

CAPÍTULO 3

MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA ESFERA NACIONAL

Autores principais: Regina Célia dos Santos Alvalá– INPE

Autores revisores: Hilton Silveira Pinto – UNICAMP e Alberto Waingort – INPE

ÍNDICE

3. MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA ESFERA NACIONAL	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

3. MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA ESFERA NACIONAL

Este capítulo apresenta uma visão geral dos temas que serão apresentados detalhadamente ao longo deste volume.

No Capítulo 4, são detalhadas as questões sobre os recursos hídricos no Brasil, desde a perspectiva nacional até as especificidades de cada região. Também são descritas informações sobre os ecossistemas de água doce, marinhos e terrestres. Neste contexto, o Brasil é considerado o país de maior biodiversidade do planeta por sua dimensão continental e grande variação geomorfológica e climática, abriga seis biomas: Amazônia, Cerrado, Pantanal, Mata Atlântica, Caatinga e Pampa (Araújo, 2007).

Os ecossistemas que fazem parte do bioma Amazônia ocupam cerca de 3,68 milhões de km². Já os do bioma Cerrado abrangem em torno de 2 milhões de km², os do Mata Atlântica se estendem por 1,1 milhão de km² e, os do Caatinga, cobrem 736 mil km². Conforme destacado por Lewinsohn e Prado (2002), estima-se que, até o início dos anos 2000, tenham sido registradas no Brasil cerca de 200 mil espécies animais e vegetais.

Com base nos grupos taxonômicos mais bem conhecidos, estima-se que o País possui 13,6% das espécies do mundo e abriga a maior diversidade de mamíferos, contando com mais de 530 espécies já descritas e com muitas a serem ainda descobertas e catalogadas (Costa *et al.*, 2005).

Segundo Assad (2000), as alterações ou destruição dos diferentes ecossistemas existentes no Brasil ou mesmo no planeta, pela interferência humana ou por causas naturais, são os principais fatores de ameaça à sobrevivência de grande número de espécies.

O principal exemplo de destruição e perda dos *habitats* no Brasil está relacionado ao desmatamento e degradação do bioma Mata Atlântica, que se acentuou na década de 50, principalmente devido a fatores como a industrialização e à agricultura extensiva. Esse bioma se estende pelo litoral brasileiro, cobrindo em torno de 12% do território nacional, desde o Rio Grande do Sul até o Rio Grande do Norte. Ainda segundo Assad (2000), baseado em estudos de diversos autores, a deterioração do Mata Atlântica ultrapassou 90% de sua área, o que representou uma destruição de diversos *habitats* existentes, levando a danos acentuados por conta da diversidade biológica dessa região.

Embora seja o bioma brasileiro com menor porcentagem de cobertura vegetal natural, o Mata Atlântica ainda possui uma importante parcela da diversidade biológica do País, com várias espécies endêmicas, mais de 20.000 espécies de plantas, 261 de mamíferos e 688 de pássaros (Ribeiro *et al.*, 2009). Áreas do Brasil como as dos biomas Mata Atlântica e Cerrado são denominadas *hotspots*, pois, conforme definido por Myers (1988), concentram altos níveis de biodiversidade e estão ameaçadas no mais alto grau. Além dessas áreas, o Brasil ainda conta com três Grandes Regiões Naturais (GRN), na classificação definida por Mittermeier (1988) como aquelas que permanecem relativamente conservadas, donas de alta biodiversidade e baixa densidade populacional. Trata-se dos biomas Amazônia, Pantanal e Caatinga.

Segundo Vilas Boas e Dias (2010), o bioma Cerrado teve sua área reduzida com a expansão de áreas agrícolas, especialmente com a cultura da soja em meados dos anos 80. Segundo a fundação Biodiversitas (2009a,b), 112 espécies de animais que ocorrem nesse bioma estão ameaçadas de extinção. Já o bioma Pantanal é a mais vasta planície inundável do mundo, com grandes extensões ainda inabitadas ou de baixa ocupação e, conseqüentemente, em excelentes condições de conservação. De acordo com Alho (2008), seu sistema é dinâmico e complexo baseado em níveis de inundação, nutrientes e biota. A vegetação compreende 1.863 espécies de plantas fanerógamas, outras 250 aquáticas, e, ainda, de outras 3.400, que se distribuem na Bacia Hidrográfica do Alto do Rio Paraguai.

O bioma Caatinga é considerado uma exceção no cenário da América do Sul, por ser região semiárida única, cercada por outros ecossistemas florestais. Mais informações sobre os ecossistemas terrestres

podem ser encontrados no capítulo 8 deste volume do Relatório de Avaliação Nacional 1, que aborda os impactos, a vulnerabilidade e a adaptação em esfera regional.

Sob o aspecto climático de variações e tendências das chuvas e da temperatura, vários são os capítulos que abordam esse tema, entre os quais se inclui o 4, anteriormente citado, o 5, que trata de aglomerados humanos, indústria e infraestrutura, o 7, referente a impactos multissetoriais, riscos, vulnerabilidades e oportunidades, além do próprio 8.

Algumas regiões do Brasil poderão ter seus índices de temperatura e de chuva alterados com o aquecimento global. Com a mudança dos padrões anuais de chuva, ou mesmo onde não houver alteração do total anual, deverá ocorrer intensificações de eventos severos.

Alguns estudos foram realizados para se identificar alterações nos ciclos naturais que possam estar relacionadas com as mudanças climáticas. Mas não existem muitas avaliações sobre variabilidade de longo prazo e extremos de tempo e de clima no País. Alguns estudos foram feitos para regiões específicas como a América do Sul, mas um dos desafios que dificulta o andamento desse tipo de análise tem sido a falta de informação meteorológica de boa qualidade em séries completas de longo prazo. Marengo e Camargo (2008), ao estudarem as temperaturas máximas e mínimas no Sul do Brasil de 1960 a 2002, encontraram um aquecimento sistemático da Região, detectando tendências positivas na temperatura máxima e mínima em níveis anual e sazonal. A amplitude térmica apresentou tendências negativas fortes nesse período, sugerindo que as variações na temperatura mínima foram mais intensas do que nas máximas, especialmente no verão. Isso também foi observado por Gonçalves *et al.* (2002) para São Paulo. Porém, essas análises de temperaturas máximas e mínimas não estabeleceram se o verão pode ter dias ou noites mais quentes ou se o inverno pode ter noites menos frias. As análises de Marengo e Camargo (2008) sugeriram que o aquecimento observado é mais intenso no inverno comparado ao verão e que isso se dá, possivelmente, devido ao aumento de número de dias quentes no inverno.

Chu *et al.* (1995), mostraram um aumento sistemático da convecção sobre o Norte do bioma Amazônia desde 1975, o que poderia indicar um aumento de chuva na região. Outras bacias do Sudeste do Brasil, os registros dos rios Paraíba do Sul, nos municípios de Resende, Guaratinguetá e Campos, do Paraíba em Boa Esperança e, do São Francisco, em Juazeiro, apresentaram tendências hidrológicas nas vazões e cotas inconsistentes com redução ou aumento de chuvas, indicando ser pouco provável que o clima esteja mudando significativamente nessas regiões (Marengo *et al.*, 1998; Moraes *et al.*, 1998; Collischonn *et al.*, 2001; Liebmann *et al.*, 2004; Marengo e Alves, 2005; Buarque *et al.*, 2010; Satyamurty *et al.*, 2010).

