grande do Sul
 10446 por meio de imagens AVHRR/NOAA. Revista Brasileira de Agrometeorologia. v15, n1, p69-
 10447 83. 2007
- 10448 Fonty, E., C. Sarthou, D. Larpin, and e J.-F. Ponge, .2009. A 10-year decrease in plant species
 10449 richness on a neotropical inselberg: detrimental effects of global warming?, Global Change
 10450 Biology, 15(10), 2360-2374.
- 10451 Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO e UNEP). 1981
- 10452 Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO). 1994.
- 10453 Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO).2010. Global forest
 10454 resources assessment FRA 2010. Rome: FAO., 340 p.
- 10455 Food and Agriculture Organization Of The United Nations(FAO)., 2003. , "World Agriculture:
 10456 Towards 2015/2030: An FAO Perspective".. Earthscan, London, 2003.

- 10457 Fortini, L. B., S. S. Mulkey, D. J. Zarin, S. S. Vasconcelos, and C. J. R. de Carvalho
10458 .2003.Drought constraints on leaf gas exchange by *Miconia ciliata* (Melastomataceae) in the
10459 understory of an eastern Amazonian regrowth forest stand, *Am. J. Bot.*, 90(7), 1064-1070.
- 10460 Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC) 2002a Mudanças Climáticas: Guia de
10461 Informação, Brasília,
- 10462 Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC). 2002. : 7ª Conferência das Partes COP 7 -
10463 Os Acordos de Marraqueche, Brasília,
- 10464 França, H.; Setzer, A.W. 2001. AVHRR analysis of a savana site through a fire season in Brazil.
10465 *Int. J. Remote Sens.*, 22, 2449–2461
- 10466 Francez, J. M. B.; Carvalho, J.O.P.; Jardim, F.C.S.; Quanz, B.; Pinheiro, K.A.O. 2009. Efeito
10467 de duas intensidades de colheita de madeira na estrutura de uma floresta natural na região de
10468 Paragominas, Pará. *Acta Amazonica*, 39(4): 851 - 864.
- 10469 Frondizi, I. M. de R. L. (Org.) 2009. O mecanismo de desenvolvimento limpo: guia de
10470 orientação. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio: FIDES136 p.
- 10471 Fung, I.; John, J., Lerner, J.; Matthews, E.; Prather, M.; Steele, L.P.; Fraser, P. J. 1991. Three-
10472 dimensional model synthesis of the global methane cycles. *Journal of Geophysical Research*, v.
10473 96, 13,033–13,065
- 10474 Galford, G.L.b,Melillo,J.M., Kicklighter,D.W., Cronin, T.W., Cerri, C.E.P., Mustard, J.F.,
10475 Cerri, C.C. 2010. Greenhouse gas emissions from alternative futures of deforestation and
10476 agricultural management in the southern Amazon. *PNAS*.
10477 www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1000780107.
- 10478 Galindo, I. C.L.; Sampaio, E.V.S.B.; Menezes, R.S.C. 2005. Uso da palma na conservação dos
10479 solos. In. MENEZES R.S.C.; Simões, D.A.; Sampaio, E.V.S.B. A palma no nordeste do brasil:
10480 conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed. Universitária da UFPE,. p. 163-
10481 176.
- 10482 Galindo-Leal e Câmara, 2003.
- 10483 Garcia, F.N.; Ferreira, L.G. Áreas Protegidas no Estado de Goiás: Pouco Eficientes e Pouco
10484 Protegidas. In: VI Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão. Goiânia: UFG, 2009.
- 10485 Gash, J.H.C., Nobre, C.A.; Robert, J. M. And Victoria, R. L.et al., 1996. Amazonian
10486 deforestation and climate. Wiley, Chichester, 595.
- 10487 Geist, H.J., e E.F. Lambin, E.F., 2002. Proximate causes and underlying driving factors of
10488 tropical deforestation. *Bioscience* 52, 143.
- 10489 Genival et al., 2011.
- 10490 Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R., Paulei, S. 2007. Adapting Cities for Climate Change: The
10491 Role of the Green Infrastructure. *Built Environment*, 33, 115-133,
- 10492 Girard, P. 2011. Hydrology of surface and ground waters in the Pantanal floodplains. In: The
10493 Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal
10494 wetland, Junk, W.J., Da Silva, C.J., Nunes da Cunha, C., Wantzen, K.M. (Eds) pp. 103-126
- 10495 Girard, P. e Vargas, I.A. 2008.Tourism, development and knowledge in Pantanal: Possible
10496 dialogues and partnerships. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 18, 61-76.
- 10497 Girardi-Deiro, A. M. Et Al. 2006. Composição Florística de Primavera e Qualidade da
10498 Pastagem em Campos Naturais na APA do Ibirapuitã. *Revista Científica Rural*, v.11. n.1 p.116-
10499 125, 2006.

- 10500 Girardi-Deiro, A.M.; Gonçalves, J.O.N; Gonzaga, S.S. 1992. Campos naturais ocorrentes nos
 10501 diferentes tipos de solo no Município de Bagé, RS. 2: Fisionomia e composição florística.
 10502 Iheringia, série botânica, v.42, n.1, p.55-79, 1992.
- 10503 Global Land Cover. 2003. European Commission, Joint Research Centre, (Disponível em:
 10504 <http://www-gem.jrc.it/glc2000>).
- 10505 Godfray, H. C. J. et al. 2010 "Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People".
 10506 Science 327, 812-818, doi:10.1126/science.1185383.
- 10507 Goldammer. 1990.
- 10508 Grace, J., et al.1995. Carbon Dioxide Uptake by an Undisturbed Tropical Rain Forest in
 10509 Southwest Amazonia, 1992 to 1993, Science, 270(5237), 778-780.
- 10510 Grasso, Monica. 1994. Avaliação Econômica do Ecossistema Manguezal: Complexo Estuarino-
 10511 Lagunar de Cananéia, um estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Oceanografia), IOUSP,
 10512 São Paulo, 1994.
- 10513 Groombridge, 1992.
- 10514 Guerra, P.B., 1981. A civilização da Seca. Fortaleza, DNOCS. 324p.
- 10515 Gutierrez, L.A.R., Souza, G.F., Pereira, G., Paranhos Filho, A.C., Arima, G.A., Barbassa, A.P.
 10516 et al., 2011. Mapeamento temporal dos índices: Área de superfície impermeável e esacoamento
 10517 superficial da área urbanizada de Campo Grande-MS. Caminhos de Geografia Uberlândia 12,
 10518 269 - 288..
- 10519 Haase, R.; Haase, 1995. P. Above-ground biomass estimates for invasive trees and shrubs in the
 10520 Pantanal of Mato Grosso, Brazil. Forest Ecology and Management, v. 73, 29-35..
- 10521 Hansen, J., M. Sato, R. Ruedy, K. Lo, D. W. Lea, and M. Medina-Elizade et al., (2006), Global
 10522 temperature change, Proceedings of the National Academy of Sciences, 103(39), 14288-14293.
- 10523 Harris, M. B.; Arcângelo, C.; Pinto, E. C. T.; Ramos Neto, M. B.; Silva, S. M. , et al., 2006.
 10524 Estimativa da perda de cobertura vegetal original na Bacia do Alto Paraguai e Pantanal
 10525 brasileiro: ameaças e perspectivas. Natureza & Conservação, v. 4, n. 2, p. 50-66
- 10526 Harris, M.B., et al., 2005. Estimativas de perda da área natural da Bacia do Alto Paraguai e
 10527 Pantanal Brasileiro. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Campo
 10528 Grande, MS
- 10529 Harris, M.B.; Arcangelo, C.; Pinto, E.C.T.; Camargo, G.; Ramos Neto, M.B.; Silva, S. M. 2005.
 10530 Estimativas de perda da área natural da Bacia do Alto Paraguai e Pantanal Brasileiro. Relatório
 10531 técnico não publicado. Conservação Internacional, Campo Grande, MS
- 10532 Harris, P.P., C. Huntingford, e and P.M. Cox, .2008., Amazon Basin climate under global
 10533 warming: the role of the sea surface temperature, Philosophical Transactions of the Royal
 10534 Society B: Biological Sciences, 363(1498), 1753-1759.
- 10535 Harvey C. A., Zerbock O., Papageorgiou S. and Parra Aet al., 2010. What is needed to make
 10536 REDD+ work on the ground? Lessons learned from pilot forest carbon initiatives. Executive
 10537 Summary and Recommendations. Conservation International, Arlington, Virginia, USA. 28 pp.
- 10538 Harvey et al. 2004.
- 10539 Hasenack et al., 2007.
- 10540 Hecht, S. 1985. "Environment, Development and Politics: Capital Accumulation and Livestock
 10541 Sector in Eastern Amazonia". *World Development*, 13: 663-684.

- 10542 Heringer; I. Jacques, A.V.A. 2002. Acumulação de forragem e material morto em pastagem
10543 nativa sob distintas alternativas de manejo em relação às queimadas. Revista Brasileira de
10544 Zootecnia. v. 31, n.2, p599-604. 2002
- 10545 Herrero, M. et al., 2010 "Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed
10546 Crop-Livestock Systems". Science 327, 822-825, doi:10.1126/science.1183725
- 10547 Horna, V., R. Zimmermann, E. Müller, and P. Parolin (2010), Sap flux and stem respiration. In:
10548 Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management,
10549 Springer, Heidelberg.
- 10550 Houghton et al. 2001.
- 10551 Houghton, R.A., HOBBIÉ, J.E., MELILLO, J.M., MOORE, B., PETERSON, B.J., SHAVER,
10552 G.R., WOODWELL, G.M. et al., 1983.. Changes in the carbon content of terrestrial biota and
10553 soils between 1860 and 1980: a net release of CO₂ to the atmosphere, Ecological Monographs,
10554 53, p. 235-262, 1983.
- 10555 Huang et al. 2007.
- 10556 Huang et al. 2009
- 10557 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. Mapa de biomas do Brasil. Escala
10558 1:5.000.000. Rio de Janeiro. Disponível em <http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>.
10559 Acessado em
- 10560 IBGE. 1992
- 10561 ICMBio. 2012.
- 10562 INPE - Instituto Nacional de Pesquisa Espacial/PRODES. (INPE/PRODES)., 2009. Estimativas
10563 Anuais de Desmatamento. Projecto PRODES monitoramento da floresta Amazônica Brasileira
10564 por satélite, Disponível em <http://www.obt.inpe.br/prodes/> Acessado em ???
- 10565 INPE, 2011?????
- 10566 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2011. Censo agropecuário brasileiro.
10567 2011. <http://www.ibge.gov.br>.
- 10568 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)..2004. Mapa de biomas do Brasil. Escala
10569 1:5.000.000. Rio de Janeiro. (Disponível em:).
- 10570 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (IBGE). 2004. Mapa da Vegetação do Brasil. Rio
10571 de Janeiro., Disponível em:
10572 <[FTP://geofpt.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais/vegetacao.pdf](ftp://geofpt.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais/vegetacao.pdf). Acessado so em 15
10573 mar.ço 2011.
- 10574 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística,(IBGE). 2011. Sinopse do Censo Demográfico
10575 2010. Rio de Janeiro. 2011.
- 10576 Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano – IPDU. 2007..Plano Diretor de
10577 Desenvolvimento Estratégico de Cuiabá Lei Complementar nº 150 de 29 de janeiro de 2007,
- 10578 IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2000. IPCC Special Report on
10579 Emissions Scenarios (SRES). [Nakicenovic, N., e and J. Alcamo, J. (Eds.)]. Cambridge,
10580 England: Cambridge University Press. 570 p.
- 10581 IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC),. 2007. Climate Change 2007:
10582 Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Report. (Disponível em:
10583 <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>) Acessado em ????
- 10584 Iracema et al., 2009

- 10585 Irigaray, Carlos Teodoro J. Hugueney; Souza, Silvano Carmo. 2008. Comentários à lei de
10586 gestão do pantanal. Revista Amazônia legal: de estudos sócio-jurídico-ambientais/Universidade
10587 Federal de Mato Grosso, Ano 2, n. 4 (jul/dez - 2008) - Cuiabá: EdUFMT
- 10588 Itto e Isme. 1993
- 10589 Jacobsen, L.O. et al. Alterações na vegetação em macrozonas do Rio Grande do Sul associados
10590 a eventos El Niño e La Niña, usando imagens NOAA. Revista Brasileira de Agrometeorologia.
10591 v.11, n.2, p.361-374. 2003
- 10592 Jacobsen, L.O. et al. Efeitos associados a El Niño e La Niña na vegetação do estado do Rio
10593 Grande do Sul, observados através do NDVI/NOAA. Revista Brasileira de Meteorologia. v. 19,
10594 n.2, p.129-140. 2004
- 10595 Jardim, F. C. S.; Soares, M.S. Comportamento de *Sterculia pruriens* (Aubl.) Schum. em floresta
10596 tropical manejada em Moju-PA, *Acta Amazonica*, 40(3): 535 – 542. 2010.
- 10597 Jasinski, E.; Morton, D.; Defries, R.; Shimabukuro, Y.; Anderson, L.; Hansen, M., et al., 2005.
10598 Physical Landscape Correlates of the Expansion of Mechanized Agriculture in Mato Grosso,
10599 Brazil. *Earth Interactions*, v. 9 (16), 1-18
- 10600 Junk, W. J. 2002. Long-term environmental trends and the future of tropical wetlands.
10601 *Environmental Conservation*, v. 29, 414–435, Dezembro.
- 10602 Junk, W.J., Cunha, C.N. 2005. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads.
10603 *Ecological. Engineering*, 24, 391-401. 2005.
- 10604 Klink, C.A., e R.B. ; Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro.
10605 *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, 147-155, 2005.
- 10606 Lacerda, A. E. B. 2007. Ecological and genetic impacts of reduced-impact logging in the
10607 Brazilian Amazonian forest: the case of *Hymenaea courbaril* L. Tese de Doutorado. The
10608 University of Reading, Reading, UK. 310p.
- 10609 Lapola et al, 2010
- 10610 Latrubesse, E. M., J.; Stevaux, e R. J.; Sinha, R. 2005. Tropical rivers. *Geomorphology*, v. 70
10611 (3-4), 187-206,
- 10612 Laurance, W.F.,1999. "Reflections on Tropical Deforestation Crisis". *Biological Conservation*,
10613 91: 109-117.
- 10614 Laurance, W. F., e and G. B. Williamson, .2001. Positive Feedbacks among Forest
10615 Fragmentation, Drought, and Climate Change in the Amazon
- 10616 Leal, I.G.; Accioly, A. M. De A.; Nascimento, C. W. A.; Freire, M.B.G. Dos S.; Montenegro,
10617 A.A. De A. & Ferreira, F. De L. Fitorremediação de Solo Salino Sódico por *Atriplex*
10618 *nummularia* e Gesso de Jazida, R. Bras. Ci. Solo, 32:1065-1072, 2008.
- 10619 Leite, C. C., M. H. Costa, B. S. Soares-Filho, and L. de Barros Viana Hissa . 2012. Historical
10620 land use change and associated carbon emissions in Brazil from 1940 to 1995, *Global*
10621 *Biogeochem. Cycles*, 26, GB2011, doi:10.1029/2011GB004133.
- 10622 Leite, H. G. Conversão de tronco em multiprodutos de madeira, utilizando programação
10623 dinâmica. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 230p.
- 10624 Leitte et al. 2012.
- 10625 Lenton, T.M., et al.; Held, H.; Kriegler, E.; Hall, J.H.; Lucht, W.; Rahmstorf, S.; Schellnhuber,
10626 H.J. 2008. Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National*
10627 *Academy of Sciences USA* 105: 1786-1793(doi:10.1073/ pnas.0705414105).

