

PRIMEIRO RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO NACIONAL
VOLUME 2 – IMPACTOS, VULNERABILIDADES E ADAPTAÇÃO

Capítulo	8	
Título	Impactos, Vulnerabilidade e Adaptação na Esfera Regional - Impactos Regionais, Adaptação e Vulnerabilidade ao Clima e suas implicações para a Sustentabilidade Regional	
(Sub)Seção:	8.1 Região Norte	
Autores	Autores Principais	Saulo Rodrigues Filho – CDS/UNB
(Sub)Seção:	8.2 Região Nordeste	
Autores	Autores Principais:	Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins – FUNCEME; Dirceu Silveira Reis Junior -UNB
	Autores Colaboradores:	Conceição de Maria Albuquerque Alves - UNB
(Sub)Seção:	8.3: Região Sul	
Autores	Autores Principais:	Ana Maria H.de Avila- UNICAMP; Felipe Gustavo Pilau - UFSM
	Autor Revisor:	Paulo Caramori –IAPAR
(Sub)Seção:	8.4: Região Sudeste	
Autores	Autores Principais:	Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer- CETESB
	Autor colaborador:	Natacha Nogueira Britschka –SVMA
(Sub)Seção:	8.5: Região Centro-Oeste	
Autores	Autores Principais:	Saulo Rodrigues Filho- UnB
	Autor colaborador:	Diego Pereira Lindoso- UnB Patrícia Mesquita- UnB
	Autor Revisor	Nathan do Santos Debortoli - UnB

28 **8. Impactos, Vulnerabilidade e Adaptação na Esfera Regional -**
29 **Impactos Regionais, Adaptação e Vulnerabilidade ao Clima e suas**
30 **implicações para a Sustentabilidade Regional**

31 **Índice**

32	8.1.1. A Região Norte do Brasil.....	4
33	8.1.1.2. Agronegócio.....	4
34	8.1.1.3. Mudanças de uso da terra.....	5
35	8.1.1.4. Mudanças no ciclo hidrológico.....	6
36	8.1.1.5. O destino da Floresta Tropical Úmida.....	6
37	8.1.2. Atributos da vulnerabilidade: sensibilidade e capacidade adaptativa.....	7
38	8.1.2.1. Variabilidade e Cenários Climáticos.....	9
39	8.1.2.2. Aspectos-chave da vulnerabilidade regional.....	11
40	8.1.2.3. Vulnerabilidade da Agricultura Familiar.....	12
41	Referências Bibliográficas.....	13
42	8.2 Região Nordeste.....	17
43	8.2.1.Introdução.....	17
44	8.2.2. Recursos Hídricos.....	17
45	8.2.2.1.Estresse Climático.....	18
46	8.2.2.2.Tendências correntes e do passado.....	19
47	8.2.2.3.Cenário de Mudanças.....	20
48	8.2.3.Agricultura.....	23
49	8.2.3.1.Agricultura Familiar.....	25
50	8.2.4.Energia.....	26
51	8.2.5.Recursos Costeiros.....	28
52	8.2.6.Saúde.....	28
53	8.2.6.Desertificação.....	29
54	8.2.7.Considerações Finais.....	30
55	Referências Bibliográficas.....	31
56	8.3.1.A Região Sul do Brasil.....	36
57	8.3.2.Características peculiares da região (mudanças de uso da terra).....	37
58	8.3.3.Variabilidade e mudanças climáticas.....	39
59	8.3.4.Registros Históricos.....	41
60	8.3.5.Cenários Climáticos.....	42
61	8.3.6.Mudança no Ciclo Hidrológico.....	43
62	8.3.7.Projeções de impactos sobre a saúde humana.....	44
63	8.3.8.Projeções de impactos sobre a produção agrícola e a segurança alimentar.....	45
64	8.3.9.Síntese das análises e considerações finais.....	49
65	Referências Bibliográficas.....	49

66	8.4.A Região Sudeste do Brasil	56
67	8.4.1. Introdução	56
68	8.4.2.Características Peculiares da Região (Mudanças de Uso da Terra).....	57
69	8.4.3.Variabilidade e mudanças climáticas	59
70	8.4.4.Cenários Climáticos	60
71	8.4.5.Mudança no Ciclo Hidrológico.....	62
72	8.4.6.Registros Históricos	63
73	8.4.7.Projeções de Impactos sobre a Saúde Humana.....	63
74	8.4.8.Projeções de Impactos sobre a Produção Agrícola e a Segurança Alimentar.....	65
75	8.4.9.Síntese das Análises e Considerações Finais	66
76	Referências bibliográficas.....	67
77	8.5.A Região Centro-Oeste do Brasil.....	71
78	8.5.1.Introdução	71
79	8.5.2. Mudanças de Uso da Terra.....	72
80	8.5.3.Variabilidade e Cenários Climáticos.....	72
81	8.5.3.2 Aspectos-chave da vulnerabilidade regional.....	74
82	8.5.4. Agricultura Familiar.....	74
83	8.5.5. Agronegócio.....	75
84	8.5.6. Extrativismo.....	76
85	8.5.7. Impactos sobre a saúde humana.....	76
86	Referências Bibliográficas	77
87		
88		
89		

91 **8.1.1. A Região Norte do Brasil**

92 A região Amazônica contém a maior extensão única e contínua de floresta tropical sendo uma das
93 áreas mais ricas em estoque de biodiversidade do planeta. Atualmente está ameaçada pelo
94 desmatamento, responsável pela erosão genética e emissões de gases de efeito estufa. A região
95 Amazônica constitui em pleno século XXI um desafio ambiental a nível local, nacional e global.
96 Para entender as atuais políticas que afetam a região amazônica, é preciso considerar duas
97 dimensões importantes: a continuidade histórica e a escala geográfica.

98 Devido às suas dimensões continentais e sua riqueza percebida, a Amazônia tem sido considerada
99 como fonte de recursos naturais ilimitados que podem ser utilizados objetivando suprir as
100 necessidades do país e do mundo. Essas necessidades incluem energia, madeira, minerais e terras
101 para assentar agricultores, seja de pequena escala, seja por meio de grandes projetos agropecuários.

102 Apesar das mudanças que a política brasileira tem experimentado nos últimos 40 anos, a história
103 das políticas públicas na Amazônia revela mais continuidade do que ruptura. Logo após o início do
104 governo militar, a partir de 1964, estabeleceram-se políticas de ocupação do território segundo uma
105 doutrina de segurança nacional. Esta doutrina se materializou em duas frentes: por um lado foi
106 considerada estratégica, possibilitando uma ocupação mais densa da região, a fim de garantir a
107 soberania nacional sobre o vasto território; e por outro, a distribuição de terras públicas para
108 projetos de colonização era considerada como uma válvula de escape face a crescente demanda por
109 terras em outras partes do país.

110

111 **8.1.1.2. Agronegócio**

112 Diversos estudos apontam a pecuária como o principal vetor do desmatamento na Amazônia, tendo
113 sua expansão fundamentada na viabilidade financeira dos médios e grandes pecuaristas (Margulis,
114 2003; Veiga et al., 2004; Barreto et al., 2006; 2008). Outros autores afirmam que os agentes
115 intermediários, que se antecipam a criação de gado e são diretamente responsáveis pelo desmate,
116 têm seu custo de oportunidade parcialmente compensado pela garantia de venda futura das terras
117 para os pecuaristas (Hecht, 1992; Margulis, 2003). Estima-se que os custos ambientais da pecuária
118 na Amazônia sejam de U\$ 100/ano/ha, superando o retorno econômico avaliado pelo Banco
119 Mundial em U\$ 75/ano/há (Margulis, 2003). A avicultura e suinocultura também são de grande
120 relevância na produção animal da região, sendo que o norte mato-grossense compreendeu 58% da
121 criação de suínos do estado, gerando toda uma estrutura-suporte a esta atividade, desde a produção
122 de ração para porcos até produtos veterinários.

123 Segundo Barreto (2006), o número de cabeças de gado na Amazônia subiu 130% no período entre
124 1990 e 2003, sendo os estados do Mato Grosso, Tocantins e Rondônia responsáveis por 86% desse
125 contingente. Só o MT apresentava em 2006 cerca de 26 milhões de cabeças de gado (IBGE, 2012),
126 das quais 40% encontravam-se no norte do estado, estimulando o estabelecimento de polos
127 frigoríficos e laticínios na região.

128 No Brasil, a soja representa, desde os anos 1980, um vetor de colonização notadamente
129 preponderante nos Estados da Região Centro-Oeste e hoje em dia em partes do Norte, como:
130 Rondônia, Pará e Roraima. O Mato Grosso é, hoje, o maior estado produtor do Brasil com 5,1
131 milhões de hectares semeados, em 2007, e 15,3 milhões de toneladas produzidas, o que representa
132 um quarto da produção brasileira (IBGE, 2012). Entretanto, a expansão da soja continua ocorrendo
133 sempre mais ao Norte ainda que timidamente, suplantando os territórios especialmente ao longo da
134 BR-163 que liga Cuiabá a Santarém (Dubreuil et al., 2012). Nos últimos anos observa-se uma nítida
135 curvatura das áreas abertas para a agricultura, evolução, sem dúvida, mais ligada a questão do preço

136 da soja que ao real impacto das políticas de preservação. Contudo, nota-se que as superfícies
137 dispostas para a cultura são minoritárias no processo de transformação da ocupação do solo (Morton
138 et al., 2006), a essência do desmatamento continua ligada a extensão das áreas de pastagem, questão
139 de destaque para vários autores o fato da expansão da soja ter por consequência o caminhamento
140 dos criadores de gado para locais mais ao norte da Amazônia (Fearnside, 2001).

141 Portanto, a agricultura assume um papel fundamental na compreensão dos problemas do uso da
142 terra na Amazônia. Diante de um mercado mundial de alimentos em franco crescimento, associado
143 ao aumento internacional dos preços das *commodities*, a perspectiva de ampliar as exportações
144 brasileiras de produtos agrícolas vem impulsionando cultivos em direção à floresta. A safra nacional
145 2007/2008 apresentou produção recorde, com crescimento de 7,8% em relação ao período anterior,
146 com destaque para a soja, cuja safra foi de 59, 5 milhões de toneladas (IBGE, 2009).

147 A viabilidade econômica da agricultura de exportação encontra-se no estabelecimento de uma infra-
148 estrutura de escoamento e armazenagem da produção. Durante a década 1990, o BNDES (Banco
149 Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) financiou investimentos privados em infra-
150 estrutura de armazenagem ao longo da BR-163, próximos aos grandes centros produtivos. Formas
151 tradicionais de comercialização foram substituídas por novas, tais como a aquisição antecipada de
152 insumos agrícolas em troca de parte da produção futura, estabelecendo uma relação de dependência
153 entre os produtores rurais e as grandes agroexportadoras. Nesse contexto, duas empresas ganham
154 destaque: A Bunge Brasil e a Cargill Brasil.

155

156 **8.1.1.3. Mudanças de uso da terra**

157 As florestas tropicais são responsáveis pelo equilíbrio climático em escala global, prestando
158 inúmeros serviços ambientais aos ecossistemas (Sheil e Murdiyarto, 2009; Makarieva et al. 2009;
159 2012). A partir das profundas mudanças de uso da terra observadas na região Norte, principalmente
160 a partir de meados do século XX, sua função reguladora do clima global, regional e local encontra-
161 se ameaçada. Nesse sentido, as florestas tropicais têm sido objeto de inúmeros estudos que
162 contemplam o ciclo do carbono e suas relações com o homem e a biosfera (Malhi et al. 2004;
163 Moutinho e Schwartzman, 2005, Fearnside, 1999), com destaque para o programa LBA (Programa
164 de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia), coordenado pelo MCT/INPA.

165 Na Amazônia, o desmatamento e a perda da biomassa implicam diretamente sobre a manutenção
166 dos sistemas agroprodutivos pois, expõem a superfície do solo resultando em erosão e compactação
167 da terra. Paralelamente, o desmatamento propicia a redução da água infiltrada nos solos e no
168 incremento do escoamento superficial, alterando a hidrologia local e contribuindo para o
169 assoreamento dos lagos e lagoas, além de reduzir em médio e longo prazo o volume de água de
170 nascentes e pequenos corpos d'água.

171 Simultaneamente, a supressão da cobertura vegetal afeta processos ecológicos críticos para
172 manutenção da agricultura e ecossistemas locais, tornando-os mais instáveis e reduzindo a
173 capacidade de resposta e recuperação à distúrbios ambientais (Eisenhauer e Schädler, 2010). Por
174 e.g. a ciclagem de nutrientes, cuja regulação depende do balanço entre absorção pela vegetação,
175 formação de serrapilheira e taxa de decomposição (Milton e Kaspari, 2007). O uso do fogo - forma
176 tradicional de manejo de pastagens e roçados - potencializa a sensibilidade da produção familiar e
177 dos ecossistemas locais, tanto à impactos devido a estiagem quanto à impactos devido à
178 desregulação da ciclagem de nutrientes (Bustamante et al. 2006).

179 Portanto, áreas desprovidas de cobertura vegetal apresentam valores altos do albedo, o que implica
180 em maior reflexão da energia incidente quando comparado às áreas florestadas (Marengo, 2006).
181 Logo, a baixa umidade estocada nas áreas desmatadas resulta em perdas modestas de energia na
182 forma de calor latente (evapotranspiração) e grandes na forma de calor sensível (aumento das

183 temperaturas), ao contrário das áreas florestadas, o que explica o aquecimento relevante do ar
184 próximo à superfície do solo em pastagens e campos agrícolas (incrementando a dessecação da
185 lavoura e do pasto).

186

187 **8.1.1.4. Mudanças no ciclo hidrológico**

188 Nas florestas tropicais úmidas, especialmente na Amazônia, a radiação direta é fortemente
189 absorvida pela vegetação o que mantém a umidade entre a área do solo e a copa das árvores. Por
190 conseguinte, pode-se afirmar que o bioclima das florestas tropicais é determinado pelo
191 funcionamento da comunidade vegetal. Nela, a radiação incidente é convertida em calor na folha,
192 sendo transformado em transpiração o que permite a ciclagem da água em áreas de floresta
193 contínua. Em estresse hídrico os estômatos das folhas se fecham não respondendo a fatores externos
194 prejudicando a absorção de gás carbônico (Ozanne et al., 2003; Larcher, 2000).

195 A evapotranspiração da vegetação é responsável por parte substancial das chuvas locais (Sheil e
196 Murdiyarsa, 2009; Bonan, 2008). Aguiar (2006), no âmbito do programa LBA, observou que a
197 evapotranspiração vegetal respondeu pelo destino de 75- 85% da radiação solar incidente na estação
198 chuvosa em área de floresta no sudeste amazônico, sobrando apenas 25-15% para aumentar a
199 temperatura do ar e da superfície. Estima-se que na floresta Amazônica, entre 25%-50% da
200 precipitação em uma determinada localidade provêm da própria vegetação subjacente (Eltahir,
201 1994). Durante o período de estiagem, este processo responde por parte majoritária da chuva local,
202 enquanto no período de chuvas, esta participação, apesar de significativa, é mais modesta.

203 Evidências arqueológicas sugerem que incêndios catastróficos têm ocorrido na Amazônia durante
204 grandes eventos de El Niño quatro vezes ao longo dos últimos 3.500 anos: 1.500, 1.000, 700 e 400
205 A.C (Meggers, 1994). O aumento do início de focos de incêndio, juntamente com aumento de
206 inflamabilidade florestal madeireira durante anos secos resultaram em substanciais incursões de
207 incêndios na floresta em pé, no leste e sul da Amazônia (Uhl e Buschbacher, 1985; Uhl e
208 Kauffman, 1990; Cochrane e Schulze, 1999; Cochrane et al., 1999, Nepstad et al., 1999).
209 Prognostica-se então que secas conduzirão a um aumento na combustão das clareiras na Amazônia,
210 contribuindo na emissão de fumaça e material particulado, funcionando como fontes de nutrientes
211 de origem eólica para o meio florestal (Talbot et al., 1990).

212 Caso a frequência de eventos El Niño aumente como consequência do aquecimento global
213 (Timmermann et al., 1999) as florestas libertarão suas grandes reservas de carbono para a
214 atmosfera. O futuro da acumulação de CO₂, e, conseqüentemente, o momento em que a
215 concentração atinja "perigosos" níveis, depende da contínua absorção de carbono pela biosfera
216 incluindo uma importante contribuição a partir da Floresta Amazônica. É importante salientar que
217 cada grau de alteração na temperatura em um ambiente tropical é "percebido" com maior impacto
218 por espécies tropicais, em comparação de espécies de áreas temperadas (Janzen, 1967, Bonan,
219 2008).

220

221 **8.1.1.5. O destino da Floresta Tropical Úmida**

222 As florestas tropicais, que compreendem aproximadamente metade das áreas florestais do globo são
223 objeto de intenso debate político e científico sobre mitigação das mudanças climáticas, dado o seu
224 papel como reservatório natural de carbono, assim como devido às atuais pressões antrópicas sobre
225 os ambientes florestais. Os maiores estoques de carbono nos ambientes terrestres concentram-se em
226 áreas florestais, que, por unidade de área, são capazes de comportar de 20 a 50 vezes mais carbono
227 que as formas simplificadas de cobertura do solo, como pastos e agricultura (Moutinho e
228 Schwartzman, 2005).

229 Em consequência, o desmatamento e a modificação dos habitats biodiversos das florestas tropicais
230 têm contribuído de forma significativa com o aquecimento global, além de comprometer a
231 disponibilização de serviços ambientais, ameaçar a biodiversidade e prejudicar a sobrevivência de
232 povos tradicionais que dependem diretamente da floresta (Rodrigues-Filho et al. 2008). No contexto
233 das mudanças climáticas, a floresta Amazônica é foco de preocupação, tanto pelas projeções dos
234 impactos severos sobre a região, como por sua importância para a mitigação do fenômeno, haja
235 vista ser a maior floresta tropical remanescente no mundo.

236 A floresta Amazônica é responsável por emitir anualmente centenas de milhões de toneladas de
237 carbono na atmosfera. O desmatamento abre clareiras na floresta, fazendo com que a incidência de
238 radiação solar penetre diretamente na vegetação tornando-a mais seca (Nepstad et al. 1999; 2001).
239 O aquecimento global, por sua vez, contribui com a suscetibilidade da floresta a incêndios, na
240 medida em que aumenta a intensidade de fenômenos como o *El Niño*, que provoca o aumento da
241 temperatura e episódios de seca prolongados no norte Amazônico (Marengo et al. 2008; Marengo et
242 al. 2011; Dessay et al. 2004). Incêndios florestais em anos de *El Niño* podem dobrar as emissões
243 amazônicas de carbono (Nobre, 2001). Portanto, as florestas tropicais têm sido objeto de inúmeros
244 estudos que contemplam o ciclo do carbono e suas relações com a antroposfera e a biosfera (Betts et
245 al. 2010).

246 Tendo sido identificados avanços com relação ao monitoramento e controle do desmatamento na
247 Amazônia, novos instrumentos de gestão ambiental, como os Pagamentos por Serviços Ambientais
248 (PSA), surgem como um caminho promissor para a promoção da conservação, visando a mitigação
249 e adaptação às mudanças climáticas. Valores que cubram o custo de oportunidade de não converter
250 áreas florestais em pastos ou campos agrícolas e, eventualmente, fomentem a recuperação de áreas
251 degradadas devem pautar os investimentos necessários. Micol et al. (2008), estimou entre R\$ 24 e
252 R\$ 168/ha/ano o custo da conservação em propriedades rurais no Mato Grosso.

253 Por fim, o risco de vazamento do desmatamento (expansão para áreas não contempladas pelo
254 projeto) para áreas vizinhas a projetos de conservação ainda é de difícil quantificação, explicitando
255 a cautela que se deve ter diante dos benefícios propiciados pelos REDD (Reduções de Emissões do
256 Desmatamento e da Degradação).

257

258 **8.1.2. Atributos da vulnerabilidade: sensibilidade e capacidade** 259 **adaptativa**

260 O conceito de sensibilidade vem sendo amplamente trabalhado na literatura. Füssel (2007) define
261 sensibilidade como “*o grau com que um sistema é instantaneamente afetado por uma perturbação*”
262 e a associa a fatores internos biofísicos. Já Kaperson et al. (2005) conceitua sensibilidade como o
263 grau de dano que um sistema socioecológico experencia quando sujeito a uma determinada
264 exposição.

265 Por sua vez, Turner et al. (2003) apresenta sensibilidade como uma grandeza que reflete a
266 magnitude da reação do sistema socioecológico a um fator de exposição. Segundo os autores,
267 condições humanas e ambientais do sistema definem a sensibilidade. De forma semelhante, Smit e
268 Wandel (2006) afirmam que exposição e sensibilidade “*são propriedades praticamente*
269 *inseparáveis de um sistema e são dependentes da interação entre características do sistema e de*
270 *atributos do estímulo climático*”. De acordo com eles, a sensibilidade de uma comunidade é
271 determinada pelas características da ocupação e subsistência (local do assentamento, tipo de
272 moradia, atividades produtivas, formas de uso da terra).

273 Do ponto de vista social, a demografia é um fator que influencia a sensibilidade. O crescimento da
274 população aumenta o número de pessoas expostas aos distúrbios e podem, eventualmente, criar
275 tensões sociais. A proporção de idosos e crianças, por sua vez, reflete a sensibilidade do sistema
276 vulnerável (i.e. família e comunidade) à doenças. Conflitos sociais também podem emergir da

277 disputa por recursos naturais de uso coletivo, como os recursos pesqueiros, podendo levar ao que
278 Hardin chamou de Tragédia dos Comuns (Hardin, 1968).

279 Já na perspectiva institucional, a regularização fundiária é um fator de sensibilidade chave.
280 Produtores rurais desprovidos de documentos de posse ou de propriedade da terra são mais
281 sensíveis, pois não conseguem viabilizar outros documentos, como o CAR (Cadastro Rural) e o
282 LAR (Licença Ambiental Rural). De forma semelhante, a inserção de forma competitiva no
283 mercado demanda a regularização da terra. É interessante observar que esta é uma sensibilidade
284 relativamente recente e que há algumas décadas era inexistente ou insignificante, pois em um
285 contexto desconectado dos mercados regionais e no qual o Estado era ausente ou fraco, a produção
286 e relações de troca independiam da existência de um documento que comprovasse a posse ou
287 propriedade da terra.