Impactos de ondas de frio vêm sendo identificados desde o fim do século XIX pelas estatísticas de produção de café nas plantações do Sul do Brasil. Em estudo sobre a variabilidade climática de longo prazo na Região, foi observado que a quantidade de ondas de frio diminuiu com o tempo, mas isso não impede que uma forte onda de frio possa afetá-la a qualquer momento. Nos 106 anos, entre 1890 e 1996, foram registrados 18 eventos graves de congelamento que danificaram a produção do café. Desses, cinco foram consideradas catastróficas. Das 27 geadas que atingiram as regiões cafeicultoras no século XX, sete ocorreram em junho e doze, em julho. Agosto teve cinco geadas nesse período e, portanto, não se pode desprezar tal perigo durante esses meses (Marengo e Rogers, 2001).

Groisman *et al.* (2005) identificaram tendências positivas de aumento sistemático de chuva e de extremos de chuva no Sul e no Nordeste do Brasil e afirmam que o Sudeste tem mostrado aumento sistemático na frequência de chuvas intensas desde 1940.

Xavier *et al.* (1994), ao estudarem a variabilidade da precipitação diária na cidade de São Paulo durante o período de 1933 a 1986, encontraram aumento no volume diário de chuva acima de 30 milímetros (mm) entre os meses de fevereiro e maio. Segundo os autores, o efeito urbano pode ter contribuído para a mudança na distribuição da intensidade da precipitação.

O ciclo anual de eventos extremos de chuva no Sul do Brasil indicou que estes eventos são mais frequentes na primavera e outono (Teixeira, 2004; Liebmann *et al.*, 2004). Mostrou também que no Estado de São Paulo, em escala interanual, o número de eventos extremos de chuva apresentou correlação com anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico tropical e no Sudeste do Atlântico, próximo ao litoral paulista.

Haylock *et al.* (2006), ao estudarem a Região Sul do Brasil juntamente com as condições de outros países sul-americanos vizinhos para o período de 1960 a 2000, encontraram tendências positivas nos índices de precipitação, sugerindo ter havido aumento na intensidade e na frequência de dias com chuva intensa. Também para o sul do Brasil, Teixeira (2004) identificou uma ligeira tendência de aumento no número de eventos extremos de chuva.

Outro estudo analisando tendências em extremos anuais de chuva para a Região Sul, incluindo Paraguai, Uruguai e o centro-norte da Argentina, desenvolvido por Alexander *et al.* (2006), identificou tendências positivas no número de dias com chuva intensa e na quantidade de chuva concentrada em eventos chuvosos e muito chuvosos entre 1961 e 2000.

Em 27 de março de 2004, uma tempestade inicialmente classificada como ciclone extratropical atingiu a costa do Sul do Brasil, com chuvas fortes e ventos estimados em cerca de 150 quilômetros por hora (km/h), matando onze pessoas no continente e no oceano e destruição em dezenas de municípios. Foi o primeiro furacão de que se tem notícia no País, que recebeu o nome de Catarina (Pezza e Simmonds, 2005).

Alguns estudos indicam que o aumento da temperatura das águas oceânicas estaria tornando mais intensos esses fenômenos, mas ainda há incertezas quanto a real influência do aquecimento global em mudanças na frequência de furacões e tufões e em sua ocorrência em locais onde não eram observados (Webster *et al.*, 2005; Marengo e Nobre, 2005).

As análises de extremos de chuva e de temperatura apresentadas nos trabalhos de Vincent *et al.* (2005), Haylock *et al.* (2006) e Alexander *et al.* (2006), para a América do Sul apresentam uma visão de aquecimento e de intensificação de eventos extremos pluviométricos, ainda que essas mudanças sejam menos sensíveis do que as ocorridas na temperatura do ar (Marengo e Camargo 2008).

Foi verificado um aumento de vazão nos rios Paraguai, Uruguai e Paraná a partir da década de 1970, que pode ser devido ao aumento na pluviosidade ou a fatores como desmatamento e agricultura. Observou-se também, um aumento da produtividade agrícola na região e, com o maior volume de água nos rios, aumentou a capacidade de geração de energia de usinas hidrelétricas, como Itaipu (Collischonn *et al.*, 2001).

Teixeira (2004) identificou ligeira tendência de aumento no número de eventos extremos e chuva, com maior frequência nos biênios 1993 a 1994 e 1997 a 1998, que foram marcados por ocorrências de *El Niño*. Grimm e Pscheidt (2001) explicaram que, no Sul do Brasil, durante os anos de *El Niño* ou de *La Niña*, se observou aumento ou diminuição de eventos extremos de chuva no mês de novembro comparado ao registrado no mesmo mês em anos considerados normais.

No período analisado por esses autores – de 1963 a 1992 –, houve nove eventos *El Niño* e outros seis *La Niña*, além de quinze anos normais. Foram detectados 36 eventos extremos de chuva durante o mês de novembro em anos de ocorrência de *El Niño*, outros três, em anos marcados pelo *La Niña* e, ainda, 23 em anos normais.

A influência do *El Niño* na frequência de eventos extremos também se estende a outras regiões e épocas do ano.

Outro fenômeno que parece coincidir com anos de *El Niño* é o branqueamento de corais (Glynn e D’Croz,

1990), que pode também ser causado por desastres naturais como derramamento de óleo, poluição das águas, entre outros. O branqueamento extensivo pode causar a morte em massa dos corais resultando na degradação do ecossistema recifal, devido à perda da sua cobertura viva, da sua biodiversidade e da diminuição do crescimento linear dos corais (Goreau e Macfarlane, 1990; Glynn, 1993).

Segundo Goreau e Hayes (1994), anomalias de 1 °C na temperatura das águas superficiais do oceano por mais de seis semanas podem provocar branqueamento de coral (Wilkinson *et al.*, 1999). Este valor foi atingido em 2003, no arquipélago de Abrolhos, no Estado da Bahia, mais exatamente na área entre as ilhas de Tinharé e Boipeba e no litoral norte baiano.

Valores iguais a 0,75 °C foram obtidos na Baía de Todos os Santos (BTS) e na região de Camamu, no litoral sul da Bahia, em 2003, e, ainda, nos anos de 2001, 2002 e 2005, em Abrolhos. Em 2005, ocorreram anomalias com valor de 0,5 °C nas regiões de Porto Seguro e nas ilhas de Tinharé e Boipeba, além do arquipélago de Abrolhos, bem como na BTS. Já em 2000 e 2004, os valores máximos registrados nas anomalias de temperatura das águas dessas ilhas baianas e no referido arquipélago de Abrolhos alcançaram 0,25 °C (Leão *et al.*, 2008).