- 10628 Levy, P. E.; Cannell, M. G. R.; Friend, A. D. 2004. Modelling the impact of future changes in
10629 climate, CO₂ concentration and land use on natural ecosystems and the terrestrial carbon sink.
10630 *Global Environmental Change*, v. 14, 21-30,
- 10631 Lewis, S.L., P. M. Brando, O. L. Phillips, G. M. F. van der Heijden, and D. Nepstad. et al.,
10632 2011. The 2010 Amazon Drought, *Science*, 331(6017), 554.
- 10633 Lilienfein, J.; Wilcke, W.; Thomas, R.; Vilela, L.; CarmoLima, S.; Zech,W. 2001. Effects of
10634 *Pinus caribaea* forests on the C, N, P, and S status of Brazilian Savanna oxisols. *Forest Ecology*
10635 *and Management*, v. 147, p. 171-182, 2001.
- 10636 LIMA (Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente). Avaliação Ambiental Estratégica do
10637 Pólo Minerio-Industrial de Corumbá e Influências sobre a Planície Pantaneira - Relatório
10638 Executivo –PPE – 9134. UFRJ-COPPE. 2008
- 10639 Lu et al., 2002.
- 10640 Machado, L.A.Z., 1999. Manejo de pastagem nativa. Guaíba: Editora Agropecuária,1999. 156p.
- 10641 Malhado, A.C.M., G.F.; Pires, G.F.;M.H. Costa, M.H. 2010. Cerrado conservation is essential
10642 to protect the Amazon rainforest. *AMBIO*, 2010. (DOI 10.1007/s13280-010-0084-6).
- 10643 Malhi e Grace, 2000.
- 10644 Malhi, Y. et al., 2006. Regional variation of above-ground live biomass in old-growth
10645 Amazonian forests. *Glob. Change Biol.* 12, 1–32.
- 10646 Malhi, Y., A. D. Nobre, J. Grace, B. Kruijt, M. G. P. Pereira, A. Culf, and S. Scott. 1998.,
10647 Carbon dioxide transfer over a Central Amazonian rain forest, *J. Geophys. Res.*, 103(D24),
10648 31593-31612.
- 10649 Malhi, Y., e and J. Wright, .2004. Spatial patterns and recent trends in the climate of tropical
10650 rainforest regions, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B:*
10651 *Biological Sciences*, 359(1443), 311-329.
- 10652 Malhi, Y., J. T. Roberts, R. A. Betts, T. J. Killeen, W. Li, and C. A. Nobre et al., .2008. Climate
10653 Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon, *Science*, 319(5860), 169-172.
- 10654 Malhi, Y., L. E. O. C. Aragão, D. Galbraith, C. Huntingford, R. Fisher, P. Zelazowski, S. Sitch,
10655 C. McSweeney, and P. Meir et al., .2009. Exploring the likelihood and mechanism of a climate-
10656 change-induced dieback of the Amazon rainforest, *Proceedings of the National Academy of*
10657 *Sciences*, 106(49), 20610-20615.
- 10658 Malhi, Y.; Roberts, J.T.; Betts, R.A.; Killeen, T.J.; Li, W.; Nobre, C.A. 2008. Climate Change,
10659 Deforestation, and the Fate of the Amazon. *Science* 319, 169, 2008.
- 10660 Malhi, Y.; Wood, D.; Baker, T.R.; Wright, J.; Phillips, O.L.; Cochrane, T.; Meir, P.; Chave, J.;
10661 Almeida, S.; Arroyo, L.; et al. Regional variation of above-ground live biomass in old-growth
10662 Amazonian forests. *Glob. Change Biol.* 2006, 12, 1–32.
- 10663 Maraschin, G.E. 2009. Manejo do campo nativo, produtividade animal, dinâmica da vegetação e
10664 adubação de pastagens nativas do sul do Brasil In: Pillar, V. D.; Muller, S. C.; Castilhos, Z. M.
10665 S.; Jacques, A. V. A. (Org.). Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da
10666 Biodiversidade. Brasília: MMA. cap. 19, p. 248-259.
- 10667 Marengo, J.A., 2010. Future change of climate in South America in the late twenty-first
10668 century: intercomparison of scenarios from three regional climate models. *Climate Dynamics*,
10669 vol. 35, no. 6, p. 1073-1097.
- 10670 Marengo, J.A.; Ambrizzi, T.; Da Rocha, R.P.; Alves, L.M.; Cuadra, S.V.; Valverde, M.C.;
10671 Torres, R.R.; Santos, D.C.; Ferraz, S.E.T. 2010. Future change of climate in South America in

- 10672 the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models.
10673 Climate Dynamics, vol. 35, no. 6, p. 1073-1097.
- 10674 Marengo, J.A.; Jones, R.; Alves, L.M.; Valverde,, M.C. 2009. Future change of temperature
10675 and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate
10676 modeling system. International Journal of Climatology, vol. 29, no. 15, p. 2241-2255.
- 10677 Margulis, S., 2003. Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira - 1a edição, Banco
10678 Mundial, Brasília.
- 10679 Markewitz, D., S. Devine, E. A. Davidson, P. Brando, and D. C. Nepstad (2010), Soil moisture
10680 depletion under simulated drought in the Amazon: impacts on deep root uptake, New
10681 Phytologist, 187(3), 592-607.
- 10682 Mascarenhas, L. M. A.; Ferreira, L. G.; Ferreira, M. E. 2009. Sensoriamento remoto como
10683 instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na
10684 bacia do rio Araguaia. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 21 (1), 5-18.
- 10685 Maslin et al. 2005.
- 10686 Mattos-Fonseca, e J.A. Drummond, 2003. Reflorestamento de manguezais e o valor do resgate
10687 para o seqüestro de carbono atmosférico. História, Ciências, Saúde - Manguinhos. FIOCRUZ:
10688 v.10, n.3, p.1071 - 1080, Rio de Janeiro
- 10689 Mattos-Fonseca, Sérgio & Drummond, J. A: 2003. Reflorestamento de manguezais e o valor do
10690 resgate para o seqüestro de carbono atmosférico. História, Ciências, Saúde - Manguinhos.
10691 FIOCRUZ: v.10, n.3, p.1071 - 1080, Rio de Janeiro
- 10692 Mattos-Fonseca, Sérgio et al., 2000. Considerações Sócio - Ambientais para Subsidiar a
10693 Valoração dos Danos do Derramamento de Petróleo em Manguezais do Rio de Janeiro, Brasil,
10694 Coordenação Peter H. May, in Laboratório em Diagnóstico e Gestão Participativa de
10695 Ecossistemas, CPDA/UFRRJ, Rio de Janeiro, 2000.
- 10696 Mattos-Fonseca, Sérgio. 2004. Sobre o diálogo entre as ciências como base para a Ciência
10697 Ambiental, mimeo, 2004.
- 10698 Mattos-Fonseca, Sérgio., 2001. O Valor de Existência de um Ecossistema Costeiro Tropical,
10699 Através da Disposição ao Trabalho Voluntário, 2001, Dissertação (Mestrado em Ciência
10700 Ambiental), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001.
- 10701 May , P., F. Veiga & O. Chévez :1999. Valoração econômica da biodiversidade: estudos de caso
10702 no Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- 10703 Meadows, D.H. et al. 1973.Limites do Crescimento, Ed. Perspectiva, São Paulo, 106 p., 1973.
- 10704 Meir, P., et al. 2009.The effects of drought on Amazonian rain forests, 429-449 pp., AGU:
10705 Geophysics Monograph Series, Washington, DC, USA.
- 10706 Melo, A.S.T., 1998. Tavares de. Desertificação: Etimologia, Conceitos, Causas e Indicadores.
10707 Rev. do UNIPÊ, João Pessoa: UNIPÊ, 2 (2):21-35, 1998.
- 10708 Metcalfe, D. B., et al. (2010a), Impacts of experimentally imposed drought on leaf respiration
10709 and morphology in an Amazon rain forest, Functional Ecology, 24(3), 524-533.
- 10710 Metcalfe, D. B., et al. (2010b), Shifts in plant respiration and carbon use efficiency at a large-
10711 scale drought experiment in the eastern Amazon, New Phytologist, 187(3), 608-621.
- 10712 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, 2010. "Projeções do
10713 Agronegócio Brasil 2009/2010 a 2019/2020". Ministério da Agricultura, Pecuária e
10714 Abastecimento, Assessoria de Gestão Estratégica, Brasília.

- 10715 Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), 2010b. (MMA). 2010b. Segundo inventário
10716 brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa - Emissões de CO₂ pelo
10717 uso da terra, mudança do uso da terra e florestas. Brasília, Brasil:
- 10718 Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). 2010. Inventário Brasileiro das Emissões e
10719 Remoções,
- 10720 Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). 2010c. Inventário Brasileiro das Emissões e
10721 Remoções.
- 10722 Ministério da Ciência e Tecnologia. (MCT). 2010b. Segundo inventário brasileiro de emissões e
10723 remoções antrópicas de gases de efeito estufa - Emissões de CO₂ pelo uso da terra, mudança do
10724 uso da terra e florestas. Brasília, Brasil:
- 10725 Ministério da Integração Nacional, .2005a. Nova delimitação do semiárido brasileiro. Brasília.
- 10726 Ministério de Ciência e Tecnologia(MCT). 2010., Relatório de Referência, Emissões de Gases
10727 de Efeito Estufa no Setor Uso da terra, Mudança do Uso da terra e florestas.
- 10728 Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2000. Desertificação. Report, Brasília-DF, Brasil.
- 10729 Ministério do Meio Ambiente e (MMA/IBAMA). 2010.. Monitoramento do desmatamento nos
10730 biomas brasileiros por satélite. Monitoramento do bioma Pantanal 2002 a 2008. Brasília:
10731 MMA/IBAMA/CID.. 30 p.
- 10732 Ministério do Meio Ambiente e IBAMA, (MMA/IBAMA). 2009. . Relatório técnico de
10733 monitoramento do desmatamento no bioma Cerrado, 2002 a 2008: dados revisados. Brasília:
10734 MMA/IBAMA/CID.. 69 p.
- 10735 Ministério do Meio Ambiente, (MMA). 2009. Relatório técnico de monitoramento do
10736 desmatamento no bioma Cerrado, 2002 a 2008: dados revisados. Brasília: MMA, 2009. 67p.
10737 (disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatorio_](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatorio_tecnico_monitoramento_desmate_bioma_cerrado_csr_ibama_2002_2008_rev_72.pdf)
10738 [tecnico_monitoramento_desmate_bioma_cerrado_csr_ibama_2002_2008_rev_72.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatorio_tecnico_monitoramento_desmate_bioma_cerrado_csr_ibama_2002_2008_rev_72.pdf)).
- 10739 Ministério do Meio Ambiente, (MMA). 2011. Plano de Ação para prevenção e controle do
10740 desmatamento e das queimadas no Cerrado (PP Cerrado) - Brasília: MMA, 2011. 187p.
10741 Disponível em:
10742 <http://www.mma.gov.br/estruturas/168/_publicacao/168_publicacao02052011030550.pdf>.
- 10743 Ministério do Meio Ambiente. (MMA). 2010a – MMA. Plano de Ação para Prevenção e
10744 Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PPCerrado. Brasília: MMA, p.187.
10745 (http://www.mma.gov.br/estruturas/168/_publicacao/168_publicacao02052011030550.pdf).
- 10746 Ministério do Meio Ambiente.(MMA). 2010c. Experiências Brasileiras em REDD. Serviço
10747 Florestal Brasileiro, (<http://www.florestal.gov.br/redd/>)
- 10748 Ministério do Meio Ambiente. (MMA/IBAMA) 2010. Monitoramento do desmatamento nos
10749 biomas brasileiros por satélite. Monitoramento do bioma Pantanal 2002 a 2008. Brasília:
10750 MMA/IBAMA/CID. 30 p.
- 10751 Mittermeier et al., 2005
- 10752 Miziara, F.,; N.C. Ferreira, N. C. 2008. Expansão da fronteira agrícola e evolução da ocupação
10753 e uso do espaço no Estado de Goiás: subsídios à política ambiental. In: FERREIRA, L. G.
10754 (Org.). *A encruzilhada socioambiental – biodiversidade, economia e sustentabilidade no*
10755 *cerrado*. [Ferreira, L.G. (Org.).] (pp. 107-125). Goiânia: UFG, . 223p.
- 10756 MMA- Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2006., *Instrução Normativa no 5, de 11 de*
10757 *Dezembro de 2006. Dispõe sobre os procedimentos técnicos para elaboração, apresentação,*
10758 *execução e avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFSs nas florestas*

- 10759 *primitivas na Amazônia legal.* 2006. Disponível em:
10760 http://www.mma.gov.br/estruturas/sfb/_arquivos/in05_manejo_florestal.pdf.
- 10761 MMA- Ministério do Meio Ambiente, (MMA). 2007. Áreas Prioritárias para Conservação, Uso
10762 Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização - Portaria
10763 MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007. Série Biodiversidade 31. Ministério do Meio Ambiente,
10764 Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília: MMA, 2007. 301p.
- 10765 MMA- Ministério do Meio Ambiente, (MMA). 2009. Relatório técnico de monitoramento do
10766 desmatamento no bioma Cerrado, 2002 a 2008: dados revisados. Brasília: MMA, 2009. 67p.
10767 (disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatorio_tecnico_monitoramento_desmate_bioma_cerrado_csr_ibama_2002_2008_rev_72.pdf).
10768
- 10769 MMA- Ministério do Meio Ambiente, (MMA). 2010. Monitoramento do desmatamento nos
10770 biomas brasileiros por satélite. Monitoramento do bioma Pantanal 2002 a 2008. Brasília:
10771 MMA/IBAMA/CID.. 30 p. MMA.
- 10772 Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Monitoramento do bioma
10773 Pantanal 2002 a 2008. 2010. Brasília: MMA/IBAMA/CID.. 30 p. MMA. Ministério do Meio
10774 Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais.
- 10775 Moraes, A. S. 2008. Pecuária e conservação do Pantanal: análise econômica de alternativas
10776 sustentáveis – o dilema entre benefícios privados e sociais.. 265p. Tese (doutorado em
10777 economia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife,
- 10778 Moran, E.F., 1993. "Deforestation and Land Use in the Brazilian Amazon." *Human Ecology*, 21:
10779 1-21.
- 10780 Moreira, J. M. M. A. P. E Mozzer, G. B. 2009. Aspectos institucionais econômicos de atividades
10781 de florestamento/reflorestamento sob o âmbito de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.
10782 Planaltina, DF : Embrapa Cerrados,. 39 p
- 10783 Morton, D.C, et al., ; Defries, R. S.; Shimabukuro, Y. E; Anderson, L.O.; Arai, E; Espirito-
10784 Santo, F; Freitas, R. & Morissette, J. 2006. "Cropland Expansion Changes Deforestation
10785 Dynamics in the Southern Brazilian Amazon". *PNAS*, 103(39): 14637-14641.
- 10786 Mota, F.S. et al. 1981. Índice climático de crescimento de pastagens naturais no Rio Grande do
10787 Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 16, n. 4, p453-472.
- 10788 Motta, R. S.; Ferraz, C.; Young, C. E. F. Incentivos econômicos para a cooperação no combate
10789 ao aquecimento global. In: LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. Mudanças
10790 climáticas globais e a agropecuária brasileira (Orgs.). Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente,
10791 2001. 397 p.
- 10792 Motta, R.S.: *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*, Brasília, MMA.,
10793 1998.
- 10794 MOURA, A. D.; SHUKLA, J. 1981. On the dynamics of droughts in northeast Brazil:
10795 observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos.*
10796 *Sci.*, v.38, n.12, p.2653-2675.
- 10797 Moutinho, P.; Stella, O.; Lima, A.; Alencar, A.; Christovam, M.; Castro, I.; Nepstad, D. 2011.
10798 REDD no Brasil: um enfoque amazônico: Fundamentos, critérios e estruturas institucionais para
10799 um regime nacional de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação - REDD. IPAM:
10800 Brasília, 2a edição (<http://www.sae.gov.br/site/wp-content/uploads/REDD-no-Brasil-2a-edicao.pdf>).
10801
- 10802 Münier, B.; Birr-Pedersen, K.; Schou, J. S. 2004. Combined ecological and economic modeling
10803 in agricultural land use scenarios. *Ecological Modelling*, v. 174, 5-18,

- 10804 Myers et al., 2000
- 10805 Nabinger, C.; De Moraes, A.; Maraschin, G.E. Campos In Southern Brazil. In: Lelaire, G.;
10806 Hodgson, J.; De Moraes, A.; Carvalho, P.C.F.; Nabinger, C. (Ed.) 2000. Grassland
10807 ecophysiology and grazing ecology. Cambridge: CABI Publishing. cap.18, p.355-376.
- 10808 Nascimento, M. T.; Nunes Da Cunha, C. 1989. Estrutura e composição florística de um
10809 cambarazal no Pantanal de Poconé - MT. Acta Botanica Brasilica, v. 3, 3-11.
- 10810 Nassar et al. 2008.
- 10811 Neeff, T.; Henders, S. Guidebook to markets and commercialization of forestry CDM projects.
10812 Turrialba, C.R.: CATIE, 2007. 42 p.
- 10813 Neill, C.; Elsenbeer H.; Krusche, A. V.; Lehmann, J.; Markewitz, D.; Figueiredo, R.O., 2006.
10814 Hydrological and biogeochemical processes in a changing Amazon: results from small
10815 watershed studies and the large-scale biosphere-atmosphere experiment. Hydrological
10816 Processes, v. 20, 2467-2476,
- 10817 Nepstad, D. C., et al. 2002. The effects of partial throughfall exclusion on canopy processes,
10818 aboveground production, and biogeochemistry of an Amazon forest, J. Geophys. Res.,
10819 107(D20), 8085.
- 10820 Nepstad, D.C., et al., .1999., Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and
10821 fire, Nature, 398(6727), 505-508.
- 10822 Nepstad, D.C., I. M. Tohver, D. Ray, P. Moutinho, and G. Cardinot et al., .2007., Mortality of
10823 large trees and lianas following experimental drought in an Amazon forest, Ecology, 88(9),
10824 2259-2269.
- 10825 Nepstad, D. C.; Stickler, C. M. & Almeida, O. T. 2006. "Globalization of the Amazon Soy and
10826 Beef Industries: Opportunities for Conservation". *Conservation Biology*, 20(6): 1595-1603.
- 10827 Nepstad, D.; Soares-Filho, B.; Merry, F.; Lima, A; Moutinho, P., Carter, J.; Bowman, M.;
10828 Cattaneo, A.; Rodrigues, H.; Schwartzman, S.; McGrath, D. G.; Stickler, C. M.; Lubowski, R.;
10829 Piris-Cabezas, P.; Riveo, S.; Alenar, A.; Almeida, O.; Stella, O. Neumann, P.S.; Loch, C. 2002.
10830 Legislação ambiental, desenvolvimento rural e práticas agrícolas. Ciência Rural: Santa Maria,
10831 v.32, n.2, p.243-249, 2002. ISSN 0103-8478
- 10832 Nepstad, D.C. et al. 2009. The End of Deforestation in the Brazilian Amazon. Science 326,
10833 1350-1351.
- 10834 Nepstad, D.C., C.M. Stickler, e O.T. Almeida, 2006. Globalization of the Amazon Soy and Beef
10835 Industries: Opportunities for Conservation. *Conservation Biology*, 20(6): 1595-1603.
- 10836 Neumann, P.S.; Loch, C. 2002. Legislação ambiental, desenvolvimento rural e práticas
10837 agrícolas. Ciência Rural: Santa Maria, v.32, n.2, p.243-249, 2002. ISSN 0103-8478
- 10838 Nimer, E. Desertificação: Realidade ou Mito? Revista Brasileira de Geografia. IBGE/RS. Ano
10839 50. n 01 jan/mar 1988.
- 10840 Nobre, C.A., E.D.; Assad, E.D.; M.D. Oyama, M.D. 2005. O impacto do aquecimento global
10841 nos ecossistemas brasileiros e na agricultura. Scientific American Brasil, v. 12, p. 70-75
- 10842 Nobre, C.A., e L.S. Borma, L.S. 2009. Tipping points for the Amazon forest. Current Opinion
10843 in Environmental Sustainability 1: 28-36 (doi:10.1016/j.cosust.2009.07.003).
- 10844 Nogueira, L.A.H. 2007. Uso racional: a fonte energética oculta. Estudos Avançados 21, 91-105.