288 Capacidade adaptativa, por sua vez, refere-se à capacidade de reação e prevenção dos sistemas
289 socioecológicos antes, durante e após um distúrbio. Está associada à capacidade de inovação,
290 aprendizado e auto-organização do sistema. Depende da disponibilidade de opções de adaptação e
291 a capacidade de transitar entre estas opções que um sistema (e.g. comunidade, ecossistema)
292 apresenta. As diversas conceituações apresentadas na literatura estão relacionadas à diversidade
293 (e.g. genética, fenotípica, cultural, tecnológica) e a aspectos de governança (aspectos político-
294 institucionais):

295

296 “(diversidade) pode ser equiparada à manutenção de uma série de opções que são postas pelo
297 ambiente. Estas opções, associadas a possibilidade de transitar entre elas, provêm a **capacidade**
298 **adaptativa** que caracterizam os sistemas complexos adaptativos” (Norberg et al. 2008, tradução
299 dos autores)

300

301 “**Capacidade adaptativa**: refere-se à flexibilidade de um ecossistema e a habilidade de um sistema
302 social em aprender em resposta a distúrbios” (Turner et al. 2003, tradução dos autores)

303

304 “Independentemente da natureza e magnitude do impacto, a **capacidade adaptativa** é fortemente
305 moldada pela governança e por mecanismos socioeconômicos, políticos e institucionais que
306 viabilizam a resposta.” (Eakin e Lemos, 2010, tradução dos autores)

307

308 Assim, o fortalecimento de instituições e paisagens organizacionais – capital social, legislação,
309 fluxos de informação, disponibilidade de fundos, capacidade de aprendizado e conhecimento
310 acumulados – é fundamental para adaptação, reduzindo vulnerabilidades e preparando os sistemas
311 humanos para lidar com variações ambientais (Eakin e Lemos, 2010). Neste contexto, pesam a
312 favor também a existência de outros elementos característicos da boa governança, como a
313 responsabilização (*accountability*). Dietz et al. (2003) sugerem uma governança adaptativa que leve
314 em consideração os seguintes elementos: (i) aporte adequado de informações à compreensão do
315 tomador de decisão; (ii) gestão de conflitos e cumprimento de regras e normas legitimadas pelos
316 atores envolvidos na gestão dos recursos (inclusive o uso de instrumentos econômicos
317 complementares aos de comando e controle); (iii) disponibilidade de infra-estrutura física, social,
318 institucional e tecnológica; e (iv) flexibilidade institucional, associada à capacidade de aprender e
319 repensar regras e normas de acordo com as mudanças ambientais.

320 Portanto, primeiramente, cabe destacar o caráter multiescalar da capacidade adaptativa, perpassando
321 escalas que vão da local até a global, dependendo do estudo de caso. Este é um caráter que o
322 diferencia do conceito de sensibilidade (caráter interno ao sistema vulnerável) e exposição (caráter
323 externo ao sistema vulnerável).

324 O segundo ponto que merece ser destacado refere-se às nuances que diferenciam capacidade
325 adaptativa de sensibilidade, uma vez que, frequentemente, os dois conceitos se confundem.
326 Enquanto sensibilidade diz respeito às características do sistema que potencializam ou minimizam o
327 impacto causado pela exposição, a capacidade adaptativa diz respeito às características que
328 potencializam ou minimizam tais sensibilidades (Kaperson et al. 2005; Turner et al. 2003).
329 Portanto, sensibilidade refere-se a condições ambientais e humanas que aumentam a exposição ao
330 distúrbio, enquanto capacidade adaptativa refere-se à capacidade de resposta e prevenção por meio
331 de alterações ou ajustes nestas condições, processo que, quando se efetiva, é chamado adaptação.
332 Obviamente, há *feedbacks* entre ambos, e certos aspectos da sensibilidade constroem a
333 capacidade adaptativa.

334 A fragmentação dos habitats resultante do desmatamento tem consequências negativas tanto para a
335 conservação da biodiversidade regional quanto para manutenção dos processos ecológicos. Sabe-se
336 que o tamanho de fragmentos e a conectividade entre eles são aspectos fundamentais para a
337 manutenção do fluxo gênico, o qual é condição necessária para que a criatividade natural (i.e.
338 combinação gênica e combinação cromossômica) possa atuar e produzir nas populações naturais
339 variações potencialmente adaptativas a um ambiente em constante mudança (Turner, 2003).

340

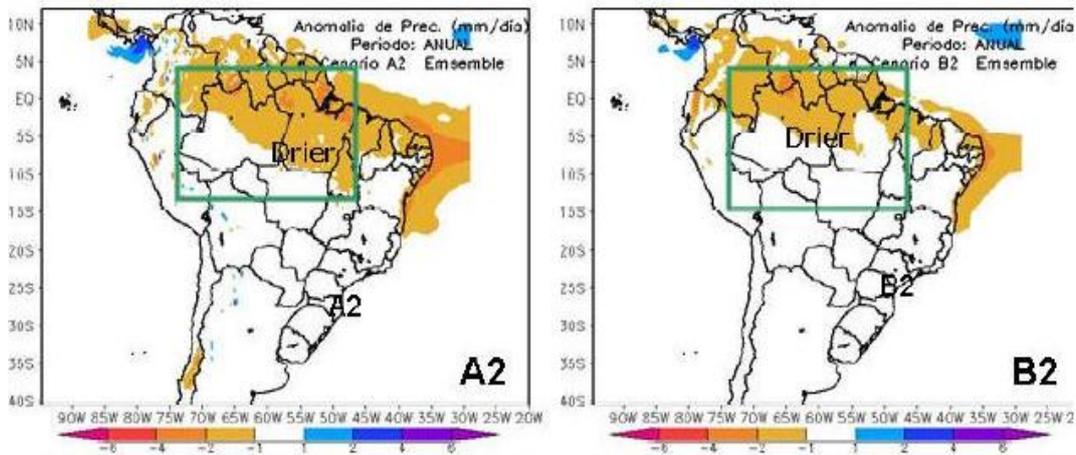
341 **8.1.2.1. Variabilidade e Cenários Climáticos**

342 A partir das profundas mudanças de uso da terra observadas na Floresta Amazônica, principalmente
343 a partir de meados do século XX, sua função reguladora do clima global, regional e local encontra-
344 se ameaçada (Davidson et al. 2012). O fator clima é determinante para o crescimento e a
345 conservação das florestas tropicais; enquanto as zonas climáticas refletem o balanço de energia
346 sobre a superfície da terra em diferentes latitudes, nas zonas equatoriais a duração do dia altera-se
347 pouco ao longo do ano, e a variação térmica maior ocorre durante o dia.

348 Deste modo, comunidades vegetais densas influenciam de maneira considerável a distribuição das
349 precipitações que atingem o solo e a quantidade de umidade relativa disponível no meio ambiente
350 (Ferreira et al. 2005; Dubreuil et al. 2012) A vegetação é fator estabilizador na circulação da
351 matéria e influencia sobremaneira os sistemas climático e hidrológico. O aporte sistemático de
352 correlação entre ventos, umidade, pressão, intensidade da luz (equador e pólos), e os estômatos das
353 folhas, criaram características ecofisiológicas bastante complexas e delicadas, especialmente no que
354 tange às interações entre a biomassa e o clima, nas quais as atividades humanas têm causado
355 distúrbios significativos (Larcher, 2000; Barreto et al., 2006; Laurence et al., 2009; Fearnside 2008;
356 Betts et al. 2008; Cox et al. 2008).

357 Nas projeções climáticas realizadas por Marengo (2007) para o período 2071-2100, a região
358 Amazônica está compreendida entre as latitudes 4,5° N e 12° S. Os vários modelos globais
359 utilizados no IPCC TAR (3° relatório IPCC, 2001) e AR4 (4° relatório IPCC, 2007) divergem sobre
360 tendências de precipitação na Amazônia. Alguns projetam redução da pluviosidade, outros apontam
361 um aumento, mas a média dos modelos indica maior possibilidade de redução nas precipitações
362 (figura 8.1.1.).

363



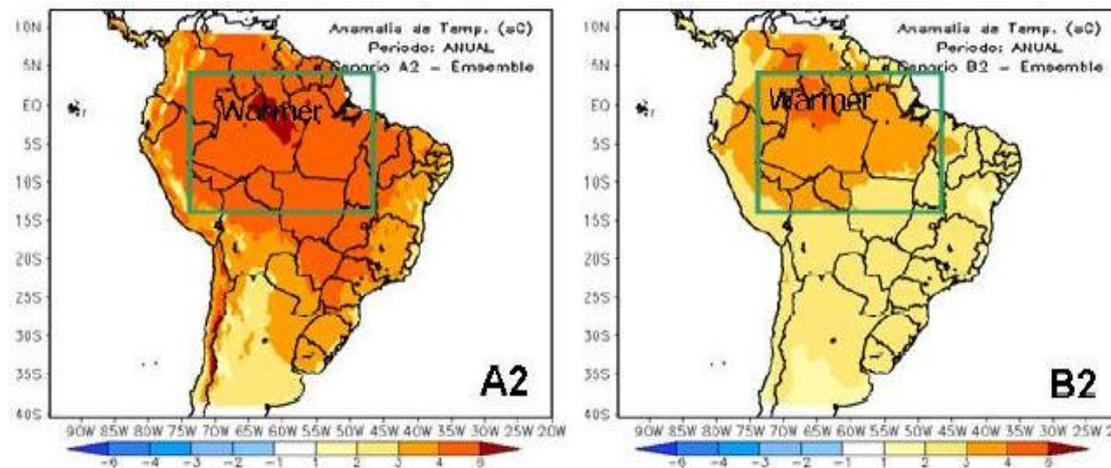
364

365 **Figura 8.1.1.** Anomalias anuais da precipitação (mm/dia) na Amazônia brasileira considerando os cenários A2
 366 (esquerda) e B2 (direita) do TAR obtido a partir da média dos três modelos regionais do Inpe (Eta/CPTEC/CPTEC,
 367 RegCM3 e HadRM3P) para o período de 2071-2100 em relação a média de 1961-1990. Observar a tendência de
 368 redução das chuvas no oeste do Pará (inserido dentro do contorno em verde). As projeções representam a media
 369 aritmética dos cenários produzidos pelos modelos regionais Eta/CPTEC/CPTEC, RegCM3 e HadRM3P (50 km de
 370 resolução). **Fonte:** Marengo, 2007.

371

372 A média (*ensemble*) dos modelos regionais do INPE apresentados por Marengo (2007),
 373 considerando o cenário A2 (pessimista) do AR4, prevê uma redução de 365mm a 730mm nas
 374 médias anuais das precipitações do oeste paraense. Resultado semelhante configura-se para o
 375 cenário B2 (figura 7). Já, quanto às temperaturas, todos os modelos projetam uma tendência de
 376 aquecimento conspícuo para o Brasil (figura 8.1.2.).

377 Observa-se que as anomalias de temperatura no Pará irão variar entre 4-5 °C (2071-2100) em
 378 relação às médias de 1961-1990, tendo como parâmetro o cenário A2 do AR4, enquanto nas
 379 condições do cenário B2 o aumento foi estimado entre 3-4°C. É certo que existem incertezas quanto
 380 à essas tendências de extremos climáticos para a Amazônia, principalmente devido à falta de dados
 381 confiáveis de longo prazo e acesso restrito a informações para regiões tão extensas (Marengo,
 382 2007).



383

384

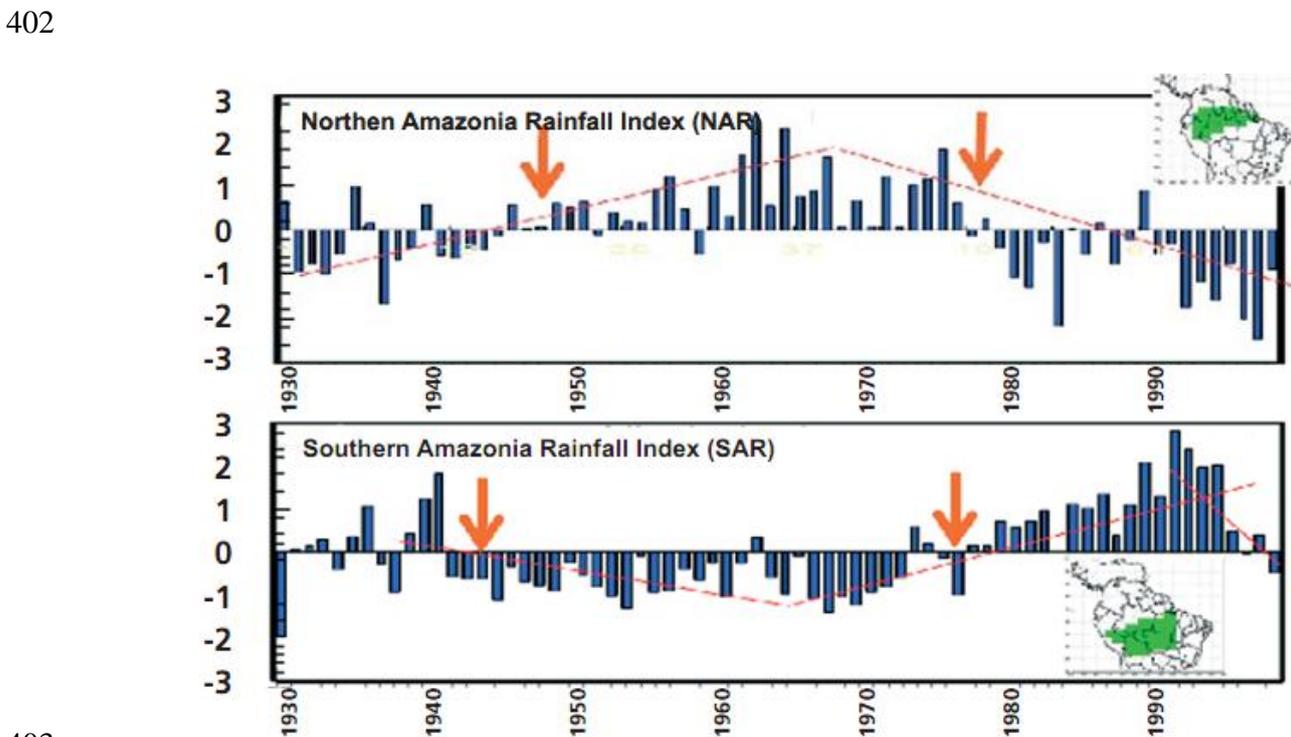
385 **Figura 8.1.2.** Anomalias anuais de temperatura (para América do Sul, período 2071-2100 em relação a 1961-90, para
 386 os cenários IPCC A2 (pessimista) e IPCC B2 (Otimista)). As projeções representam a media aritmética dos cenários

387 produzidos pelos modelos regionais Eta/CPTec/CPTec. RegCM3 e HadRM3P (50 km de resolução). Fonte: Marengo,
388 2007.

389 390 **8.1.2.2. Aspectos-chave da vulnerabilidade regional**

391 Existem fortes evidências que processos climáticos cujas variações são interanuais (e.g. El Niño e
392 La Niña) e interdecadais (e.g. Oscilação do Atlântico Norte, Oscilação Decadal do Pacífico),
393 influenciam sobremaneira a circulação atmosférica global (Goodin, 2003; Latif e Keenlyside, 2009;
394 Marengo, 2007), refletindo nas oscilações de temperatura e precipitações do continente sul-
395 americano ao longo do século XX (Marengo, 2007; Costa e Foley, 1999). Estas variações são mais
396 complicadas de serem percebidas pelo homem, pois abrangem períodos longos de tempo,
397 especialmente os ciclos decenais.

398 Ao se analisar a série histórica de precipitação dos últimos 100 anos para a Amazônia, não foram
399 observadas tendências unívocas de diminuição ou de aumento das chuvas, mas sim períodos de
400 pluviosidade mais intensa intercalados com outros mais brandos, relacionados a oscilações
401 periódicas interdecadais na dinâmica atmosfera-oceano (figura 8.1.3).



403
404 **Figura 8.1.3.** Anomalias normalizadas das chuvas para o Norte (gráfico superior) e para o Sul (gráfico inferior) da
405 Amazônia entre 1929 e 1997. As setas apontam as mudanças de fase ou *climate shifts*. Fonte: adaptado de Marengo,
406 2007.

407 O sul e o norte da Amazônia apresentaram, entre 1929 e 1997, comportamentos simétricos, porém
408 opostos no que tange a variação da pluviosidade. As décadas de 1940 e 1970 destacam-se por serem
409 períodos nos quais ocorreram mudanças de fase ou *climate shifts*. A partir de meados de 1940 o
410 norte da Amazônia apresentou uma tendência positiva nas chuvas em relação à normal, enquanto o
411 sul da Amazônia apresentou uma tendência negativa. Já no final da década de 1970 e início de 1980
412 estas tendências se inverteram (figura 6) Estas oscilações provavelmente estão relacionadas à
413 mudança nos campos de circulação atmosférica e oceânica no Pacífico Central entre 1975-1976
414 (Marengo, 2007).

415 Em escala temporal mais curta, variações na pluviometria também estão associadas às variações nas
416 temperaturas do Pacífico Tropical e do Atlântico Tropical. Entre 1903-2005, eventos extremos de
417 seca associados ao El Niño foram observados nos anos 1925-26, 1963-64, 1979-1980, 1982-1983,
418 1990-1991, 1997-98 (Marengo, 2007). Já as secas de 2005 e 2010, as quais causaram grandes
419 impactos no sul e oeste da Amazônia, foram influenciadas pelo aquecimento das águas do Atlântico
420 Tropical desde 2004, cujo incremento superou 0,5°C acima da média normalmente registrada
421 (Marengo, 2007). O aquecimento global pode intensificar esse fenômeno à medida que o oceano
422 absorve grande parte do excedente de energia armazenado na terra pelo efeito estufa.

423

424 **8.1.2.3. Vulnerabilidade da Agricultura Familiar**

425 A produção agrícola familiar é um setor altamente sensível às mudanças climáticas. Os elementos
426 que compõem os sistemas produtivos são regulados por parâmetros atmosféricos como precipitação,
427 temperatura e concentração de CO₂. Variações nesses parâmetros possuem reflexos diretos na
428 produtividade agropecuária e, conseqüentemente, no cotidiano do produtor e sua família. Contudo,
429 generalizações dos impactos das mudanças climáticas sobre a produção familiar devem ser
430 realizadas com ressalvas, uma vez que a vulnerabilidade é determinada pela interação entre
431 especificidades socioeconômicas, culturais e institucionais de âmbito local, e fatores associados às
432 variações climáticas em diferentes escalas (Morton, 2007; Eakin e Lemos, 2010; Dietz et al. 2003).

433 Apesar de seu vasto território, a região Norte abriga 9% (413.101) dos estabelecimentos
434 agropecuários brasileiros (4.367.902). No contexto regional, três estados abrangem mais de 70%
435 desses estabelecimentos: o Pará cerca de 50% (196.150), seguido pelo estado do Amazonas e
436 Tocantins, que respondem, respectivamente, por 15% (61.843) e 10% (42.899) dos
437 estabelecimentos agropecuários de agricultura familiar da região (IBGE, 2012). Apesar de reunida
438 em uma categoria para fins estatísticos, a produção familiar é heterogênea, caracterizada por um
439 mosaico de atividades, desafiando tentativas de categorização do produtor em tipologias estanques.
440 A agropecuária divide espaço com o extrativismo e caça/pesca na manutenção da subsistência e
441 renda familiar rural das populações amazônicas.

442 Quanto à vulnerabilidade climática, secas severas, como as de 2005 e 1997/98, aumentam a
443 dessecação de lagoas e reduzem os níveis dos rios, comprometendo a subsistência e isolando
444 milhares de ribeirinhos (Marengo et al. 2011). Já o aumento das concentrações atmosféricas de
445 CO₂, incremento nas temperaturas e variações nas precipitações podem afetar negativamente a
446 produtividade de gêneros agrícolas e de espécies usadas na atividade extrativista.

447 No que tange os sistemas produtivos, a proporção entre culturas temporárias e perenes na
448 agricultura, assim como a proporção entre pecuária e agricultura nos estabelecimentos e
449 comunidades ribeirinhas da Amazônia modulam (potencializam ou minimizam) os prejuízos que
450 uma estiagem mais prolongada pode causar nos orçamentos familiares e economia municipal. Outra
451 característica que influencia a sensibilidade é a dinâmica do uso da terra. A substituição da
452 cobertura vegetal por pastagens e campos agrícolas impacta diretamente o clima local, alterando o
453 balanço de energia e, conseqüentemente, influenciando o regime de ventos e o ciclo hidrológico
454 local.

455 Portanto, a avaliação da vulnerabilidade e da adaptação da produção familiar perpassa três aspectos:
456 **(1)** identificar as diferentes atividades que compõem os sistemas produtivos familiares e suas
457 interdependências com a subsistência e renda do produtor e sua família **(2)** entender como cada uma
458 das atividades produtivas poderá ser afetada nos cenários climáticos projetados **(3)** identificar os
459 aspectos socioeconômicos e institucionais que aumentam a sensibilidade às variações climáticas e
460 reduzem a capacidade adaptativa dos sistemas produtivos familiares (Lindoso et al. 2011).