A variabilidade da precipitação diária na cidade de São Paulo no período de 1933 a 1986 (Xavier *et al.*, 1994) mostrou fraca tendência de aumento mensal nos meses de fevereiro e maio, enquanto que, acumulações ao dia superiores a 30 mm aumentaram nos meses de fevereiro e maio e, aquelas inferiores a 2 e 5 mm, diminuíram de forma mais significativa em fevereiro, ainda que tenham ocorrido, também, em outros meses do ano.

Para o caso da cidade de São Paulo, é possível que o efeito urbano tenha contribuído significativamente para a mudança na distribuição da intensidade da precipitação. Mais detalhes são apresentados no subcapítulo 5.2 deste Relatório.

O Brasil chegou ao final do século XX como um país urbano: em 2000 a população nas suas cidades ultrapassou dois terços da população total, e atingiu a marca dos 138 milhões de pessoas.

Os fenômenos climáticos podem influenciar a saúde humana de forma direta ou indireta. Especialmente em zonas urbanas destacam-se os efeitos diretos, tais como tempestades e inundações — que provocam mortalidade por afogamento, deslizamentos de terra, desabamentos de prédios ou extremos de temperatura, como as ondas de calor. Os efeitos indiretos são realçados por modificações no ambiente, como as de ecossistemas e ciclos biogeoquímicos, por perda na produção agrícola e, conseqüentemente, impacto nutricional, queda nos padrões de higiene pessoal e ambiental e também como determinante de fenômenos demográficos (Thompson e Cairncross, 2002).

Enchentes ou secas afetam a qualidade e o acesso à água e podem favorecer a incidência de doenças infecciosas como a leptospirose, as hepatites virais, as doenças diarréicas e não transmissíveis, que incluem desnutrição e doenças mentais (Brasil, 2008).

As flutuações climáticas sazonais produzem efeito na dinâmica das doenças vetoriais, como por exemplo, o da maior incidência da dengue no verão e da malária no bioma Amazônia durante o período de estiagem. Isto é observado em anos considerados normais e está associado à formação de um grande número de criadouros temporários, favoráveis à proliferação dos mosquitos vetores (Confalonieri, 2005; Confalonieri e Marinho, 2007).

Queimadas e efeitos de inversões térmicas que concentram a poluição, bem como alterações de temperatura, umidade e regime de chuvas influenciam a qualidade do ar, principalmente nas áreas urbanas, agravando as doenças respiratórias e alterando as condições de exposição aos poluentes atmosféricos.

As características físicas e químicas dos poluentes e também as climáticas, tais como temperatura, umidade e precipitação, definem o tempo de residência dos poluentes na atmosfera, podendo ser transportados a longas distâncias em condições favoráveis de alta temperatura e baixa umidade.

Em áreas urbanas, a presença de poluentes atmosféricos associados a eventos meteorológicos como inversões térmicas podem agravar a frequência e a intensidade de doenças como a asma, alergias, infecções bronco-pulmonares e de vias aéreas superiores – sinusite –, principalmente nos grupos populacionais mais suscetíveis, que incluem as crianças menores de cinco anos e os indivíduos maiores de 65 anos de idade.

A maioria dos estudos relacionando níveis de poluição do ar com efeitos sobre a saúde humana foi desenvolvida para áreas metropolitanas, incluindo as grandes capitais da Região Sudeste do Brasil. Eles mostraram associação da carga de morbimortalidade por doenças respiratórias, com incremento de poluentes atmosféricos, especialmente de material particulado (Saldiva *et al.*, 1994; Gouveia *et al.*, 2006). O tamanho da partícula, superfície e a composição química do material particulado determinam o risco que a exposição a esse agente representa para a saúde pública.

As emissões gasosas e de material particulado para a atmosfera derivam, principalmente, de veículos, indústrias e queima de biomassa. No Brasil, as áreas metropolitanas localizadas, sobretudo na Região Sudeste, são onde se concentram as fontes estacionárias e as grandes frotas de veículos, enquanto a queima de biomassa ocorre em maior extensão e intensidade na Amazônia Legal, cuja extensão compreende além dos Estados da região Norte, áreas de Estados do Centro Oeste e Nordeste do País (Martins *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2012). Este tema é amplamente abordado no capítulo 5, intitulado *Aglomerado urbano, indústria e infraestrutura*, bem como ao capítulo 6, sob o título *Saúde humana, bem-estar e segurança*.

Variáveis como idade, perfil de saúde, resiliência fisiológica e condições sociais contribuem diretamente para as respostas humanas relacionadas às variáveis climáticas (Martins *et al.*, 2004). Fatores que aumentam a vulnerabilidade dos problemas climáticos são uma combinação de crescimento populacional, pobreza e degradação ambiental (IPCC, 2007).

Os riscos associados às mudanças climáticas globais não podem ser avaliados isoladamente desse contexto. Ao contrário, deve-se ressaltar que os riscos são o produto de *perigos* e *vulnerabilidades*, como costumam ser medidos nas engenharias. Os perigos, no caso das mudanças globais, são dados pelas condições ambientais e pela magnitude dos eventos. Já as vulnerabilidades são conformadas pelas condições sociais marcadas pelas desigualdades, pelas diferentes capacidades de adaptação, pela resistência e pela resiliência. Uma estimativa de vulnerabilidade das populações brasileiras apontou o Nordeste como a Região mais sensível a mudanças climáticas devido aos baixos índices de desenvolvimento social e econômico (Confalonieri, 2005).

Essas avaliações são baseadas no pressuposto de que grupos populacionais com piores condições de renda, educação e moradia sofreriam os maiores impactos das mudanças ambientais e climáticas. No entanto, como resalta Guimarães (2005), as populações mais pobres, nas cidades e no campo, têm demonstrado uma imensa capacidade de adaptação, uma vez que já se encontram excluídas de sistemas técnicos.

O semiárido nordestino, que apresenta curta, porém crucialmente importante estação chuvosa no clima presente, poderia, em um clima mais quente no futuro, transformar-se em região árida. Isto pode vir a afetar a agricultura de subsistência regional, a disponibilidade de água e a

saúde da população, obrigando-as a migrarem para outras regiões. Informações completas podem ser encontradas no capítulo 7 deste volume do RAN1, sob o título *Impactos multisetoriais, riscos, vulnerabilidades e oportunidades*, além dos capítulos 5 e 6.

Desde meados dos anos 1970, passou-se a reconhecer que alterações na cobertura de terra modificam o albedo de superfície e, portanto, as trocas de energia entre a superfície e a atmosfera, as quais têm impacto sobre o clima local e regional (Lambin *et al.*, 2003). Apesar de o homem ter modificado a terra para obtenção de alimentos e outros itens essenciais à sua sobrevivência ao longo de milhares de anos, as taxas atuais, extensões e as intensidades de mudanças de uso e cobertura da terra – em inglês, *Land-Use and Land-Cover Change (LUCC)* – vêm aumentando, o que conduz a mudanças nos ecossistemas e processos ambientais em escalas local, regional e global (Ellis, 2010).

Dessa forma, o monitoramento e a avaliação das consequências negativas da *LUCC*, juntamente com a produção sustentável de recursos essenciais, tornaram-se uma grande prioridade para pesquisadores e formuladores de políticas públicas.