- 10845 Noris, K.; McCulloch, N. Demographic models and the management of endangered species: a
10846 case study of the critically endangered Seychelles magpie robin. *Journal of applied Ecology*, 40:
10847 890-899. 2003.
- 10848 Noris, K.; McCulloch, N. Demographic models and the management of endangered species: a
10849 case study
- 10850 North, D.C.: *Structure and Change in Economic History*, W.W. Norton & Co, New York, 1981.
- 10851 Novaes, P. C.; Ferreira, L. G.; Dias, R. 2003. Identificação de áreas prioritárias para a
10852 conservação da bio-geodiversidade no Estado de Goiás. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 23 (1),
10853 41-54
- 10854 Oliveira, Paulo Jorge De; et al.: 2004. Fluxos de CO₂ Atmosférico em um ecossistema de
10855 manguezal na região amazônica – Bragança, Pará, UFRA, MPEG, IERM/UEdin,UFPA, UFV,
10856 mimeo.
- 10857 Oliveira, R. S. D., T. E.; Burgess, S. S.O.; Nepstad, D. C.2005.Hydraulic redistribution in three
10858 Amazonian trees, *Oecologia*, 145(3), 354-363.
- 10859 Oliveira-Filho e Fontes. , 2000.
- 10860 Overbeck, G. E. et al., 2007. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos.
10861 *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, v.9, n. 1, p. 101-116
- 10862 Oyama, M. D.; Nobre, C. A. 2003. A new climate-vegetation equilibrium state for tropical
10863 South America. *Geophysical Research Letters*, v. 30, n. 23, p. 2199
- 10864 Padovani, C.R., et al. ; Cruz, M. L. L.; Padovani, S. L. A. G., 2004. Desmatamento do
10865 Pantanal Brasileiro para o ano 2000. In: *IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-*
10866 *econômicos do Pantanal*. Corumbá/MS – 23 a 26 Nov. Anais. Corumbá.
- 10867 PALMER, W. C. 1968. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new Crop
10868 Moisture Index, *Weatherwise*, 21:156-161.
- 10869 PAN-Brasil,. 2005. Programa Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da
10870 Seca. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Secretaria de Recursos Hídricos.
- 10871 Parolin, P., C. Lucas, M. T. F. Piedade, and F. Wittmann. 2010. Drought responses of flood-
10872 tolerant trees in Amazonian floodplains, *Annals of Botany*, 105(1), 129-139.
- 10873 Parolin, P.; Wittmann, F. 2010. Struggle in the flood: tree responses to flooding stress in four
10874 tropical floodplain systems. *AoB Plants*. Doi: 10.1093/aobpla/plq003
- 10875 Pereira, J. V. C.; 1966. Pantanal. In: *Tipos e aspectos do Brasil*. Rio de Janeiro. Fundação
10876 IBGE, pp. 483-488.
- 10877 Perez-Marin, A.M.; Menezes, R.S.C.; Dias, E.M.; Sampaio, E.V.S.B. 2006. Efeito da gliricidia
10878 sepium sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal
10879 no agreste paraibano. *R. Bras. Ci. do Solo*, v.30, p.555-564
- 10880 Phalan, B., Balmford, A., Green, R.E., Scharlemann, J.P.W., 2011 "Minimising the harm to
10881 biodiversity of producing more food globally". *Food Policy* 36, S62-S71.
- 10882 Philander, S. G. 1990. *El Niño, La Niña, and Southern Oscillation*. Londres: Academic Press.,
10883 289p.
- 10884 Phillips, O.L., et al.,2002. Changes in growth of tropical forests: evaluating potential biases,
10885 *Ecological Applications*, 12(2), 576-587.
- 10886 Phillips, O.L., et al.,2009. Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest, *Science*, 323(5919),
10887 1344-1347.

- 10888 Phillips, O.L., et al., 2010. Drought–mortality relationships for tropical forests, *New Phytologist*, 187(3), 631-646.
10889
- 10890 Phillips, O. L., S. L. Lewis, T. R. Baker, K.-J. Chao, and N. Higuchi (2008), The changing
10891 Amazon forest, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*,
10892 363(1498), 1819-1827.
- 10893 Phillips, O.L.; Aragão, L.E.O.C.; Lewis, S.L.; et al. Drought Sensitivity of the Amazon
10894 Rainforest. *Science*, Vol. 323 no. 5919 pp. 1344-1347, 2009.
- 10895 Picilli, D.G.A. Avaliação da previsão hidroclimática no Alto Paraguai. Doctoral thesis, Federal
10896 university of Rio Grande do Sul, Hydraulic Research Institute, Porto Alegre, Brasil. 2007.
- 10897 Pijanowski, B., D. K. Ray, A. D. Kendall, J. M. Duckles, And D. W. Hyndman et al., . 2007.
10898 Using backcast land-use change and groundwater travel-time models to generate land-use
10899 legacy maps for watershed management. *Ecology and Society* 12(2): 25
- 10900 Pimentel, D., et al., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S.,
10901 Schpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R. 1995 1995. Environmental and economic costs of
10902 soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267, 1117-1123.
- 10903 Pires, M. 2000. O. Programas agrícolas na ocupação do Cerrado. *Sociedade e Cultura*, v. 3 (1-
10904 2), 111-131
- 10905 Pivello, V.R., e L.M.;Coutinho, L.M. 1996. A qualitative successional model to assist in the
10906 management of Brazilian cerrados. *Forest Ecology and Management*, v. 87, p. 127-138, 1996.
- 10907 Potter, C.S., E. A. Davidson, S. A. Klooster, D. C. Nepstad, G. H. De Negreiros, and V.
10908 Brookset al., (1998)., Regional application of an ecosystem production model for studies of
10909 biogeochemistry in Brazilian Amazonia, *Global Change Biology*, 4(3), 315-333.
- 10910 Prefeitura Municipal de Niterói: Caracterização do Bosque Lagunar de Itaipu, CD-ROM da
10911 Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente, Niterói, Rio de Janeiro, 2002.
- 10912 Puchalski, 2001.
- 10913 Querner, E., Jonker, R., Padovani, C., Soriano, B., Galdino, Set al.,. 2005. Impact of climate
10914 change and agricultural developments in the Taquari River basin, Brazil. In: T. Wagener, S.
10915 Franks, H.V. Gupta, E. Bøgh, L. Bastidas, C. Nobre & C. de Oliveira Galvão (eds.), *Regional
10916 hydrological impacts of climatic change – impact assessment and decision making*. [Wagener T.,
10917 S. Franks, H.V. Gupta, E. Bøgh, L. Bastidas, C. Nobre, e C. de Oliveira Galvão (Eds.)].
10918 Proceedings of Symposium 6, IAHS Scientific Assembly at Foz do Iguaçu, Brazil, April . IAHS
10919 Publication 295, pp. 19-25.
- 10920 Rambaldi, D., Calmon, M., Fernandes, R., Garffer, P., Godoy, F. E L. B. Ventorin.. Projeto de
10921 Ação Climática na Região de Ocorrência do Mico-Leão-Dourado. Rio de Janeiro: Associação
10922 Mico-Leão-Dourado. 2003
- 10923 Randa et al. 1996.
- 10924 Ratter, J. A.; Bridgewater, S.; Atkinson, R.; Ribeiro, J. F., et al., 1996. Analysis of the floristic
10925 composition of the Brazilian Cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98
10926 areas. *Edinburgh Journal of Botanics*, v. 53, 153-180.,
- 10927 Ratter, J.A.; Ribeiro, J.F.; Bridgewater, S. 1997. The brazilian cerrado vegetation and threats to
10928 its biodiversity. *Ann. Bot.*, 80, 223–230
- 10929 Reatto, A., e E.S.; Martins, E. S. 2005. Classes de solos em relação aos controles da paisagem
10930 do bioma Cerrado. In: *Scariot, A.; Souza Silva, J. C.; Felfini, J. M. (Org.). Cerrado: ecologia,
10931 biodiversidade e conservação*. [Scariot, A., J.C. Souza Silva, J, e J.M. Felfini (Org.)] (pp. 47-
10932 59). Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

- 10933 Rebiota et al. 2006.
- 10934 Rebouças, A., 1997. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. Revista Estudos
10935 Avançados, n° 11 (29), 1997.
- 10936 Resende, M.; Curi, N.; Rezende, S. B.; Corrêa, G. F. Pedologia. Base para distinção de
10937 ambientes. Viçosa, 1997. 367p.
- 10938 Retroalimentaciones Positivas entre Fragmentación de Bosques, Sequía y Cambio Climático en
10939 el Amazonas, Conservation Biology, 15(6), 1529-1535..
- 10940 Rezende, D., S. Merlin, S., e &M. Santos.s, M. 2001: Sequestro de carbono, uma experiência
10941 concreta em Palmas, ed. Instituto Ecológica, Palmas, Tocantins, 2001.
- 10942 Rezende, G. C. 2003. Ocupação Agrícola, Estrutura Agrária e Mercado de Trabalho Rural no
10943 Cerrado: O Papel do Preço da Terra, dos Recursos Naturais e das Políticas Públicas. In:
10944 Helfand, S. M. e Rezende, G. C. (Org.). *Região e Espaço no Desenvolvimento Agrícola*
10945 *Brasileiro*. [Helfand, S. M. e G.C. Rezende (Org.).] (pp. 173-212). Rio de Janeiro: IPEA, 2003.
- 10946 Ribeiro, 2011.
- 10947 Ribeiro, J.F., e T.M.B. Walter, 1998. Fitofisionomias do bioma cerrado (89-166). In: *Cerrado:*
10948 *ambiente e flora*. [Sano, S.M., e S.P. Almeida (Eds.)]. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998.
- 10949 Ribeiro, J.F.; Walter, T.M.B. 1998. Fitofisionomias do bioma cerrado (89-166). In: *Sano, S.M.;*
10950 *Almeida, S.P. (Eds). Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1998.
- 10951 Ribeiro, N.V.; L.G. Ferreira Jr., e N.C., L.G.; Ferreira, N.C. 2009. Expansão da Cana-de-
10952 Açúcar no Bioma Cerrado: Uma análise a partir da modelagem perceptiva de dados
10953 cartográficos e orbitais. In: *XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, 2009.
10954 Disponível em < [http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.15.00.06/doc/4287-](http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.15.00.06/doc/4287-4293.pdf)
10955 [4293.pdf](http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.15.00.06/doc/4287-4293.pdf) >. Acessado em ??
- 10956 Ribeiro, N.V.; L.G. Ferreira Jr., L.G.;, N.C. Ferreira, N.C. 2010. Expansão sucroalcooleira no
10957 estado de Goiás: uma análise exploratória a partir de dados sócio-econômicos e cartográficos.
10958 Geografia, v. 35, 331-344, 2010. Disponível em <
10959 <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/4836> >.Acessado em
10960 ??
- 10961 Rocha, G. F.; Ferreira Jr., L. G.; Ferreira, N. C.; Ferreira, M. E., 2011. Detecção de
10962 desmatamentos no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos. Revista
10963 Brasileira de Cartografia, v. 63, 2011.
- 10964 Rocha, M. T.: 2003. Aquecimento Global e o Mercado de Carbono: Uma Aplicação do Modelo
10965 CERT, Tese (Doutorado em Economia Aplicada), CEPEA/ESALQ/USP, (Tese), 196p,
10966 Piracicaba
- 10967 Rodrigues, A.S.L., R.M. Ewers, L. Parry, C. Souza Jr., A. Vérisimo & A. Balmford.et al.,
10968 2009. Boom-and-bust development patterns across the Amazon deforestation
10969 frontier. *Science* 324: 1435-1437.
- 10970 Rodrigues, D.M.T.,e F. ; Miziara, F. 2008. Expansão da fronteira agrícola: a intensificação da
10971 pecuária bovina no estado de Goiás. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 38 (1), 14-20
- 10972 Rodrigues, M.T. 2004. Herpetofauna da caatinga. In: Tabarelli, M.; SILVA, J. M. C.
10973 Biodiversidade, ecologia e conservação da caatinga. [Tabarelli, M., J.M.C Silva (org.)]. UFPE:
10974 Recife, 181-236.
- 10975 Rolim, S.G., R. M. Jesus, H. E. M. Nascimento, H. T. Z. do Couto, and J. Q. Chambers et al.,
10976 .2005. Biomass change in an Atlantic tropical moist forest: the ENSO effect in permanent
10977 sample plots over a 22-year period, *Oecologia*, 142(2), 238-246.

- 10978 Roy et al., 2008Rudorff e Sagawara, 2007.
- 10979 Roy, D. P.; Boschetti, L.; Justice, C. O.; Ju, J. 2002. The Collection 5 MODIS Burned Area
10980 Product - Global Evaluation by Comparison with the MODIS Active Fire Product. *Remote*
10981 *Sensing of Environment*, v. 112, 3690-3707,.
- 10982 Rudorff, B.F.T. Adami, M., Aguiar, D. A., Moreira. M.A., Mello, M. P., Fabiani, L., Amaral,
10983 D.F., Pires, B.M.et al., 2011. "The Soy Moratorium in the Amazon Biome Monitored by
10984 Remote Sensing Images". *Remote Sens.* 3, 185-202.
- 10985 Sá, I.B.;, G.R. Riché, G.R.;e G.A. Fotius,G.A., 1994. Degradação ambiental e reabilitação no
10986 trópico semi-árido brasileiro. *Anais da Conferência Nacional da Desertificação*, Fortaleza, 1994.
10987 Brasília, Fundação Grupo Esquel Brasil. p.310-331. 1994
- 10988 Saatchi S.S. et al., .2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across
10989 three continents."PNAS June 3, 2011.
- 10990 Saatchi, 2010.
- 10991 Saatchi, S.S., et al., 2007. Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin.
10992 *Glob. Change Biol.* **2007**,13, 816–837.
- 10993 Saatchi, S.S.; Houghton, R.A.; Dos Santos Alvala, R.C.; Soares, J.V.; Yu, Y. 2007. Distribution
10994 of aboveground live biomass in the Amazon basin. *Glob. Change Biol.* **2007**, 13, 816–837.
- 10995 Saenger et al, 1983
- 10996 Salazar, L.; Nobre, C.; Oyama, M. 2007. Climate change consequences on the biome
10997 distribution in tropical South America. *Geophysical Research Letters*, n. 34,.. Doi:
10998 10.1029/2007GL029695.
- 10999 Saleska, S. R., K. Didan, A. R. Huete, and H. R. da Rocha (2007), Amazon Forests Green-Up
11000 During 2005 Drought, *Science*, 318(5850), 612.
- 11001 Samanta, A., S. Ganguly, H. Hashimoto, S. Devadiga, E. Vermote, Y. Knyazikhin, R. R.
11002 Nemani, and R. B. Myneni (2010), Amazon forests did not green-up during the 2005 drought,
11003 *Geophys. Res. Lett.*, 37(5), L05401.
- 11004 Samapio E.V.B.; Sapaio, Y.; Vital, T.; Araújo, S. B.; Sampaio, G. R. 2002. Desertificação no
11005 Brasil: Conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência. Recife: Ed.
11006 Universitária da UFPE. 202 p.
- 11007 Sano, E.E., A.O.; Barcellos, A. O.; e H.S. Bezerra, H. S. 2001. Assessing the spatial distribution
11008 of cultivated pastures in the Brazilian savanna. *Pasturas Tropicales*, v. 22 (3), 2-15.
- 11009 Sano, E.E., et al.; Rosa, R.; Brito J. L.; Ferreira Jr., L. G. 2008. Mapeamento semidetalhado
11010 (escala de 1:250.000) da cobertura vegetal antrópica do bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária*
11011 *Brasileira*, v. 43 (1), 153-156.
- 11012 Sano, E.E., et al., ; Rosa, R.; Brito, J.L.; Ferreira Jr., L.G. 2010. Land cover mapping of the
11013 tropical savanna region in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 166, 113-124.
- 11014 Sawyer, D. 2009. Fluxos de carbono na Amazônia e no Cerrado: um olhar socioecossistêmico.
11015 *Sociedade e Estado*, v. 24, n. 1, p. 149-171..
- 11016 Scarano. 2002.
- 11017 Schaeffer-Novelli.
- 11018 Scurlock, J.M.O., e D.O. Hall, D. O. 1998. The global carbon sink: a grassland perspective.
11019 *Global Change Biology* 4, 229-233