461

462 Referências Bibliográficas

- 463 Aguiar, R.; C. Von Randow, N. Priante Filho, A.O.Manzi, L.J.G. Aguiar e F.L. Cardoso, 2006:
464 Fluxos de massa e energia em uma floresta tropical no sudoeste da Amazônia, *Revista*
465 *Brasileira de Meteorologia* v. 21, n. 3b, 248-257
- 466 Barreto, P.; C. Souza Jr., R. Noguerón, A. Anderson, R. Salomão, 2006: Pressão Humana Na
467 Floresta Amazônica Brasileira. Belém, PA, Brasil: IMAZON, Instituto do Homem e Meio
468 Ambiente da Amazônia
- 469 Barreto, P.; R. Pereira, E. Arima, 2008: A pecuária e o desmatamento na Amazônia na era das
470 mudanças climáticas, Imazon, Belém-PA
- 471 Betts, A., S. Dias F., 2010: Progress in understanding land-surface-atmosphere coupling from LBA
472 research. *J. Adv. Model. Earth Syst. Journal of Advances in Modeling Earth Systems*; v. 2, 20
473 pp.
- 474 Betts, R., M. Sanderson, S. Woodward, 2008: Effects of large-scale Amazon forest degradation on
475 climate and air quality through fluxes of carbon dioxide, water, energy, mineral dust and
476 isoprene. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological*
477 *sciences* 363, 1873
- 478 Bonan, G., 2008: Forests and climate change: Forcing feedbacks and the climate benefits of forests.
479 *Ecology*, n. 81, p. 425–432
- 480 Bustamante, M.; E. Medina, G. P. Asner, G. B. Nardoto, D. C. Garcia-Montiel, 2006: Nitrogen
481 cycling in tropical and temperate savannas. In: *Nitrogen cycling in the Americas: natural and*
482 *antropogenic influences and controls*, [Martinelli, L.A. e R.W. Howarth (Eds.)]. 209-237
- 483 Cochrane, M. e M. Schulze, 1999: Fire as a recurrent event in tropical forests of the eastern
484 Amazon: effects on forest structure, biomass, and species. *Biotropica*, 3, 221–227
- 485 Cochrane, M., A. Alencar, M. D. Schulze; C. M. Souza Jr., D.C. Nepstad; P. Lefebvre, E. A.
486 Davidson, 1999: Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests.
487 *Science*, 284, 1832–1835
- 488 Costa, M., e Foley, J., 1999: Trends in the hydrological cycle of the Amazon basin, *Geophys. Res.*
489 *Lett.*, 104, 14,189–14,198
- 490 Cox P., P.P. Harris, C. Huntingford, R.A. Betts, M.Collins, C.D. Jones, T.E. Jupp, J. A. Marengo e
491 C.A. Nobre 2008: Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution.
492 *Nature* 453, 212
- 493 Davidson, E.; A.C. de Araújo, P.Artaxo, J.K. Balch, I. F. Brown, M.M. C. Bustamante, M.T. Coe,
494 R.S. DeFries, M. Keller, M. Longo, J. W. Munger, W. Schroeder, B.S. Soares-Filho, C.M.
495 Souza; S.C. Wofsy, 2012: The Amazon basin in transition. *Nature* 481, 321
- 496 Dessay, N.; H. Laurent; L. A. T. Machado; Y. E. Shimabukuro; G. T. Batista; A. Diedhiou; J.
497 Ronchail, 2004: Comparative study of the 1982–1983 and 1997–1998 El Niño events over
498 different types of vegetation in South America. *Int. J. Remote Sensing*, 25, 4063
- 499 Dietz, T.; E. Ostrom, P. Stern, 2003: Struggle to Govern the Commons. *Science*, n. 302, p. 1907-
500 1912
- 501 Dubreuil, V.; D. Arvor; N. Debortoli, 2012: Monitoring The Pioneer Frontier and Agricultural
502 Intensification In Mato Grosso Using Spot Vegetation Images. *Revue Française de*
503 *Photogrammétrie et de Télédétection*, v. 200, p. 2-11
- 504 Eakin, H. e M. LEMOS, 2010: Institutions and change: the challenge of building adaptive capacity
505 in Latin America. *Global Environmental Change*, v. 20, n. 1, p. 1-210

- 506 Eltahir, E. e R.L. Bras, 1994: Precipitation recycling in Amazon Basin, Q. J. R. *Meteorological*
507 *Society*. 120, 861.
- 508 Eisenhauer, N. e M. Schädler, 2010: Inconsistent impacts of decomposer diversity on the stability of
509 aboveground and belowground ecosystem functions. *Oecologia*;165(2):403-15.
510 doi:10.1007/s00442-010-1784-0.
- 511 Fearnside, P., 1999: Biodiversity as an environmental service in Brazil's Amazonian forests: risks,
512 value and conservation. *Environmental Conservation*. 26, 305-321
- 513 Fearnside, P., 2001: Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental*
514 *Conservation* n.28, p.23-38
- 515 Fearnside P., 2008: Deforestation in Brazilian Amazonia and global warming. *Annals of Arid Zone*.
516 47, 355-374
- 517 Ferreira, S.; J. Luizão, L. Dallarosa, 2005: Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta
518 de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. *Acta*
519 *Amazônica* 35, 55
- 520 Füssel, H. M., 2007: Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change
521 research, *Global Environmental Change*, 17:155-167
- 522 Goodin, D. G., 2003: The Interdecadal timescale: Introductory Overview. In: *Climate variability*
523 *and Ecosystem response at long-term ecological research sites*, [Grenland, D.; D.G. Goodin,
524 R. Smith]. Oxford University Press, 459 p
- 525 Hardin, G., 1968: The tragedy of the commons, *Science* 162 (3859): 1243-1248
- 526 Hecht, S. , 1992: Logics of livestock and deforestation: the case of Amazonia. P. 7-25. In:
527 *Development or destruction: the conversion of tropical forests to pasture in latin America*.
528 [Dowining, T. E., S.B. Hecht, H. A. Pearson, C. Garcia-Dowing, (Ed)] Boulder, Colorado:
529 Wesrview Press
- 530 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012: Disponível em:
531 <<http://www.ibge.gov.br/sidra>>,. Acessado em 07/07/2012
- 532 Janzen, D., 1967: Why mountain passes are higher in the tropics? *American Naturalist*, 101, 233-
533 249
- 534 Kaperson, R., K. Dow et al, 2005: Vulnerable Peoples and Places. In: *Ecosystems and Human*
535 *Well-being: Currente State and trend, Assessment Ecosystem Millenium*
- 536 Larcher, W., 2000: *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos-SP: RIMA, ISBN: 85-86553-03-8
- 537 Latif, M. e N. Keenlyside, 2009: El Niño/Southern Oscillation response to global warming, *PNAS*,
538 vol. 106, nº 49: p. 20578-30583
- 539 Laurance, S.; W.F. Laurance, H. E. M. Nascimento, A. Andrade, P.M. Fearnside, E.R.G. Rebello.,
540 e R.Condit, 2009: Long-term variation in Amazon forest dynamics. *Journal of Vegetation*
541 *Science*. 20, 323-333
- 542 Lindoso, D. ; N. Debortoli, M. Bursztyn, S. Rodrigues Filho, 2011: Agricultura Familiar e
543 Mudanças Climáticas: Avaliando a Vulnerabilidade à Seca no Semiárido Nordeste In:
544 *Mudança do Clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios*, IPEA. 275-298
- 545 Malhi, Y. J. T. Roberts, R.A. Betts, T. J. Killeen, W. Li, C. A. Nobre, 2004: Climate change,
546 deforestation, and the fate of the Amazon. *Science* 319: 169-172.
- 547 Fearnside, P.M.; 2008: Are climate change impacts already affecting tropical forest biomass?
548 *Global Environmental Change* 14(4): 299-302
- 549 Makarieva, A.; V. Gorshkov, B. Li, 2009: Precipitation on land versus distance from the ocean:

- 550 Evidence for a forest pump of atmospheric moisture. *Ecological Complexity* 6, 302
- 551 Makarieva, A.; V. Gorshkov, B. Li, 2012: Revisiting Forest Impact on Atmospheric Water Vapor
552 Transport and Precipitation. *Theoretical and Applied Climatology*. doi: 10.1007/s00704-012-
553 0643-9
- 554 Marengo, J., 2007: Caracterização do Clima no Século XX e Cenários Climáticos no Brasil e na
555 América do Sul para o século XXI derivados de Modelos Globais de Clima do IPCC, INPE.
556 Disponível em: <www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas>
- 557 Marengo, J., 2006: On the Hydrological Cycle of the Amazon Basin: A historical review and
558 current. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 21, p. 1-19.
- 559 Marengo, J., 2008: The Drought of Amazonia in 2005. *Climate Journal of Climate* 21
- 560 Marengo, J., 2011: The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region.
561 *Geophysical Research Letters* 38
- 562 Margulis, S., 2003: Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira, Banco Mundial-Brasil.
- 563 Meggers, B., 1994: Archeological evidence for the impact of mega-Niño events on Amazonia
564 during the past two millennia. *Climatic Change*, 28 (1–2):321-338
- 565 Micol, L.; J. Andrade; J. Börner, 2008: Pacto pela valorização da floresta e pelo fim
566 do desmatamento na Amazônia brasileira: potencial de aplicação no estado de Mato
567 Grosso.ICV. Disponível em: <http://www.icv.org.br/publique/media/redd_icv.pdf>
- 568 Milton, Y e M. Kaspari, 2007: Bottom up and top down regulation of decomposition in a tropical
569 forest. *Oecologia* 153: 163-172.
- 570 Morton, J., 2007: The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *PNAS*,
571 v. 104, n. 50, p. 19680-19685
- 572 Morton, D., 2006: Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian
573 Amazon, *Proceedings of the National Academy of Sciences* v.103, n.39, p.14637-14641
- 574 Moutinho, P. e S. Schwartzman, 2005: Tropical Deforestation and Climate Change. Belém: IPAM –
575 Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. Environmental Defense, Washington, DC,
576 131p
- 577 Nepstad, D.; A. Alencar, A. Moreira, 1999: Flames in the Rain Forest: Origins, Impacts and
578 Alternatives to Amazonian Fires . World Bank, Brasília, Brazil
- 579 Nepstad, D, G. Carvalho; A.C. Barros; A. Alencar; J.P. Capobianco; J. Bishop; P. Moutinho, P.
580 Lefebvre, U.L. Silva Jr., E. Prins, 2001: Road paving, fire regimes feedbacks, and the future
581 of Amazon forests. *Forest Ecology and Management*, vol. 154, p. 395 – 407
- 582 Nobre, C., 2001: Mudanças Climáticas Globais: Possíveis Impactos nos Ecossistemas do País.
583 Parcerias Estratégicas. Nº 12, pp. 239 – 258
- 584 Norberg J. ; J. Wilson, B. Walker, E. Ostrom, 2008: Diversity and Resilience of Social-Ecological
585 Systems. In: *Complexity Theory for a Sustainable Future*, [Norberg, J. e G. S. Cumming
586 (eds.)]. Columbia University, 315p
- 587 Ozanne, C.; D. Anhufo; S.L. Boulter; M. Keller, R.L. Kitching, K. Christian; F.C. Meinzer, A.W.
588 Mitchell,
589 T. Nakashizuka, S.Dias, N. E. Stork, S. J. Wright, M. Yoshimura, 2003: Biodiversity meets
590 the atmosphere: a global view of forest canopies. *Science*, 301, 5630, 183-6
- 591 Rodrigues-Filho S., et al, 2008: Aspectos Geopolíticos das Mudanças Climáticas: a sustentabilidade
592 do Brasil numa economia global de baixo carbono, *Revista Plenarium*, ano IV, nº 5, Brasília,
593 Câmara dos deputados, p. 84-94

- 594 Salati, E., J. Marques, C. Molion, 1978: Origem e distribuição das chuvas na Amazônia.
595 *Interciência*, v. 3, n. 4
- 596 Sheil, D. e D. Murdiyoso, 2009: How Forests Attract Rain: An Examination of a New Hypothesis.
597 *BioScience*, n. 4, v. 59, p. 341-347
- 598 Smit, B. e J. Wandel, 2006: Adaptive capacity and vulnerability, *Global Environmental Change*,
599 16, 282-292
- 600 Talbot, R. et al, 1990: Aerosol chemistry during the wet season in Central Amazonia: the influence
601 of long-range transport. *Journal of Geophysical Research (Atmospheres)*, 95, 16955–16969
- 602 Timmermann, A., 1999: Increased El Niño frequency in a climate model forced by future
603 greenhouse warming. *Nature*, 398, 694–696
- 604 Turner B.; R.E. Kasperson; P.A. Matson, J.J. McCarthy, R.W. Corell; L. Christensen, N. Eckley; J.
605 X. Kasperson; A. Luers; M.L. Martello; C. Polsky, A. Pulsipher; e A. Schiller, 2003: A
606 framework for vulnerability analysis in sustainability science. *PNAS* 100(14):8074–8079
- 607 Uhl, C. e Kauffman J., 1990: Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in
608 the eastern Amazon. *Ecology*, 71 (2) , 437–449
- 609 Uhl, C. e Buschbacher R., 1985: A disturbing synergism between cattle-ranch burning practices and
610 selective tree harvesting in the eastern Amazon. *Biotropica*, 17(4), 265–268
- 611 Veiga, J. et al, 2004: Expansão e trajetórias da pecuária na Amazônia. Brasília: Ed. UnB
- 612

613 **8.2 Região Nordeste**

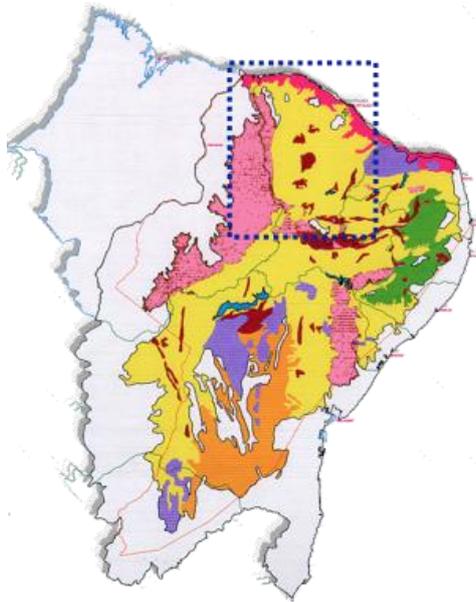
614 **8.2.1.Introdução**

615 A Região Nordeste do Brasil ocupa uma área de 1,561,177.8 km², correspondendo a 18,3% da área
616 total do país e com uma população de cerca de 47,741,711 habitantes, distribuídos em nove estados
617 (Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Piauí , Alagoas, Sergipe e Bahia).
618 Isto representa cerca de 28,9% da população do Brasil com uma densidade de 30,5 hab/km², o que é
619 considerado muito alto para as condições semiáridas, sendo que a maioria da população está
620 concentrada em áreas urbanas (60,6%). Figura 8.2.1 mostra a região semi-árida do Brasil.

621

622

623



624

625

Figura 8.2.1. Delimitação da região semiárida do Brasil (BNB, 2005).

626

627 O semiárido corresponde a 62% de toda a Região Nordeste, incluindo ainda o norte do estado de
628 Minas Gerais, o qual é localizado na Região Sudeste. Atividades agrícolas e outras são muito
629 limitadas devido a existência de solos de baixa profundidade, embasamento cristalino que pode ser
630 visto com frequência na superfície, maior evaporação e um regime de chuvas caracterizado por uma
631 alta variabilidade espaço-temporal.

632 A diversidade do Semi-Árido também pode ser reconhecida pela coexistência de áreas com culturas
633 tradicionais e estagnadas com outras áreas de intensa modernização, e práticas agrícolas voltadas
634 para terras seca com métodos modernos utilizados para culturas irrigadas destinadas à exportação.
635 A diversidade climática e de ambientes de solo mostra algumas das vantagens comparativas
636 oferecidas pela região. Dessa diversidade há uma necessidade de fazer alterações na maneira de
637 conceber e intervir nesses ambientes. Tais requisitos não podem ser considerados um problema,
638 mas sim representam um potencial, especialmente por causa das características climáticas da região
639 (disponibilidade de luz, calor e baixa umidade) e da agricultura de base familiar.

640

641 **8.2.2. Recursos Hídricos**

642 8.2.2.1. Estresse Climático

643 A disponibilidade de água numa região depende de fatores climáticos, tais como precipitação,
644 temperatura, umidade do ar, velocidade do vento e radiação solar, e também de fatores não
645 climáticos, como por exemplo, do tipo de solo da região, da formação geológica, do uso que o
646 homem faz do solo, além de possíveis interferências antrópicas que podem mudar os caminhos da
647 água na bacia, como por exemplo, quando da construção de barragens ou de estruturas de
648 transposição de bacias, que transformam, obviamente, o regime hidrológico de um rio.

649 A região Nordeste do Brasil é notadamente a região brasileira com a menor disponibilidade hídrica,
650 especialmente na região semi-árida, que representa 62% da região Nordeste. De acordo com o
651 PNRH (2006), a disponibilidade hídrica, em grande parte da região, é menor do que 4 l/s/km^2 ,
652 chegando a menos de 2 l/s/km^2 na região semi-árida, valores bastante reduzidos em comparação
653 com as outras regiões do país. Na região Nordeste estão localizadas as regiões hidrográficas
654 Atlântico Nordeste Ocidental, Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental, São Francisco, e Atlântico
655 Leste.

656 Além de possuir uma baixa disponibilidade hídrica, o clima no Nordeste brasileiro apresenta um
657 padrão do regime de chuvas caracterizado por uma forte variabilidade temporal nas escalas intra,
658 interanual e decadal, que são maiores do que as tendências de mudança no padrão de chuva
659 (Datsenko et al., 1995; Guedes et al., 2006; Marengo, 2006). Além da questão temporal, o clima no
660 Nordeste brasileiro caracteriza-se também por uma forte variabilidade espacial.

661 Os fatores que modulam o clima na região são relativamente bem conhecidos. Diversos estudos
662 mostram uma relação forte entre as condições de temperatura da superfície do mar no Oceano
663 Pacífico com o regime hidrológico do Nordeste. O fenômeno ENSO (*El-Niño Southern Oscillation*)
664 possui um papel importante no regime de chuvas e de vazão da região Nordeste (Hastenrath e
665 Heller, 1977; Kouski et al., 1984; Ropelewski e Halpert, 1987; Aceituno, 1988; Kayano et al., 1988;
666 Kiladis e Diaz, 1989; Rao e Rada, 1990; Uvo et al., 1998; Kayano e Andreoli, 2007; Guedes et al.,
667 2006). Entretanto, o Oceano Atlântico também possui um papel relevante no clima da região, como
668 demonstram os estudos de Markham e McLain (1977), Hastenrath e Heller (1977), Moura e Shukla
669 (1981), Hastenrath (1984, 2000), Wagner (1996); Andreoli e Kayano, (2007). Ver Marengo (2006)
670 para uma lista mais abrangente.

671 Essa relação entre as temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico permite que se realizem
672 previsões do total precipitado num dado período de tempo com alguns meses de antecedência
673 (Hastenrath, 1990; Hastenrath e Greischar, 1993), o que vem sendo usado já há alguns anos, e pode
674 ser visto como estratégia de adaptação às mudanças do clima.

675 A alta insolação da região, aliada à ocorrência de ventos fortes, especialmente no Nordeste
676 setentrional, proporciona uma altíssima taxa de evaporação, resultando em demandas hídricas altas
677 na agricultura, e perdas consideráveis de água para a atmosfera quando se utilizam reservatórios
678 para armazenamento, estratégia bastante difundida na região, que ajudou a reduzir a vulnerabilidade
679 da população ao longo do século XX.

680 A série histórica do total precipitado em boa parte do século XX, e início do século XXI, permite
681 mostrar de forma clara que a ocorrência de eventos extremos agudos, especialmente secas, estão
682 associados com a ocorrência do fenômeno El Niño no Oceano Pacífico (Marengo, 2006) em
683 conjunção com um padrão de águas mais frias no Atlântico Sul em relação ao Atlântico Norte,
684 padrão este representado pelo índice climático denominado Dipolo do Atlântico.

685 Fica claro, com base nas informações apresentadas acima, que os recursos hídricos da região
686 Nordeste do Brasil são bastante sensíveis à variabilidade climática e a possíveis mudanças do clima
687 no futuro. Mesmo se não ocorrer mudança no padrão de chuva sobre o Nordeste, fato ainda em
688 debate entre cientistas, o simples aumento da temperatura na região no futuro, premissa
689 praticamente aceita por todos, já seria suficiente para causar uma mudança no ciclo hidrológico da

690 região devido ao provável aumento nas taxas de evaporação de lagos e reservatórios, o que causaria
691 uma redução na oferta hídrica (Marengo, 2008). Por outro lado, o aumento nas taxas de
692 evapotranspiração, como consequência das mudanças do clima, ainda se mostra uma questão em
693 aberto, principalmente por causa do efeito do aumento do CO₂ no comportamento dos estômatos e
694 na densidade e distribuição espacial da vegetação. Diversos estudos mostram que o aumento do teor
695 de CO₂ na atmosfera resulta numa redução da abertura do estômato de diversas plantas, reduzindo
696 assim as taxas de transpiração (Eamus, 1991; Field et al, 1995, Brodrribb et al, 2009). Entretanto,
697 como em muitos casos a concentração de CO₂ é um fator limitante, um aumento na concentração de
698 CO₂ pode ter um efeito fertilizante, tendo como consequência, por exemplo, o aumento do índice de
699 área foliar ou das áreas ocupadas por vegetação, resultando num aumento da evapotranspiração.
700 Alguns estudos procuraram relacionar mudanças nas vazões com a resposta da vegetação devido
701 aumento da concentração de CO₂. Betts et al (2007), numa análise a nível continental, concluíram
702 que o aumento de 100% nos níveis de CO₂ resultaria num aumento de 6% no escoamento
703 continental, chamando a atenção para o fato de que o efeito do aumento da concentração de CO₂ na
704 vegetação pode ser relevante. Gedney et al (2006) estudaram diversas bacias hidrográficas onde se
705 observou um aumento das vazões média de longo período ao longo do século XX. Eles foram
706 capazes de relacionar esta tendência positiva com o efeito do aumento do CO₂ na redução da
707 transpiração dos vegetais. Leipprand e Gerten (2006), baseados em simulação com modelos de
708 biosfera, concluíram que para um aumento de 100% na concentração, a evapotranspiração a nível
709 mundial seria reduzida em aproximadamente 6%, uma consequência do efeito fisiológico do CO₂
710 nos vegetais. Entretanto, eles chamam a atenção para a variabilidade espacial dos resultados,
711 sugerindo, inclusive, que a evapotranspiração poderia crescer em regiões áridas, como no nordeste
712 brasileiro. Este aumento estaria vinculado ao aumento de biomassa que ocorreria nessas regiões, o
713 que poderia compensar a conservação de água dos vegetais devido ao efeito fisiológico.

714

715 **8.2.2.2.Tendências correntes e do passado**

716 As precipitações e as vazões na região Nordeste do Brasil apresentam um grau de variabilidade nas
717 escalas interanual e decadal muito mais intenso do que as tendências de redução ou aumento que
718 por ventura tenham sido identificadas nas últimas décadas (Souza Filho e Lall, 2003; Marengo e
719 Valverde, 2007; Marengo, 2006). Essa variabilidade, conforme explicado no item 0, está fortemente
720 associada com os padrões de variação da temperatura de superfície do mar dos oceanos Pacífico e
721 Atlântico.

722 Os estudos científicos que tratam sobre tendências no padrão da chuva sobre o Nordeste brasileiro
723 apresentam resultados que não são convergentes. Wagner (1996), num artigo que trata da tendência,
724 na escala decenal, dos mecanismos físicos que controlam a posição da Zona de Convergência
725 Intertropical, aponta um aumento da chuva no Nordeste brasileiro durante o período 1951-1990.
726 Hastenrath (2000), com base nos dados observados de vinte e sete estações pluviométricas,
727 apresenta a variação anual do total precipitado sobre o Nordeste nos meses de março e abril,
728 mostrando uma leve tendência de aumento, embora não seja informado o grau de significância
729 desse aumento. O autor chama a atenção para o fato de que essa tendência é pequena quando
730 comparada com a variabilidade interanual e decenal observada na região. Mais recentemente, Costa
731 dos Santos et al. (2009), num estudo restrito ao Estado do Ceará, observaram uma tendência,
732 estatisticamente significativa, de aumento do total precipitado no ano em sete das dezoito
733 localidades estudadas. Nenhuma das onze localidades restantes apresentaram tendência de redução
734 do total precipitado no ano. Entretanto, Moncunill (2006) relata, que no Estado do Ceará como um
735 todo, observa-se uma redução da chuva total anual da ordem de 6% por década no período entre
736 1961 e 2003, sendo que em poucas áreas do estado, geralmente onde a ocorrência de chuva depende
737 fortemente da topografia, não se observou uma tendência de redução. Outro estudo que aponta uma
738 tendência de redução das chuvas é aquele apresentado em Lacerda et al. (2009). Entretanto, a
739 análise temporal das chuvas é realizada numa bacia hidrográfica, de aproximadamente 17.000 km²,

740 localizada na região semi-árida do Estado de Pernambuco. Dos oito postos pluviométricos
741 analisados, todos apresentaram tendência, estatisticamente significativa, de redução do total
742 precipitado anual no período 1965-2004. Marengo e Valverde (2007), com base numa revisão
743 bibliográfica, afirmam que embora exista uma tendência de aumento pequeno de chuva no longo
744 prazo, essa tendência não é estatisticamente significativa.

745

746 8.2.2.3. Cenário de Mudanças

747 Kundzewicz et al. (2007) apresenta, com base em centenas de artigos científicos, uma visão geral da
748 relação entre a quantidade e qualidade dos recursos hídricos e os possíveis cenários de mudanças
749 climáticas. Embora a grande maioria dos estudos analisados tenha focado em bacias hidrográficas
750 da América do Norte, Europa e Austrália, as conclusões gerais sobre os possíveis impactos em
751 bacia localizadas em regiões semiáridas parecem se aplicar às bacias do nordeste brasileiro. Uma
752 das conclusões apresentadas, com alto grau de confiança, é que a disponibilidade hídrica em regiões
753 semiáridas deverá diminuir, apesar do alto grau de incerteza na estimativa dos impactos das
754 mudanças climáticas sobre as vazões de rios. Em regiões onde as vazões são dependentes
755 basicamente da chuva, espera-se que haja um aumento ainda maior da sazonalidade, com aumento
756 das vazões durante o período úmido, e um aumento do período de seca (Kundzewicz et al., 2007).