Quanto à exploração das florestas no Brasil, a floresta amazônica manteve-se intacta até 1970 (Fearnside, 2005). Seu desmatamento iniciou com a construção da rodovia Transamazônica, em taxas que têm variado ao longo dos anos.

Atualmente, o país conta com dois sistemas para monitoramento do desmatamento, ambos desenvolvidos no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Um deles, o PRODES, calcula exclusivamente aquele de corte raso, superior a 6,25 ha. O outro, identificado como DETER, que se destina à detecção do desmatamento em tempo real, permite identificar de maneira mais rápida onde está ocorrendo a derrubada de floresta, além de mapear, tanto áreas submetidas a tal tipo de corte, como aquelas em processo por degradação florestal, com base em dados dos sensores MODIS, do satélite *Terra/Aqua* e *Wide Field Imager Camera (WFI)*, do satélite *CBERS*, com resolução espacial de 250 metros.

A taxa de desmatamento estimada pelo INPE para o período de agosto de 2009 a agosto de 2010 foi de 6.451 km², enquanto que, pelo sistema DETER, 224,94 km² da floresta sofreram corte raso ou degradação progressiva no mês de julho de 2011, segundo informação disponível em: <http://www.obt.inpe.br>. Mais informações a respeito podem ser lidas no capítulo 5 deste volume do RAN1.

No contexto climático, várias pesquisas foram realizadas nas duas últimas décadas para avaliar o impacto das alterações dos usos da terra da Amazônia no clima regional e local (Nobre *et al.*, 1991;

Manzi e Planton, 1996; Sampaio *et al.*, 2007; Correia *et al.*, 2008; entre outros). De modo geral, os estudos revelam que os resultados obtidos, considerando simulações a partir de modelos climáticos globais ou regionais e desmatamento em larga escala ou de cenários projetados para o futuro, podem alterar o clima regional, que se tornaria mais quente e mais seco.

Deve-se ressaltar que avaliações considerando efeitos do desmatamento sobre as chuvas dependem da escala em que o corte da cobertura vegetal ocorre. Ou seja, regiões desmatadas recebem, frequentemente, mais chuvas do que aquelas onde a estiagem é maior (Durieux *et al.*, 2003; Saad *et al.*, 2010). Portanto, essas investigações corroboraram os estudos mencionados acima, os quais apontam para a perspectiva de que, se o desenvolvimento sustentável e as políticas de conservação não atuarem no sentido de deter o aumento da degradação ambiental no bioma Amazônia, as mudanças de usos da terra podem conduzir o sistema do clima em relação ao bioma a um novo estado de equilíbrio mais seco, levando à savanização de algumas de suas partes.

Soares Filho *et al.* (2010), também com base em estudos de modelagem, estimaram a demanda futura por terras e as emissões geradas pelas mudanças de uso de solo e florestas (Ellis, 2010). A partir dos resultados, eles verificaram que o volume total de terras adicionais necessárias chegava a mais de 70

milhões de ha para acomodar a expansão de todas as atividades durante o período de 2006 a 2030.

Segundo Loarie *et al.* (2011), atualmente há também uma crescente demanda global por biocombustíveis, que exigirá conversão de ecossistemas agrícolas convencionais ou naturais. A expansão da produção desse insumo energético em áreas hoje utilizadas no Brasil para a agricultura reduz a necessidade de se limpar os ecossistemas naturais, o que, portanto, implicaria benefícios indiretos ao clima, através da redução de emissões de gases de efeito estufa (GEEs) e de um retorno mais rápido de débitos de carbono.

A expansão dos biocombustíveis pode também causar mudanças diretas no clima local, alterando o albedo da superfície e a evapotranspiração, embora estes efeitos ainda não tenham sido completamente documentados.

Particularmente para quantificarem os efeitos climáticos diretos da expansão da cana-de-açúcar no cerrado brasileiro a partir de uma área de 1,9 milhões de km², Loarie *et al.* (2011) consideraram mapas recentes de ampliação da área plantada e do desmatamento da vegetação natural, combinados aos dados de sensoriamento remoto de temperatura, albedo e evapotranspiração. Os resultados obtidos indicaram que, em uma base regional e para dias de céu claro, a conversão da vegetação natural em um mosaico composto por culturas e pastagem aqueceu esse trecho do bioma Cerrado por uma média de conversão de 1,55 – de 1,45 a 1,65 – °C. Porém, a conversão subsequente do mosaico em cana-de-açúcar resfriou a região a uma média de 0,93 – de 0,78 a 1,07 – °C, resultando em um aumento médio líquido de 0,06 °C.

Portanto, os resultados de Loarie *et al.* (2011) indicaram que a expansão da cana-de-açúcar em áreas agrícolas e de pastagens existentes tem efeito de resfriamento local direto, o que reforça os benefícios indiretos para o clima a partir de sua opção para o uso da terra.

Previamente, Martinelli *et al.* (2010), a partir da análise de dados censitários sobre o uso de terra no Brasil, destacaram que o País já tem uma área desprovida de vegetação natural suficientemente grande para acomodar a expansão da produção agrícola. Também ressaltaram que seus maiores entraves à produção de alimentos não são devidos a restrições supostamente impostas pelo Código Florestal, mas, sim, à:

- a) enorme desigualdade na distribuição de terras,
- b) restrição de crédito agrícola ao agricultor que produz alimentos de consumo direto,
- c) falta de assistência técnica para aumentar a produtividade,
- d) falta de investimentos em infraestrutura para armazenamento e escoamento da produção agrícola, e, ainda,
- e) restrições de financiamento e priorização do desenvolvimento e tecnologia que permita aumento expressivo na lotação de pastagens em território brasileiro..

A evolução do desmatamento no bioma Pantanal e seu entorno no período de 1976 a 2008, assim como nos cenários elaborados para o período de 2010 a 2050, foi investigada por Silva *et al.* em 2011. Considerando as subdivisões da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraguai (BAP) – planície e planalto –, a BAP nos Estados de Mato Grosso e de Mato Grosso do Sul, e a BAP nos biomas Pantanal, Cerrado e Amazônia, seus resultados indicaram que, até 2008, o desmatamento na planície pantaneira atingiu 12,14% de sua área, enquanto que, no planalto, chegou a 58,9%.

Os percentuais apontam ainda que, caso não sejam estabelecidas ações efetivas de controle, a vegetação natural no bioma Pantanal, cuja área é de 361.666 km² (Silva e Abdon, 1998), poderá ser suprimida até o ano de 2050.

O Cerrado, bioma da parte central do País, ocupa área aproximada de 203 milhões de hectares (IBGE, 2004), ou seja, 25% do território brasileiro. Caracteriza-se por vegetação rica em espécies, com mais de 450 delas vasculares por hectare, e por diferentes tipos de cerrado: pastagens, savanas arbustivas, savana arborizada e outros (Sano *et al.*, 2000).

Ferreira *et al.* (2007) ressaltaram que o cerrado brasileiro é considerado a savana mais rica do mundo em termos de biodiversidade (Ratter *et al.*, 1996), além de ser um dos 25 hotspots de biodiversidade no planeta Terra (Myers *et al.*, 2000). O bioma Cerrado desempenha ainda, um importante papel no balanço de energia, água e carbono da região, atuando como um sumidouro de GEEs, tais como o óxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO₂) e o gás metano (CH₄).