- 11020 Sha, C.; Mitscha, W. J.; Mander, Ü.; Lu, J.; Batson, J.; Zhang, L., He, W. 2010. Methane
11021 emissions from freshwater riverine wetlands. *Ecol. Eng.*, doi:10.1016/j.ecoleng.2010.07.022,
11022 2010.
- 11023 Silva e Casteleti, 2003
- 11024 Silva e Romero, 2011.
- 11025 Silva et al, 1997
- 11026 Silva, 2010 – Este seria Silveira e Silvia, 2010? Ver texto.
- 11027 Silva, C.J., e P.& Girard, P. 2004. New challenges in the management of the Brazilian Pantanal
11028 and catchment area. *Wetlands Ecology and Management*, 12, 553-561.
- 11029 Silva, F.A.M. F.A.M.; Assad, E.D.; Evangelista, B.A et al., 2008. Caracterização Climática do
11030 Bioma Cerrado. In *Cerrado: Ecologia e Flora*, 1st ed.; [Sano, S.M., S.P. Almeida, e J.F.S.P.,
11031 Ribeiro, J.F., (Eds.)]; Embrapa Informação Tecnológica: Brasília, Brazil, 2008; pp. 69–88.
- 11032 Silva, F.A.M.; Assad, E.D.; Evangelista, B.A. Caracterização Climática do Bioma Cerrado. In
11033 *Cerrado: Ecologia e Flora*, 1st ed.; Sano, S.M., Almeida, S.P., Ribeiro, J.F., Eds.; Embrapa
11034 Informação Tecnológica: Brasília, Brazil, 2008; pp. 69–88.
- 11035 Silva, G. A. P. da. 2000. *Evaluation of phytosociological behavior of the equatorial rain forest*
11036 *of the Experimental Station of Tropical Silviculture of the National Institute of Research of the*
11037 *Amazônia-Inpa, Manaus-AM*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Agrárias do
11038 Pará. 2000. 70p.
- 11039 Silva, G.A.P. da. 2000. *Evaluation of phytosociological behavior of the equatorial rain forest of*
11040 *the Experimental Station of Tropical Silviculture of the National Institute of Research of the*
11041 *Amazônia-Inpa, Manaus-AM*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Agrárias do
11042 Pará. 2000. 70p.
- 11043 Silva, J. S. V., e M.M; Abdon,, M. M. 1997. Desmatamento na bacia do Alto Paraguai –
11044 Pantanal brasileiro – até 1994. (CD-ROM). In: *Simpósio Latino Americano de Percepcion*
11045 *Remota*, 8, Mérida, Venezuela, 2-7 novembro 1997. Memórias... Caracas: SELPER/Unidade
11046 Técnica de Sistemas. Instituto de Ingenieria. 1997. Monitoreo de Recursos Naturales
11047 (RCN_007.doc).
- 11048 Silva, J. S. V., e; M.M Abdon, M. M. 1998. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas
11049 subregiões. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 33, número especial, 1703-1711, Outubro,
11050 1998.
- 11051 Silva, J.A., e Romero, M.A. 2011. O urbanismo sustentável no Brasil. A revisão de conceitos
11052 urbanos para o século XXI (parte 01). *Arquitextos*, São Paulo, 11.128, Vitruvius,
11053 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.128/3724>>.
- 11054 Silva, J.S.V., E.C. Melo, N. Almeida Jr, 2001a. Deforestation Within the Upper Paraguay River
11055 Basin - Brazilian Pantanal Wetland - Until 1976. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento*
11056 *Remoto*, 10, Foz do Iguacu, 21 a 26 de abril de 2001a. Anais... São José dos Campos:
11057 INPE/SELPER,. (Seção Oral: Monitoramento Ambiental, CD-ROM, 230.pdf). 10 p.
- 11058 Silva, J.S.V., N.; Almeida Jr, e E.C, N.; Melo, E.C., 2001b. Deforestation Within the Upper
11059 Paraguay River Basin – Brazilian Pantanal Wetland – Until 1984.2001b. In: *Reunion de*
11060 *Geologia Ambiental y Ordenacion del Territorio, 3 Reunion de Geologia Ambiental y*
11061 *Ordenacion del Territorio Del Area del Mercosur*, 1, Mar del Plata, Argentina, 28 al 31 de
11062 marzo, 2001b. Actas... Mar Del Plata: Universidade Nacional de Mar Del Plata, 2001^a. (CD-
11063 ROM). 15 p. Não-paginado.

- 11064 Silva, J.S.V.; Melo, E.C.; Almeida JR, N. 2001a. Deforestation Within the Upper Paraguay
11065 River Basin - Brazilian Pantanal Wetland - Until 1976. In: Simpósio Brasileiro de
11066 Sensoriamento Remoto, 10, Foz do Iguaçu, 21 a 26 de abril de 2001a. Anais... São José dos
11067 Campos: INPE/SELPER,. (Seção Oral: Monitoramento Ambiental, CD-ROM, 230.pdf). 10 p.
- 11068 Silva, R. C. 2003. *Estudo do balanço de radiação no Pantanal sul mato-grossense*. 213 f,
11069 Dissertação (Mestrado em Meteorologia).
- 11070 Silva, R.M.A., 2007. Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: políticas
11071 públicas e transição paradigmática. *Revista Econômica do Nordeste*, v.38, n.3, p.466-485.
- 11072 Silva, R. M., J. M. N. Costa, M. D. P. Ruivo, A. C. L. da Costa, and S. S. Almeida .2009.,
11073 Influência de variáveis meteorológicas na produção de liteira na Estação Científica Ferreira
11074 Penna, Caxiuanã, Pará, Portugais, 39(3), 573-582.
- 11075 Silveira, C.S., e V.V.; Silva,, V. V. 2010. Dinâmicas de regeneração, degeneração e
11076 desmatamento da vegetação provocadas por fatores climáticos e geomorfológicos: uma análise
11077 geocológica através de SIG. *Revista Árvore*, v. 34 (6), 1025-1034, 2010.
- 11078 Silveira, V.C.P. et al. 2005. Qualidade da pastagem nativa obtida por diferentes métodos de
11079 amostragem e em diferentes solos na APA do Ibirapuitã, Brasil. *Ciência Rural*, v.35, n.3, p.582-
11080 588. 2005.
- 11081 Silvia, 2008
- 11082 SIUMA - Secretaria Extraordinaria da Irrigação e Usos Múltiplos da Água., 2011.
11083 <http://www.siuma.rs.gov.br>
- 11084 Skole, D.L.; Chomentowski, W. H.; Salas, W. A.; Nobre, A. D. et al.,. 1994. "Physical and
11085 Human Dimensions of Deforestation in Amazonia". *BioScience*, 44(5): 314-322.
- 11086 Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S.,
11087 O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G.,
11088 Romanenkov, V., Schneider, U. Towprayoon, S., Wattenbach, M., Smith, J. Greenhouse gas
11089 mitigation in agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B* 363, 789-813. 2008.
- 11090 Soares Filho, B. S., Garcia, R. A., Rodrigues, H., Moro, S., Nepstad, D., 2008 "Nexos entre as
11091 dimensões socioeconômicas e o desmatamento: A caminho de um modelo integrado", In:
11092 Batistella, M., Alves, D., Moran, E. (Org.). *Amazônia. Natureza e Sociedade em*
11093 *Transformação*. São Paulo, v. 1.
- 11094 Soares Filho, B.S., et al., 2008. Nexos entre as dimensões socioeconômicas e o desmatamento:
11095 A caminho de um modelo integrado. In: *Amazônia. Natureza e Sociedade em Transformação*
11096 [Batistella, M., D. Alves, E. Moran (Org.)]. São Paulo, v. 1.
- 11097 Soares-Filho, B.S.;Alencar, A.; Nepstad, D.; Cerqueira, G. C.; Diaz, M. Del C. V.; Rivero, S.;
11098 Solórzano, L.; Voll, Eet al., . 2004. Simulating the response of land-cover changes to road
11099 paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém - Cuiabá corridor. *Global*
11100 *Change Biology*, v. 10 (5), 745-764..
- 11101 Soares-Filho, B. S.; Cerqueira, G. C.; Pennachin, C. L. 2002. Dinamica.- a stochastic cellular
11102 automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization
11103 frontier. *Ecological Modelling*, v. 154 (217-235)
- 11104 Soares-Filho, B. S.; Dietzsch, L.; Moutinho, P.; Falieri, A.; Rodrigues, H.; Pinto, E.; Maretti,
11105 C.C.; Scaramuzza, C.A.M.; Anderson, A.; Suassuna, K.; Lanna, M.; Araújo, F.V. 2009.
11106 Redução das emissões de carbono do desmatamento no Brasil: O papel do Programa Áreas
11107 Protegidas da Amazônia (ARPA). Brasília, Brasil: IPAM, UFMG, WHRC WWF

- 11108 Soares-Filho, B. S.; Nepstad, D. C.; Curran, L. M.; Cerqueira, G. C.; Garcia, R. A.; Ramos, C.
 11109 A.; Voll, E.; Mcdonald, A.; Lefebvre, P.; Schlesinger, P. 2006. Modelling conservation in the
 11110 Amazon basin. *Nature*, v. 440 (23), 520-523,
- 11111 Soares-Filho, B., Moutinho, P., Nepstad, D., Anderson, A., Rodrigues, H., Garcia, R., et al.,
 11112 2010. "Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation". *Proceedings of*
 11113 *the National Academy of Sciences*, 107(24), 10821-10826.
- 11114 Soares-Filho, B.S., et al., 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature*, v. 440
 11115 (23), 520-523.
- 11116 Soares-Filho, B.S., G.C. Cerqueira, e C.L. Pennachin, 2002. Dinamica.- a stochastic cellular
 11117 automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization
 11118 frontier. *Ecological Modelling*, v. 154 (217-235).
- 11119 Sombroek, W.G., 1966., Amazon landforms and soils in relation to biological diversity, paper
 11120 presented at Proceedings of a workshop to determine priority areas for conservation in
 11121 Amazonia, 10-20 Jan 1990.
- 11122 Soriano, B.M.A.; Santos, S.A; Daniel, O; Crispim, S.M; Pellegrin, L.A.; Padovani, C. R. 2008.
 11123 Monitoramento dos focos de calor e das variáveis meteorológicas para o Pantanal em 2008.
 11124 Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008. 4 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 73.
 11125 Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT73>.
 11126 Acesso em: 30 mar. 2009.
- 11127 Sotta, E. D., E. Veldkamp, L. Schwendenmann, B. R. Guimarães, R. K. Paixão, M. d. L. P.
 11128 Ruivo, A. C. Lola da Costa, and P. Meir (2007), Effects of an induced drought on soil carbon
 11129 dioxide (CO₂) efflux and soil CO₂ production in an Eastern Amazonian rainforest, Brazil,
 11130 *Global Change Biology*, 13(10), 2218-2229.
- 11131 Spalding et al., 1997.
- 11132 Spracklen et al., 2012. *Nature* (2012) doi:10.1038/nature11390
- 11133 St. Louis, V.L., Kelly, C.A., Duchemin, E. Rudd, J.W.M., Rosenberg, D.M. Reservoir Surfaces
 11134 as Sources of Greenhouse Gases to the Atmosphere: A Global Estimate. *BioScience*, 50, 766-
 11135 775, 2000.
- 11136 State of the world's forests, FAO REPORT, biennial issue, from 1995 to 2011. Available at:
 11137 <http://www.fao.org/forestry/sofo/en/>
- 11138 Suassuna, J., 2009. O Processo de Salinização das Águas Superficiais e Subterrâneas do
 11139 Nordeste. Publicado Disponível em
 11140 <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/recuhydr/processo/processo.html>. Acessado em 24
 11141 de março de 2009.
- 11142 Suertegaray, D.M.A., e L.A.P; Silva, L.A.P. 2009. Tche pampa: histórias da natureza gaúcha In:
 11143 Pillar, V. D.; Muller, S. C.; Castilhos, Z. M. S.; Jacques, A. V. A. (Org.). *Campos Sulinos:*
 11144 *Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade*. [Pillar, V.D., S.C. Muller, Z.M.S. Castilhos,
 11145 e A.V.A. Jacques (Org.)] Brasília: MMA. cap. 3, p. 42-59.
- 11146 Tabarelli et al, 2005
- 11147 Tabarelli et al, 2010
- 11148 Teixeira et al. 2009
- 11149 Ter Steege, H., et al., (2003)., A spatial model of tree diversity and tree density for the
 11150 Amazon, *Biodiversity and Conservation*, 12(11), 2255-2277.

- 11151 Théry, H., e N.A.; Mello, N.A.2008. Atlas do Brasil: disparidades e dinâmicas do território. São
11152 Paulo: Editora da USP., 2008. 312p..
- 11153 Thomas, C. D.; Cameron, A.; Green, R. E.; Bakkenes, M.; et al. 2004. Extinction risk from
11154 climate change. *Nature*, v. 427, 145-148.
- 11155 Tian, H., J. M. Melillo, D. W. Kicklighter, A. D. McGuire, J. V. K. Helfrich, B. Moore, and C.
11156 J. Vorosmarty. 1998., Effect of interannual climate variability on carbon storage in Amazonian
11157 ecosystems, *Nature*, 396(6712), 664-667.
- 11158 Uhl, C.; Vieira, I. C. G. 1989. Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon:
11159 a case study from the Paragominas region in the state of Para. *Biotropica*, 21: 98-106.
- 11160 Uhlig, A., Goldemberg, J., Coelho, S.T. 2008. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica
11161 Brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas. *Revista Brasileira de Energia*, 14, 67-85.
- 11162 UNFCCC - United Nations Framework Convention On Climate Change, 2001. The Marrakesh
11163 Accords & Marrakesh Declaration. Marrakesh.. Disponível em:
11164 http://unfccc.int/cop7/documents/accords_draft.pdf. Acessado em 19 março 2011.
- 11165 UNFCCC - United Nations Framework Convention On Climate Change, 2002. Clean
11166 Development Mechanism: Project Design Document (CDM-PDD), UNFCCC Web site, Bonn,
11167 16 p., August, 2002.
- 11168 UNFCCC - United Nations Framework Convention On Climate Change, 2003.: Kyoto Protocol;
11169 executive Board launches process for small-scale CDM projects, press Release from Framework
11170 Convention on Climate Secretariat, Bonn, 29 January 2003.
- 11171 UNFCCC - United Nations Framework Convention On Climate Change, 2009. REDD web
11172 platform. Disponível em: http://unfccc.int/methods_science/redd/items/4531.php
- 11173 UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change, 2010. Outcome of the
11174 work of the ad hoc working group on long-term cooperative action under the convention. 2010.
11175 Disponível em: http://unfccc.int/files/meetings/cop_16/application/pdf/cop16_lca.pdf.
- 11176 UNFCCC - United Nations Framework Convention On Climate Change.2001. The Marrakesh
11177 Accords & Marrakesh Declaration. Marrakesh. 2001. Disponível em:
11178 http://unfccc.int/cop7/documents/accords_draft.pdf. Acessado em 19 março 2011.
- 11179 United Nations Framework Convention On Climate Change (UNFCCC). 2009. REDD web
11180 platform. Disponível em: http://unfccc.int/methods_science/redd/items/4531.php.
- 11181 Uppala, S. M., et al., 2005.The ERA-40 re-analysis, *Quarterly Journal of the Royal*
11182 *Meteorological Society*, 131(612), 2961-3012.
- 11183 Valentim, J.S. e Andrade, C.M.S. 2009. "Tendências e perspectivas da pecuária bovina na
11184 amazônia brasileira". *Amazônia: Ci. & Desenv.*, 4 (8) 7-30.
- 11185 Valério, A. F.; Watzlawick, L. F.; Balbinot, R.; Caldeira, M. V. W.; Figueiredo Filho. 2008.A.
11186 Modelagem para a estimativa do rendimento no desdobro de toras de *Araucaria angustifolia*
11187 (Bertol.) Kuntze. *Floresta*, Curitiba-PR, 39(3), 619-628.
- 11188 Veiga, J.E: 1999. Biodiversidade e Dinamismo Econômico, III Encontro da EcoEco, Anais em
11189 CD - ROM, Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, Recife.
- 11190 Veloso et al., 1991.
- 11191 Veríssimo, A. 2006. Estratégia e Mecanismos Financeiros para Florestas Nativas do Brasil..
11192 In: *Estudo de Caso Brasileiro sobre a Estratégia Nacional de Financiamento e Uso Sustentável*
11193 *e Conservação das Florestas*. [FAO - Food and Agricultural Organization of the United Nations