757 Mas essas conclusões devem ser vistas apenas como indicativo do que se deve esperar em bacias
758 hidrográficas localizadas no nordeste do Brasil. Não são muitos os estudos científicos sobre os
759 impactos de mudanças climáticas nos recursos hídricos na região nordeste, embora o número de
760 artigos venha aumentando nos últimos anos.

761 Um estudo de caráter global, elaborado por Milly et al. (2005), apresenta uma estimativa de
762 mudança nas vazões médias de longo período de 165 estações fluviométricas, incluindo algumas no
763 nordeste brasileiro. O estudo baseia-se em simulações de 12 modelos climáticos globais, focando
764 nas mudanças relativas entre o período 2041-2060 em relação ao período base de 1900-1970. Os
765 resultados, baseados na média aritmética dos resultados dos 12 modelos climáticos, mostram uma
766 redução de até 20% nas vazões no nordeste brasileiro, ressaltando que nem todos os modelos
767 apresentaram redução de vazão, dando uma idéia do grau de incerteza nas estimativas. Vale
768 ressaltar que um estudo realizado por Ribeiro Neto et al. (2011) para o estado de Pernambuco,
769 descrito mais à frente, chegou a resultados similares ao de Milly et al. (2005), embora o período de
770 análise tenha sido 2071-2100 em relação ao período base 1961-1990.

771 Existe um entendimento geral de que os cenários de mudanças de temperatura e precipitação
772 obtidos com modelos climáticos globais não possuem o detalhamento necessário para avaliação de
773 impactos nos recursos hídricos de uma dada região ou bacia hidrográfica. Uma das formas de se
774 obter uma visão mais detalhada destes cenários é realizar um estudo de *downscaling*. Ambrizzi et
775 al. (2007) apresentaram cenários de clima no Brasil para o século XXI com base num estudo
776 climático regional, que utilizou um modelo climático global, nesse caso o modelo HadAM3P, para
777 alimentar três modelos climáticos regionais (HadRMP3, Eta/CPTEC/CPTEC e RegCM3),
778 permitindo que se modelem os processos atmosféricos de forma mais adequada. Os três modelos
779 regionais empregados indicam para o nordeste brasileiro uma redução da precipitação durante o
780 período chuvoso (outono) para os cenários climáticos A2 e B2. A análise leva em consideração o
781 período 2071-2100 em relação ao período 1961-1990. Na escala anual, a conclusão é a mesma para
782 o cenário A2, enquanto que para o cenário B2, apenas dois modelos indicam redução. Com relação
783 à temperatura, a confiança nos resultados é ainda maior, pois os três modelos indicam aumento de
784 temperatura (2071-2100) em todas as estações do ano e para todos os cenários climáticos. Vale
785 notar que grau de variação da precipitação e da temperatura varia ao longo do território nordestino.
786 Observa-se uma faixa de variação de temperatura de +1°C a +2°C no cenário B2 e de +3°C a +6°C
787 no cenário A2. Em relação à precipitação, a discrepância entre os resultados dos três modelos é
788 maior. No cenário B2, considerando o ensemble dos três modelos, os resultados mostram uma

789 redução de -1 a -2 mm/dia na porção setentrional do nordeste e no litoral até a Bahia. No restante do
790 território não é esperada nenhuma variação significativa de chuva. No cenário A2, também
791 considerando o ensemble dos três modelos, os resultados mostram uma redução de -1 a -4 mm/dia
792 na porção setentrional do nordeste e no litoral até a Bahia, e também uma ausência de mudança no
793 restante da região.

794 Com base nas simulações obtidas com o modelo regional HadRMP3, apresentadas por Ambrizi et
795 al. (2007), Salati et al. (2008) realizaram um estudo de balanço hídrico nas doze regiões
796 hidrográficas brasileiras, e apresentaram os resultados de mudanças nas vazões médias de longo
797 período em relação ao período base 1961-1990. O estudo focou em três períodos futuros (2011-
798 2040; 2041-2070; 2071-2100). A região nordeste do Brasil contém cinco das doze regiões
799 hidrográficas brasileiras, são elas: Nordeste Ocidental, Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental, São
800 Francisco e Atlântico Leste. Os resultados para as bacias localizadas no nordeste são bastante
801 preocupantes. Por exemplo, a bacia do Rio São Francisco poderá ter uma redução de vazão em
802 torno de 60% (cenário B2-BR) já no período 2011-2040, enquanto que a região Atlântico Nordeste
803 Oriental, a mais impactada, teria sua vazão reduzida em até 90% (nos cenários A2-BR e B2-BR) no
804 período 2041-2070, chegando quase a uma vazão nula, no cenário A2-BR, no período 2071-2100. A
805 região Nordeste Ocidental seria a menos impactada, com redução de vazão da ordem de 40%
806 (cenário A2-BR) e de 50% (cenário B2-BR) no período 2071-2100. Vale informar que os autores
807 fazem uma ressalva em relação aos resultados obtidos para bacias do nordeste brasileiro, indicando
808 um nível de incerteza alto para a região, tendo em vista que as diferenças entre os valores
809 observados e simulados pelo modelo no clima presente eram relativamente altas.

810 Tanajura et al. (2010) apresentam uma análise de desempenho do modelo regional HadRMP3,
811 apresentado em Ambrizi et al. (2007), no clima presente, e avalia as mudanças de precipitação e
812 temperatura nos cenários A2 e B2 para o estado da Bahia. O estudo apresenta com mais detalhes a
813 variação espacial dessas mudanças. Os autores estimam uma redução da precipitação anual no
814 litoral do estado da ordem de 70% para os dois cenários, e uma redução na região semiárida de 20 a
815 60% no cenário A2 e de 20 a 50% no cenário B2. Em relação à temperatura, os maiores aumentos
816 foram estimados na regiões norte e noroeste do estado, aproximadamente 4,5°C no cenário B2 e
817 5,5°C no cenário A2. No litoral, o aumento esperado de temperatura é menor, da ordem de 1,5-
818 2,5°C no cenário B2 e de 2,0-3,5°C no cenário A2.

819 Com o objetivo de avaliar os resultados baseados no HadRMP3, Salati et al. (2008) realizaram o
820 mesmo estudo de balanço hídrico para oito das doze regiões hidrográficas brasileiras, porém
821 empregaram quinze modelos climáticos globais do IPCC. Dessas oito, apenas três são localizadas
822 no nordeste, são elas: Parnaíba, São Francisco e Atlântico Nordeste Ocidental. Os resultados
823 mostraram uma situação menos alarmante para as regiões hidrográficas do nordeste brasileiro,
824 embora o grau de redução da vazão média de longo período seja bastante significativa. Por
825 exemplo, enquanto os resultados baseados no modelo regional HadRMP3 indicavam uma redução
826 de quase 80% (cenário B2-BR no período 2041-2070) na vazão de média de longo período na bacia
827 do Parnaíba, os resultados obtidos com os 15 modelos globais indicam uma redução de 40%. No
828 caso da bacia do São Francisco, a redução prevista pelo HadRMP3 era de 58% (cenário B2-BR no
829 período 2041-2070), enquanto que o estudo baseado na média dos 15 modelos globais previa
830 redução de 43%. Estes resultados, além de mostrarem com clareza o grau de incertezas inerentes a
831 este tipo de análise, ilustram os riscos envolvidos em tomar decisões baseadas em resultados de
832 apenas um único modelo global.

833 Marengo et al. (2007) baseado na análise das médias de diferentes modelos de circulação global da
834 atmosfera (MCGs), regionalizados para o Brasil, conclui que o aquecimento tende-se a intensificar
835 para todas as regiões do país de forma diferenciada. Em termos de precipitação, os autores
836 identificaram que a Região Nordeste era a que apresentava uma maior confiança nas projeções do
837 clima futuro (2071-2100), em particular para o pico da estação chuvosa (março a maio). Os

838 resultados para os cenários A2 e B2 indicaram ainda chuvas mais fracas nesse período e uma
839 tendência de extensão de deficiência hídrica para todo o ano.

840 Enquanto Salati et al. (2008) e Marengo et al. (2007) realizaram um estudo de abrangência nacional
841 sobre os impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos, Gaiser et al. (2003) relatam um
842 estudo de caráter regional, que englobou bacias hidrográficas nos estados do Ceará e Piauí. Krol e
843 Bronstert (2007) apresentam os impactos na vazão e no armazenamento de água em reservatórios na
844 bacia do Rio Jaguaribe. Esse estudo baseou-se num *downscaling* estatístico dos resultados dos
845 modelos climáticos globais ECHAM-4 e HADCM2, cujas projeções de precipitação diferem entre si
846 para a região. O cenário futuro, construído com o modelo ECHAM-4, representa uma redução de
847 50% da precipitação no período 2070-2099 em relação ao período 1961-1990. Um segundo cenário,
848 construído com os resultados do modelo HADCM2, representa um aumento da precipitação em
849 torno de 21% no mesmo período. Os resultados para a bacia do Rio Jaguaribe mostram um forte
850 declínio das vazões após o ano de 2025, quando se utiliza o cenário mais seco, baseado no modelo
851 ECHAM-4. Em um cenário mais úmido, o aumento observado na vazão não foi considerado
852 estatisticamente significativo. Dentro do mesmo projeto de pesquisa, Campos et al. (2003)
853 apresentam o estudo realizado para a bacia contribuinte ao reservatório Várzea do Boi, mostrando
854 uma perda da disponibilidade hídrica da bacia.

855 Outros estudos procuraram estimar os impactos dos diversos cenários de mudanças climáticas nos
856 recursos hídricos de um dado estado da nação ou mesmo de uma bacia hidrográfica específica,
857 como será visto na sequência.

858 Medeiros (2003) apresenta um estudo de avaliação de impacto na vazão média de longo período e
859 na evapotranspiração da bacia do Rio Paraguaçu, na Bahia. O estudo utilizou dois modelos
860 climáticos globais, o UKHI, do Serviço Meteorológico da Inglaterra, e o CCCII, do Centro de
861 Clima Canadense. A análise hidrológica utilizou o modelo conceitual MODAHC. Os resultados
862 apresentados mostraram uma redução do escoamento superficial e na umidade do solo,
863 especialmente no inverno e na primavera. Entretanto, a vazão média anual se manteve a mesma
864 (cenário de duplicação da concentração de CO₂) quando se utilizou os resultados do modelo UKHI,
865 enquanto se observou uma redução de 40% quando se empregou os resultados do modelo CCCII.

866 Ribeiro Neto et al. (2011) avaliaram os impactos das mudanças climáticas na disponibilidade
867 hídrica do Estado de Pernambuco. Os autores empregaram os resultados de precipitação,
868 temperatura e umidade relativa, obtidos pelo modelo climático global HadM3P, para realizar um
869 *downscaling*, ou detalhamento, com o modelo climático regional ETA CCS. A análise do impacto
870 nos recursos hídricos foi feita através de um estudo de balanço hídrico, como no caso de Salati
871 (2008). Os autores utilizaram os cenários A2 e B2 do IPCC e estimaram as mudanças na
872 disponibilidade hídrica do período 2071-2100 em relação ao período base 1961-1990. Os resultados
873 mostram uma redução do escoamento superficial de 19% no cenário B2 e de 23% no cenário A2,
874 similar aos valores encontrados em Milly et al. (2005).

875 Mello et al. (2008) avaliaram o impacto das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica da
876 bacia hidrográfica (45.600 km²) do Rio Paraguaçu, uma sub-bacia do Rio São Francisco. O estudo
877 se baseou na alteração da vazão Q_{7,10} (vazão mínima com duração de sete dias com período de
878 retorno de 10 anos) no período de 2001-2100. Foram utilizados os resultados de *downscaling*
879 estatístico das simulações do modelo de circulação global HadCMP3 para os cenários A2 e B2. A
880 estimativa das vazões mínimas não foram obtidas com um modelo hidrológico, mas sim por meio
881 de um análise de regressão linear entre vazões e precipitações. Os resultados mostraram um
882 aumento de 31 a 131% na disponibilidade hídrica no cenário A2, enquanto que não se observou
883 nenhuma variação significativa sob o cenário B2.

884 Montenegro e Ragab (2010) realizaram um estudo, baseado em modelagem hidrológica distribuída,
885 para analisar a resposta hidrológica a mudanças do clima e de ocupação de uso do solo na bacia
886 representativa de Mimoso, com 149 km², localizada na bacia hidrográfica do Rio São Francisco. O
887 estudo analisou três períodos futuros: 2010-2039, 2040-2069, e 2070-2099, e empregou projeções

888 de precipitação baseadas nos modelos CSMK3 e HADCM3 para os cenários A2 e B1. As projeções
889 de temperatura foram baseadas em estudos anteriores, que sugerem aumentos diferenciados, que
890 dependem do período futuro analisado e da época do ano. Resultados mostram que num cenário
891 mais adverso, que os autores chamam de seco (*dry*), o escoamento poderia ser reduzido em até 34,
892 65 e 72%, para os períodos 2010-2039, 2040-2069, e 2070-2099, respectivamente.

893 Uma estratégia amplamente utilizada na região nordeste para aumentar a oferta de água, mais
894 especificamente para transportar a água no tempo, do período úmido para o período seco, foi a
895 construção de reservatórios. Como dito anteriormente, com o aumento da temperatura, é de esperar
896 um aumento na taxa de evaporação de superfícies líquidas, embora isso dependa também de outros
897 fatores, tais como, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos e insolação. Fernandes et al.
898 (2010) procuraram avaliar qual seria o impacto das mudanças do clima no reservatório Epitácio
899 Pessoa, localizado no semiárido nordestino, e que abastece a cidade de Campina Grande. Os autores
900 utilizaram os resultados de 10 modelos climáticos globais para o cenário B1 do IPCC. A análise de
901 mudança na taxa de evaporação do reservatório se limitou ao período 2011-2030, sendo as
902 mudanças calculadas em relação ao período base 1961-1990. Os valores de precipitação e
903 temperatura obtidos pelos modelos climáticos globais foram interpolados para o local do
904 reservatório por meio de uma interpolação bi-linear. Os resultados mostram uma grande dispersão
905 dos valores de mudança na evaporação do reservatório ao longo dos doze meses do ano, embora na
906 média tenha se observado um aumento da ordem de 2% na taxa de evaporação.

907 Estudo recente avaliou os impactos das mudanças climáticas no regime de vazões afluentes a cinco
908 reservatórios estratégicos, localizados nas bacias hidrográficas receptoras do Projeto de Integração
909 do São Francisco. Três destes reservatórios estão localizados na bacia do Rio Jaguaribe (Orós,
910 Castanhão e Banabuiú) e dois na bacia do Rio Piranhas-Açu (Martins, 2011). O estudo analisou os
911 cenários A2 e B1 no período 2041-2070, utilizando como clima presente o período 1971-2000. Com
912 base numa análise de desempenho dos modelos na representação do clima presente, o estudo
913 selecionou três (dentre todos os modelos do AR4) modelos climáticos globais, quais sejam: BCM2,
914 INCM3 e MIMR. Por meio de um *downscaling* estatístico, que empregou a técnica de regressão, foi
915 possível gerar séries mensais de precipitação e evapotranspiração potencial, que foram utilizadas
916 para alimentar um modelo hidrológico concentrado. Os resultados mostram uma mudança pequena
917 em termos de precipitação média anual, reduções menores do que 10% e aumentos menores do que
918 5%. Contudo, em todos os modelos, foram identificadas mudanças significativas na variabilidade
919 interanual. Os resultados indicam também um aumento entre 2 e 15% na evapotranspiração
920 potencial média, dependendo do modelo empregado. O aumento da evapotranspiração potencial
921 aliado ao aumento da variabilidade interanual da precipitação resultou em mudanças no regime de
922 escoamento superficial em todas as sub-bacias. No cenário B1, a faixa de variação das mudanças do
923 escoamento afluente aos reservatórios foram as seguintes: Banabuiu (-0.73 a -0.05), Castanhão (-
924 0.26 a +0.01), Orós (-0.21 a 0.00), Armando Ribeiro (-0.15 a +0.06) e Curemas (-0.47 a -0.14). No
925 cenário A2, Banabuiu (0.00 a +0.04), Castanhão (-0.01 a +0.02), Orós (-0.09 a +0.06), Armando
926 Ribeiro (-0.04 a +0.06) e Curemas (-0.08 a 0.00).

927

928 **8.2.3. Agricultura**

929 Diversos estudos procuraram entender como as mudanças do clima podem afetar o setor agrícola e
930 outros aspectos correlatos da economia, como por exemplo, o nível de desenvolvimento econômico,
931 o grau de investimento, os fluxos migratórios, o nível de emprego, o valor dos serviços ambientais,
932 e até mesmo a alocação de terras produtivas. Muitos desses estudos foram realizados numa escala
933 nacional, englobando muitas vezes diversos países, dentre eles o Brasil (Mendelshon et al., 2001;
934 Timmins, 2006; Lobell et al, 2008; Roson e Van Der Mensbrughe, 2010). Os estudos que trataram
935 dos impactos das mudanças climáticas na agricultura brasileira a nível regional ou estadual são mais

936 escassos (CEDEPLAR/UFMG e FIOCRUZ, 2008; Assad e Pinto, 2008; Moraes, 2010; Ferreira
937 Filho e Horridge, 2010).

938 Um estudo realizado pela EMBRAPA e pela UNICAMP, apresentado em Assad e Pinto (2008),
939 tratou de avaliar os impactos das mudanças climáticas na produção agrícola brasileira baseando-se
940 no programa de zoneamento do risco climático, que avalia o risco de diversas culturas em mais de
941 5.000 municípios no Brasil, e dá subsídios à decisão do que, onde e quando plantar. O estudo
942 procurou avaliar como o quadro atual de zoneamento seria alterado casos os cenários A2 e B2 do
943 IPCC ocorressem. Apenas as nove culturas mais representativas fizeram parte da avaliação:
944 algodão, arroz, café, cana-de-açúcar, feijão, girassol, milho, mandioca e soja. O estudo utilizou os
945 horizontes de 2010 (condição atual), 2020, 2050 e 2070. Com exceção da cana-de-açúcar e da
946 mandioca, todas as culturas apresentaram impactos negativos no Brasil como um todo, mas a região
947 Nordeste é a que deve sofrer as maiores consequências, com redução significativa da produção de
948 mandioca e milho. A redução de produção obtida pelo estudo está ligada à redução das áreas de
949 cultivo com baixo risco. Com o aumento previsto da evapotranspiração, e consequentemente
950 aumento da deficiência hídrica, o risco climático aumenta. O estudo prevê uma redução na
951 produção de algodão, arroz e feijão no Agreste e nas regiões do cerrado nordestino (sul do
952 Maranhão, sul do Piauí e oeste da Bahia). Os resultados obtidos para a mandioca são alarmantes
953 para o Nordeste, região onde a mandioca está fortemente relacionada com a segurança alimentar.
954 Estima-se que a produção de mandioca no semiárido e no Agreste se reduzirá drasticamente,
955 podendo até mesmo desaparecer do semiárido. A produção de milho também deverá enfrentar um
956 recuo forte no Agreste nordestino, o maior produtor regional nos dias de hoje. No caso da soja, o
957 estudo prevê uma redução forte na produção na região do cerrado nordestino.

958 Moraes (2010) avaliou os impactos econômicos das mudanças climáticas para a agricultura
959 brasileira considerando dois cenários: um com horizonte até 2020 e sem mudanças sociais e
960 econômicas (2020/A2) e outro até 2070 com adaptações sociais e econômicas (2070/B2). Os
961 resultados mostram que a região nordeste seria uma das mais afetadas nos dois cenários. Os
962 resultados para o cenário 2020/A2 indicam queda do PIB no nordeste da ordem de 4%, além de
963 redução de investimentos e consumo, ambos da ordem de 4%, e declínio do emprego da ordem de
964 2%. Essas reduções se devem aos impactos nas culturas agrícolas. Para o cenário 2070/B2 os
965 impactos são mais severos. Espera-se uma redução de 6% do PIB da região, 5% nos investimentos e
966 de 7% no consumo. A expectativa de redução do PIB no Piauí é de 16.4%. O grau dos impactos
967 afeta a força de trabalho que deverá diminuir.

968 Ferreira Filho e Horridge (2010) analisaram como os impactos das mudanças na agricultura
969 poderiam afetar a demanda por trabalho e o padrão de distribuição da população. Assim como
970 adotado por Moraes (2010), foram utilizados dois cenários: 2020/A2 e 2070/B2. O estudo baseou-se
971 num modelo de equilíbrio geral da economia brasileira, e os resultados apresentados abaixo se
972 referem às mudanças em relação a uma linha base, que nada mais é do que uma projeção da
973 economia no futuro baseada no clima presente. A região nordeste foi dividida em quatro grupos: (1)
974 Maranhão e Piauí, (2) Bahia, e (3) Pernambuco e Alagoas e (4) o restante dos estados da região. Os
975 resultados mostram que os estados do Maranhão e Piauí seriam os mais duramente afetados, com
976 um redução de PIB da ordem de 2.9% e um declínio de emprego de aproximadamente 0.6%,
977 enquanto que o restante dos estados enfrentariam um declínio do PIB da ordem de 1.5%, sem perda
978 significativa no índice de emprego. No cenário 2020/A2, a emigração dos estados do Maranhão e
979 Piauí deverá aumentar 8%. No restante dos estados do nordeste, a emigração também deve
980 aumentar, porém numa taxa menor. Esses valores de emigração atingem seu máximo por volta de
981 2025, e depois tendem a diminuir, já que admite-se a ocorrência do cenário B2. Entretanto, os níveis
982 de emigração ao final do período (2070) continuariam acima dos valores atuais. A exceção é o
983 estado da Bahia, cuja taxa de emigração continuaria crescendo até 2070, chegando a 4% em relação
984 à linha base de 2005.

985 CEDEPLAR e FIOCRUZ (2008) realizaram um estudo específico para o região nordeste do Brasil.
986 Este estudo procurou compreender como as mudanças climáticas podem afetar as atividades

987 produtivas da região, os fluxos migratórios, a redistribuição populacional, e finalmente o setor de
 988 saúde. Foram analisados dois cenários, A2 e B2, tendo como horizonte o ano de 2050. Os resultados
 989 mostraram uma redução do PIB, em relação à linha base (economia futura sem mudanças
 990 climáticas), de aproximadamente 11.4% no cenário A2. Entretanto, essa redução não é homogênea.
 991 Por exemplo, os estados de Pernambuco, Piauí e Ceará deverão enfrentar reduções entre 16-18%,
 992 enquanto que o estado de Sergipe teria uma redução de 3.6%. No cenário B2, as reduções são
 993 menores, mas ainda sim importantes, com vários estados enfrentando reduções do PIB da ordem de
 994 10%. Essas reduções do PIB são oriundas do desempenho da agricultura, que sentirá os efeitos da
 995 elevação temperatura. O mau desempenho da economia causará um aumento do fluxo migratório do
 996 campo para as capitais. O estudo conclui ainda que as mudanças do clima repercutirão na
 997 disponibilidade de terras para a agropecuária. Perdas importantes foram estimadas para o Ceará
 998 (79.6%), Piauí (70.1%), Paraíba (66.6%) e Pernambuco (64.9%), o que contribui de forma negativa
 999 para o desempenho econômico, e para o nível de emprego e renda.