Os resultados referentes ao monitoramento do desmatamento divulgados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) informaram que, em 2009, o Cerrado contava com área de vegetação nativa de 1,043346 milhão de km², ou seja, 51,16% da área do bioma, e que, a área desmatada no período de 2009 a 2010 foi de 6.469 km² (MMA, 2011).

O Pampa é um bioma restrito a uma unidade federativa do Brasil – o Estado do Rio Grande do Sul. Ocupa aproximadamente 60% de sua área, ou seja, cerca de 178.000 km². Nesse ecossistema predomina uma vegetação de gramíneas e arbustos espalhados e dispersos. Próxima aos cursos d'água e nas encostas de planaltos, sua vegetação se torna mais densa, com ocorrência de árvores. Banhados – áreas alagadas perto do litoral – também o integram, abrigando grande biodiversidade (MMA, 2010). Os resultados do monitoramento do MMA de 2011 indicaram que o Pampa apresentava, em 2008, uma área nativa da ordem de 64.131 km², equivalente a 36% da extensão total do bioma de mais de 17 milhões de hectares (MMA, 2011), e que, em 2009, diminuiu para 35,89%.

O monitoramento das alterações da cobertura vegetal da Mata Atlântica é feito desde 1989 pela Fundação SOS Mata Atlântica em parceria com o INPE (SOS Mata Atlântica/ INPE, 2011), e está sendo feito também pelo MMA. Este bioma, que se estende por quase todas as regiões do Brasil e abrange quinze estados federativos, caracteriza-se pela variedade de fitofisionomias e pela complexidade de aspectos bióticos. Em termos geológicos, destacam-se as rochas pré-cambrianas e as sedimentares da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná.

Dados de desflorestamento do bioma Mata Atlântica para os anos de 2008 e 2010 em cada Estado federativo de sua abrangência, bem como dos remanescentes florestais, a partir do ano base de 2010, podem ser vistos no SOS Mata Atlântica/ INPE, 2011). Os Estados de Santa Catarina e de Goiás são aqueles em que se verificaram o maior e o menor percentuais de remanescentes florestais, respectivamente, com os valores de 23,04 % e 4,7%. Informações mais detalhadas para cada município também podem ser encontradas no Atlas.

Já no *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica* para o período de 2010 a 2012 (SOS Mata Atlântica/ INPE, 2013), os dados sobre desflorestamento acusaram 13.312 hectares ou 133 km². Dessa extensão, 12.822 ha correspondiam a desflorestamento propriamente dito, outros 435 ha à supressão de vegetação de restinga e, ainda, outros 56 ha, à eliminação da cobertura vegetal de mangue. Portanto, é o bioma mais ameaçado do Brasil, com somente 7,9% de remanescentes florestais em fragmentos acima de 100 hectares que sejam representativos para a conservação da biodiversidade.

O *Atlas* destaca que, considerando-se todos os pequenos fragmentos de floresta natural acima de três hectares, tal índice chegaria a 13,32%. Segundo o MMA (2012), da área total do bioma, de 1,103961 milhão de km², 75,88% foram desmatados até 2008, sendo que, no período de 2008 a 2009, a área destruída abrangeu 248 km².

No setor agropecuário, as consequências do aquecimento global serão inúmeras. No Brasil, com sua extensa dimensão continental, a heterogeneidade climática, os tipos de solo e a topografia imprimem diferentes condições ao desenvolvimento das culturas. Considerando-se os prognósticos futuros de aumento das temperaturas, pode-se admitir que, nas regiões climatologicamente limítrofes àquelas de delimitação de cultivo adequado de plantas agrícolas, a anomalia positiva que venha a ocorrer será desfavorável ao desenvolvimento vegetal. Quanto maior a anomalia, menos apta se tornará a região, até o limite máximo de tolerância biológica ao calor.

Por outro lado, outras culturas mais resistentes a altas temperaturas, provavelmente serão beneficiadas, até seu limite próprio de tolerância ao estresse térmico. No caso de baixas temperaturas, regiões que atualmente sejam limitantes ao desenvolvimento de culturas susceptíveis a geadas, com o aumento do nível térmico devido ao aquecimento global passarão a exibir condições favoráveis ao desenvolvimento da planta. No entanto, deve-se ressaltar que, tais projeções futuras, estão baseadas nas espécies atuais, sem adaptação. Mais detalhes sobre os impactos das mudanças climáticas na agricultura são encontrados no capítulo 4 deste volume do RAN1, sob o título *Recursos naturais e manejos de ecossistemas e seus usos*, mais especificamente no subcapítulo intitulado *Sistema alimentar e segurança*.

Além de influenciar as condições climáticas diretamente, o aumento da concentração de CO₂ altera o sistema climático por meio de seus efeitos sobre a fisiologia das plantas (Sellers, 1996). Geralmente os estômatos não abrem completamente sob o aumento da concentração de dióxido de carbono (Field *et al.*, 1995), o que reduz a transpiração e o consumo de água (Wigley & Jones, 1985). Resultados obtidos por Betts *et al.* (2007), em experimentos usando enriquecimento da atmosfera pela adição de CO₂ – em inglês, técnica batizada de *Free air CO₂ enrichment techniques* -FACE – mostraram ajustes significativos daqueles de dados derivados do aumento do *runoff* em escala continental, sendo compatível com os de outros modelos em trabalhos semelhantes (Cramer *et al.*, 2001; Betts *et al.*, 2004).

Vários estudos foram efetuados para avaliar os impactos de mudanças climáticas sobre a agricultura. Um deles se refere ao efeito direto nas plantas do aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, o qual tem sido intensamente estudado pelos especialistas em fisiologia vegetal.

É bem conhecido o funcionamento, no que diz respeito à atividade fotossintética, da concentração de CO₂ no crescimento de plantas. Sua concentração na atmosfera, quando próxima de 300 ppm, está bem abaixo da saturação para a maioria das espécies vegetais. Já níveis excessivos, próximos a 1.000 ppm, passam a causar fitotoxicidade. Nesse intervalo, de modo geral, o aumento de CO₂ promove maior produtividade biológica nas plantas.

Assad e Luchiari (1989), utilizando modelos fisiológicos simplificados, mostraram que essas variações são significativas nas áreas brasileiras com vegetação de cerrado. A temperatura média

durante a estação chuvosa nelas observadas – de outubro a abril – foi de 22°C, com máxima de 26,7°C e mínima de 17,6°C. Supondo-se um aumento da concentração de CO₂ que provoque elevação de 5°C na temperatura, as plantas do tipo C4, como é o caso do milho e do sorgo, aumentariam sua produtividade potencial em pelo menos dez kg/ha/dia de grãos secos. Para as plantas tipo C3, casos da soja, do feijão e do trigo, esse aumento seria menor: da ordem de dois a três kg/ha/dia de grãos secos.