- 11194 (Org.).]. 40p. Disponível em: [http://www.fao.org/forestry/12074-](http://www.fao.org/forestry/12074-027fef11c6831b6a2995ab35f025d075c.pdf)
11195 [027fef11c6831b6a2995ab35f025d075c.pdf](http://www.fao.org/forestry/12074-027fef11c6831b6a2995ab35f025d075c.pdf) Acessado em 27/ de novembro de 2012.
- 11196 Veríssimo, A.; Cavalcante, A.; Vidal, E.; Lima, E.; Pantoja, F.; Brito, M. 1999. O Setor
11197 Madeireiro do Amapá: Situação atual e perspectivas para o Desenvolvimento Sustentável.
11198 Governo do Estado do Amapá & Imazon. 44p.
- 11199 Viana, V. 2009. (In: Briefing - IIED. International Institute for Environment and
11200 Development). Financiando REDD: mesclando o mercado com fundos do governo. 2009
11201 (www.iied.org/pubs/display.php?o=17053PII ED).
- 11202 Victoria, R.L., L. A. Martinelli, J. M. Moraes, M. V. Ballester, A. V. Krusche, G. Pellegrino, R.
11203 M. B. Almeida, and J. E. Richey et al., (1998),. Surface Air Temperature Variations in the
11204 Amazon Region and Its Borders during This Century, *Journal of Climate*, 11(5), 1105-1110.
- 11205 Vieira, Liszt. 1999. Cidadania Global e Estado Nacional, Artigo digitado, Rio de Janeiro, 13 p.,
11206 1999.
- 11207 Wagener, T., e S. & Franks, S. .2005. Regional hydrological impacts of climate change - impact
11208 assessment and decisionmaking. In: Wagener, T.; Franks, S.; Gupta, H.V.; BGH, E.; Bastidas,
11209 L.; Nobre, C. & Galvão, C.O., eds. *Regional hydrological impacts of climate change - impact*
11210 *assessment and decision-making*. [Wagener, T., S. Franks, H.V. Gupta, E. Bgh, L. Bastidas, C.
11211 Nobre, e C.O. Galvão(Eds.)]. Wallingford, IAHS, 2005. p.1-8.
- 11212 Wantzen1, K.M, Cunha, C.N., Junk, W.J., Girard, P., Rossetto, O.C., Penha, J.M, Couto, E.G.,
11213 Becker, M., Priante, G., Tomas, W.M., Santos, S.A., Marta, J., Domingos, I., Sonoda, F., Curvo,
11214 M., & Callil, C. 2008. Towards a sustainable management concept for ecosystem services of the
11215 Pantanal wetland. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 8, 115-138. 2008.
- 11216 Williamson, G. B., W. F. Laurance, A. A. Oliveira, P. Delamônica, C. Gascon, T. E. Lovejoy,
11217 and L. Pohl.2000. Amazonian Tree Mortality during the 1997 El Niño Drought, *Conservation*
11218 *Biology*, 14(5), 1538-1542.
- 11219 Wilson, E.O., 1989. Threats to Biodiversity. *Sci. Am.*, 60-66, 1989.
- 11220 Wright, I. J., P. B. Reich, O. K. Atkin, C. H. Lusk, M. G. Tjoelker, and M. Westoby (2006),
11221 Irradiance, temperature and rainfall influence leaf dark respiration in woody plants: evidence
11222 from comparisons across 20 sites, *New Phytologist*, 169(2), 309-319.
- 11223 Wright, S. J., C. Carrasco, O. Calderón, and S. Paton (1999), The El Niño Southern Oscillation,
11224 variable fruit production and famine in a tropical forest, *Ecology*, 80(5), 1632-1647.
- 11225 WWF-Brasil. . 2009. Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do solo na Bacia
11226 do Alto Paraguai - porção brasileira - período de análise: 2002 a 2008. Relatório técnico
11227 metodológico. Brasília: CI/COA/AVINA/SOS Pantanal/WWF-Brasil. 58 p.; Il.; 23 cm. ISBN
11228 978-85-86440-25-0.
- 11229 WWF-Brasil. 2009. Monitoramento 2009. In: *Monitoramento das alterações da cobertura*
11230 *vegetal e uso do solo na Bacia do Alto Paraguai – porção brasileira – período de análise: 2002*
11231 *a 2008*. Relatório técnico metodológico. Brasília: CI/COA/AVINA/SOS Pantanal/WWF-
11232 Brasil. 2009. 58 p.; Il. ISBN 978-85-86440-25-0.
- 11233 Ximenes, A. C.; Almeida, C. M.; Amaral, S.; Escada, M. I.; Aguiar, A. P. D. 2008. Modelagem
11234 dinâmica do desmatamento na Amazônia. *Boletim de Ciências Geodésicas (UFPR)*, v. 14 (3),
11235 370-391
- 11236 Yanai, A. M.; Fearnside, P. M.; Graça, P. M. L. A. 2011. Desmatamento no sul do Amazonas:
11237 Simulação do efeito da criação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma. In XV
11238 Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (p. 6193-6200), Curitiba, PR.

- 11239 Young, C. E. F. Financial Mechanisms for Conservation in Brazil. *Conservation Biology*,
11240 Vol.19, No. 3: 756-761. 2005.
- 11241 Young, Carlos Eduardo Frickmann e Fausto, José Ricardo Brun. Valoração de Recursos
11242 Naturais como instrumento de análise da expansão da fronteira agrícola na Amazônia, Texto
11243 para Discussão no 490, IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Rio de Janeiro, junho
11244 de 1997.
- 11245 Yu, C. M. Caracterização e tipologia do projetos de seqüestro de carbono no Brasil.
11246 In:Sanquetta, C. R. et al. (Ed.). *As florestas e o carbono*. Curitiba: p. 59-87. 2002.
- 11247 Zinn, Y. L.; Resck, V. S.; Silva, J. E. 2002. Soil organic carbon as affected by afforestation with
11248 Eucalyptus and Pinus in the Cerrado region of Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 166,
11249 p. 285-294.
- 11250

11251

11252 **APÊNDICE – LEITURA COMPLEMENTAR**

11253

11254 **1. Tecnologias e práticas de Mitigação em Florestas**

11255 Mudanças no uso da terra alteram profundamente os processos biogeoquímicos do solo,
11256 com reflexos no estoque de carbono e no fluxo de gases entre o solo e a atmosfera
11257 (FEIGL et. al., 2001).

11258 No Brasil, aproximadamente 61% de todo seu território é coberto por florestas naturais
11259 e plantios florestais, representando a segunda maior área de florestas do mundo, atrás
11260 apenas da Rússia. Deste total, 98,7% são florestas naturais e 1,3% são plantios,
11261 totalizando mais de 516 milhões de hectares.

11262 As florestas representam papel importante na mitigação das mudanças climáticas;
11263 podendo as práticas de mitigação estarem relacionadas a redução do desmatamento e
11264 incentivo ao reflorestamento, conforme previsto no Protocolo de Kyoto – Mecanismo
11265 de Desenvolvimento Limpo (MDL). Atualmente uma das principais alternativas é
11266 reduzir as emissões evitando o desmatamento e a degradação florestal, conforme
11267 acordado na Convenção das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (UNFCCC).
11268 Ações preventivas acerca do desmatamento e da degradação florestal são mais eficazes
11269 do que ações reparatórias dos danos causados; este foi o sentido do acordo firmado na
11270 conferência do UNFCCC, realizado em Dezembro de 2010, e atualmente do REDD
11271 (Redução das Emissões provenientes do Desmatamento e Degradação Florestal), que é
11272 um mecanismo criado para evitar a emissão de carbono, tem se destacado nas diversas
11273 discussões governamentais ao redor do mundo, apresentando grande potencial para sua
11274 implementação global.

11275 Há necessidade urgente de introduzirem-se incentivos para cooperação mútua, uma vez
11276 que os países em desenvolvimento têm condições de promoverem reduções nas
11277 emissões de gases de efeito estufa a custos mais baixos do que as economias mais
11278 desenvolvidas (Motta et al., 2001).

11279 Ainda com relação ao REDD, este pode ser considerada uma alternativa rentável para
11280 reduzir o desmatamento. Como em outros mercados, um poluidor poderá compensar
11281 suas emissões comprando créditos de quem ainda tem o que conservar. Isso vai além do
11282 Protocolo de Kyoto, pois compensa financeiramente os proprietários de matas naturais
11283 que se prontificam a mantê-las em pé. Ao manter a floresta em pé, o mecanismo REDD
11284 assegura os serviços ambientais que estas oferecem e representa um investimento
11285 sustentável, pois protege de maneira integral o patrimônio natural da terra.

11286 No entanto, essas práticas mitigadoras são ainda incertas quanto aos seus resultados,
11287 pois os custos do aquecimento global são difíceis de calcular e também por dependerem
11288 de ações multilaterais, ou seja, nenhum país sozinho poderá reverter o aquecimento
11289 global através de uma ação unilateral. Por esta razão, a ação multilateral torna-se um
11290 jogo no qual os países atuam de uma forma estratégica, esperando os movimentos de
11291 outros países para reagirem.

11292 **1.1. Reflorestamento**

11293 Dentre as formas de redução na emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) para a
11294 atmosfera, pode-se citar a captura do carbono atmosférico por meio da fotossíntese
11295 através de plantios de espécies florestais, armazenando-o temporariamente, e
11296 remunerando esse serviço ambiental aos produtores de florestas que estejam com
11297 atividades de reflorestamento no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

11298 (MDL) (Moreira eMozzer, 2009). O MDL consiste em um mecanismo de flexibilização
11299 gerado no Protocolo de Quioto (criado em 1997 e ratificado em 2005), permitindo a
11300 transferência de certificados de permissões de emissões entre os agentes econômicos e
11301 remunerando o serviço ambiental daquelas atividades que reduzem suas emissões além
11302 do que seria necessário.

11303 As atividades de Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas (Land Use, Land
11304 Use ChangeandForestry - LULUCF) elegíveis para geração de Reduções Certificadas de
11305 Emissões (RCEs), por meio do MDL, no primeiro período de compromisso do
11306 Protocolo de Quioto (2008 - 2012), ficaram restritas às atividades de
11307 florestamento/reflorestamento (NeeffeHenders, 2007), não sendo elegíveis o manejo
11308 florestal e o desmatamento evitado neste período de compromisso.

11309 Nas exigências para que uma área seja elegível na implantação de um projeto de
11310 reflorestamento, deve-se considerar que ela não teve cobertura florestal nos últimos 50
11311 anos; e, para ser passível de um projeto de reflorestamento, não pode ter sido ocupada
11312 com cobertura florestal desde 31 de dezembro de 1989. Desse modo, projetos de
11313 reflorestamento, no âmbito do MDL, só podem ser implantados em áreas sem cobertura
11314 florestal a partir de 31 de dezembro de 1989.

11315 A comprovação do uso não florestal do solo desde essa data pode ser feita por meio de
11316 fotografias aéreas ou imagens de satélite, complementadas por dados terrestres de
11317 referência; pesquisas baseadas na terra (cadastrros e registros de uso do solo); ou
11318 informações sobre o uso da terra advindas de mapas ou dados espaciais (Fronzizi,
11319 2009).

11320 De acordo com Fronzizi (2009), projetos de reflorestamento são criados com o objetivo
11321 de remover CO₂ da atmosfera, por meio do processo de fotossíntese, ao invés de se
11322 evitar a emissão de gases de efeito estufa. Entretanto, não há como garantir que o
11323 carbono armazenado nas florestas não retorne à atmosfera, seja por meio de eventos
11324 naturais (fogo, pragas, doenças) ou por intervenção humana (fogo induzido, colheita da
11325 floresta para diferentes usos ou desmatamento), de modo que os créditos de carbono
11326 gerados pelas atividades de florestamento/reflorestamento são temporários, ou seja,
11327 apresentam prazo de validade definido. Essa característica é denominada de não
11328 permanência, e constitui a principal diferença entre os créditos de carbono florestais e
11329 aqueles oriundos de atividades de redução de emissões, os quais são permanentes.

11330 Projetos de reflorestamento também são diversificados, comparando-se com projetos
11331 tradicionais de MDL, no que diz respeito ao período de obtenção dos créditos. Uma
11332 atividade de reflorestamento pode ter um período de obtenção dos créditos de 20 anos,
11333 renovável por até dois períodos de 20 anos, chegando a 60 anos de duração, ou até um
11334 único período de 30 anos, sem direito a renovação. Salienta-se que, a cada renovação
11335 dos projetos de vinte anos, a linha de base proposta deve ser atualizada.

11336 Apesar de o desmatamento ser uma das principais fontes de emissões de gases de efeito
11337 estufa, medidas para lidar com esta questão só começaram a ser discutidas oficialmente
11338 nas negociações internacionais no âmbito da Convenção de Clima da ONU a partir de
11339 2005. A proposta de criação de um mecanismo para lidar com emissões resultantes do
11340 desmatamento tropical deu origem ao atual conceito de REDD. Na última Conferência
11341 das Partes da Convenção de Clima da ONU (COP16), realizada em dezembro de 2010
11342 no México, foram definidas as premissas básicas para a implantação de um regime de
11343 REDD. O chamado Acordo de Cancún definiu as “Abordagens relacionadas à redução
11344 das emissões por desmatamento e degradação florestal, e o papel da conservação,
11345 manejo sustentável de florestas e aumento dos estoques de carbono florestal (o
11346 reconhecimento destas atividades adicionais nas negociações deu origem ao conhecido
11347 REDD+) nos países em desenvolvimento” (UNFCCC, 2010).

11348 Para o Brasil, a criação de um mecanismo de REDD é especialmente importante, devido
11349 a contribuição significativa do desmatamento nas emissões de CO₂ do país. Tal
11350 mecanismo torna-se, portanto, no contexto brasileiro, uma oportunidade sem
11351 precedentes de compensar esforços para redução de emissões causadas por
11352 desmatamento e, ao mesmo tempo, reverter a tendência histórica de desenvolvimento
11353 econômico que tem levado a uma grande pressão sobre as áreas de floresta em pé.
11354 O esforço voltado para a redução e/ou prevenção das emissões de carbono resultantes
11355 do desmatamento é, ainda, considerado como o de maior e mais rápido impacto para a
11356 mitigação das mudanças climáticas, segundo relatório do IPCC (UNFCCC, 2009). A
11357 realização de projetos ligados ao mercado de créditos de carbono também vêm sendo
11358 discutida considerando-se a viabilidade para o financiamento de reflorestamento em
11359 regiões biologicamente importantes.

11360 Dentre as formas de se reduzir os custos do projeto para torná-lo mais atrativo e
11361 financiável citam-se: diminuir os custos de reflorestamento através de doação de mudas
11362 e trabalho voluntário; diminuir os custos de gerenciamento local e manejo, graças a
11363 ganhos de escala; doações de recursos para o projeto de ONGs interessadas na
11364 preservação da biodiversidade; doação de empresas ou entidades que querem tornar
11365 suas operações neutras em carbono; e promoção de campanhas de adoção de corredores
11366 ecológicos junto a empresas privadas (Rambaldi et al., 2003).

11367 Segundo projetos de reflorestamento na Mata Atlântica, a venda de créditos de carbono
11368 não é suficiente para compensar integralmente o investimento necessário para os
11369 proprietários de terra da região, sendo que ganhos de receitas por outros serviços
11370 ambientais devem ser considerados para todas as comunidades. A qualidade da água, do
11371 ar e do solo trará benefícios tanto para os fazendeiros quanto para os moradores das
11372 cidades próximas. Uma forma de estimular a realização de projetos como o estudado
11373 poderá ser a definição dos direitos de propriedade dos serviços ambientais (como água,
11374 biodiversidade e ecoturismo) em favor dos proprietários de terra (Young, 2005).

11375 Historicamente, os projetos florestais são considerados como de “segunda linha” dentro
11376 da Convenção do Clima. Isso fica evidente quando se observa que dentro do principal
11377 mercado de créditos de carbono do mundo, como o Sistema de Comércio de Carbono
11378 Europeu (ETS), os créditos florestais via REDD ou MDL não podem ser
11379 comercializados. Usando os projetos de MDL como exemplo, tecnicamente, estes
11380 funcionam da mesma maneira que os projetos dentro do ETS. As emissões evitadas
11381 devido à substituição de combustíveis fósseis por renováveis, aumento da eficiência
11382 energética de um processo, entre outras, são calculadas, medidas e monitoradas. Assim,
11383 a emissão evitada decorrente da substituição de um litro de óleo diesel por uma fonte
11384 renovável de energia é irreversível, o mesmo não acontecendo nos projetos florestais.
11385 Até o ano de 2010, dos mais de 4.200 projetos de MDL em processo de avaliação pelo
11386 Comitê Executivo do MDL na ONU, 2.326 estão registrados e 71 solicitaram o registro.
11387 Dos já registrados, somente 15 são projetos de florestamento/reflorestamento (sendo
11388 apenas 2 brasileiros), o que mostra o fraco desempenho do setor. Limitações na
11389 regulamentação de projetos florestais, mensuração dos créditos de carbono temporários,
11390 entre outros fatores, contribuíram para este desempenho. No entanto, existem 17
11391 metodologias aprovadas pela ONU para projetos de florestamento e reflorestamento no
11392 âmbito do MDL (UNFCCC, 2010).

11393 Em relação ao crédito florestal especificamente, o Serviço Florestal Brasileiro elaborou
11394 em 2010 o Guia de Financiamento Florestal (GFF), buscando atender a uma grande
11395 demanda de informações sobre como financiar as diversas atividades florestais, desde o
11396 reflorestamento de áreas de Reservas Legais e Áreas de Preservação Permanente, o
11397 plantio de essências nativas e de sistemas agroflorestais, silvipastoris e o plantio de

11398 florestas industriais, visando ao abastecimento, principalmente, das demandas por
 11399 carvão, energia e celulose (SFB, 2010).
 11400 Neste escopo, o GFF/2010 disponibiliza de forma rápida as principais informações
 11401 sobre as linhas de crédito, seus beneficiários, limites de valores, taxas de juros, prazos
 11402 de reembolso e carência, as garantias estipuladas e os agentes financeiros que as
 11403 operam.
 11404 O Brasil possui cerca de 6,8 milhões de hectares de florestas plantadas (Tabela 3.7.?),
 11405 principalmente com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que representam 93% do
 11406 total. Isso corresponde a apenas 0,8% da área do país e 1,3% do total das florestas
 11407 (ABRAF, 2010).
 11408 Tabela 3.7.? - Composição da área de florestas plantadas no Brasil até 2009.