1000

1001 8.2.3.1. Agricultura Familiar

1002 O conceito de agricultura familiar aqui considerado é aquele definido pela Lei 11.326 de 24 de
 1003 julho de 2006 que estabelece como agricultor familiar ou empreendedor familiar rural aquele que
 1004 pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos: I - não
 1005 detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais; II- utilize
 1006 predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu
 1007 estabelecimento ou empreendimento; III - tenha renda familiar predominantemente originada de
 1008 atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento; IV - dirija seu
 1009 estabelecimento ou empreendimento com sua família.

1010 A importância econômica da agricultura familiar no país está representada pela ocupação de 75% da
 1011 força de trabalho agrícola o que favorece a fixação do homem ao campo através da ocupação de
 1012 mão-de-obra rural. Dados do censo agropecuário de 2006 (IBGE, 2006) reforçam ainda que a
 1013 agricultura familiar é responsável por parte significativa da produção da cesta básica nacional.

1014 Segundo censo agropecuário de 2006 (IBGE, 2006), a região Nordeste concentra cerca de 50% dos
 1015 estabelecimentos familiares do Brasil ocupando cerca de 35% do total de áreas cultivadas em
 1016 propriedades familiares no país. Dessa forma, impactos das mudanças climáticas nas atividades
 1017 desenvolvidas em estabelecimentos familiares são significativos em aspectos econômicos e sociais
 1018 na região. Quadros 8.2.2 e 8.2.3 apresentam a importância relativa dessa atividade para a região
 1019 Nordeste, acrescentando que do total de estabelecimentos desenvolvendo atividades agropecuárias
 1020 na região Nordeste (2.454.006), cerca de 89% são estabelecimentos familiares ratificando a vocação
 1021 da região.

1022

1023 **Quadro 8.2.2:** Censo Agropecuário 2006 – Distribuição Regional de Estabelecimentos Familiares (IBEG, 2006).

Regiões	Estabelecimentos		Área	
	Qde	%	ha	%
Brasil	4,367,902	100	80,250,453	100
Nordeste	2,187,295	50	28,332,599	35
Norte	413,101	9	16,647,328	21
Centro-oeste	217,531	5	9,414,915	12
Sudeste	699,978	16	12,789,019	16
Sul	849,997	19	13,066,591	16

1024

1025

1026 **Quadro 03:** Censo Agropecuário 2006 – Distribuição Regional de Estabelecimentos Não-Familiares (IBEG, 2006).

Regiões	Estabelecimentos		Área	
	Qde	%	ha	%
Brasil	807,587	100	249,690,940	100
Nordeste	266,711	33	47,261,842	19
Norte	62,674	8	38,139,968	15
Centro-oeste	99,947	12	94,382,413	38
Sudeste	222,071	27	41,447,150	17
Sul	156,184	19	28,459,566	11

1027

1028 Estudo de Morton (2007) apresenta as diversas implicações de alterações na temperatura e em
1029 incidências prolongadas de períodos de estiagem em regiões secas para populações envolvidas em
1030 atividades de agricultura familiar ou de subsistência por seu alto grau de vulnerabilidade. Lindoso et
1031 al. (2011) analisaram a vulnerabilidade da agricultura familiar no estado do Ceará às mudanças
1032 climáticas a partir de três atributos de vulnerabilidade - sensibilidade; capacidade adaptativa e
1033 exposição – avaliados por diversos indicadores. Os autores concluíram que o nível de gravidade dos
1034 impactos das condicionantes climáticas sobre a agricultura familiar terá relação com as
1035 características e dinâmicas socioeconômicas e político-institucionais que possam agir como efeito
1036 tampão (*buffer*) resultando em níveis diferenciados de perdas e riscos, com sinalizações de que
1037 novas práticas e adaptações de práticas já existentes podem moderar riscos e danos climáticos a
1038 partir do fortalecimento e da difusão de inovações e tecnologias.

1039

1040 8.2.4. Energia

1041 Apesar da estreita relação entre as mudanças climáticas e o setor energético no que se refere à
1042 geração e consumo, o setor energético brasileiro encontra-se em posição confortável de
1043 responsabilidade por emissões somando apenas 16,48% do total nacional de emissões, segundo o
1044 inventário de emissões nacionais de 2009 (Brasil, 2010). A significativa participação de fontes
1045 renováveis de energia (48,3%) na matriz energética do país em 2010 (EPE, 2010), aliada aos
1046 investimentos no desenvolvimento do etanol como combustível e como produtor de energia pela
1047 queima do bagaço são particularidades do setor energético nacional que colocam o país na linha de
1048 frente no percurso em direção à sustentabilidade energética. Adicionalmente, projeções
1049 apresentadas no Plano Decenal de Expansão de Energia (EPE, 2010) sinalizam que em 2019 as
1050 fontes hidráulicas, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), biomassa, eólica e nuclear - todas fontes
1051 não emissoras – totalizarão 84,7% do total das fontes de geração de energia elétrica no país. A
1052 região Nordeste participa desse cenário positivo com contribuições de fontes hidráulicas, de
1053 biomassa e eólica como fontes de geração de energia elétrica não emissoras.

1054 O setor energético arcará com impactos devido a mudanças climáticas tanto no lado da oferta
1055 (produção de energia) como da demanda (consumo de energia). A energia hidroelétrica, de
1056 biomassa e eólica apresentam-se como os componentes mais relevantes da matriz energética da
1057 região Nordeste com reconhecida interface com cenários de mudanças climáticas. Em geral, a
1058 alteração no nível e na variabilidade de vazões naturais decorrentes de mudanças climáticas são os
1059 elementos indutores dos impactos na geração de energia, que podem ser avaliados considerando a
1060 geração de energia firme e a geração média de energia. Enquanto que alterações em temperatura e
1061 em número de dias secos têm impacto direto no consumo de energia direcionada para ar-
1062 condicionado em residência e em empreendimentos comerciais.

1063 O setor hidroelétrico regional tem sua base em três bacias hidrográficas estratégicas da região
1064 Nordeste, as bacias Parnaíba, do São Francisco e Atlântico Leste. Os impactos das mudanças
1065 climáticas no setor hidroelétrico da região Nordeste estão relacionados com a vulnerabilidade da
1066 disponibilidade hídrica apresentada pela região. Em estudo realizado para avaliação do impacto de
1067 mudanças climáticas no setor hidroelétrico nacional utilizando cenários de emissão A2 e B2 do

1068 Relatório de Cenários de Emissões do IPCC (IPCC, 2000), Lucena et al (2010a) identificou
1069 significantes projeções de impactos tanto na média de geração de energia hidrelétrica quanto na
1070 geração de energia firme em bacias hidrográficas estratégicas da região Nordeste, destacando-se dos
1071 resultados para as demais bacias nacionais. O Quadro 8.2.4 mostra um resumo dos impactos
1072 identificados por Lucena et al. (2010a).

1073

1074 **Quadro 8.2.4:** Impactos na geração de energia hidroelétrica nas bacias hidrográficas da região Nordeste apontados por
1075 LUCENA et al. (2010a).

Bacias/Cenários	Energia Firme		Geração Média	
	A2	B2	A2	B2
São Francisco	-69%	-77%	-45%	-52%
Atlântico Leste	-82%	-82%	-80%	-80%
Parnaíba	-83%	-88%	-83%	-82%

1076

1077 Investimentos em produção de energia eólica tem encontrado argumentos na potencialidade natural
1078 da região Nordeste para essa modalidade de energia renovável, bem como na possibilidade de
1079 complementariedade da matriz energética do país fortemente fundamentada no fornecimento de
1080 energia hidroelétrica, que por sua vez caracteriza-se pela vulnerabilidade a flutuações climáticas. O
1081 uso de energia eólica, notadamente na costa do estado do Ceará, poderá otimizar o sistema de
1082 energia regional complementando os sistemas de Sobradinho, Itaparaica, Paulo Afonso I, II, III e IV
1083 (Bittencourt et al., 1999). Confirmando essa tendência, o Balanço Energético Nacional 2011 - ano
1084 base 2010 – (EPE, 2011) apontou um crescimento de 75,8% na produção de eletricidade a partir da
1085 fonte eólica no país alcançando 2.176,6 GWh em 2010. Segundo o Banco de Informações da
1086 Geração (BIG) da ANEEL, o crescimento desse parque eólico contou com a participação
1087 significativa de quatro novos parques eólicos na região Nordeste, sendo três no Ceará (Volta do
1088 Rio-42MW, BonsVentos- 50MW e Canoa Quebrada-57MW) e um no Rio Grande do Norte
1089 (Alegria I-51MW).

1090 Estudo de Lucena et al. (2010b) baseado em cenários A2 e B2 do IPCC identificou que as
1091 velocidades médias dos ventos nas regiões costeiras do Brasil e em especial do Nordeste do Brasil
1092 iria aumentar consideravelmente. Segundo os autores, com o aumento da velocidade dos ventos em
1093 regiões costeiras, a instalação de usinas de energia eólica *off-shore* apesar de apresentar custos
1094 maiores de transporte, instalação e manutenção quando comparadas a instalações *on-shore*, torna-
1095 se uma possibilidade bastante atrativa de investimento principalmente quando consideradas as
1096 restrições ambientais e os conflitos de uso do solo presentes nos projetos de instalações *on-shore*.
1097 Tal fato, aliado à proximidade de grande centros consumidores tem influência positiva para o setor
1098 de energia eólica tornando-o bastante atrativo para composição da matriz energética da região. O
1099 estudo conclui que as mudanças climáticas não representam ameaça para o desenvolvimento do
1100 setor de energia eólica, em especial para o Nordeste do país.

1101 A produção de energia originada de biomassa (bio-combustíveis líquidos), do qual o etanol é carro-
1102 chefe, ocupa posição importante na economia da região Nordeste. Segundo o Ministério da
1103 Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) a produção de cana-de-açúcar alcançou em 2010
1104 627,3 milhões de toneladas, a serem distribuídas para produção de açúcar e etanol. Ressalta-se
1105 ainda um enorme potencial de expansão dessa produção, dado que as áreas cultiváveis com cana-
1106 de-açúcar no Brasil com potencial Alto e Médio segundo o zonamento agroecológico (Manzatto et
1107 al. 2009) somam 60.750 mil ha, sendo mais de 4.312 mil ha na região Nordeste (7%).

1108 Estudos realizados por Schaeffer et al (2008) destacam que caso todo o cultivo de cana-de-açúcar
1109 fosse destinado à produção do etanol (não fosse destinada grande parte para a produção de açúcar) o
1110 país poderia produzir cerca de 14 vezes mais a quantidade atual de etanol produzida. O mesmo
1111 estudo indica que embora a cultura da cana-de-açúcar seja fortemente influenciada por fatores

1112 climáticos, os cenários sinalizam que as principais regiões produtoras do país continuarão dentro
1113 dos limites de temperatura indicados para o cultivo da cana. Dessa forma, não há indícios de riscos
1114 para a produção de etanol em geral.

1115 Os impactos das mudanças climáticas globais na produção de biocombustíveis na região Nordeste
1116 estão atrelados aos impactos na agricultura e ao estresse hídrico esperado para essa região. Culturas
1117 produtoras de biocombustíveis seriam forçadas a um redirecionamento de centros produtores para
1118 outras regiões do país. É o caso da mamona e a soja, que podem tornar-se inviáveis em decorrência
1119 da elevação de temperatura e da frequência de períodos de seca (Schaeffer et al 2008). Tal fato pode
1120 representar uma restrição à expansão do setor de biocombustíveis (especialmente o biodiesel) na
1121 região Nordeste.

1122

1123 **8.2.5. Recursos Costeiros**

1124 A elevação do nível do mar é um dos impactos das mudanças de clima, mas os efeitos dessa elevação
1125 na zona costeira depende da declividade da antepraia e plataforma continental interna da região de
1126 estudo. No caso da Região Nordeste, a declividade da antepraia e plataforma continental interna é
1127 muito baixa, o que resulta em amplos recuos da linha de costa na região Nordeste (Muehe, 2001 e
1128 2003).

1129 Neves e Muehe (2008) fazem considerações sobre os agentes físicos que atuam na zona costeira,
1130 seus impactos decorrentes e escalas espaço-temporais de atuação. Os autores fazem uma avaliação
1131 das vulnerabilidades da zona costeira, citando e/ou ilustrando exemplos do litoral do Ceará, Rio
1132 Grande do Norte, Paraíba e Alagoas. Diante da elevação do nível do mar, os autores ressaltam
1133 novamente os amplos recuos da linha de costa da região Nordeste, novamente de acordo com
1134 Muehe (2001 e 2003). Os autores elencam ainda um conjunto de medidas mitigadoras dentro do
1135 contexto de mudanças do clima, agrupadas em três categorias: recuo, acomodação e proteção.

1136 CGEE (2007) discute brevemente aspectos gerais relativos aos impactos das mudanças climáticas
1137 nas zonas costeiras, seja pela elevação da temperatura superficial do mar, seja pela elevação do
1138 nível médio do mar. O mesmo estudo relaciona mudanças ligadas à elevação da temperatura
1139 superficial do mar, entre essas: alteração da dinâmica sedimentar (erosão e assoreamento da zona
1140 costeira), aumento da vulnerabilidade das estruturas e operações *offshore*, aumento da
1141 vulnerabilidade do transporte marítimo, de obras e estruturas costeiras, mudanças no regime
1142 hidrológico (em particular nos extremos: secas e cheias) e aumento da vulnerabilidade de
1143 ecossistemas sensíveis a pequenas variações de temperatura (recifes de coral). No que está ligado à
1144 elevação do nível médio do mar o estudo relaciona: perda do espaço territorial costeiro por
1145 inundação permanente, perda de habitats costeiros (manguezais), salinização do lençol freático em
1146 áreas costeiras e o decorrente problema de abastecimento de água potável em algumas cidades,
1147 problemas de captação e no escoamento de efluentes urbanos. O referido trabalho resalta ainda o
1148 papel do mar como fonte de energia limpa, contribuindo assim para a redução da emissão de gases
1149 estufa. As considerações são gerais e se aplicam a qualquer região litorânea.

1150 Tanto CGEE (2007), como Neves e Muehe (2008), não podem ser tratados como trabalhos
1151 científicos em sua essência, mas sim de natureza reflexiva do comportamento futuro do sistema
1152 física diante as projeções de mudanças de clima relatadas em vários estudos.

1153

1154 **8.2.6. Saúde**

1155 A Fiocruz realizou em 2005 um estudo para avaliar os impactos do clima na saúde no país no
1156 período de 1996 a 2001 (Confalonieri et al., 2005a, 2007) através da construção de um indicador de
1157 vulnerabilidade utilizando modelo conceitual empregado em um trabalho anterior (Confalonieri et

1158 al., 2005b). A construção de tal indicador baseou-se em três componentes principais, sendo estas
1159 uma componente socioeconômica, uma componente epidemiológica e uma componente climática.
1160 A cada componente foi obtido um índice variando entre 0 e 1 a partir da média aritmética de
1161 indicadores padronizados que integram cada componente. Em seguida, a partir da atribuição de
1162 pesos para cada componente, obteve-se o Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG), também variando
1163 entre 0 e 1, sendo uma situação mais vulnerável indicada por valores mais próximos de 1. Os
1164 estados da Região Nordeste receberam os maiores valores de IVG (>0,3).

1165 Confalonieri (2008) argumentou que a Região Nordeste deve ser prioritária no contexto brasileiro
1166 para avaliação mais cuidadosa das vulnerabilidades setoriais do clima, em especial com relação à
1167 saúde. Isto deve-se aos seguintes motivos: 1. a região é mais vulnerável; 2. os cenários indicarem
1168 uma redução de clima para a região (Marengo et al., 2007); 3. a região, juntamente com a região
1169 Norte, cujo clima mais deverá se modificar (Baettig et al., 2007); e 4. a região tem um clima
1170 predominantemente semiárido com uma população caracterizada por baixos indicadores sociais. O
1171 autor analisa os possíveis impactos das mudanças de clima na saúde pública, sejam como resultado
1172 dos efeitos físicos ou socioambientais. Entre os efeitos físicos resultantes dos impactos diretos da
1173 temperatura citam-se a desidratação e internação, e entre aqueles resultantes da baixa umidade têm-
1174 se os distúrbios respiratórios. No que concerne aos efeitos socioambientais, esses estão ligados à
1175 escassez hídrica diretamente (doenças diarreicas, desnutrição), ou indiretamente pelas migrações
1176 dessa decorrente (redistribuição espacial das doenças crônicas e infecciosas, aumento da demanda
1177 dos serviços de saúde, etc). O mesmo autor mostra registro de aumentos epidêmicos de
1178 leishmaniose visceral (calazar) em São Luis e Teresina nos inícios da década de 80 e 90, períodos
1179 em que a região foi atingida por secas prolongadas. As migrações da zona rural para a urbana
1180 desencadearam a instalação de ciclos peri-urbanos de transmissão da doença segundo o mesmo
1181 autor. Confalonieri (2008) finaliza o seu trabalho discutindo brevemente estratégias de adaptação
1182 pas as várias regiões do país.\

1183 Aliado aos impactos já relacionados acima relacionados às mudanças do clima, a mudança no perfil
1184 da população resultante do aumento considerável de idosos, passando de 6% para 19% da
1185 população, resultará em um aumento da frequência de doenças crônico-degenerativas conforme
1186 CEDEPLAR/UFMG e FIOCRUZ (2008). Diante da possibilidade de aumento das doenças, sejam
1187 pelas mudanças do clima, sejam pela mudança do perfil populacional, CEDEPLAR/UFMG e
1188 FIOCRUZ (2008) construiu um índice para permitir avaliar a capacidade de cada estado em lidar
1189 com os impactos da mudança de clima na saúde. Esse índice, chamado índice de vulnerabilidade da
1190 saúde (IVS), é um número entre 0 e 1, sendo mais vulnerável quando mais próximo de 1. O IVS foi
1191 calculado de 06 endemias (doença de chagas, dengue, leishmaniose tegumentar, leishmaniose
1192 visceral, leptospirose esquistossomose) e de 02 problemas ligados à saúde infantil (mortalidade por
1193 diarreia, desnutrição) para cada um dos estados do Nordeste. O estudo mostra que, de acordo com
1194 as projeções, o Ceará é o estado mais vulnerável à dengue, enquanto a Bahia é o mais vulnerável à
1195 esquistossomose. Por outro lado, o estado do Maranhão terá menor capacidade de lidar com as duas
1196 formas de leishmanioses. O mesmo estudo mostra ainda que a vulnerabilidade à leptospirose é mais
1197 elevada nos estados do Ceará e Pernambuco, enquanto Sergipe é mais vulnerável à doença de
1198 chagas. Com relação aos problemas de saúde infantil, os estados do Maranhão, Alagoas e Sergipe
1199 são os mais vulneráveis quanto à diarreia, e relativamente à desnutrição infantil o Maranhão é mais
1200 vulnerável.

1201 Avaliando-se os problemas de saúde acima de forma conjunta, o estudo identificou os estados do
1202 Maranhão, Bahia, Paraíba e Ceará como os estados que terão mais dificuldades de lidar com os
1203 efeitos das mudanças de clima sobre a saúde.

1204

1205 **8.2.6.Desertificação**

1206 Por desertificação entende-se a degradação das terras nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas
1207 secas, resultantes de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas. A
1208 Convenção de Combate à Desertificação das Nações Unidas (UNCCD) utiliza o Índice de Aridez,
1209 ou seja, a razão entre a precipitação (P) e a evapotranspiração potencial (ETp) para estabelecer a
1210 diferenciação do clima enquanto forçante ao processo de desertificação. Assim, as “zonas áridas,
1211 semi-áridas e subúmidas secas” referem-se a áreas onde a razão entre a precipitação média anual e a
1212 evapotranspiração varia de 0,05 a 0,65. Neste contexto, poucos estudos foram encontrados a cerca
1213 dos impactos das mudanças do clima enquanto forçante ao processo de desertificação. Martins et al.
1214 (2012) avalia a mudança do índice de aridez para vários cenários futuros (A1, B2, A1B) durante o
1215 período 2041-2070 utilizando vários modelos climáticos globais. A evapotranspiração potencial foi
1216 estimada a partir de Hargreaves, método que utiliza informações de temperaturas média, mínima e
1217 máxima. Mesmo com a incerteza na precipitação, os autores identificaram uma tendência de
1218 aumento da forçante climática ao processo de desertificação.

1219

1220 **8.2.7.Considerações Finais**

1221 Condições socio-econômicas e climáticas peculiares da região Nordeste reforçam a urgência da
1222 construção e análise de cenários de mudanças climáticas para a região e revelam sua fragilidade
1223 diante das medidas de adaptação necessárias. Por apresentar uma extensa área semi-árida com
1224 conseqüências sócio-econômicas historicamente desafiadoras, a maioria dos estudos de avaliação
1225 dos impactos das mudanças climáticas na região Nordeste tem focado na futura disponibilidade
1226 hídrica na região. Embora já exista um certo conhecimento dos processos que modelam o clima no
1227 Nordeste, ainda buscam-se consensos e reduções de incertezas na construção de cenários de
1228 mudanças climáticas no que se refere a níveis e variações de temperatura, evapotranspiração,
1229 precipitação e vazões naturais.

1230 O planejamento e a gestão dos recursos hídricos da região baseados fortemente na construção e
1231 operação de reservatórios de acumulação e na transposição de bacias apresentam-se bastante
1232 sensíveis aos cenários de mudanças climáticas, uma vez que aumentos nos níveis de temperatura e
1233 conseqüentes taxas de evaporação já são aceitos entre os cientistas. Espera-se também com relativo
1234 consenso, uma acentuação de eventos extremos tanto no período seco, como no úmido.

1235 De uma maneira geral, estudos sinalizam para severos impactos de mudanças climáticas no setor
1236 agrícola notadamente para as culturas da mandioca, algodão, soja, arroz, milho e feijão. A
1237 intensidade dos impactos das mudanças climáticas na agricultura familiar da região Nordeste é
1238 moderada pelos arranjos sócio-econômicos e político-institucionais presentes na região favorecendo
1239 a adaptação com novas práticas . No entanto, a abrangência dessa atividade econômica na região é
1240 um sinalizador importante da necessidade de programas e políticas de adaptação que preservem e
1241 fortaleçam a agricultura familiar.

1242 No setor energético, a participação da região Nordeste está centrada nas fontes hidráulicas, de
1243 biomassa e eólica. A geração de energia de biomassa e eólica não seria comprometida pelas
1244 mudanças climáticas, a priori. Estudos apontam para aumento das velocidades dos ventos em
1245 regiões costeiras, favorecendo a instalação de usinas de energia eólica *off-shore*, ampliando a
1246 capacidade da região. A produção de etanol, carro-chefe da produção de energia originada de
1247 biomassa também não seria afetado significativamente pelas mudanças climáticas uma vez que as
1248 variações do nível de temperatura projetadas estão dentro do intervalo de variação tolerado pela
1249 cultura da cana-de-açúcar. O maior impacto ocorrerá na geração de energia hidroelétrica,
1250 dependente de níveis e variações de vazões naturais aos grandes reservatórios, bem como
1251 influenciada por níveis elevados de evaporação.