Considerando cenários de aumento e de redução de temperatura, Assad e Luchiari Jr. (1989) avaliaram as possíveis alterações de produtividade para as culturas de soja e milho. Siqueira *et al.* (2000) apresentaram, para alguns pontos do Brasil, os efeitos das mudanças globais na produção de trigo, milho e soja. Também, uma primeira tentativa de identificar o impacto das mudanças do clima na produção regional foi feita por Pinto *et al.* (2001), que simularam os efeitos da elevação da temperatura e das chuvas no zoneamento do café para os estados de São Paulo e de Goiás. Esse último estudo previu uma drástica redução nas áreas com aptidão agroclimática – o que condenaria a produção de café em tais regiões.

Posteriormente, Pinto *et al.* (2007), Assad *et al.* (2007), Zullo Jr. *et al.* (2006) e Nobre *et al.* (2005) elaboraram estudos detalhados sobre o futuro da agricultura brasileira em função dos cenários previstos para o clima regional.

Em 1996, foi instituído o programa de zoneamento de riscos climáticos no Brasil que, desde então, se tornou política pública, adotada pelos ministérios da Agricultura e do Desenvolvimento Agrário para orientar o crédito e o seguro agrícola no País. Tal zoneamento estabeleceu, estatisticamente, os níveis de riscos nas regiões estudadas para vários tipos de cultura, admitindo perdas de safras de, no máximo, 20%. Esse programa é também uma ferramenta que indica o quê, onde e quando se plantar, de acordo com a disponibilidade climática regional.

Igualmente, o programa avalia a aptidão de uma determinada região para cada tipo de cultura, usando dados meteorológicos de precipitação pluviométrica e de temperatura do ar, além de apresentar índices específicos desenvolvidos para apontar a sensibilidade de culturas a eventos extremos que possam ocorrer em fases fenológicas críticas de suas plantas.

Seguindo a mesma metodologia do modelo de zoneamento de riscos climáticos (Pinto e Assad, 2008), foi divulgado em 2008 um estudo que simulou os cenários futuros da agricultura brasileira a partir de resultados de modelos de mudanças climáticas. Valores das temperaturas futuras para 2020, 2050 e 2070, através do modelo *Precis*, do Hadley Centre, para o cenário A2, foram obtidos para se avaliar como as áreas e os municípios serão afetados pelos efeitos térmicos e hídricos.

Os resultados foram coerentes com previsões anteriores de impactos do aquecimento nas áreas de potencial de produção agrícola brasileiras. Espera-se que o aumento da temperatura do ar promova um crescimento de evapotranspiração e, conseqüentemente, de deficiência hídrica, com reflexo direto no risco climático para a agricultura.

Por outro lado, tal aquecimento promoverá redução de risco de geadas no Sul, no Sudeste e no Sudoeste do País, acarretando efeito benéfico às áreas atualmente restritas ao cultivo de plantas tropicais. A dinâmica climática deverá causar ainda, uma migração das culturas adaptadas ao clima tropical para áreas mais ao Sul do País ou para zonas de altitudes maiores, de modo a compensar a diferença climática. Ao mesmo tempo, haverá uma diminuição nas áreas de cultivo de plantas de clima temperado do País. Um aumento próximo a 3°C causará uma possível expansão das culturas de café e da cana-de-açúcar para áreas de maiores latitudes (Assad *et al.*, 2004; Pinto e Assad, 2012).

Os resultados obtidos permitem ainda concluir que, as áreas cultivadas com milho, arroz, feijão, algodão e girassol sofrerão forte redução na Região Nordeste, com perda significativa de produção. Duas regiões poderão ser atingidas: toda a área correspondente ao agreste nordestino, hoje responsável

pela maior parte da produção regional de milho, e a dos cerrados dessa Região do País, como os encontrados no Sul dos estados do Maranhão e do Piauí e no Oeste do Estado da Bahia (Pinto e Assad, 2012).

Em resumo, pode-se concluir que algumas regiões do Brasil poderão apresentar alterações de temperatura do ar e precipitação pluviométrica em função do aquecimento global. Deverá ocorrer intensificação de eventos climáticos severos, ocasionando impactos em cidades e áreas vulneráveis a mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexander, L. V. *et al.*, 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, *J. Geophys Research*, 111(D5), 1-22, doi:10.1029/2005JD006290.

Alho, C.J.R., 2008: Biodiversity of the Pantanal: response to seasonal flooding regime and to environmental degradation. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4, Suppl.), 957-966.

Araújo, M.A.R., 2007: *Unidades de conservação no Brasil: da República à gestão de casse mundial*. Belo Horizonte, MG: Editora Segrac.

Assad, A.L.D., 2000: *Biodiversidade: institucionalização e programas governamentais no Brasil*. Tese de Doutorado em Geociências, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Campinas, SP. 218 pp.

Assad, E.D. *et al.*, 2004: Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesq. Agrop. Bras.*, 39(11), 1057-1064.

Assad, E.D. e A. Luchiari Jr., 1989: A future scenario and agricultural strategies against climatic changes: the case of tropical savannas. In: *Mudanças Climáticas e Estratégias Futuras*. Universidade de São Paulo (USP), 30-31 de outubro de 1989. São Paulo, SP.

Assad, E. D. *et al.*, 2007: Mudanças climáticas e agricultura: uma abordagem agroclimatológica. *Ciência & Ambiente*, 34, 169-182.

Betts, R.A. *et al.*, 2004: The role of ecosystem-atmosphere interactions in simulated Amazonian precipitation decrease and forest dieback under global climate warming. *Theor. Appl. Climatol.*, 78, 157-175.

Betts R.A. *et al.*, 2007: Projected increase in continental runoff due to plant responses to increasing carbon dioxide. *Nature*, 448, 1037-1041.

Biodiversitas, 2009a: Lista da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Disponível em http://www.biodiversitas.org.br/f_ameaca/. Acessado em março de 2009.

Biodiversitas, 2009b: Diagnóstico do Conhecimento sobre a Biodiversidade no Estado de Minas Gerais, Subsídio ao Programa BIOTA MINAS. Disponível em <http://www.biodiversitas.org.br/publicacoes/>. Acessado em março de 2009.

Brasil, 2008: Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil. Organização Pan-Americana da Saúde (Opas), Ministério da Saúde, Série Saúde Ambiental 1. Brasília, DF. 40 pp.

Buarque, D.C. *et al.*, 2010: Spatial correlation in precipitation trends in the Brazilian Amazon, *J. Geophys. Res.*, 115(D12), doi: 10.1029/2009JD013329.

Collischonn, W. *et al.*, 2001: Further evidence of changes in the hydrological regime of the River Paraguay: part of a wider phenomenon of climate change? *Journal of Hydrology*, 245(1-4), 218-238.

Confalonieri, U.E.C e D. P. Marinho, 2007: Mudança climática global e saúde: perspectivas para o Brasil. *Multiciência*, 8, 48-64.

Confalonieri, U.E.C. *et al.*, 2005: Análise da vulnerabilidade da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas. Relatório final de projeto de pesquisa, Fiocruz, Rio de Janeiro, RJ, 96 pp.

Chu, P.S. *et al.*, 1995: Detecting climate change concurrent with deforestation in the Amazon Basin: which way has it gone? *Bull. Amer. Met. Soc.*, 75, 579-583.