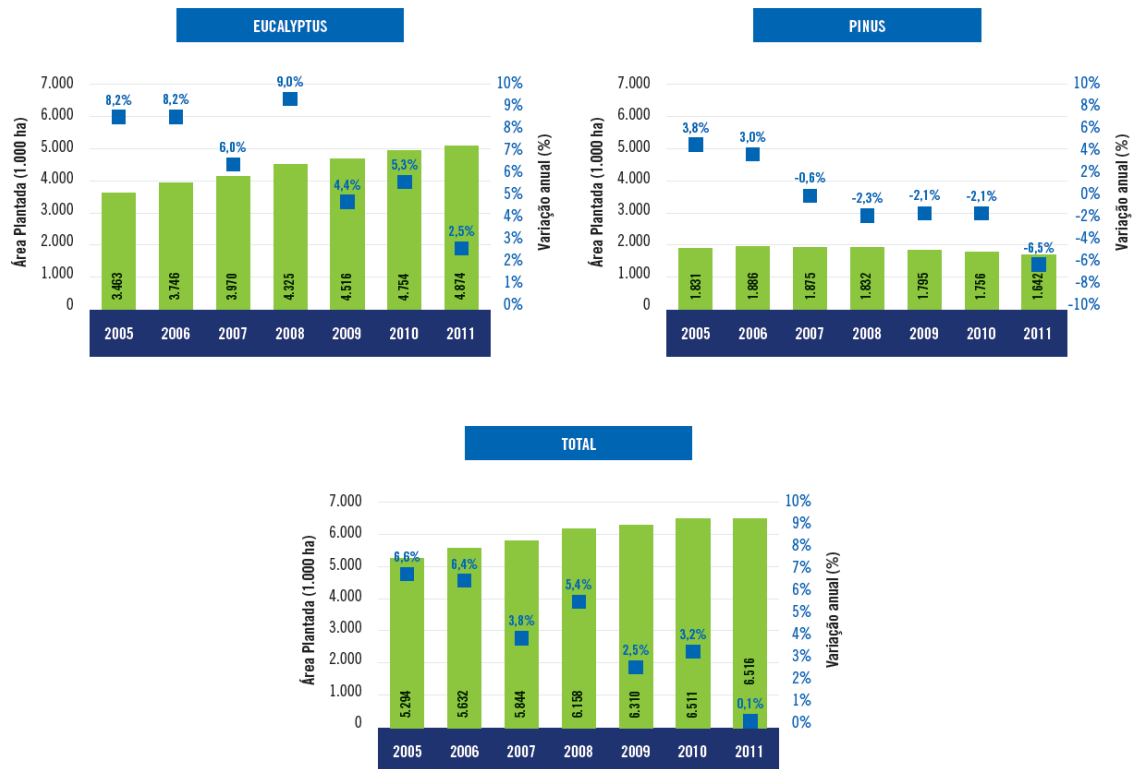
Espécie	Nome Científico	Área (em ha)	%
Eucalipto	<i>Eucalyptusspp</i>	4.515.730	66,58
Pinus	<i>Pinus spp</i>	1.794.720	26,46
Acácia	<i>Acaciameamsii/A. mangium</i>	174.150	2,57
Seringueira	<i>Hevea brasiliensis</i>	128.460	1,89
Paricá	<i>Schizolobiumamazonicum</i>	85.320	1,26
Teca	<i>Tectonagrandis</i>	65.240	0,96
Araucária	<i>Araucaria angustifolia</i>	1.2110	0,18
Populus	<i>Populus spp</i>	4.030	0,06
Outras		2.740	0,04
Total		6.782.500	100

11409 Fonte: ABRAF (2010)

11410

11411 O setor florestal brasileiro de florestas plantadas vem apresentando aumento de
 11412 produtividade florestal. Além dos fatores ambientais favoráveis para a silvicultura,
 11413 novas tecnologias são utilizadas para aumentar a produtividade, tais como
 11414 melhoramento genético de sementes e clonagem de espécies florestais. Esse
 11415 aprimoramento leva o Brasil a se destacar na produtividade florestal tanto de coníferas
 11416 como de folhosas (SFB, 2010).
 11417 Tendo em vista as restrições à aquisição de terras por empresas brasileiras de capital
 11418 estrangeiro, determinadas pelo Parecer AGU no. 1/2008 impediu qualquer novo plantio
 11419 de florestas por parte das associadas da ABRAF destinado a ampliações de projetos já
 11420 existentes ou a novos projetos, e impediu também o estabelecimento de novos projetos
 11421 de empresas com maioria de capital estrangeiro interessadas em investir neste setor no
 11422 país. Em 2011, a área de plantios de *Eucalyptus* totalizou 4.873.952 ha, representando
 11423 crescimento de 2,5% (119.617 ha) frente ao indicador de 2010 (Figura 3.69). O
 11424 principal fator que alavancou esse crescimento foi o estabelecimento de novos plantios
 11425 frente à demanda futura dos projetos industriais do segmento de Papel e Celulose. A
 11426 área de plantios de *Pinus* totalizou 1.641.892 ha em 2011, valor 6,5% inferior ao
 11427 registrado em 2010 (Figura 3.7.?). Esse resultado corrobora a tendência de redução da
 11428 área plantada de *Pinus* em prol da substituição por plantios de *Eucalyptus*. Analisando o

11429 período 2005-2011, a redução da área ocupada por Pinus foi de 189.593 ha (-1,8% a.a.)
 11430 (ABRAF, 2012).



11431

11432 Figura 3.7.- Histórico da área de plantios florestais no Brasil, 2005-2011. Fonte: Anuário ABRAF
 11433 (2011).

11434 Considerando que novas áreas para plantações florestais estejam localizadas em áreas
 11435 de pastagens degradadas, e que o governo federal propôs implementar outros 5,5 Mh até
 11436 2020, o potencial mitigador dessa medida seria de aproximadamente 0,70 Pg CO₂ eq, já
 11437 descontadas as emissões associadas a produção madeireira (Cerri et al., 2010), sendo
 11438 este valor considerado modesto, dada a potencialidade de expandir a silvicultura no
 11439 país.

11440 Cerri et al. (2010) estimaram o potencial de sequestro e estoque de carbono para um
 11441 cenário de aumento na área de plantações florestais, considerando que em 2020 a área
 11442 de florestas atingiria 16,5 Mh - o triplo da área de 2005. Nesse caso, o potencial
 11443 mitigador seria de quase 1 Pg CO₂ eq acima do estimado no cenário das medidas
 11444 governamentais.

11445 **1.2. Manejo florestal sustentável**

11446 Nas discussões atuais sobre as mudanças climáticas, em diferentes fóruns mundiais, o
 11447 uso da terra e das florestas como mecanismo para mitigar as mudanças climáticas
 11448 devido ao efeito-estufa sempre foi considerado. No entanto, por causa de incertezas
 11449 científicas sobre as emissões de CO₂ decorrentes das atividades de desmatamento e
 11450 sobre as taxas de desmatamento em todo o mundo, esse assunto gera, ainda, muita
 11451 polêmica. Somente a partir do estabelecimento dos mecanismos de flexibilização no
 11452 Protocolo de Quioto, em 1997, na Convenção das Partes-3 (COP-3), o foco da discussão
 11453 migrou para o sequestro de carbono pelas florestas, como uma das alternativas de
 11454 compensação das emissões dos países industrializados (Yu, 2002).

11455 Diante da possibilidade da utilização das florestas como mitigador de problemas
11456 ambientais (climáticos), há necessidade de utilização de um manejo florestal moderno,
11457 que requeira a integração entre floresta, indústria e mercado, a fim de maximizar o
11458 retorno financeiro e, ao mesmo tempo, garantir uma base sustentável do estoque de
11459 crescimento das florestas. Para isso, é importante que sejam desenvolvidas e utilizadas
11460 técnicas que visem identificar as oportunidades, as alternativas de uso e as estimativas
11461 de diferentes produtos que as florestas podem oferecer (Leite, 1994).

11462 A exploração das florestas nativas nos biomas Amazônia, Caatinga e Cerrados tem sido
11463 historicamente realizada de forma largamente predatória. No caso do Cerrado, a pressão
11464 para a produção de lenha e carvão aliada ao avanço da fronteira agrícola tem ocasionado
11465 uma redução drástica da vegetação nativa. As práticas de manejo florestal com
11466 viabilidade econômica ainda são incipientes nesse bioma. Na Caatinga, as práticas de
11467 manejo são ainda restritas, ocasionadas por múltiplos fatores incluindo baixa
11468 capacitação dos atores e deficiência na produção, escassez de sistematização e
11469 divulgação em larga escala de informação sobre como manejar esse ecossistema
11470 (Veríssimo, 2006).

11471 Silva (2000) explica que a grande diversidade de espécies florestais, principalmente na
11472 floresta amazônica, aliada a grande pressão exercida pela exploração desordenada e
11473 predatória dessa floresta, torna imperativo que estudos sejam realizados, buscando
11474 melhor atender e elucidar dentro dos aspectos formadores da estrutura florestal, aqueles
11475 que possam vir a subsidiar e garantir um manejo adequado da mesma. Os sistemas
11476 silviculturais propostos para o manejo das florestas naturais só serão eficientes na
11477 manutenção da produtividade da floresta, se a extração das espécies for feita de modo
11478 responsável e houver um compromisso efetivo com a sustentabilidade dos recursos.
11479 O manejo florestal destinado à produção madeireira em uma base sustentável ainda
11480 representa um grande desafio, dada à complexidade do ecossistema da floresta tropical.
11481 Para que as florestas naturais possam ser utilizadas em bases sustentáveis, com a adoção
11482 da técnica do manejo florestal preconizada pela legislação florestal brasileira, é
11483 fundamental que se quantifique a capacidade de reposição dos estoques extraídos das
11484 espécies com mercado atual e daquelas com mercado potencial (Jardim e Soares, 2010).
11485 No setor florestal, o prognóstico do estoque e rendimento da matéria-prima, com
11486 rapidez e confiabilidade, é de interesse de todo administrador. Ele possibilita que
11487 decisões sobre desempenho industrial, conjuntura organizacional e uso correto da
11488 matéria-prima sejam tomadas antecipadamente às situações adversas, reduzindo gastos e
11489 evitando perdas no processo produtivo. Portanto, como os inventários florestais são de
11490 grande importância para o planejamento de uma empresa florestal, o conhecimento
11491 confiável de seu consumo de matéria-prima e aproveitamento é imprescindível, pois
11492 permite ajustar para a indústria a quantidade ideal de madeira a ser consumida,
11493 resultando em sua sustentabilidade (Valério et al., 2008).

11494 Segundo a legislação brasileira que define as práticas de exploração madeireira em
11495 florestas naturais na Amazônia (MMA, 2006), o diâmetro mínimo de corte (DMC) de
11496 cada espécie deve ser definido com base em estudos técnicos e, na ausência destes,
11497 poderão ser cortadas árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou superior a
11498 50 cm. Entre outras práticas, a Instrução Normativa determina ainda que pode ser
11499 explorado até 90% dos indivíduos acima do DMC de uma espécie na área destinada ao
11500 manejo em um dado ano, podendo essa porcentagem ser reduzida ou aumentada de
11501 acordo com a distribuição diamétrica e outras características ecológicas da espécie em
11502 questão. Tais informações, contudo, não estão disponíveis para as espécies madeireiras
11503 da Amazônia brasileira, com raras exceções (GroganeGalvão, 2006; Grogan et al, 2006;
11504 Lacerda, 2007).

11505 Os mecanismos de sustentação dos ecossistemas manejados ainda não são
11506 adequadamente abordados pelos manejadores e nem pela legislação florestal brasileira
11507 em vigor, visto que vários aspectos ecológicos fundamentais são desconsiderados nos
11508 planos de manejo. A Instrução Normativa N° 4 (Diário Oficial da União, N°45 - Seção
11509 1, 7 de março de 2002) estabelece critérios para manutenção da capacidade produtiva
11510 das florestas em longo prazo, tais como o controle do volume de madeira extraído por
11511 hectare, o ciclo de corte e algumas medidas silviculturais baseadas nas áreas das
11512 unidades de produção anual (UPA) e não em áreas com condições ambientais
11513 uniformes, que corresponderiam a comunidades ecológicas, com suas propriedades
11514 coletivas e emergentes estabelecidas dentro dos padrões e processos ecológicos
11515 conhecidos para as florestas tropicais (Alves e Miranda, 2008).
11516 Os aspectos ecológicos têm ganhado importância dentro do manejo de florestas
11517 naturais. A atividade de manejo tem procurado estabelecer práticas silviculturais mais
11518 adequadas aos processos ecológicos (Buschbacher, 1990; Veríssimo et al., 1999;
11519 UhleVieira, 1989), especialmente aquelas que podem afetar o crescimento ou a
11520 viabilidade das populações (NoriseMcCulloch, 2003).
11521 Em estudo realizado por Francez et al. (2009), objetivando avaliar o impacto da
11522 exploração florestal na estrutura de uma floresta de terra firme na região de
11523 Paragominas, PA, foi possível concluir que a estrutura da floresta, mesmo com
11524 pequenas alterações, não mostrou significância entre os três tratamentos aplicados
11525 (floresta não-explorada, floresta onde houve colheita de fustes comerciais, e floresta
11526 onde houve colheita dos fustes comerciais e dos resíduos lenhosos), sugerindo que com
11527 a realização do manejo adequado, mesmo com a retirada adicional dos resíduos, após a
11528 colheita de madeira, aplicando técnicas de exploração de impacto reduzido, a floresta
11529 deve continuar com suas características bem semelhantes à floresta original, embora em
11530 processo de recuperação do estoque volumétrico.
11531 Em março de 2006, o Congresso Nacional aprovou a Lei nº 11.284, de Gestão de
11532 Florestas Públicas, sendo que esta dispõe e estabelece três modelos de gestão de
11533 florestas públicas para a produção sustentável: criação de Unidades de Conservação
11534 (Florestas Nacionais, Estaduais e Municipais), destinação não-onerosa para uso
11535 comunitário e concessão florestal.
11536 A concessão florestal permite à pessoa jurídica, por meio de processo licitatório,
11537 praticar manejo florestal sustentável para exploração de produtos e serviços em uma
11538 Unidade de Manejo Florestal - UMF, sendo vedada a titularidade imobiliária, o acesso
11539 ao patrimônio genético, o uso significativo dos recursos hídricos, a exploração mineral,
11540 da fauna e a comercialização de crédito de carbono.
11541 Para a gestão eficiente dos contratos de concessão florestal, é necessário que haja o
11542 monitoramento das atividades propostas e obrigações contratuais assumidas pelo
11543 concessionário e pelo Serviço Florestal Brasileiro - SFB, de forma a garantir a
11544 sustentabilidade das florestas, gerando benefícios sociais, econômicos e ambientais
11545 (SFB, 2010).
11546 O monitoramento dos contratos de concessão das florestas públicas federais considera
11547 dentre outros aspectos, a implementação do Plano de Manejo Florestal Sustentável –
11548 PMFS, a proteção de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, a proteção dos
11549 corpos d'água, a proteção da floresta contra incêndios, o desmatamento e explorações
11550 ilegais, a dinâmica de desenvolvimento da floresta, as condições de trabalho, existência
11551 de conflitos socioambientais e qualidade da indústria de beneficiamento como previsto
11552 no Decreto nº 6.063, de 20 de março de 2007 (SFB, 2010).
11553 Até o primeiro semestre do ano de 2011, já foram aprovadas e encontram-se em
11554 andamento três concessões florestais, sendo elas localizadas na Floresta Nacional do

11555 Jamari (RO), Floresta Nacional de Saracá-Taquera (PA), Floresta Nacional do Amana
 11556 (PA). Além destas, mais quatro concessões florestais no estado de Rondônia e Pará já
 11557 estão em fase de pré-edital com a realização de consultas públicas para a viabilização de
 11558 processo licitatório.

11559 **1.3. Pagamento por serviços ambientais**

11560 O Brasil apresenta um grande potencial para a implantação do que chamamos de
 11561 Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), com ofertas de serviços relacionados à
 11562 biodiversidade (flora e fauna), recursos hídricos, beleza cênica e captura/retenção de
 11563 carbono em suas áreas de vegetação nativas (Wunder et al., 2009). Como são ações
 11564 voluntárias, o PSA torna-se uma ferramenta que assegura uma renda mínima ao
 11565 proprietário rural, em prol do benefício de manter áreas de floresta ou de savanas
 11566 intactas. Do ponto de vista conceitual, os PSAs são mais apropriados para proprietários
 11567 privados de terras e para moradores em terras públicas com direitos, de fato, ao uso
 11568 sobre as terras que ocupam. Todavia, manter a conservação dos biomas nacionais torna-
 11569 se um desafio tanto no ponto de vista ambiental como econômico, haja vista o alto custo
 11570 de oportunidade proveniente da expansão do agronegócio e de outras atividades
 11571 antrópicas (ex. extrativismo mineração, projetos hidrelétricos).