1252 Em ambientes costeiros, estudos preliminares de caráter reflexivo sinalizam impactos que devem
1253 ser analisados dentro da complexidade do comportamento marinho a fim de identificar sua relação
1254 com diversas atividades antrópicas e com a estabilidade dos ecossistemas costeiros.

1255 No setor de saúde, um índice de vulnerabilidade geral (IVG) inclui componentes sócio-econômica,
1256 epidemiológica e climática. Numa avaliação nacional desse indicador, os estados da região
1257 Nordeste apresentaram maiores valores de IVG. Estudos ratificam a relação existente entre a
1258 severidade dos impactos das mudanças climáticas na saúde com indicadores sócio-econômicos da
1259 região Nordeste. O reflexo é evidente nos altos índices desidratação, nos números de internações,
1260 nos índices de distúrbios respiratórios, de desnutrição e de redistribuição espacial de doenças
1261 infecciosas devido a costumeiros eventos de migração.

1262 No que se refere ao processo de desertificação caracterizado pela degradação de terras em zonas
1263 áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, a região Nordeste tem apresentado cenário preocupante
1264 devido a extensas áreas que já se encontram em processo de desertificação. Apesar da tendência de
1265 aumento da forçante climática no processo de desertificação registrado em estudos, observa-se
1266 ainda a incipiência de estudos diretamente focados na análise da relação das mudanças climáticas
1267 com o processo de desertificação.

1268

1269 Referências Bibliográficas

1270 Andreoli, R.V.; M.T. Kayano, 2007: A Importância Relativa do Atlântico Tropical Sul e
1271 Pacífico Leste na Variabilidade de Precipitação do Nordeste do Brasil, *Revista Brasileira de*
1272 *Meteorologia*, 22, 63-74.

1273 Ambrizzi, T., R.P. Rocha, J.A. Marengo, I. Pisnitchenko, L.M. Alves, J.P.R. Fernandez,
1274 2007: Cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o século XXI: projeções de
1275 clima usando três modelos regionais: Relatório 3. Brasília: MMA, 2007. 108 p.

1276 Aceituno, P., 1988: On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American
1277 Sector. Part I: Surface Climate. *Monthly Weather Review*, 116.

1278 Assad, E.D.; H.S. Pinto, (Coords.), 2008: Aquecimento Global e a Nova Geografia da
1279 Produção Agrícola no Brasil, EMBRAPA/UNICAMP.

1280 Baettig, M.; M. Wild; D. M. Imboden; 2007: "A climate change index: where climate
1281 change may be most prominent in the 21st century". *Geophysical Research Letters*. n. 34.

1282 Betts, R.A.; O. Boucher; M. Collins; P. M. Cox; P. D. Fallon; N. Gedney; D.L. Hemming; C.
1283 Huntingford; C.D. Jones; D.M. Sexton; M.J. Webb, 2007: Projected Increase in Continental Runoff
1284 due to Plant Response to Increasing Carbon Dioxide, *Nature*, Vol. 448|30, doi:10.1038/nature06045

1285 Bittencourt, R.M., N. Rocha, D. Schultz, M. Sugai, O. Amarante, 1999 : Estabilização
1286 Sazonal da Oferta de Energia através da complementariedade entre os regimes hidrológico e eólico.
1287 In: *Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica-SNPTEE*, 1999, Foz do
1288 Iguaçu.

1289 Banco Do Nordeste Do Brasil, 2005: Proposta de dimensionamento do semi-árido brasileiro,
1290 Banco do Nordeste do Brasil e Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2005,
1291 Fortaleza, 108 p.

1292 BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), 2010: Inventário brasileiro das
1293 emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Brasília, 2010.

1294 Brodribb, T.J.; S.A.M. McAdam; G.J. Jordan; T.S. Feild, 2009: Evolution of Stomatal
1295 Responsiveness to CO₂ and Optimization of Water-Use Efficiency Among Plants, *New Phytologist*,
1296 183, 839-847, doi:10.1111/j.1469-8137.2009.02844.x.

- 1297 Campos, J.N.B; T.M.C Studart; T.C. Chagas: 2003: "Vulnerabilidade no Rendimento de
1298 Reservatórios em mudanças climáticas" In: *Global change and regional impacts: water availability*
1299 *and vulnerability of ecosystems and society*. [Gaiser, T; M. Krol; H. Frischkorn; J.C. Araújo.
1300 (Org.)]. Berlin: Springer Verlag, 2003.
- 1301 CEDEPLAR/UFGM e FIOCRUZ, 2008: "Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde:
1302 Cenários para o Nordeste Brasileiro, 2000- 2050", Belo Horizonte, 47 p.
- 1303 CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2007: *Mar e Ambiente Costeiros*, Brasília,
1304 DF, 323p.
- 1305 Confalonieri, U. E. C., 2005a : "Variabilidade Climática, vulnerabilidade social e saúde no
1306 Brasil". *Terra Livre*, São Paulo, v.19-I, n. 20, p. 193-204.
- 1307 Confalonieri, U. E. C., 2005b: "Mudanças climáticas e saúde humana". In: *Mudança do*
1308 *Clima, Brasília*: [s.n.]. [Poppe, M. K.; La Rovere, E. L. (Coord.)] , p. 166-171(Cadernos NAE, n.
1309 3).
- 1310 Confalonieri, U. E. C., 2007: "Mudança climática global e saúde: perspectivas para o Rio de
1311 Janeiro". Rio de Janeiro, Instituto Pereira Passos, 19 p.
- 1312 Confalonieri, U. E. C. , 2008: " Mudança climática global e saúde humana no Brasil". In:
1313 *Parcerias Estratégicas / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - Mudanças do clima no Brasil:*
1314 *vulnerabilidade, impactos e adaptação*, n. 27, p. 323-349.
- 1315 Costa dos Santos C. A., J. I. Barbosa de Brito, T. V. Ramana Rao, H. E. Alencar Menezes,
1316 2009: Tendências dos Índices de Precipitação no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de*
1317 *Meteorologia* v.24, n.1, 39-47.
- 1318 Datsenko, N.M; J.M.B. Alves; C.A. Repell, 1995: "Variações Pluviométricas no Nordeste
1319 Brasileiro: Comparações com Mudanças Climáticas Globais", *Revista Brasileira de Meteorologia*,
1320 IO(112): 42-47.
- 1321 Eamus, D., 1991: The INteraction of Rising CO₂ and Temperature with Water Use Efficiency,
1322 *Plant, Cell and Environment*, 14, 843-852.
- 1323 EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2010: Plano Decenal de Expansão de Energia: PDE
1324 2019. Rio de Janeiro, 2010.
- 1325 EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2011: Balanço Energético Nacional 2011 – ano base
1326 2010. Rio de Janeiro: EPE, 2011.
- 1327 Fernandes, R.O.; R.L.B. Nóbrega; C.O.Galvão, 2010: "Impacto das Mudanças Climáticas
1328 Globais na Evaporação em um Reservatório no Semi-Árido ". IX Simpósio de Recursos Hídricos do
1329 Nordeste.
- 1330 Field, C.B.; R.B. Jackson; H.A. Mooney, 1995: Stomatal Response to Increased CO₂:
1331 Implications from the Plant to the Global Scale, *Plant, Cell and Environment*, 18, 1214-1225.
- 1332 Ferreira Filho, J.B. e M. Horridge, 2010: Climate Change Impacts on Agriculture and Internal
1333 Migration in Brazil, In: 48^o Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e
1334 Sociologia Rural, Campo Grande, 25 a 28 de julho, 2010.
- 1335 Gaiser, T.; M. Krol; H. Frischkorn; J.C. Araújo, (Org.), 2003: *Global change and regional*
1336 *impacts: water availability and vulnerability of ecosystems and society*. Berlin: Springer Verlag.
- 1337 Gedney, N.; P.M. Cox; R.A. Betts; O. Boucher; C. Huntingford; P.A. Stott, 2006: Detection
1338 of a Direct Carbon Dioxide Effect in Continental River Runoff Records, *Nature*, Vol. 439|16,
1339 doi:10.1038/nature04504.

- 1340 Guedes, R.G; M.D. Oyama; R.V. Andreoli; M.T. Kayano; M.A.S. Alves , 2006: "Modulação
1341 do Ciclo Anual de Variáveis de Superfície em São Luís (Maranhão) por Oscilações de Baixa
1342 Frequência". *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, n.2, 245-255.
- 1343 Hastenrath, S., 1984: Interannual Variability and Annual Cycle: Mechanisms of Circulation
1344 and Climate in the Tropical Atlantic, *Monthly Weather Review*, 112, 1097-1107.
- 1345 Hastenrath, S., 1990: Prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. *J. Climate*, v.3, n.8,
1346 p.893-904.
- 1347 Hastenrath, S., 2000: Interannual and Longer-Term Variability of Upper Air Circulation in the
1348 Northeast Brazil-Tropical Atlantic Sector, *Journal of Geophysical Research*, 105, No. D6, 7327-
1349 7335.
- 1350 Hastenrath, S.; L. Greischar, 1993: Further work on the prediction of Northeast Brazil rainfall
1351 anomalies. *J. Climate*, v.6, n.4, p.743-758.
- 1352 Hastenrath, S. e L. Heller, 1977: Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. *Quart. J.*
1353 *Roy. Meteor. Soc.*, v.103, p.77-92.
- 1354 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, 2006: Censo Agropecuário 2006
1355 Agricultura familiar. Rio de Janeiro-RJ.
- 1356 IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000: Special Report on Emission
1357 Scenarios. Vienna, 2000.
- 1358 KAYANO, M.T.e R.V. Andreoli, 2007: A Importância Relativa Do Atlântico Tropical Sul E
1359 Pacífico Leste Na Variabilidade De Precipitação Do Nordeste Do Brasil. *Revista Brasileira de*
1360 *Meteorologia*, v.22, n.1, 63-74.
- 1361 Kayano, M.T.; V.B. Rao; A.D. Moura, 1988: Tropical circulations and the associated rainfall
1362 anomalies during two contrasting years. *J. Climatol.*,v.8, p.477-488.
- 1363 Kiladis, G.N. e H.F. Diaz, 1989: Global Climatic Anomalies Associated with Extremes in the
1364 Southern Oscillation, *Journal of Climate*, v. 2, 1069-1090.
- 1365 Kousky, V.E.; M.T. Kayano; I.F.A. Cavalcanti, 1984: A review of the Southern Oscillation:
1366 oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, v.36A, p.490-504.
- 1367 Krol, M.S. e A. Bronstert, 2007: Regional integrated modelling of climate change impacts
1368 on natural resources and resource usage in semi-arid Northeast Brazil. *Environmental Modelling &*
1369 *Software*, v.22, p.259-68.
- 1370 Kundzewicz, Z.W., L.J. Mata, N.W. Arnell, P. Döll, P. Kabat, B. Jiménez, K.A. Miller, T.
1371 Oki, Z. Sen e I.A. Shiklomanov, 2007: Freshwater resources and their management. *Climate*
1372 *Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the*
1373 *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F.
1374 Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press,
1375 Cambridge, UK, 173-210.
- 1376 Lacerda, F.F; A.V.P.V. Melo; D.B. Soares, 2009: "Análise preliminar na detecção de
1377 tendências no padrão pluviométrico na bacia do pajeú – PE: mudanças climáticas ou variabilidade?"
1378 XVII Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos.
- 1379 Leipprand, A.; D. Gerten, , 2006: Global Effects of Doubled Atmospheric CO₂ Content on
1380 Evapotranspiration, Soil Moisture and Runoff under Potential Natural Vegetation, *Hydrological*
1381 *Sciences Journal*, 51:1,171-185.
- 1382 Lindoso, D.P.; J.D. Rocha; N. Debortoli; I.C.I. Parente; F. Eiro; M. Bursztyn; S. Rodrigues
1383 Filho, 2011: Agricultura Familiar e Mudanças Climáticas: Avaliando a Vulnerabilidade à Seca no

- 1384 Semiárido Nordestino, In: [MOTTA, R.S. et al (Eds.)], *Mudança do Clima no Brasil: Aspectos*
1385 *Econômicos, Sociais e Regulatórios*, IPEA.
- 1386 Lobell, D.B.; M.B. Burke; C. Tebaldi; M.D. Mastrandrea; W.P. Flacon; R.L. Naylori, , 2008:
1387 Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030, *Science*, 319 (607),
1388 doi:10.1126/science.1152339.
- 1389 Lucena, A.F.P.; R. Schaeffer; A. S. Szklo, 2010a : Least-Cost Adaptation Options for Global
1390 Climate Change Impacts on the Brazilian Electric Power System, *Global Environmental Change*,
1391 20, 342-350.
- 1392 Lucena, A.F.P.; A. S. Szklo; R. Schaeffer; R.M. Dutra, 2010b: The Vulnerability of Wind
1393 Power to Climate Change in Brazil, *Global Environmental Change*, 35, 904-912.
- 1394 Manzatto, C.V.; E.D. Assad; J.F.M. Bacca; M.J. Zaroni; S.E.M. Pereira, (Orgs.), 2009:
1395 Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar, EMBRAPA, Documentos 110, 2009.
- 1396 Marengo, J., 2006: Mudanças Climáticas Globais e Seus Efeitos sobre a Biodiversidade:
1397 Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao
1398 Longo do Século XXI. Biodiversidade 26. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de
1399 Biodiversidade e Florestas, Brasília – DF, 2006.
- 1400 Marengo, J.A., 2008: "Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-
1401 árido do Brasil". ". p149-176. Parcerias Estratégicas. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.
1402 Numero 27. Dezembro. 2008.
- 1403 Marengo, J.A e M.C Valverde, 2007: "Caracterização do clima no Século XX e Cenário de
1404 Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4" *Revista*
1405 *Multiciência*. Campinas. Edição no. 8. Mudanças Climáticas. Maio 2007
- 1406 Marengo, J.A., C.A. Nobre, E. Salati, T. Ambrizzi, 2007: Caracterização do Clima atual e
1407 definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília:
1408 MMA, 2007. 54p.
- 1409 Markham, C.G. e D.R. Mclain, 1977: Sea Surface Temperatures Related to Rain in Ceara
1410 Northeastern Brazil, *Nature*, 265, 320-323, doi:10.1038/265320a0.
- 1411 Martins, E.S.P.R., 2011: Adapting water resources planning and operation to climate
1412 variability and climate change in selected river basins in northeast Brazil - Desk Review: Climatic
1413 and Hydrologic Components, World Bank Report, Setember, 2011.
- 1414 Martins, E.S.P.R.; J. Burte; R.F. Vieira; D.S. Reis Jr., 2012: As águas do Nordeste e o balanço
1415 hídrico, In: A Questão da Água no Nordeste, Brasília, ANA, Novembro, 2012.
- 1416 Medeiros, Y.D.P., 2003: Análise dos Impactos das Mudanças Climáticas em Região
1417 Semiárida. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8, n. 2, p. 127-136.
- 1418 Mello, E.; F.A. Oliveira; F.F. Pruski, 2008: "Efeito das mudanças climáticas na
1419 disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Paracatu" (médio São Francisco). *Eng. Agríc.*,
1420 Jaboticabal, v.28, n.4, p.635-644.
- 1421 Mendelsohn, R.; A. Dinar; A. Sangho, 2001: The Effect of Development on the Climate
1422 Sensitivity of Agriculture, *Environment and Development Economics*, v. 6, n.1, 85-101.
- 1423 Milly, P. C. D., K. A. Dunne e A. V. Vecchia, 2005: Global pattern of trends in streamflow e
1424 water availability in a changing climate. *Nature*, Vol 438. doi:10.1038/nature 04312.
- 1425 Moncunill, D.F., 2006: The rainfall trend over Ceará and its implications. International
1426 Conference on Southern Hemisphere Meteorolgy, 8, 2006, Foz do Iguaçu.

- 1427 Montenegro, A.e R. Ragab, 2010: Hydrological Response of a Brazilian Semi-arid Catchment
1428 to Different Land Use and Climate Change Scenarios: a Modelling Study, *Hydrological Process*,
1429 24, 2705-2723, doi:10.1002/hyp.7825.
- 1430 Moraes, G.I., 2010: Efeitos Econômicos de Cenários de Mudança Climática na Agricultura
1431 Brasileira: um Exercício a partir de um Modelo de Equilíbrio Geral Computável, Tese de
1432 Doutorado, ESALQ/USP, 2010.
- 1433 Morton, J.F., 2007: The Impact of Climate Change on Smallholder and Subsistence
1434 Agriculture, *PNAS*, v.104, n.50, 19680-19685.
- 1435 Moura, A.D. e J. Shukla,1981: On the dynamics of droughts in Northeast Brazil:
1436 observations, theory, and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*,
1437 v.38, n.12, p.2653-2675.
- 1438 Muhe, D., 2003: Beach morphodynamic research in Brazil: evolution and applicability.
1439 *Journal of Coastal Research*, Special Issue, n. 35, p. 32-42.
- 1440 Muhe, D., 2001: Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites de orla costeira
1441 para fins de gerenciamento. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 2, n. 1, p. 35-44.
- 1442 NEVES, C.F. e Muhe, D., 2008: Vulnerabilidade, impactos e adaptação às mudanças do
1443 clima: a zona costeira, In: Parcerias Estratégicas / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos -
1444 Mudanças do clima no Brasil: vulnerabilidade, impactos e adaptação, n. 27, p. 217-296.
- 1445 Rao,V.B. e Hada, K., 1990: Characteristics of Rainfall over Brazil: Annual Variations and
1446 Connections with the Southern Oscillation, *Theoretical and Applied Climatology*, 42, n.2, 81-91,
1447 doi:10.1007/BF00868215.
- 1448 Ribeiro Neto, A.; S.M.G.L. Montenegro; J.A. Cirilo , 2011: Impacto das mudanças climáticas
1449 no escoamento superficial usando modelo climático regional: Estado de Pernambuco – Nordeste do
1450 Brasil. In: Anais XIV World Water Congress, Porto de Galinhas-PE, IWRA, 2011.
- 1451 Ropelewski, C.F. e M.S. Halpert, 1987: Global and regional scale precipitation patterns
1452 associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Weather Rev.*, v.115, p.1606-1626.
- 1453 Roson, R. e D. Mensbrugge, 2010: Climate Change and Economic Growth: Impacts and
1454 Interactions, Working Papers, Department of Economics Ca'Foscari University of Venice, No.
1455 07/WP/2010.
- 1456 Salati, T., W. Schindler, D.C. Victoria, E. Salati, J.C.S. Souza, N.A.V. Nova, 2008: Economia
1457 das Mudanças Climáticas no Brasil. Estimativas da Oferta de Recursos Hídricos no Brasil em
1458 Cenários Futuros de Clima. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 80 p.
- 1459 Schaeffer, R., A. Szklo, A.F.P. Lucena, R. Souza, B.Borba, I.V.L. Costa, A. O. Pereira Jr, e S.
1460 H. Cunha, 2008: Mudanças climáticas e segurança energética no Brasil. Relatório do PPE/
1461 COPPE/UFRJ.
- 1462 Souza Filho, F. A. e U. Lall, 2003: Seasonal to interannual ensemble streamflow forecasts for
1463 Ceara, Brazil: Application of multivariate, semiparametric algorithm. *Water Resources Research*, v.
1464 39, n. 11, p. SWC1-SWC13.
- 1465 Tanajura, C.A.S; F. Genz; H.A. Araújo, 2010: “Mudanças Climáticas E Recursos Hídricos Na
1466 Bahia: Validação Da Simulação Do Clima Presente Do Hadrm3p E Comparação om Os Cenários
1467 A2 E B2 Para 2070-2100” *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.3, 345 - 358.
- 1468 Timmins, C., 2006: Endogeneous Land Use and the Ricardian Valuation of Climate Change,
1469 *Environment and Resource Economics*, v. 33, n. 1, 119-142, doi: 10.1007/s10640-005-2646-9.
- 1470 Uvo, C.B.; C.A. Repelli; S.E. Zebiak; Y. Kushnir, 1998: The relationships between Tropical
1471 Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation. *J. Climate*, v.11, p.551-562.

1472 Wagner, R., 1996: Decadal-scale trend in mechanisms controlling meridional sea surface
1473 temperature gradients in the tropical Atlantic. *J. Geophys. Res.* v.101, p.16683-694.

1474

1475 **8.3.1.A Região Sul do Brasil**

1476 Formada pelos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, a Região Sul do Brasil, com
1477 577.214 quilômetros quadrados, totaliza 6,75% do território brasileiro. Com uma população de
1478 27.386.891 de pessoas, distribuídas em 10.693.929 no RS, 6.248.436 em Santa Catarina e
1479 10.444.526 no Paraná, representa 14,3% da população nacional, sendo a terceira Região Brasileira
1480 mais populosa, atrás da Sudeste e Nordeste (IBGE, 2010).

1481 À exceção do norte do Paraná, o clima predominante nos três Estados é o subtropical, sem estação
1482 seca e com temperatura do mês mais quente maior que 22°C, conforme classificação de Köppen
1483 (Moreno, 1961). Na estação de inverno, principalmente nos meses de junho e julho, é comum o
1484 registro de temperatura negativa e formação de geada. Nas regiões serranas do Rio Grande do Sul e
1485 Santa Catarina, aonde a temperatura é ainda mais baixa, nevascas ocasionais são presenciadas. Com
1486 chuva regularmente distribuída ao longo dos 12 meses de ano, de forma geral, são registrados de
1487 1.000mm a 2.000mm anuais.

1488 Originários de rocha basáltica ou arenitos, as classes predominantes de solos no Rio Grande do Sul
1489 são os latossolos na maior parte da região norte (planalto), com presença de cambissolos na serra do
1490 nordeste, planossolos, argissolos e neossolos na depressão central e campanha e os planossolos
1491 hidromórficos na região costeira. Em Santa Catarina, a predominância dos cambissolos e nitossolos
1492 nas porções oeste e centro do Estado, com ocorrência de argissolos no leste. No Paraná são as
1493 classes latossolos, argissolos e nitossolos que predominam no oeste e norte do Estado, com grandes
1494 extensões de neossolos nas áreas centro e sul, e cambissolos no leste paranaense (Brasil, 1973;
1495 Embrapa, 1984; Embrapa, 2004).

1496 Recobrimo essas terras têm-se vegetações típicas, destacando os Campos Meridionais, divididos
1497 em áreas de planalto, ocupando manchas territoriais desde o Paraná até o Rio Grande do Sul, e
1498 também caracterizando a Campanha Gaúcha, onde recebe o nome de “Pampa”, com relevo
1499 aplainado a ondulado. Nas porções de maior altitude dos planaltos e terrenos mais acidentados
1500 ocorrem as Matas de Araucária. Já nas regiões costeiras surge a Mata Atlântica, caracterizada pela
1501 densidade e variedade de sua vegetação.