Correia, F.W.S. *et al.*, 2008: Modeling the impacts of land cover change in Amazonia: a Regional Climate Model (RCM) Simulation Study. *Theoretical and Applied Climatology*, 93(3-4), 225-244, doi: 10.1007/s00704-007-0335-z.

Costa, L.P. *et al.*, 2005: Conservação de mamíferos do Brasil. *Megadiversidade*, 1(1), 103-112.

Cramer, W. *et al.*, 2001: Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO₂ and climate change: results from six dynamic global vegetation models. *Global Change Biology*, 7(4), 357-374.

Durieux, L. *et al.*, 2003: The impact of deforestation on cloud cover over the amazon arc of deforestation. *Remote Sensing of Environment*, 86, 132-140, 2003.

Ellis, E., 2010: Land-use and land-cover change. In: *Encyclopedia of Earth*, [Cutler J. Cleveland (Editor-in-chief)], Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). [First published in the Encyclopedia of Earth April 18, 2010; Retrieved August 8, 2011, http://www.eoearth.org/article/Land-use_and_land-cover_change; Updated: March 20, 2013, Retrieved from <http://www.eoearth.org/view/article/154143>

Fearnside, P. M., 2005: Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. *Conservation Biology*, 19(3), 680-688.

Ferreira, L.G. *et al.*, 2007. Base de dados espaciais para o monitoramento biofísico-ambiental do bioma Cerrado, pp. 5219-5224. *Anais do XIII SBSR*. XIII Simpósio Brasileiro de SENSORiamento Remoto, Florianópolis, SC, 21-26 de abril, <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2007/biblioteca>.

Field, C. *et al.*, 1995: Stomatal responses to increased CO₂: implications from the plant to the global scale. *Plant Cell Environ.*, 18, 1214-1255.

Glynn, P.W., 1993: Coral reef bleaching: Ecological perspectives. *Coral Reefs*, 12(1), 1-17.

- Glynn, P. W. e L. D'Croz, 1990: Experimental evidence for high temperature stress as a cause of *El Niño*-coincident coral mortality. *Coral Reefs*, 8(4), 181-191.
- Goldewijk, K. K. e N. Ramnakutty, 2004: Land cover change over the last three centuries due to human activities: the availability of new global data sets. *Geo Journal* 61(4), 335-344.
- Gonçalves, F. *et al.*, 2002: Climatological analysis of wintertime extreme low temperatures in São Paulo City, Brazil: Impacts of seas surface temperatures anomalies. *Int. J. Climatol.*, 22(12), 1511-1526.
- Goreau, T.J. e A.H. Macfarlane, 1990: Reduced growth rate of *Montastrea annularis* following the 1987-1988 coral-bleaching event. *Coral Reefs* 8(4), 211-215.
- Goreau, T. J. e R.L. Hayes, 1994: Coral bleaching and ocean hot spots. *Ambio*, 23, 176-180.
- Gouveia, N. *et al.*, 2006: Respiratory and cardiovascular hospitalizations associated with air pollution in the city of Sao Paulo, Brazil. *Cad. Saúde Pública*, 22(12), 2669-2677.
- Grimm, A.G. e I. Pscheidt, 2001: Padrões atmosféricos associados a eventos severos de chuva na primavera durante *El Niño*, *La Niña* e anos neutros. *Anais do IX Congresso da Flismet*. IX Congresso da Federação Latino-Americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia e VIII Congresso Argentino de Meteorologia (CD n° 269), Buenos Aires, maio de 2001, Centro Argentino de Meteorologistas e Federação Latino-Americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia.
- Groisman, P. *et al.*, 2005: Trends in intense precipitation in the climate record. *Journal of Climate*, 18, 1326-1350.
- Guimarães, R.B., 2005 Health and global changes in the urban environment. In: *A Contribution to Understanding the Regional Impact of Global Change in South America*. [Dias, P.L.S. *et al.* Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados. Sao Paulo: Edusp.
- Haylock, M.R. *et al.*, 2006: Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate*, 19(8), 1490-1512.
- IBGE, 2004: *Mapa de Biomas do Brasil*. Escala 1:5.000.000. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro, RJ.
- Inpe, 2013: *Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite*. Projeto Prodes (Projeto de Estimativa de Desflorestamento da Amazônia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), São José dos Campos, SP. Disponível em <<http://www.obt.inpe.br/prodes>>.
- IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S. *et al.* (Eds.)]. Cambridge, UK, e New York, NY, USA: Cambridge University.

- Lambin, E.F. *et al.*, 2003: Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 28, 205-241.
- Leão, Z.M.A. *et al.*, 2008: Branqueamento de corais nos recifes da Bahia e sua relação com eventos de anomalias térmicas nas águas superficiais do oceano. *Biota Neotrop.*, 8(3), 69-82.
- Lewinsohn, T.M. e P.I. Prado, 2002: *Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento*. São Paulo, SP: Editora Contexto, 176 pp.
- Liebmann, B. *et al.*, 2004: Subseasonal variations of rainfall in the vicinity of the South American low-level jet East of the Andes and comparison to those in the South Atlantic Convergence Zone. *J. Climate*, 17(19), 3829-3842.
- Loarie, S.R. *et al.*, 2011: Direct impacts on local climate of sugar-cane expansion in Brazil. *Nature Climate Change*, 1, 105-109, doi:10.1038/nclimate1067.
- Manzi, A.O. e S. Planton, 1996: A simulation of Amazonian deforestation using a GCM calibrated with ABRACOS and ARME data, pp. 505-529. In: *Amazonian deforestation and climate* [Gash, J.H.C. *et al.* (Eds.). Chichester, UK: John Wiley.
- Marengo, J.A. *et al.*, 1998: Long-term stream flow and rainfall fluctuations in tropical South America: Amazônia, Eastern Brazil and Northwest Peru. *J. Geophys. Res.* 103, 1775-1783.
- Marengo, J.A. e J.C. Rogers, 2001: Polar Air outbreaks in the Americas: assessments and impacts during modern and past climates, pp. 31-51. In: *Interhemispheric Climate Linkages*, [Markgraf, V. (Ed.)]. San Diego, CA: Academic Press, 454 pp.
- Marengo, J.A e C. Nobre, 2005: Lições do Catarina e do Katrina: as mudanças do clima e os fenômenos extremos. *Ciência Hoje*, 37(221), 22-27.
- Marengo, J.A. e L.M. Alves, 2005: Tendências hidrológicas da bacia do Rio Paraíba do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 20(2), 215-226.
- Marengo, J. A. e C.G.C.Camargo, 2008: Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. *Int. J. of Climatology*, 28(7), 893-904, doi:10.1002/joc.1584.
- Martinelli, L.A. *et al.*, 2010: A falsa dicotomia entre a preservação da vegetação natural e a produção agropecuária. *Biota Neotrop.* 10(4), 2010. Disponível em <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/en/abstract?point-of-view+bn00110042010>.
- Martins, M.C. *et al.*, 2004: Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health effects in elderly people: an analysis of six regions in Sao Paulo, Brazil. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 58(1), 41-46.
- Martins, L.D. *et al.*, 2009: Potential health impact of ultrafine particles under clean and polluted urban atmospheric conditions: a model-based study. *Air quality, atmosphere and health*, 3(1), 29-39.
- MMA, 2010: Monitoramento do bioma Pampa 2002 a 2008. Projeto Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília, DF.
- MMA, 2010: Monitoramento do bioma Pampa 2008-2009, Projeto Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite, Ministério do Meio Ambiente (MMA) Brasília, DF.