11572 Nesse sentido, atualmente, uma nova modalidade de PSA está sendo discutida como
 11573 medida para o desmatamento evitado ou REDD, que poderiam financiar o PSA direto a
 11574 pequenos produtores locais, bem como o fortalecimento de outras políticas ambientais.
 11575 Apesar da discussão do PSA, por enquanto incipientes, áreas de Terras Indígenas (TI) e
 11576 Unidades de Conservação de Uso Sustentável também estão ameaçadas pelo contínuo
 11577 processo de desmatamento (Garcia e Ferreira, 2009; Ferreira et al., 2008), ainda que tais
 11578 áreas de conservação possuam uma situação fundiária relativamente bem definida (tanto
 11579 quanto os atuais projetos de assentamentos do INCRA e outros mais antigos, de
 11580 colonização). Portanto, com uma política pública que privilegie a recompensa de
 11581 pequenos agricultores e povos tradicionais (Wunder et al., 2009), os PSAs nestas
 11582 categorias fundiárias poderiam ser factíveis para reforçar ações de governanças, tais
 11583 como controle, fiscalização, bem como para cobrir os custos de oportunidade dos
 11584 produtores rurais, extrativistas e agricultores familiares (visando a manutenção original
 11585 destas áreas) (Richetts et al., 2010; Nepstad et al., 2009).

11586 Um levantamento feito pelo Serviço Florestal Brasileiro apontou 21 projetos de REDD
 11587 no Brasil e uma iniciativa nacional, o Fundo Amazônia (MMA, 2010). Os projetos de
 11588 proteção e conservação da floresta com base no REDD abrangem no país cerca de 33,5
 11589 milhões de hectares. A maioria desses projetos está em fase de elaboração (64%),
 11590 enquanto 27% estão em fase de implementação, e apenas dois em plena atividade.

11591 Majoritariamente, esses projetos ainda localizam-se na área da Amazônia Legal, nos
 11592 estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso, Rondônia e Acre. Neste grupo, o estado do
 11593 Amazonas é o único que possui uma legislação específica sobre REDD+ em Unidades
 11594 de Conservação. Fora desse bioma, existem dois projetos que se encontram no Paraná
 11595 (Mata Atlântica) e outro no Tocantins (Cerrado). Por fim, no Brasil já tramita no
 11596 Congresso Nacional um projeto de Lei Federal (No 5586/2009) que prevê a criação de
 11597 um sistema nacional de REDD+.

11598 **1.4. Bio-energia**

11599 Buscando atender a tendência mundial por desenvolvimento de fontes de energia
 11600 renováveis, e em consonância com a sua privilegiada localização geográfica, o Brasil
 11601 estabeleceu o Plano de Agroenergia, que beneficia a expansão na participação do álcool
 11602 combustível e biodiesel na Matriz Energética Nacional. Aliás, tal iniciativa surge
 11603 principalmente, após a proposta do Protocolo de Kyoto de substituição das fontes de

11604 energia fósseis por fontes renováveis. Mesmo já possuindo um elevado percentual de
 11605 energia renovável (45%) em sua matriz energética, o governo brasileiro busca favorecer
 11606 a comercialização desses produtos, induzindo a queima mais limpa e fortificando as
 11607 bases energéticas de uma forma mais sustentável e menos emissora de gases de efeito
 11608 estufa (Plano Nacional de Agroenergia, 2005; Borja, 2007).
 11609 Aproveitando esta nova fase energética, o setor sucroalcooleiro (etanol), por exemplo,
 11610 se expandiu significativamente, trazendo muitos impactos positivos para a economia do
 11611 país, e também impactos negativos para a biodiversidade e os serviços ambientais,
 11612 através de desmatamentos/queimadas para atender a expansão da monocultura de cana-
 11613 de-açúcar. Com uma produção praticamente consolidada na região Sudeste do país, o
 11614 setor vem avançando sobre áreas de Cerrado, mais especificamente na região Centro-
 11615 Oeste - Estado de Goiás (área core do bioma) (Ribeiro et al., 2009).
 11616 Devido a essa expansão canavieira para áreas de Cerrado, já se direcionando a outros
 11617 biomas, tal como o Pantanal e Amazônia, torna essencial o monitoramento ambiental e
 11618 econômico desta atividade (Alves e Wander, 2010; Ribeiro et al., 2009). No caso
 11619 específico de Goiás, a produção de etanol da cana-de-açúcar se intensifica a partir da
 11620 década de 2000, passando a coexistir com a produção já estabelecida de grãos (soja),
 11621 algodão, arroz e pecuária (leiteira e corte) (Castro et al., 2010). Entretanto, o
 11622 crescimento desorganizado do cultivo da cana-de-açúcar em Goiás, baseado na
 11623 ampliação da área plantada e não no aumento de ganhos de produtividade, é apontado
 11624 como um sério problema ambiental, principalmente pela ocupação de áreas com
 11625 vegetação nativa (com florestas e savanas) e persistência no uso do manejo por
 11626 queimada na fase de pré-colheita dessa cultura (Ometto et al., 2005; Borja, 2007).
 11627 Ainda que a região do Cerrado seja a principal área a ser explorada pela bioenergia nos
 11628 próximos anos, esta é uma proposta ainda recente no país, devendo, progressivamente,
 11629 estender-se até meados deste século para outras regiões, inclusive com a incorporação
 11630 efetiva de outras tecnologias, tais como a solar e eólica (Faleiro e Farias Neto, 2008).

11631 **2. Efetividade de Mitigação**

11632 **2.1. Estimativas de potencial por área e por produto**

11633 A Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas
 11634 sobre Mudança no Clima (MCT, 2010) apresenta a mudança do uso do solo e florestas
 11635 como o setor de maiores emissões de gases de efeito estufa no Brasil (com um total de
 11636 1,323 Tg de CO₂-eq.). A agricultura e pecuária estão incluídas em outra componente do
 11637 inventário, e apresentaram um total de 438 Tg de CO₂ eq. de emissões anuais. Isto
 11638 coloca o setor como o 4a maior emissor no país. Desta forma, entende-se estes como
 11639 setores com oportunidades particularmente importantes para mitigação das emissões
 11640 nacionais.

11641 Durante a 15a Conferência das Partes, em Copenhague no final de 2009, o Brasil
 11642 anunciou metas voluntárias para redução das suas emissões de gases de efeito estufa, em
 11643 36.1 a 38.9% em relação as emissões projetadas em um cenário de “business as usual”
 11644 para 2020. Para alcançar tais metas, o governo considera corte de 20.9% nas emissões a
 11645 partir da redução na taxa de desmatamento anual na Amazônia em 80%, e um corte de
 11646 3.9% nas emissões de CO₂ que resultaria de uma redução da taxa anual de
 11647 desmatamento do Cerrado em 40%. Desta forma a componente de “mudança no uso do
 11648 solo” do inventário nacional, contribuiria com um corte de 24.8% (ou seja, cerca de
 11649 70% do total a ser reduzido) MMA (2009). Em termos de massa de carbono, esta
 11650 redução representaria algo em torno de 105 e 560 Mt CO₂ eq., respectivamente para
 11651 Amazônia e Cerrado. Os setores agricultura e pecuária devem contribuir reduzindo a

11652 emissão em 133 a 166 Mt CO₂ eq.. De acordo com Cerri et al (2010) as opções para
 11653 mitigação no setor agrícola no país, até 2020, estão entre 178,3 e 445 Mt CO₂ eq..
 11654 Os anos recentes a efetividade em ações de mitigação têm produzido resultados mais
 11655 consistentes na redução do desmatamento. Esta redução se observou a partir da
 11656 Comunicação Nacional, em 2005, até a última estimativa do INPE, para a Amazônia
 11657 (PRODES), e pelo IBAMA em relação ao desmatamento histórico do Cerrado
 11658 Brasileiro (IBAMA, 2010). De acordo com o IBAMA, a taxa de desmatamento no
 11659 Cerrado para o Período de 2003-2008 foi de 14.179 km². Considerando os dados
 11660 publicados pelo mesmo órgão, referentes à 2008-2009, este valor foi reduzido para
 11661 7.636 km², com efeito substancial na redução das emissões de gases de efeito estufa.
 11662 Para a Amazônia, considerando um valor médio de desmatamento entre 2003-2005
 11663 (adotado pela Comunicação Nacional, MCT, 2010), houve uma redução na taxa do
 11664 desmatamento de 20.126 km² para 6.451 km² em 2010. Ometto et al. (2011) observa
 11665 que a redução no desmatamento na Amazônia determinou a redução de cerca de 62% na
 11666 contribuição do país às emissões globais de carbono associadas a retirada e substituição
 11667 da vegetação primária por outro uso do solo.
 11668 A mitigação do setor agrícola pode ser setorizada de algumas formas. A proposta aqui é
 11669 que seja descrita nas seguintes ações: recuperação de pastos degradados, plantio direto
 11670 na palha, integração lavoura-pecuária-floresta, colheita de cana-de-açúcar sem queima;
 11671 fixação biológica de nitrogênio, tratamento de resíduos animais. Recentemente o
 11672 Ministério da Agricultura lançou o programa Agricultura de Baixo Carbono
 11673 (Agricultura ABC) onde a expectativa de redução nas emissões de gases de efeito estufa
 11674 pelo setor são de 16 a 20 Mt de CO₂ eq. através do plantio direto na palha; 83 a 104 Mt
 11675 de CO₂ eq. pela recuperação de pastagens degradadas; 18 a 22 Mt de CO₂ eq. pela
 11676 implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta; 10 Mt de CO₂ eq. pelo
 11677 avanço tecnológico da fixação biológica de nitrogênio com o desenvolvimento genético
 11678 de plantas e microrganismos; e 6,9 Mt de CO₂ eq. através do tratamento de 4.4 M m³
 11679 de resíduos de suinocultura e outros resíduos animais (MAPA, 2010).
 11680 O Ministério da Agricultura (MAPA, 2009) indica que a área de plantio direto no Brasil
 11681 é cerca de 25,5 milhões de ha, sendo cerca de 45% das áreas localizadas na região Sul
 11682 do Brasil. As práticas agrícolas convencionais em regiões tropicais, que envolvam
 11683 práticas de aração e gradagem, podem levar a degradação da qualidade do solo, que
 11684 passa a requisitar aumento no uso de insumos, irrigação e pesticidas, e, em geral, o
 11685 depreciam em sua concentração original de carbono. As técnicas de plantio direto, sem
 11686 revolvimento anual do solo, tem o potencial de reverter esse processo, e especialmente
 11687 focando em mitigação das emissões de gases de efeito estufa à atmosfera, aumentar o
 11688 conteúdo de C no solo. Os princípios que pautam a adoção da produção por plantio
 11689 direto são, de acordo com Bernoux et al (2006), prevenção da impermeabilização
 11690 superficial do solo causada pelo impacto direto da chuva na superfície do solo,
 11691 manutenção de uma estrutura aberta do solo e redução do volume e velocidade do
 11692 escoamento superficial. No Brasil, a experiência de plantio direto têm cerca de 40 anos;
 11693 entretanto, a perspectiva de se considerar o aumento do teor de carbono no solo neste
 11694 sistema, como medida mitigatória, é recente.
 11695 De acordo com Lal et al. (2004), o potencial de sequestro de carbono em solos
 11696 brasileiros por plantio direto está em torno de 0,5 tC/ha ano, nos primeiros 10 cm. Esta
 11697 informação corrobora com Six et al. (2002), onde em uma revisão de literatura sobre a
 11698 dinâmica da matéria orgânica em solos temperados e tropicais no mundo, indicam um
 11699 aumento relativo nos teores de carbono nos primeiros 40 cm de solo em áreas de
 11700 agricultura sob plantio direto em comparação ao plantio utilizando revolvimento do
 11701 solo. Vários estudos avaliando a variação no teor de matéria orgânica e carbono no solo

11702 em diversas regiões Brasileiras são encontrados na literatura científica. Em recente
11703 revisão Bollinger et al. (2006) revisaram 40 trabalhos científicos publicados sobre o
11704 sistema de plantio direto no Brasil e variações no estoque de matéria orgânica no solo.
11705 No geral a conclusão foi que em sua grande maioria os trabalhos indicam que no Brasil
11706 há um acúmulo de matéria orgânica no solo, sob sistema de plantio direto em
11707 comparação ao sistema convencional de agricultura, e que os agricultores podem
11708 influenciar o teor de matéria orgânica no solo a partir de rotação adequada de culturas, e
11709 correção e fertilização apropriadas. No entanto, pela complexidade dos dados sobre os
11710 estoques e acúmulo de matéria orgânica nos solos do Brasil, a taxa de acúmulo de
11711 carbono nos solos do Brasil não é uniformemente representada (Bollinger et al., 2006).
11712 A variabilidade de situações, como tipos de solo, clima, situações topográficas,
11713 diferentes culturas, práticas agrícolas anteriores à implantação do sistema de plantio
11714 direto, período de agricultura convencional, entre outros, são fatores de variabilidade na
11715 determinação das taxas de acúmulo de carbono no solo. Outro aspecto importante a ser
11716 considerado na comparação entre estoques de carbono entre áreas de plantio
11717 convencional e plantio direto é que a camada a ser analisada deva ser de 0 a 20 cm de
11718 solo, já que as práticas de revolvimento na agricultura convencional envolvem no
11719 mínimo este perfil no solo.

11720 A forma de expressão dos resultados também varia na literatura, especialmente quando
11721 os autores consideram outras componentes do sistema além do estoque de carbono no
11722 solo per se, e sua alteração ao longo do tempo. Bernoux et al. (2006) utilizam sequestro
11723 de carbono no solo em sistemas de plantio direto (por eles denominado DMC
11724 directseedingmulch-basedcropping system), comparado com sistema convencional de
11725 plantio, como o resultado do balanço líquido de todos os gases de efeito estufa, expresso
11726 como CO₂ eq., computando as emissões de todas as fontes na interface solo-planta-
11727 atmosfera e todos os fluxos indiretos. Esses autores, a partir da revisão de 25 artigos
11728 publicados até então, encontraram valores para acúmulo de carbono na camada de 0-40
11729 cm em solos sob plantio direto, em comparação com áreas de agricultura convencional,
11730 entre 0.4-1.7 tC/ha ano para áreas de Cerrado e 0.5-0.9 tC/ha ano para a região Sul.
11731 Neste mesmo trabalho os valores de 0.6-0.7 tC/ha ano para a camada de 0-20 cm para
11732 todas as áreas contempladas nos trabalhos revisados. Em recente trabalho Amado e
11733 Bayer (2008) os valores médios para acúmulo de carbono em áreas de plantio direto
11734 para a região tropical (Mato Grosso do Sul) e sub-tropical no Brasil são de 0.08 tC/ha
11735 ano e 0.17 tC/ha ano.

11736 Diante da enorme variabilidade apresentada nas revisões por Bernoux et al. (2006),
11737 Bollinger et al (2006) e Amado e Bayer (2008), optou-se por apresentar alguns
11738 trabalhos ressaltando a especificidade das variáveis relevantes na determinação do
11739 balanço e acúmulo de carbono em sistemas agrícolas tropicais e sub-tropicais. Corbeels
11740 et al. (2006) trabalhando com 45 sítios amostrais no Cerrado, em uma cronosequência
11741 de áreas que estiveram sob monocultura de soja e estão sob cultivo direto na palhada de
11742 0 a 12 anos, identificaram um valor médio de acúmulo de carbono no solo (Geri-
11743 GibbssicFerralsol, Classificação da FAO) de 0.83 tC/ha ano. Por outro lado, Bayer et al.
11744 (2006) apresentam um valor médio para o acúmulo de carbono em solos do Cerrado da
11745 ordem de 0.35 tC/ha ano, e referem-se à valores de acúmulo para regiões de solos
11746 subtropicais brasileiros de 0.48 tC/ha ano. Em outra análise os autores encontram
11747 acúmulo de carbono entre 0.30 a 0.60 tC/ha ano para Latossolos vermelho de textura
11748 media e argilosa, respectivamente.

11749 Na região Sul do Brasil, Costa et al (2008) apresentam a avaliação do comportamento
11750 do estoque de carbono no solo em experimentos de produção agrícola de longa duração
11751 (18 anos) no Rio Grande do Sul. Neste caso o plantio direto e convencional foram

11752 avaliados em sucessões agrícolas de aveia (*Avena strigosa*Schreb)/milho (*Zeamays* L.) e
 11753 ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.)/ milho. Os resultados, comparados ao estoque de C-
 11754 solo no início do experimento (33,4 t/ha), apresentaram balanço negativo de carbono no
 11755 solo sob plantio convencional (-0,31 t/ha.ano e -0,10 t/ha.ano, na primeira e segunda
 11756 sucessões, respectivamente) e positivo (0.15 t/ha ano) no solo sob plantio direto quando
 11757 associado a sucessão o sistema *Vicia sativa* L./*Zeamays* L. Amado et al. (2006) não
 11758 identificaram variações no acúmulo de carbono em relação à textura do solo em
 11759 sistemas de plantio direto, sendo que as taxas de acúmulo ficaram entre 0.12 a 0.59
 11760 tC/ha ano. As maiores taxas estiveram associadas à rotação de cultura de milho com
 11761 leguminosas (*Cajanuscajan* [L.] e *Stizolobiumcinereum*), e ficaram entre 0.38–0.59
 11762 tC/ha ano. Sistemas intensivo de produção também foram efetivos no acúmulo de
 11763 carbono, com valores entre 0.25 e 0.34 tC/ha ano.

11764 **2.2. Custos**

11765 Dado que a mitigação é a ação de reduzir o efeito indesejado das mudanças climáticas,
 11766 devemos abordar a questão dos custos de mitigação tanto das alterações climáticas
 11767 propriamente ditas, como os efeitos das mudanças climáticas. Desta maneira, em
 11768 alinhamento com o Plano Nacional de Mudanças Climáticas, devem ser classificadas as
 11769 áreas e âmbitos de interesse e subsequentemente definir as ações e atividades e em
 11770 conclusão os diferentes custos das mesmas.