1502 Com economia ainda bastante alicerçada na agropecuária, nas últimas décadas a Região Sul
1503 expandiu seu parque industrial, localizado principalmente junto às capitais Porto Alegre (Rio
1504 Grande do Sul) e Curitiba (Paraná), com destaque atual à indústria automotiva e de autopeças. Os
1505 três Estados Sulinos também se destacam pelo sistema portuário. Ao todo são cinco os portos
1506 marítimos instalados, dois no Rio Grande do Sul (Portos de Rio Grande e de Porto Alegre), dois em
1507 Santa Catarina (Portos de Laguna e Itajaí) e um no Paraná (Porto de Paranaguá).

1508 Líder nacional na produção de algumas culturas agrícolas, em relação aos dados de produção das
1509 últimas cinco safras (2006/07 a 2010/11) a Região Sul foi responsável por 92% do trigo, 71% do
1510 arroz, 31% do feijão, 41% do milho e 36% da soja produzida nacionalmente, nos últimos anos
1511 perdendo o posto de maior produtor de soja para a Região Centro-Oeste, que juntas totalizam mais
1512 de 80% da produção nacional desta oleaginosa (CONAB, 2011).

1513 Na produção pecuária, a criação de bovinos da Região Sul diferencia-se pelas raças de origem
1514 européia e sua qualidade de carne. Em número total de animais é a que apresenta o menor rebanho,
1515 com 27,8 milhões de cabeças, 14% de todo rebanho nacional. O rebanho ovino, que também se
1516 destaca pelas raças de animais e suas finalidades, lã e carne, é o segundo maior do país, com 4,8
1517 milhões de cabeças. A Região assume a liderança nas produções de aves e de suínos, com
1518 aproximadamente 50% da produção brasileira (IBGE, 2010). Essa liderança proporcionou

1519 concentração das indústrias de processamento de carnes e derivados, principalmente no oeste
1520 Catarinense e Paranaense.

1521

1522 **8.3.2. Características peculiares da região (mudanças de uso da terra)**

1523 O estabelecimento e avanço da produção agrícola nos estados da Região Sul gerou desmatamento
1524 das áreas de florestas, em especial o bioma Mata Atlântica, já que de acordo com o Atlas dos
1525 Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, período 2008-2010 (SOS Mata Atlântica e INPE,
1526 2010), recobriria toda a área do estado de Santa Catarina (100%), 98% da área do Paraná e 48% da
1527 área do Rio Grande do Sul. Para o ano de 2010, conforme os dados do Atlas, o remanescente desse
1528 bioma, somada as áreas de Floresta, Restinga e Mangue, totalizavam 10,65% no Paraná e 23,04%
1529 em Santa Catarina, enquanto no Rio Grande do Sul, áreas atuais de Floresta e Restinga somam
1530 7,48% remanescentes.

1531 A ocupação das terras marcou um intenso processo de atração de população, além do aumento da
1532 produção agropecuária, estimulando a urbanização de forma acelerada na década de 1980 (Lima et
1533 al., 2006). Na medida em que a ocupação das matas avançava no interior do Sul do Brasil, ocorria
1534 uma “metamorfose” no uso das terras e no surgimento de povoados (Silva Neto e Frantz, 2003).

1535 Uma das culturas pioneiras a ocupar as áreas desmatadas foi o café, que por um longo período foi o
1536 principal gerador de riquezas para o Paraná. Conforme dados da Secretaria da Agricultura e
1537 Abastecimento desse Estado (SEAB, 2008), a área total de plantio em 1970 era de 1.048.000
1538 hectares, representando 43,6% de toda área plantada no país. Segundo Maack (1981), a destruição
1539 das matas pluviais e sua substituição por cafezais, sem deixar reservas de matas ou florestas de
1540 proteção das nascentes, aumentou a variabilidade da precipitação, registrando-se ocasiões de
1541 abundância e escassez de chuva. Segundo o autor, as perdas de florestas mostram claramente um
1542 salto no processo de desmatamento entre as décadas de 1930 e de 1950. Este período corresponde
1543 ao avanço da cultura cafeeira, bem como se trata do período Pós-Guerra, quando ocorre a
1544 consolidação da modernização agrícola nos países então chamados subdesenvolvidos e início da
1545 fase de industrialização da agricultura, conforme Kageyama (1990).

1546 Em 1975, uma grande geada sem precedentes devastou os cafeeiros da região de Maringá e
1547 Londrina, tornando zero a produção no ano seguinte. Os cafeicultores resolveram substituir o café
1548 por outra cultura mais resistente a eventuais geadas. Algumas das alternativas encontradas foram a
1549 cultura mecanizada da soja e trigo, o algodão, o milho e as pastagens. Fleischfresser (1988) mostra
1550 que a introdução de tratores, colheitadeiras e outras máquinas agrícolas saltaram de 2,9% para
1551 44,3% entre 1970 e 1980.

1552 Por causas financeiras, climáticas adversas e incentivo às novas alternativas de produção, em 2007
1553 os cafezais restantes ocupavam 97.307 hectares, apenas 4,29% de toda área brasileira. De acordo
1554 com dados do Senso Agropecuário 2010 (IBGE, 2010), a área ocupada com lavouras temporárias e
1555 permanentes na Região Sul representava 32,8% e 6,9%, respectivamente, em relação a toda área de
1556 cultivo nacional. São 19,8 milhões de hectares (19,4 milhões de hectares de lavouras temporárias e
1557 pouco mais 400 mil hectares de lavouras permanentes) que originalmente compunham as
1558 vegetações típicas regionais e que agora são exploradas economicamente pela atividade agrícola.

1559 As áreas de planaltos e planícies foram basicamente ocupadas pelas lavouras de trigo, milho e soja.
1560 Entre os anos de 1970 e 1985, a área destinada anualmente à cultura do trigo era de mais de 2
1561 milhões de hectares, caindo, posteriormente, para uma média de apenas 1 milhão de hectares
1562 cultivados por safra (IBGE, 2011). Toda a área restante passou a ser ocupada principalmente com
1563 espécies forrageiras, a exemplo de aveia preta (*Avena stringosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*),
1564 também útil a pecuária, ou espécies como nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) e ervilhaca (*Vicia*
1565 *sativa* L.), cujo objetivo principal é a adubação verde e a consolidação do sistema de plantio direto
1566 (formação de palhada para a semeadura da safra de verão). Em áreas do norte e oeste Paranaense,

1567 devido às condições climáticas, com destaque ao menor risco de ocorrência de geadas, áreas que
1568 anteriormente eram semeadas com trigo passaram ao cultivo do milho safrinha, semeado após a
1569 colheita das lavouras de soja.

1570 A produção de milho, já em 1970, era responsável pela modificação de uso da terra de mais de 4
1571 milhões de hectares na Região Sul, com liderança do Paraná (46% da área total), seguido por Rio
1572 Grande do Sul (35% da área total) e Santa Catarina (19% da área total). Atualmente são cultivados
1573 cerca de 3,1 milhões de hectares com milho (IBGE, 2011). As áreas desocupadas foram então
1574 incorporadas à produção de soja, responsável, nas últimas quatro décadas, pela maior mudança de
1575 uso da terra ocorrida na Região Sul. Chegando ao interior gaúcho ainda na década de 1920, foi
1576 apenas no final dos anos 60 e início de 70 que a cultura ganhou cultivo em escala. De 1970, quando
1577 já eram registrados mais de 2 milhões de hectares (IBGE, 2011), até 2011, a cultura passou a ocupar
1578 uma área aproximadamente quatro vezes superior, de 9,1 milhões de hectares.

1579 Áreas de várzeas ou banhados também tiveram seu uso alterado pela atividade agrícola. Nelas, a
1580 produção orizícola, já em 1970, ocupava mais de 1,0 milhão de hectares. Da área total,
1581 relativamente constante até 2006, Santa Catarina manteve uma participação média de pouco mais de
1582 11%, o Paraná apresentou redução de 44% para pouco mais de 2%, e o Rio Grande do Sul passou a
1583 responder por aproximadamente 85% da produção de arroz na Região Sul. Mais de 70% do arroz
1584 produzido nacionalmente sai das lavouras desses três Estados (IBGE, 2011).

1585 O processo de modernização agrícola, primeiramente focado no trabalho mecânico dos solos
1586 destinados a todas as culturas agrícolas temporárias, devido aos seus efeitos negativos, tal como
1587 aumento de erosão, paulatinamente foi, e segue sendo, substituído pelo sistema denominado
1588 ‘Plantio Direto’, sem revolvimento do solo, semeando a nova safra sobre a palhada da cultura
1589 antecessora.

1590 Hoje aceito como uma prática conservacionista na atividade agrícola, o Plantio Direto beneficia
1591 pela redução dos níveis de erosão, ao diminuir o impacto das gotas de chuva sobre o solo,
1592 proporcionar aumentos na taxa de infiltração e retenção de água por interferir positivamente na
1593 minimização do escoamento superficial e nas propriedades físicas, químicas e biológicas. Ainda
1594 promove redução da amplitude de variação térmica do solo e, além de tudo, ao incorporar material
1595 orgânico beneficia a biologia e microbiologia do solo, auxiliando na contenção das mudanças
1596 climáticas ao reduzir as emissões de carbono à atmosfera.

1597 Tomando-se como exemplo dados de pesquisa da Embrapa Soja sobre estoques de Carbono (C) e
1598 Nitrogênio (N) em solo submetido a Plantio Direto (PD) e Plantio Convencional (PC), Babujia et al.
1599 (2010) constataram que a maior diferença de resultados entre os sistemas PD e o PC ocorre nos
1600 primeiros 30cm de perfil, com aumento de 29% no teor de C total do solo no PD. Ainda,
1601 contestando afirmações de pesquisadores norte-americanos (Baker et al., 2007), a pesquisa
1602 confirmou incrementos significativos no sequestro de carbono em camada de 0-60cm.
1603 Comparativamente ao PC, houve aumento nos estoques de C (18%) e de N (16%) da matéria
1604 orgânica do solo, assim como nos estoques de C (35%) e de N (23%) contidos na biomassa
1605 microbiana em área de PD. Ao longo dos 20 anos de duração do trabalho, na camada de 0-60cm de
1606 solo, o ganho do PD, em comparação com o PC, foi de 800 kg de C/ha/ano e de 70 kg de N/ha/ano.
1607 Conforme o Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2006), a área total com Plantio Direto em relação às
1608 lavouras temporárias no Brasil era de 17,5 milhões de hectares. Desse total, 48,3% estavam
1609 distribuídos nos estados do Rio Grande do Sul (4,05 milhões de hectares), Santa Catarina (754 mil
1610 hectares) e no Paraná (3,6 milhões de hectares).

1611 Um ponto a ser destacado em relação à mudança de uso do solo na região sul é a arenização.
1612 Identificada como área de ‘Atenção especial’ (Ministério do Meio Ambiente, 1997), a região de
1613 ocorrência dos areais localiza-se no sudoeste do Rio Grande do Sul, entre as latitudes de 29°00’ e
1614 31°00’S e as longitudes de 54°30’ e 58°45’W, em direção oeste até a fronteira com a Argentina e a
1615 República Oriental do Uruguai, onde estão os municípios de Alegrete, Cacequi, Itaqui, Maçambará,

1616 Manuel Viana, Quaraí, Rosário do Sul, São Borja, São Francisco de Assis e Unistalda (Suertegaray
1617 et al., 2001; Mósen, 2008).

1618 As áreas de arenização diferenciam-se de áreas de desertificação basicamente, no caso do Rio
1619 Grande do Sul, por estarem localizadas em uma região de clima subtropical, com precipitação
1620 média anual de 1.400mm. A arenização é o processo de retrabalhamento de depósitos areníticos
1621 pouco ou nada consolidados e que promovem uma dificuldade de fixação da vegetação, devido a
1622 constante mobilidade dos sedimentos pela ação da água e dos ventos (Suertegaray, 1987). Mais
1623 detalhadamente, a gênese dos areais vincula-se aos processos naturais de deflação (predomínio nos
1624 meses de verão), escoamento superficial (mais significativo nos meses de inverno, devido a maior
1625 umidade do solo e as chuvas prolongadas) e escoamento concentrado sob a forma de ravinhas e
1626 voçorocas (Suertegaray, 1995). Ainda sobre a arenização, de acordo com Ab'Saber (1995), apesar
1627 de ter sua origem comprovadamente vinculada às causas naturais, a consolidação do quadro de
1628 degradação teve a participação do homem, por ações diretas a exemplo do recorte e a remoção de
1629 areias nas margens de estradas ou rodovias, ou nas baixas vertentes de vales, rios, sangas e arroios,
1630 ou ações indiretas, que por sua vez, compreendem os desmates em locais inadequados (próximos às
1631 sangas e arroios), a ampliação da área de pecuária feita, em alguns locais, mediante a destruição da
1632 vegetação de médio porte, a exploração de florestas para obtenção de lenha, tentativas de
1633 implantação de agricultura comercial com utilização de maquinário inadequado ao preparo do solo,
1634 entre outras.

1635 Conforme o Atlas da Arenização – Sudoeste do Rio Grande do Sul (Suertegaray et al., 2001) as
1636 manchas arenosas ocupam uma área de 36,7 km² já arenizados, com outros 16 km² em processo de
1637 arenização. A área arenizada corresponde a 0,26% da Região Sudoeste do Rio Grande do Sul.

1638

1639 **8.3.3. Variabilidade e mudanças climáticas**

1640 As condições meteorológicas da Região Sul do Brasil são acentuadamente influenciadas por um
1641 fenômeno natural de escala global, que provoca alterações no clima no mundo inteiro, denominado
1642 de El Niño / Oscilação Sul (ENOS). O ENOS é um fenômeno de grande escala que ocorre no
1643 oceano Pacífico Equatorial, mostrando de forma marcante o forte acoplamento oceano-atmosfera
1644 que se manifesta sobre a região. As variações irregulares em relação às condições normais de
1645 oceano e atmosfera geram as fases opostas do ENOS, o El Niño e a La Niña. O El Niño representa
1646 um aquecimento das águas simultaneamente com diminuição da pressão atmosférica no Pacífico
1647 leste, enquanto a La Niña é a situação oposta, refletindo um resfriamento das águas e aumento na
1648 pressão atmosférica na região leste do Pacífico. As mudanças nos padrões de transporte de umidade
1649 causam variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas
1650 (COBB et al, 2003; CPTEC/INPE, 2011).

1651 A Região Sul apresenta forte sinal do fenômeno ENOS, causando principalmente uma variabilidade
1652 da precipitação pluvial, com desvios positivos em anos de El Niño, e o contrário para La Niña, com
1653 registros de precipitação pluvial abaixo da média climatológica (Rao e Hada, 1990; Studzinski,
1654 1995; Fontana e Berlato, 1997; Grimm et al.; 1997).

1655 No Rio Grande do Sul, em anos de El Niño, há um aumento das chuvas em relação ao regime
1656 pluviométrico normal, em praticamente todos os meses do ano. Entretanto, é na primavera do ano
1657 de início do fenômeno, especialmente nos meses de outubro e novembro, com um repique no final
1658 do outono do ano seguinte, em maio e junho, que os desvios pluviométricos são mais significativos.
1659 Na fase fria do ENOS (La Niña), para o Rio Grande do Sul, observa-se uma precipitação abaixo da
1660 média climatológica em períodos do ano coincidentes com os da fase quente. Em relação à
1661 distribuição espacial, verifica-se que a porção oeste é a mais afetada, apresentando reduções de 80 a
1662 120mm em grande parte do Estado, sendo as diferenças crescentes no sentido leste-oeste (Fontana e
1663 Berlato, 1997).

1664 Da mesma forma, em Santa Catarina, de acordo com Minuzzi (2010), há correlação entre variações
1665 dos regimes de chuva (setembro a maio) com a temperatura da superfície do mar de regiões do
1666 Pacífico Equatorial. Em anos de El Niño, com exceção para o mês de setembro, quando se observa
1667 uma tendência de chuva abaixo da climatologia no litoral do Estado, para os demais meses há uma
1668 tendência de chuva entre a média climática à acima dela, principalmente para novembro, janeiro,
1669 fevereiro e maio, esse último envolvendo quase todo o estado, registrando a classificação máxima
1670 de muito chuvosa, caracterizando uma distribuição dos desvios normalizados $\geq 40\%$. Na ocorrência
1671 de La Niña há uma tendência de chuvas abaixo da média climatológica para outubro e também
1672 novembro, quando as chuvas apresentam-se abaixo da média em todo o Estado, registrando para a
1673 maioria das áreas um desvio normalizado classificado como 'muito seco'. No ano seguinte ao início
1674 do La Niña a tendência de chuva passa a superar a média climatológica, apesar dos desvios serem
1675 espacialmente pouco abrangentes e extremos.

1676 O Paraná, por localizar-se em área de transição entre a região Sul e Sudeste, apresenta resposta ao
1677 fenômeno La Niña um pouco mais variável em relação ao Rio Grande do Sul e Santa Catarina. De
1678 acordo com Grimm et al. (1997), na primavera as regiões mais influenciadas pelo fenômeno El
1679 Niño são as áreas do sudoeste e o litoral do Estado.

1680 Com relação às mudanças climáticas, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças no
1681 Clima (IPCC, 2007b), no século XX houve um aumento de $0,6^{\circ}\text{C}$ na média da temperatura global,
1682 sendo este mais pronunciado na década de 90. Quanto à precipitação, esse incremento foi de 0,2 a
1683 0,3% na região tropical, compreendida entre 10°C de latitude Norte e 10°C de latitude Sul. Do ponto
1684 de vista global, as possíveis causas dessas mudanças entre o sistema terra-atmosfera-oceano são
1685 estudadas levando-se em conta suas forçantes e seus mecanismos de interação. As causas dessa
1686 variação podem ser de ordem natural, devido a atividades humanas (antropogênica) ou uma soma
1687 das duas.

1688 De forma geral, com o aquecimento global, em um futuro próximo esperam-se cenários de climas
1689 mais extremos, com secas, inundações e ondas de calor mais frequentes. A elevação na temperatura
1690 aumenta a capacidade do ar em reter vapor d'água e conseqüentemente há maior demanda hídrica.
1691 Em resposta a essas alterações, os ecossistemas de plantas poderão aumentar sua biodiversidade ou
1692 sofrer influências negativas. Impactos como a elevação do nível dos oceanos e furacões mais
1693 intensos e mais frequentes também poderão ser sentidos.

1694 Marengo e Camargo (2008), estudando as temperaturas máximas e mínimas no sul do Brasil,
1695 durante o período 1960-2002, encontraram um aquecimento sistemático da região Sul, detectando
1696 tendências positivas na temperatura máxima e mínima a níveis anual e sazonal. A amplitude térmica
1697 apresenta tendências negativas fortes neste período, sugerindo que as tendências na temperatura
1698 mínima são mais intensas que as máximas, especialmente no verão.

1699 Com relação ao regime de chuvas, Groisman et al. (2005) identificaram tendências positivas de
1700 aumento sistemático de chuva e de extremos de chuva na região Sul. Haylock et al. (2006), ao
1701 estudar essa região brasileira juntamente aos países vizinhos da América do Sul, para o período de
1702 1960-2000, encontraram tendências positivas nos índices de precipitação, sugerindo que houve
1703 aumento na intensidade e frequência de dias com chuva intensa.

1704 Ainda relacionado à precipitação pluvial, Teixeira (2004) identificou uma ligeira tendência de
1705 aumento no número de eventos extremos de chuva na região, tal como demonstrado por Alexander
1706 et al. (2006), que analisando tendências em extremos anuais de chuva para a Região Sul, incluindo
1707 Paraguai, Uruguai e centro-norte da Argentina, identificou tendências positivas no número de dias
1708 com chuva intensa e na quantidade de chuva concentrada em eventos chuvosos e muito chuvosos,
1709 entre os anos de 1961 e 2000.

1710 Um exemplo de fenômenos climáticos extremos, e indício de mudança climática, sem precedentes
1711 ainda que no curto tempo de registro meteorológico da região Sul, ocorreu no dia 7 de março de
1712 2004. Uma tempestade inicialmente classificada como ciclone extratropical atingiu a costa sul do

1713 Brasil, com chuvas fortes e ventos estimados em cerca de 150 km/h, matou 11 pessoas no
1714 continente e no oceano, causando destruição em dezenas de municípios. O fenômeno recebeu o
1715 nome de Catarina pelo Centro meteorológico regional, por ser o Estado de Santa Catarina o mais
1716 atingido – foi o primeiro furacão de que se tem notícia no país. Alguns estudos indicam que o
1717 aumento da temperatura das águas oceânicas estaria tornando mais intensos esses fenômenos, mas
1718 ainda há incertezas quanto a real influência do aquecimento global em mudanças na frequência de
1719 furacões e tufões e em sua ocorrência em locais onde não eram observados (Webster et al 2005;
1720 Marengo e Nobre, 2005).

1721

1722 **8.3.4.Registros Históricos**

1723 Analisando a tendência temporal da temperatura anual do ar do Estado do Rio Grande do Sul,
1724 representada pelas localidades de Santa Vitória do Palmar, Bagé, Uruguaiana, São Luiz Gonzaga,
1725 Passo Fundo e Caxias do Sul, para o período 1913-1981, Mota et al. (1993) destacam que para o
1726 período analisado de 69 anos a temperatura média anual aumentou 0,45°C, com um incremento
1727 médio anual de 0,0065°C. Tendência linear crescente da temperatura mínima média, referente a 90
1728 anos de dados (1918 a 2007), para 10 estações meteorológicas distribuídas pelo Rio Grande do Sul,
1729 também é relatada por João (2009) e por Marques et al., (2005), que apresentam valores crescentes
1730 no sentido leste-oeste do RS, variando de 0,8°C a 1,8°C. Conforme Marques et al., (2005), os
1731 menores valores de acréscimo encontram-se no Litoral e os maiores situam-se numa faixa que
1732 engloba partes das regiões Depressão Central, Missioneira de Santo Ângelo, São Luiz Gonzaga,
1733 Baixo Vale do Uruguai de São Borja, Itaqui e Campanha. As demais regiões apresentam valores
1734 intermediários. Na região de Passo Fundo, RS, o aumento observado na temperatura média foi
1735 atribuído à elevação da temperatura mínima anual (Cunha et al., 2007).

1736 Para Pelotas, RS, os resultados da análise de dados climáticos de 1897-2004 evidenciam aumento
1737 de 1,0°C da temperatura mínima média anual. Reduzindo o período de análise à 1950-2004, o
1738 aumento foi ainda superior, de 1,66°C, o que significa que o maior avanço ocorreu nos últimos 50
1739 anos (Steinmetz et al., 2005). Reiterando esses resultados, Mezzomo et al. (2007) ao analisarem o
1740 comportamento das temperaturas mínimas médias trimestrais para a região homogênea do Rio
1741 Grande do Sul que inclui Pelotas, RS, em 90 anos de observações (1913-2002), correspondentes aos
1742 meses de verão (janeiro, fevereiro e março) e de inverno (julho, agosto e setembro), mostraram que,
1743 em 100 anos, a temperatura mínima média trimestral apresentou um aumento de 1,7°C (verão) e
1744 1,6°C (inverno). Apesar de limitaram-se a tecer somente alguns comentários, sem tomar nenhuma
1745 posição conclusiva sobre este fato, os autores sinalizam que a tendência positiva da temperatura
1746 mínima, embora possa ser atribuída a fenômenos puramente locais, não pode ser desvinculada do
1747 aumento global das temperaturas, sobre o qual há um consenso cada vez maior entre os cientistas.