- MMA, 2011: Monitoramento do bioma Cerrado 2009-2010, Projeto Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite, Ministério do Meio Ambiente (MMA) Brasília, DF.
- MMA, 2012: Monitoramento do bioma Mata Atlântica 2008-2009, Projeto Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília, DF.
- Mittermeier, R.A. 1988. Primate diversity and the tropical forest: case studies from Brazil and Madagascar, and the importance of the megadiversity countries, pp. 145-154. In: *Biodiversity*, [Wilson, E.O. (Ed.)]. Washington, DC, USA: National Academy Press.
- Moraes, J.M. *et al.*, 1998: Trends in hydrological parameters of a Southern Brazilian watershed and its relation to human induced changes. *Water Resources Management* 12(4), 295-311.
- Myers, N., 1988: Threatened biotas: 'hot spots' in tropical forests. *Environmentalist*. 8(3), 178-208.
- Myers, N. *et al.*, 2000: Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.
- NAE, 2005: Cadernos NAE no 1 – Processos estratégicos a longo prazo. Núcleo de Assuntos Estratégicos (NAE) da Presidência da República. Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, Brasília.
- Nobre, C.A. *et al.*, 1991: Amazonian deforestation and regional climate change. *Journal of Climate*, 4(10), 957-988.
- Nobre, C.A. *et al.*, 2005: O impacto do aquecimento global nos ecossistemas da Amazônia e na agricultura. *Scientific American Brasil*, 12, 70-75.
- Pezza, A.B. e I. Simmonds, 2005: The first South Atlantic hurricane: unprecedented blocking, low shear and climate change. *Geophysical Research Letters*, 32(15), doi:10.1029/2005GL023390.
- Pinto, H.S. e E.D. Assad, 2008: Global warming and the new geography of agricultural production in Brazil. The British Embassy, Brasília, DF. 42 pp. Disponível em http://www.cpa.unicamp.br/aquecimento_agricola_en.html.
- Pinto, H.S. e E.D. Assad, 2012: Impacts of climate change on Brazilian agriculture. In: Brazil: assessment of the vulnerability and impacts of climate change on Brazilian Agriculture. Development report for World Bank Project P118037, [Erick C.M. Fernandes (Coord.)]. May, 25, 2012.
- Pinto, H.S. *et al.*, 2007: O aquecimento global e a cafeicultura brasileira. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*, 31(1), 65-72.
- Pinto, H.S. *et al.*, 2001: Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de São Paulo, *Revista Brasileira de Agrometeorologia* (Especial Zoneamento Agrícola), 9(3), 495-500.
- Ratter, J.A. *et al.*, 1996: Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas. *Edinburgh Journal of Botany*, 53(2), 153-180.

- Ribeiro, M.C. *et al.*, 2009: The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed. Implications for conservation. *Biological Conservation*, (Special Conservation Issues in the Brazilian Atlantic Forest), 142, p.1141-1153.
- Saad, S.I. *et al.*, 2010: Can the deforestation breeze change the rainfall in Amazonia? A case study for the BR-163 Highway Region. *Earth Interactions*, 14, Paper 18, 1-25, doi: 10.1175/2010EI351.1.
- Saldiva, P.H. *et al.*, 1994: Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in Sao Paulo, Brazil: a preliminary report. *Environmental Research*, 65(2), 218-225.
- Sampaio, G. *et al.*, 2007: Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. *Geophysical Research Letters*, 34, 1-7, doi: 10.1029/2007GL030612.
- Sano, E.E. *et al.*, 2000: Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savana. *Pasturas Tropicales*, 22(3), 1-15.
- Satyamurty, P. *et al.*, 2010: Rainfall trends in the Brazilian Amazon Basin in the past eight decades. *Theor. Appl. Climatol*, 99(1-2), 139-148.
- Sellers, P.J. *et al.*, 1996: Comparison of radiative and physiological effects of doubled atmospheric CO₂ on climate. *Science* 271(5254), 1402-1406.
- Silva, J.S.V. e M. M. Abdon, 1998: Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (Especial), 33, 1703-1712.
- Silva, J.S.V. *et al.*, 2011: Evolution of deforestation in the Brazilian Pantanal and surroundings in the time-frame 1976-2008. *Geografia* (Especial Geopantanal), 36, 35-55.
- Silva, L.F.F. *et al.*, 2012: Impaired lung function in individuals chronically exposed to biomass combustion. *Bandeira Científica Project, Department of Pathology, University of Sao Paulo School of Medicine, Sao Paulo, Brazil. Environmental Research*, 112, 111-117.
- Siqueira, O.J.W. *et al.*, 2000: Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 8(2), 311-320.
- Soares Filho, B.S. *et al.*, 2010: Estudo de baixo carbono para o Brasil. Relatório de Síntese Técnica: Uso da terra, Mudanças do uso da terra e florestas. Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento, Banco Mundial, 292 pp.
- SOS Mata Atlântica/ Inpe, 2011: *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica*, período 2008-2010. Fundação SOS Mata Atlântica / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). São Paulo / São José dos Campos, SP.
- SOS Mata Atlântica/ Inpe, 2013: *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica*, período 2010-2012. Fundação SOS Mata Atlântica / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). São Paulo / São José dos Campos, SP.
- Teixeira, M.S., 2004: *Atividade de ondas sinópticas relacionadas a episódios de chuvas intensas na região Sul do Brasil*. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), São Jose dos Campos, SP, 94 pp.
- Thompson, J. e C. Cairncross, 2002: Drawers of water: assessing domestic water use in Africa. *Bull World Health Orgn.*, 80(1), 61-62.

Xavier, T.M.B.S. *et al.*, 1994: Evolução da precipitação diária num ambiente urbano: o caso da cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 9(1), 44-53.

Vilas Boas, M.H.A. e R. Dias, 2010: Biodiversidade e turismo: o significado e importância das espécies-bandeira. *Turismo & Sociedade*, 3(1), 91-114.

Vincent L. *et al.*, 2005: Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America, 1960-2002, *Journal of Climate*, 18, 5011-5023.

Webster, P.J.G *et al.* 2005: Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science*, 309(5742), 1844-1846, doi: 10.1126/science.1116448.

Wigley, T.M.L. e P.D. Jones, 1985: Influences of precipitation changes and direct CO₂ effects on streamflow. *Nature* 314, 149-152.

Wilkinson, C. *et al.*, 1999: Ecological and socioeconomic impacts of 1998 coral mortality in the Indian Ocean. An ENSO impact and a warning of future change? *Ambio* 28(2):188-196.

Zullo Jr, J. *et al.*, 2006: Impact assessment study of climate change on agricultural zoning. *Meteorological Applications*, 13(S1), 69-80.