11771 Primeiramente, deverão ser indicados quais são tais ações, baseando-se, em parte, no
 11772 Plano Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) e também em possíveis ações
 11773 específicas que advém dessas atividades do Plano e suas variantes, como projetos
 11774 públicos e privados, fomentados por ações do governo, empresas e também das ações
 11775 resultantes das negociações da UNFCCC. Devem ser consideradas as ações que
 11776 resultam dos mecanismos de flexibilização como o MDL e dos mercados que dele se
 11777 desdobram, como exemplo dos mercados de cumprimento e dos voluntários de crédito
 11778 de carbono, uma vez que tais mecanismos estão inseridos nas estratégias internacionais
 11779 e também impactam significativamente a dinâmica de custos de mitigação das
 11780 mudanças climáticas (evitando-as ou reduzindo seus efeitos indesejados).

11781 Haveremos de abordar, neste item a base propositiva dos governos Federal, Estadual e
 11782 Municipal, assim como as ações de empresas e organizações, porém classificando tais
 11783 ações, objetivando a compartimentalização, tipificando as ações e em quais campos é
 11784 possível dar concretude à ações de mitigação efetivas (preventivas e remediadoras).
 11785 Além disso, é de importância crucial regionalizar as ações, uma vez que poderão ser
 11786 fomentadas ações em níveis diferentes, como ações públicas (ex. estarmos preparados
 11787 para efeitos nocivos no setor de saúde), assim como fomentar atividades mitigadoras
 11788 preventivas das mudanças climáticas, por exemplo, nos âmbitos público e privado (ex.
 11789 linhas de financiamento subsidiados para energias renováveis, ou ações de “baixo
 11790 carbono”, como mecanismos de financiamento de reflorestamentos para preservação ou
 11791 comerciais). Nesses vários âmbitos, há que se estimar e determinar os custos para os
 11792 devidos planejamentos dentro de um Plano Nacional.

11793 Desta forma deve-se construir uma estrutura conceitual de política pública, onde tipos
 11794 diferentes de custos são compreendidos em relação aos tipos diferentes de ações. Por
 11795 exemplo, devem-se diferenciar as seguintes ações:

- 11796 - ações de mitigação das mudanças climáticas;
- 11797 - ações de mitigação dos impactos das mudanças climáticas;
- 11798 - estado de preparo e antecipação (“preparedness”);
- 11799 - remediação (mitigação dos impactos das mudanças climáticas, ex. saúde,
 11800 infraestrutura, alimentos, estoques reguladores, etc).

11801 Em relação aos custos, apresentam-se duas abordagens:

11802 a) Abordagem macroeconômica

11803 Na avaliação do IPCC, o potencial de mitigação de diversas estratégias e o
11804 impacto dessas políticas econômicas em nível global, para estabilizar as
11805 concentrações em níveis seguros (evitando que a temperatura suba além de 2-3
11806 graus Celsius), está estimada em reduzir o PIB mundial em 3% até 2030, o que
11807 deve ser equivalente a 0,12% de redução do crescimento anual do PIB global.

11808 b) Abordagem microeconômica

11809 Entretanto, para que tais ações e iniciativas tornem-se parte de políticas
11810 nacionais, regionais e locais, um grande número de atividades devem buscar
11811 mitigar as mudanças climáticas no âmbito das mudanças de uso da terra.
11812 Devemos, portanto, sistematizar aquelas que geram perspectivas de redução das
11813 emissões de gases de efeito estufa e também aquelas que visam reduzir a
11814 concentração desses gases na atmosfera através do sequestro ativo de CO₂
11815 atmosférico. Em ambos os casos, é possível antever-se uma variedade de
11816 interferências sociais possíveis e portanto, implicações de custos operacionais
11817 poderão se tornar mais evidentes e claros.

11818 Projetos de mitigação das mudanças climáticas têm tomado o espaço das atividades
11819 públicas e privadas, como recuperação de áreas degradadas e o fomento da atividade
11820 florestal em novas regiões não tradicionais.

11821 Além disso, existem diversas iniciativas de caráter educativo e empresarial, como a
11822 associação de proteção de mananciais hídricos, através de recuperação das matas
11823 ciliares em bacias hidrográficas, a exemplo do Programa Água das Florestas⁵⁵.

11824 3. Implicações para o desenvolvimento sustentável

11825 O termo *win-win* vem sendo muito utilizado nos últimos anos, por traduzir a ideia da
11826 combinação dos ganhos socioeconômicos e ambientais (Sachs, 1994). Em sua ação
11827 política ambiental, este modelo estimula a eficiência produtiva na relação insumo-
11828 produto, bem como a utilização de tecnologias limpas que geram menos resíduos e
11829 menor consumo de matérias primas (Neumann e Loch, 2002). Nesse sentido, a
11830 substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis é um exemplo de
11831 oportunidades *win-win* (Sachs, 1994), por criar um multiplicador de empregos ligados à
11832 cadeia da biomassa (diretos e indiretos), além da minimização das emissões de
11833 poluentes, em especial, os gases de efeito estufa.

11834 Outro exemplo é o sequestro de carbono florestal, que tem como argumento favorável a
11835 eficiência econômica, no sentido de menor custo por unidade de carbono sequestrado, e
11836 seus inúmeros benefícios ambientais. No âmbito internacional, todos ganhariam com a
11837 implementação da gestão *win-win*, de um lado os países industrializados, com
11838 compromissos de redução das emissões de gases de efeito estufa por parte de suas
11839 grandes empresas (normalmente emissoras de CO₂), e de outro os países hospedeiros
11840 dos projetos para o sequestro de carbono (Chang, 2002).

11841 Seguindo essa vertente a qual valoriza projetos de atividades com sinergias, o Brasil
11842 destaca-se ao consentir com a oportunidade de investimentos ambientais na área
11843 florestal, assim, buscando garantir a geração de renda e emprego para as populações
11844 locais, melhoraria qualitativa em seu meio ambiente, além de contribuir para mitigar o
11845 aquecimento global.

11846

⁵⁵http://www.cocacolabrazil.com.br/release_detalhe.asp?release=127&Categoria=35

11847 **Referências Bibliográficas**

- 11848 Alves, J.C.Z.O, e I.S. Miranda, 2008. Análise da estrutura de comunidades arbóreas de uma
11849 floresta amazônica de Terra Firme aplicada ao manejo florestal. *Acta Amazonica*, 38(4): 657-
11850 666.
- 11851 Alves, N. C. G. F.; Wander, A. E. 2010. Competitividade da produção de cana-de-açúcar no
11852 cerrado goiano. *Informações Econômicas*, v. 40, n. 7. (disponível em: http://www.alfa.br/biblioteca/artigos/artigo_20091123d.pdf).
- 11854 Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. (ABRAF). 2012. **Anuário**
11855 **estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília, DF, 150 p.
- 11856 Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. (ABRAF). 2010. **Anuário**
11857 **estatístico da ABRAF 2010 ano base 2009**. Brasília, DF. 140 p.
- 11858 Bayer, C., et al. 2006. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil &*
11859 *Tillage Research*, v. 86, p. 237-245
- 11860 Bernoux, M.; Cerri, C.C.; Cerri, C.E.P.; SiqueiraNeto, M.; Metay, A.; Perrin, A.S.; Scopel, E.;
11861 Razafimbelo, T.; Blavet, D.; Piccolo, M.C.; Pavei, M.; Milne, E. 2006. Cropping systems,
11862 carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. *AgronomyforSustainableDevelopment*, 26:
11863 1-8.
- 11864 Borja, A. G. B. 2007. **Potencialidade do canavial brasileiro em mitigar os gases de efeito**
11865 **estufa. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Mato Grosso - UFMT**, (disponível
11866 em: <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/cp049792.pdf>).
- 11867 Buschbacher, R. J. 1990. Natural forest management in the humid tropic: ecological, social,
11868 and economic considerations. *Ambio*, 19(5): 253-258.
- 11869 Castro, S.S.; Abdala, K.; Silva, A.A.; Borges, V.M.S. 2010. A expansão da cana-de-açúcar no
11870 cerrado e no Estado de Goiás: A expansão para uma análise espacial do processo. *Boletim*
11871 *Goiano de Geografia*, v. 30, n. 01.
- 11872 Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE; IPAM; SAE/PR). 2011. REDD no Brasil: um
11873 enfoque amazônico: fundamentos, critérios e estruturas institucionais para um regime nacional
11874 de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal - REDD. Centro de Gestão
11875 e Estudos Estratégicos, Brasília, DF, 2011. 152 p.
- 11876 Cerri, C.C., Bernoux, M., Maia, S.M.F., Cerri, C.E.P., Costa Junior, C., Feigl, B.J., Frazão,
11877 L.A., Castro Mello, F.F., Galdos, M.V., Moreira, C.S., Carvalho, J.L.N. 2010. Greenhouse gas
11878 mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. *Sci. Agric.*
11879 (Piracicaba, Braz.), 67, 102-116
- 11880 Chang, M. 2002. Sequestro de Carbono Florestal: oportunidades e riscos para o Brasil. R. paran.
11881 *Desenv.*, Curitiba, n. 102, p. 85-101.
- 11882 Embrapa. 2005. Plano Nacional de Agroenergia: 2006-2011. Brasília.
- 11883 Faleiro, F.G.; Farias Neto, A.L. (Eds.).2008. Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio
11884 entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrado. Informação
11885 Tecnológica,
- 11886 Francez, J. M. B.; Carvalho, J.O.P.; Jardim, F.C.S.;Quanz, B.; Pinheiro, K.A.O. 2009. Efeito
11887 de duas intensidades de colheita de madeira na estrutura de uma floresta natural na região de
11888 Paragominas, Pará. *Acta Amazonica*, 39(4): 851 – 864.
- 11889 Frondizi, I. M. de R. L. (Org.). 2009. **O mecanismo de desenvolvimento limpo: guia de**
11890 **orientação**. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio: FIDES. 136 p.

- 11891 Grogan, J. E.; Galvão, J. 2006. Factors limiting post-logging seedling regeneration by bigleaf
11892 mahogany (*Swieteniamacrophylla*) in Southeastern Amazonia, Brazil, and implications for
11893 sustainable management. **Biotropica**, 38:219-228.
- 11894 Grogan, J.; Vidal, E.; Schulze, M. 2006. Apoio científico para os padrões de manejo de madeira
11895 na floresta Amazônica: a questão da sustentabilidade. **Ciência e Ambiente**, 32: 103-117.
- 11896 Jardim, F. C. S.; Soares, M.S. 2010. Comportamento de *Sterculiapruriens* (Aubl.) Schum. em
11897 floresta tropical manejada em Moju-PA, **Acta Amazonica**, 40(3): 535 – 542.
- 11898 Lacerda, A. E. B. 2007. Ecological and genetic impacts of reduced-impact logging in the
11899 Brazilian Amazonian forest: the case of *Hymenaeacourbaril* L. **Tese de Doutorado**. The
11900 University of Reading, Reading, UK. 310p.
- 11901 Leite, H. G. 1994. Conversão de tronco em multiprodutos de madeira, utilizando programação
11902 dinâmica. **Tese de Doutorado**, Universidade Federal de Viçosa. 230p.
- 11903 Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, 2010. "Projeções do
11904 Agronegócio Brasil 2009/2010 a 2019/2020". Ministério da Agricultura, Pecuária e
11905 Abastecimento, Assessoria de Gestão Estratégica, Brasília
- 11906 Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2006. Instrução Normativa no 5, de 11 de Dezembro de
11907 2006. Dispõe sobre os procedimentos técnicos para elaboração, apresentação, execução e
11908 avaliação técnica de Planos de Manejo Florestal Sustentável – PMFSs nas florestas primitivas e
11909 suas formas de sucessão na Amazônia Legal. 2006. Disponível em:
11910 http://www.mma.gov.br/estruturas/sfb/_arquivos/in05_manejo_florestal.pdf.
- 11911 Moreira, J. M. M. A. P. EMozzer, G. B. 2009. **Aspectos institucionais econômicos de**
11912 **atividades de florestamento/reflorestamento sob o âmbito de Mecanismo de**
11913 **Desenvolvimento Limpo**. Planaltina, DF : EmbrapaCerrados. 39 p
- 11914 Neeff, T.; Henders, S. 2007. **Guidebook to markets and commercialization of forestry CDM**
11915 **projects**. Turrialba, C.R.: CATIE. 42 p.
- 11916 Nepstad, D.C. et al. 2009. The End of Deforestation in the Brazilian Amazon. *Science* 326,
11917 1350-1351. Neumann, P.S.; Loch, C. 2002. Legislação ambiental, desenvolvimento rural e
11918 práticas agrícolas. *Ciência Rural*: Santa Maria, v.32, n.2, p.243-249, 2002. ISSN 0103-8478
- 11919 Noris, K.; McCulloch, N. 2003. Demographic models and the management of endangered
11920 species: a case study of the critically endangered Seychelles magpie robin.
11921 **Journal of Applied Ecology**, 40: 890-899.
- 11922 Ometto et al. 2011.???
- 11923 Ometto, A.R.; Mangabeira, J.A.; Hott, M.C. 2005. Mapeamento de potenciais de impactos
11924 ambientais da queima de cana-de-açúcar no Brasil. In: XII Simpósio Brasileiro de
11925 Sensoriamento Remoto, Goiânia,
- 11926 Rambaldi, D., Calmon, M., Fernandes, R., Garffer, P., Godoy, F. E L. B. Ventrin.. **Projeto de**
11927 **Ação Climática na Região de Ocorrência do Mico-Leão-Dourado**. Rio de Janeiro:
11928 Associação Mico-Leão-Dourado. 2003
- 11929 Ribeiro, N.V., L.G. Ferreira Jr., e N.C. Ferreira, 2009. Expansão da Cana-de-Açúcar no Bioma
11930 Cerrado: Uma análise a partir da modelagem perceptiva de dados cartográficos e orbitais. In:
11931 *XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, 2009. Disponível em <
11932 <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.15.00.06/doc/4287-4293.pdf>
- 11933 Ricketts, T.H, Soares-Filho, B.; Nepstad, D, Pfaff, A. et al. (2010). Indigenous Lands, Protected
11934 Areas, and Slowing Climate Change. *PLoS Biol* 8 (3), 2010.

- 11935 Sachs, I. O problema da democracia econômica e social. *Estud. av.* [online]. 1994, vol.8, n.21,
 11936 pp. 7-20. ISSN 0103-4014. doi: 10.1590/S0103-40141994000200002. Serviço Florestal
 11937 Brasileiro (SFB). 2010a. **Florestas do Brasil em resumo - 2010: dados de 2005-2010.**
 11938 Brasília: SFB. 152 p.
- 11939 Serviço Florestal Brasileiro (SFB). 2010b. **Manual de Gestão e Monitoramento dos**
 11940 **Contratos de Concessão da Floresta Nacional do Jamari.** Ministério do Meio Ambiente,
 11941 Brasília-DF.
- 11942 Silva, G. A. P. da. 2000. Evaluation of phytosociological behavior of the equatorial rain forest
 11943 of the Experimental Station of Tropical Silviculture of the National Institute of Research of the
 11944 Amazônia-Inpa, Manaus-AM. **Dissertação de Mestrado**, Faculdade de Ciências Agrárias do
 11945 Pará. 70p.
- 11946 Uhl, C.; Vieira, I. C. G. 1989. Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon:
 11947 a case study from the Paragominas region in the state of Para. **Biotropica**, 21: 98-106.
- 11948 United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC -). 2010a. **Outcome of**
 11949 **the work of the ad hoc working group on long-term cooperative action under the**
 11950 **convention.** 2010. Disponível em:
 11951 http://unfccc.int/files/meetings/cop_16/application/pdf/cop16_lca.pdf.
- 11952 United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2009. **REDD web**
 11953 **plataform.** 2009. Disponível em: http://unfccc.int/methods_science/redd/items/4531.php.
- 11954 United Nations Framework Convention on Climate Change. (UNFCCC). 2010b. **Baseline and**
 11955 **monitoring methodologies for CDM.** Bonn, 2010. Disponível em:
 11956 <http://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html>.
- 11957 Valério, A. F.; Watzlawick, L. F.; Balbinot, R.; Caldeira, M. V. W.; Figueiredo Filho, A. 2008.
 11958 Modelagem para a estimativa do rendimento no desdobro de toras de Araucariaangustifolia
 11959 (Bertol.) Kuntze. **Floresta**, Curitiba-PR, 39(3), 619-628.
- 11960 Veríssimo, A. 2006. **Estratégia e Mecanismos Financeiros para Florestas Nativas do Brasil.**
 11961 FAO - Food and Agricultural Organization of the United Nations. 40p.
- 11962 Veríssimo, A.; Cavalcante, A.; Vidal, E.; Lima, E.; Pantoja, F.; Brito, M. 1999. **O Setor**
 11963 **Madeireiro do Amapá: Situação atual e perspectivas para o Desenvolvimento Sustentável.**
 11964 Governo do Estado do Amapá & Imazon. 44p.
- 11965 Wunder, S.; Börner, J.; Tito, M.R.; Pereira, L. 2009. Pagamentos por serviços ambientais:
 11966 perspectivas para a Amazônia Legal. 2ª ed., rev. Brasília: MMA.
- 11967 Young, C. E. F. Financial Mechanisms for Conservation in Brazil. 2005. **Conservation**
 11968 **Biology**, Vol.19, No. 3: 756-761.
- 11969 Yu, C. M. 2002. Caracterização e tipologia do projetos de sequestro de carbono no Brasil.
 11970 In: Sanquetta, C. R. et al. (Ed.). **As florestas e o carbono.** Curitiba: p. 59-87.
- 11971
- 11972
-