1748 Para o estado de Santa Catarina, pesquisas da Epagri/Ciram mostram acentuada elevação da
1749 temperatura ao longo dos anos, com destaque para a década de 90 (Campos et al., 2006). Na estação
1750 meteorológica de São Joaquim a temperatura mínima apresenta aumento de 3°C num período de 51
1751 anos (1955-2006), e em Caçador um aumento de 2,9°C em 64 anos (1942-2006). Para outras
1752 localidades também foram registrados aumentos, de 2,8°C em Urussanga, 2,2°C em Lages e 2,1°C
1753 em Campos Novos. A única estação meteorológica em que a tendência de temperatura mínima
1754 apresentou-se negativa foi a de Florianópolis (-0,3°C), na região litorânea.

1755 Ainda em Urussanga, SC, ao analisar tendências anuais da temperatura e precipitação pluvial, a
1756 partir de análise estatística de uma série de dados coletados entre 1924 e 1998, Back (2001)
1757 detectou tendência significativa no aumento da temperatura média anual (aproximadamente
1758 1°C/século) e na temperatura média do mês de janeiro (aproximadamente 1,8°C/século), sendo que
1759 a mudança ocorreu no ano de 1965. Igualmente foi identificada a tendência significativa de
1760 aumento da precipitação pluvial total anual, e da precipitação pluvial total no quarto trimestre.

1761 Também para Santa Catarina, Prudêncio et al. (1999), com dados de 32 estações pluviométricas
1762 instaladas no litoral do Estado, com séries de dados coletados entre 1961 e 1995, apontaram
1763 aumento significativo na precipitação total anual para doze estações, com diminuição das chuvas
1764 em apenas uma, e nas restantes sem tendência significativa.

1765 Ao analisar tendências de mudanças nos padrões de temperatura e precipitação nos dados das
1766 estações meteorológicas do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) e Instituto Nacional de
1767 Meteorologia (INMET) em Londrina, estado do Paraná, RICCE et al. (2009) demonstram que num
1768 período de 48 anos (janeiro de 1961 a dezembro de 2008), ocorreu um aumento de 1,33°C na
1769 temperatura mínima anual, um aumento de 0,83°C na temperatura média e 0,33°C na temperatura
1770 máxima, enquanto a precipitação não mostrou tendência significativa de alteração.

1771 Ainda no Paraná, os municípios de União da Vitória e Piraquara têm apresentado uma aceleração do
1772 ciclo hidrológico desde o início da década de 70, o que pode ser constatado através do aumento da
1773 frequência de chuvas mais intensas, do aumento de vazões médias e da ocorrência de estiagens com
1774 maior duração. Além de alterações diretas no ciclo hidrológico, a tendência de aumento de
1775 temperatura mínima e diminuição da temperatura máxima foram observadas em Ponta Grossa desde
1776 1954. O resultado pode estar associado ao aumento gradativo e regionalizado da nebulosidade. No
1777 período noturno a nebulosidade interferiria no balanço de ondas longas, aumentando a temperatura
1778 mínima. Em contrapartida, no período diurno a nebulosidade reduziria os valores de irradiância
1779 solar global, diminuindo a temperatura máxima (Silva e Guetter, 2003).

1780 Para outras localidades Paranaenses, ao realizarem análise de tendência de variáveis climáticas
1781 térmicas e hídricas, Gasparotto et al.(2005) destacam aumentos de 0,032°C ano⁻¹ em Bandeirantes,
1782 0,034°C ano⁻¹ em Cascavel, 0,036°C ano⁻¹ em Cerro Azul, 0,029°C ano⁻¹ em Cianorte, 0,040°C ano⁻¹
1783 em Fernandes Pinheiro, 0,051°C ano⁻¹ em Palmas, 0,032°C ano⁻¹ em Ponta Grossa, 0,043°C ano⁻¹
1784 em Telêmaco Borba e 0,039°C ano⁻¹ em Umuarama. Os aumentos podem estar associados a
1785 mudanças no balanço energético devido às mudanças de uso do solo, provocado pelo processo de
1786 desmatamento e ocupação agrícola. A maior exposição do solo provoca aumento de calor
1787 armazenado durante o dia, que pode contribuir para elevar as temperaturas mínimas, embora não se
1788 possam descartar os efeitos de mudanças climáticas em escalas maiores, decorrentes de atividades
1789 humanas.

1790

1791 **8.3.5.Cenários Climáticos**

1792 Tal como exposto no Quarto Relatório de Avaliação (AR4) do IPCC, publicado em 2007 (IPCC,
1793 2007a), em seu capítulo 13 – América Latina, a variabilidade climática e os eventos extremos têm
1794 afetado severamente a região da América Latina nos últimos anos, com destaque para relatos
1795 incomuns sobre eventos climáticos extremos, tais como as chuvas na Venezuela (1999, 2005),
1796 inundações no Pampa Argentino (2000-2002), secas na Amazônia (2005), tempestades de granizo na
1797 Bolívia (2002) e na Grande Buenos Aires (2006), além de acontecimentos sem precedentes como o
1798 furacão Catarina no Atlântico Sul (2004) e temporada de furacões de 2005 na Bacia do Caribe.

1799 Conforme o AR4, a projeção para mudanças em temperatura e precipitação para a ampla região Sul
1800 da América do Sul, obtida a partir de sete Modelos de Circulação Geral e dos quatro principais
1801 cenários de emissões de gases de efeito estufa, para os meses de inverno (junho, julho e agosto), já
1802 para 2020 indicam aumento de +0,6°C a +1,1°C, para 2050 aumentos de +1,0°C a +2,9°C e para
1803 2080 aumentos de +1,8°C à +4,5°C. Para os meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro),
1804 projeções para 2020 são de aumentos de +0,8°C à +1,2°C, para 2050 de +1,0°C à +3,0°C e em 2080
1805 de +1,8°C à +4,5°C.

1806 Devido a maior complexidade, as projeções climáticas regionais mostram um grau muito maior de
1807 incerteza quando objetivam prever mudanças no regime de chuvas. Para os meses de inverno
1808 (junho, julho e agosto), em 2020, as projeções divergem entre -5% a +3%, para 2050 entre -12% a

1809 +10% e 2080 com -12% a +12%. Similarmente, nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro),
1810 para 2020 são de -3% a +5%, em 2050 de -5% a +10% e 2080 com -10% a +10%.

1811

1812 **8.3.6.Mudança no Ciclo Hidrológico**

1813 Grimm (2003) apresenta um mapa com a climatologia da precipitação sobre o Brasil (1956-1992) o
1814 qual destaca a diversidade dos totais observados ao longo de todo o domínio espacial. Verifica-se
1815 para os Estados do Paraná e Santa Catarina que a estação chuvosa inicia-se na primavera e persiste
1816 ao longo do verão, com chuvas mais intensas. No extremo sul do Brasil, a precipitação é
1817 praticamente uniforme durante todo o ano, mas por outro lado, essa é a Região do Brasil com maior
1818 variabilidade térmica no decorrer do ano, podendo a temperatura mínima climatológica variar de
1819 8°C no inverno a 18°C no verão em algumas áreas (Quadro et al., 1996).

1820 As diferenças nos regimes de precipitação e de temperatura sobre o Sul do Brasil ao longo do ano,
1821 principalmente no inverno, se devem ao fato dessas regiões serem influenciadas por sistemas
1822 atmosféricos distintos (Satyamurty et al., 1998). A geada pode ser considerada como um dos
1823 principais fenômenos atmosféricos que atuam nessa região. O Sul do Brasil, devido à localização
1824 latitudinal, sofre mais influência dos sistemas de latitudes médias, onde os sistemas frontais são os
1825 principais causadores de chuvas durante o ano (Quadro et al.,1996). A trajetória desses sistemas é
1826 fortemente ligada ao posicionamento e intensidade do jato subtropical da América do Sul (Kousky e
1827 Cavalcanti, 1984). Outro sistema meteorológico responsável por chuvas intensas, principalmente no
1828 oeste da Região são os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) (Madox,1983; Miller e
1829 Fritsch, 1991).

1830 Um fenômeno que pode ser responsável por anomalias de precipitação e temperatura sobre o Sul é o
1831 Bloqueio Atmosférico (Casarin e Kousky, 1986). Situações de bloqueios podem trazer um padrão
1832 regional anômalo por longos períodos, tais como tempo estável prolongado próximo da alta de
1833 bloqueio, com possibilidade de seca quando ocorre na mesma região ou até mesmo de enchentes
1834 sobre as regiões para onde os distúrbios ciclônicos são desviados. Um fenômeno de grande escala
1835 que pode influenciar a precipitação sobre algumas regiões da América do Sul é o ENOS cujos
1836 episódios podem causar anomalias não só na região de aquecimento do Oceano Pacífico, como em
1837 todo o globo (Grimm et al., 1998, Coelho et al., 2002).

1838 As forçantes não-climáticas influenciam os recursos hídricos pela mudança do uso do solo,
1839 construção de reservatórios e emissão de poluentes (IPCC, 2007a). As modificações naturais e
1840 artificiais na cobertura vegetal das bacias hidrográficas influenciam o seu comportamento
1841 hidrológico (Tucci e Clarke, 1997; Tucci, 2003; Zhao et al., 2010). Os fluxos globais de vapor
1842 d'água da superfície terrestre estão se modificando devido à ação do homem. O desmatamento é
1843 uma força motriz tão grande quanto a irrigação em termos de mudanças no ciclo hidrológico. O
1844 desmatamento diminuiu os fluxos globais de vapor a partir da terra em 4% (3.000 km³/ano), uma
1845 diminuição que é quantitativamente tão grande quanto o fluxo de vapor causado pelo aumento da
1846 irrigação - 2.600 km³/ ano (Gordon et al., 2005).

1847 Existem amplas evidências de que mudanças no uso da terra nas bacias dos rios Alto Paraná,
1848 Paraguai e Uruguai podem ter contribuído para um aumento de 28% no fluxo médio do rio Paraná
1849 desde 1970. Tucci e Clarke (1998) perceberam que este incremento na vazão dos rios aconteceu
1850 após grandes áreas terem experimentado o desmatamento ou mudanças no uso da terra. A
1851 intensificação da atividade agrícola e industrial na região motivou uma transição de café para soja e
1852 cana-de-açúcar, assim como criação de gado na bacia do alto Paraná. A soja, diferentemente do
1853 café, precisa de preparação intensiva do terreno, que é feita com o uso de máquinas.

1854 No sul do Brasil e norte da Argentina, observaram-se tendências para aumento das chuvas e vazões
1855 de rios desde meados do século XX (Marengo e Valverde, 2007). O Rio da Prata-Paraná apresentou
1856 uma tendência de queda desde 1901 à 1970 e um aumento sistemático nas vazões desde o início dos

1857 anos 70 até o presente (Barros et al., 1999; Tucci, 2001), consistente com o aumento observado das
1858 precipitações (Hulme e Sheard, 1999). A bacia do Rio Paraná, que drena os estados do Sul e parte do
1859 Paraguai, tem apresentado um importante aumento da vazão nas últimas décadas. A região do
1860 Pantanal também faz parte desta bacia, de modo que qualquer alteração na vazão dos rios
1861 mencionados tem implicações diretas na capacidade de armazenamento desse enorme reservatório
1862 natural. As vazões aumentaram aproximadamente 15% desde a década de 60, um aumento
1863 consistente com os crescentes valores da precipitação observados nessa bacia. Isso é consistente
1864 com mudanças de chuva e vazões de rios em regiões do Norte da Argentina (Marengo et al., 1998;
1865 Garcia e Vargas, 1998; Barros et al., 1999).

1866 A Bacia do Rio Paraná possui sua série de vazões não estacionária (Müller et al., 1998) tendo como
1867 características: (1) as séries de vazões naturais dos rios Tietê, Paranapanema e Paraná (a jusante do
1868 rio Grande) não são estacionárias com aumento de vazões médias após 1970; (2) a taxa de aumento
1869 das vazões médias cresce de montante para jusante; (3) os postos pluviométricos nas bacias dos rios
1870 Grande, Tietê e Paranapanema também apresentam não estacionariedade; e (4) somente a bacia do
1871 rio Paranaíba manteve a estacionariedade de vazões para todo o período de análise.

1872 A bacia hidrográfica do Paraná-Prata deverá ter aumento da vazão (entre 10% e 40%) no cenário
1873 A1B até meados do século XXI segundo 12 modelos climáticos analisados por Milly (2005). UK
1874 Met Office (2005) utilizando o modelo climático do Hadley Centre HadGEM1 para os cenários
1875 A1B e A2 (pessimista com relação à emissão de gases de efeito estufa), verifica-se concordância
1876 com estes resultados.

1877 O Rio Grande, afluente do Rio Paraná, apresenta significativa discordância entre as alterações de
1878 vazões estimadas pelos diferentes modelos climáticos para o cenário A1B. A vazão aumenta com o
1879 MPI ECHAM5 (+13%) e HadCM3 (+9%), reduz com CCCMA (-14%), IPSL (-28%) e HadGEM1
1880 (-10%) e apresenta pequena alteração para o CSIRO (-2%). Em virtude dos resultados obtidos, os
1881 autores sugerem que a escolha do modelo climático é a maior fonte de incerteza para a projeção de
1882 impactos nas vazões dos rios (Nóbrega et al., 2011).

1883

1884 **8.3.7. Projeções de impactos sobre a saúde humana**

1885 Os fenômenos climáticos podem influenciar a saúde humana de forma direta ou indireta. No caso
1886 brasileiro existem várias doenças infecciosas endêmicas que são sensíveis às variações do clima,
1887 principalmente aquelas de transmissão vetorial e, também, por veiculação hídrica (Confalonieri,
1888 2005).

1889 Efeitos diretos, tais como furacões, tempestades e inundações – especialmente em zonas urbanas –
1890 provocam mortalidade por afogamento, deslizamentos de terra e desabamentos de prédios, e por
1891 ondas de calor, e os efeitos indiretos por perda na produção agrícola e conseqüentemente impacto
1892 nutricional, queda nos padrões de higiene pessoal e ambiental e também como determinante de
1893 fenômenos demográficos (Thompson e Cairncross, 2002; Barcelos et al., 2009). Enchentes ou secas
1894 afetam a qualidade e o acesso a água e podem favorecer a incidência da leptospirose, as hepatites
1895 virais e as doenças diarreicas.

1896 As características físicas e químicas dos poluentes e as características climáticas como temperatura,
1897 umidade e precipitação definem o tempo de residência dos poluentes na atmosfera, podendo ser
1898 transportados a longas distâncias em condições favoráveis de altas temperaturas e baixa umidade.
1899 Em áreas urbanas a presença de poluentes atmosféricos, associados a eventos meteorológico como
1900 inversões térmicas, podem agravar a asma, alergias, infecções bronco-pulmonares e infecções das
1901 vias aéreas superiores (sinusite), principalmente nos grupos mais susceptíveis, que incluem as
1902 crianças menores de 5 anos e indivíduos maiores de 65 anos de idade (Martins et al., 2002;
1903 Barcellos et al., 2009).

1904 Variáveis como idade, perfil de saúde, resiliência fisiológica e condições sociais contribuem
1905 diretamente para as respostas humanas relacionadas às variáveis climáticas (Martins et al, 2004).
1906 Fatores que aumentam a vulnerabilidade dos problemas climáticos são uma combinação de
1907 crescimento populacional, pobreza e degradação ambiental (IPCC, 2001a; McMichael, 2003).

1908 Os riscos associados às mudanças climáticas globais não podem ser avaliados em separado desse
1909 contexto. Ao contrário, deve-se ressaltar que os riscos são o produto de *perigos* e *vulnerabilidades*,
1910 como costumam ser medidos nas engenharias. Os perigos, no caso das mudanças globais são dados
1911 pelas condições ambientais e pela magnitude de eventos. Já as vulnerabilidades são conformadas
1912 pelas condições sociais, marcadas pelas desigualdades, as diferentes capacidades de adaptação,
1913 resistência e resiliência. Uma estimativa de vulnerabilidade das populações brasileiras apontou o
1914 Nordeste como uma região mais sensível a mudanças climáticas devido aos baixos índices de
1915 desenvolvimento social e econômico (Confalonieri, 2005). A construção do indicador sintético de
1916 vulnerabilidade da população brasileira aos impactos do clima na saúde (Confalonieri et al., 2005),
1917 baseado em três componentes principais: socioeconômico; epidemiológico e climático, coloca os
1918 estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná como detentores dos bons resultados,
1919 expondo a menor vulnerabilidade da Região Sul.

1920 Essas avaliações são baseadas no pressuposto de que grupos populacionais com piores condições de
1921 renda, educação e moradia sofreriam os maiores impactos das mudanças ambientais e climáticas.
1922 No entanto, como ressalta Guimarães (2005), as populações mais pobres nas cidades e no campo
1923 têm demonstrado uma imensa capacidade de adaptação, uma vez que já se encontram excluídas de
1924 sistemas técnicos.

1925 As mudanças climáticas, portanto, tratando do aumento da frequência e intensidade dos eventos
1926 extremos, deve produzir impactos importantes sobre a saúde humana, entretanto nem todos os
1927 impactos são negativos. Por exemplo, a alta na mortalidade que se observa nos invernos poderia ser
1928 reduzida com o aumento das temperaturas. Também o aumento de áreas e períodos secos pode
1929 diminuir a propagação de alguns vetores. Entretanto, em geral, os impactos negativos deverão ser
1930 mais intensos que os positivos (Barcelos et al., 2009).

1931 Em relação a muitas das doenças que afetam a população e que tem estreita relação com a
1932 variabilidade climática, os estados da região Sul atualmente apresentam os menores índices de
1933 ocorrência em relação às demais unidades federativas brasileiras. São exemplos, as porcentagens
1934 médias anuais registradas entre os anos 2004-2008 de dengue (2%), Leishmaniose Tegumentar
1935 Americana (LTA) (3%), Esquistossomose (1%), Hepatites Virais (15%), resultados muito
1936 associados ao clima da Região que, frente aos cenários climáticos futuros de aumento da
1937 temperatura, umidade e precipitação, poderão crescer. Para Leptospirose, a região Sul já ocupa o
1938 segundo lugar em número de casos médios anuais registrados (37% do total), condição que poderá
1939 piorar com o aumento dos eventos extremos que podem causar inundações (Organização Pan-
1940 Americana da Saúde, 2009).

1941

1942 **8.3.8. Projeções de impactos sobre a produção agrícola e a segurança** 1943 **alimentar**

1944 Dependente e altamente susceptível as oscilações ou mudanças do clima, será na agropecuária que
1945 as maiores e diretas consequências ao homem tenderão a ocorrer, já que sua principal finalidade é a
1946 alimentação humana, podendo piorar o já grave problema da fome em regiões mais vulneráveis do
1947 planeta. O aquecimento do ar provocará aumento da demanda hídrica pelas culturas agrícolas, e tal
1948 necessidade de mais água poderá esbarrar em cenários de redução das chuvas.

1949 Ao avaliar o ocorrido com a agricultura nos anos passados, sob influência do ENOS, pode-se prever
1950 os desafios a serem enfrentados, principalmente quando são avaliados os anos de La Niña. Os
1951 aumentos pontuais da precipitação pluvial em anos de El Niño favorecem as culturas de soja e

1952 milho, com aumentos produtivos, enquanto que, com La Niña, são as perdas produtivas decorrentes
1953 de períodos de estiagem mais frequentes e prolongadas que se acentuam. Na safra 2004/05, devido a
1954 estiagem provocada pelo fenômeno La Niña, a produtividade média foi de apenas 698 kg ha⁻¹ de soja e
1955 1.269 kg ha⁻¹ de milho (1^a e 2^a safras) (CONAB, 2011). Já para trigo e arroz o cenário é contrário. O
1956 excesso de chuva acaba favorecendo o surgimento de doenças, mantém o solo frequentemente
1957 saturado e reduz os níveis de radiação solar, fatores que reduzem o crescimento aéreo e radicular,
1958 afetando negativamente os componentes do rendimento do trigo (Cunha et al., 1999), e do arroz
1959 (Carmona e Berlato, 2002). Para La Niña tem-se a maior frequência de eventos favoráveis devido
1960 aos altos índices de insolação no mesmo período. No Rio Grande do Sul, para as culturas da soja
1961 (Berlato e Fontana, 1999; 2003), do trigo (Cunha et al., 1999), do arroz (Carmona e Berlato, 2002) e
1962 do milho (Berlato et al., 2005), as relações clima-planta, com ênfase no ENOS, são conhecidas.

1963 Com essa preocupação, pesquisas procuram antever as futuras mudanças em relação à atual
1964 configuração agrícola do país. Em relatório divulgado em conjunto pela Embrapa e Unicamp
1965 (Deconto, 2008), cuja equipe de pesquisadores é especialista em Zoneamento Agrícola de Risco
1966 Climático, e por isso acostumada a quantificar a interferência do clima na agricultura, expõem uma
1967 nova geografia da produção agrícola nacional com base nas projeções de mudanças climáticas
1968 apontadas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). As previsões climáticas
1969 para o Brasil, até os anos de 2020, 2050 e 2070, foram projetadas por meio do modelo climático
1970 Precip (Providing Regional Climates for Impact Studies), coordenadas por pesquisadores do
1971 CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos), órgão ligado ao INPE (Instituto
1972 Nacional de Pesquisas Espaciais).

1973 Os resultados mostram que, com exceção da cana-de-açúcar e da mandioca, as culturas do algodão,
1974 arroz, café, feijão, girassol, milho e soja sofrerão impactos negativos, apresentando uma diminuição
1975 de produção em função da redução das áreas com baixo risco climático. Para a região Sul do país,
1976 mesmo que um aumento das temperaturas reduza o risco de geadas, possibilitando que áreas hoje
1977 restritas ao cultivo de plantas tropicais se tornem futuramente viáveis, não haverá compensação das
1978 perdas com um clima mais quente.

1979 Como segunda maior produtora de soja do Brasil, as projeções apontam perdas significativas para a
1980 cultura da soja nos cenários futuros para a região Sul. Caso as condições de cultivo se mantenham
1981 como as atuais e nenhuma modificação genética seja feita, a soja é a cultura que mais deve sofrer
1982 com o aquecimento global. Até 2070, a área com baixo risco no país pode ser reduzida a 60% da
1983 existente hoje, em decorrência do aumento da deficiência hídrica e de possíveis veranicos mais
1984 intensos. Conjuntamente Cerrado Nordeste e região Sul serão as áreas mais fortemente afetadas.
1985 Em todo o país, já em 2020, a redução da área com baixo risco ao cultivo vai de 21,62% a 23,59%,
1986 atingindo uma área apta entre 29,6% e 34,1% menor que a atual em 2050.

1987 Conforme o estudo, para a região Sul, opostamente a todas as perdas apontadas, as projeções de
1988 mudanças climáticas futuras até certo ponto poderiam ser benéficas. A redução das geadas que
1989 atingem com maior frequência os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul,
1990 prejudicando, entre maio e agosto, cultivos como café, milho, culturas hortícolas e frutíferas,
1991 causariam uma migração das culturas adaptadas ao clima tropical para áreas mais ao sul do país e
1992 de altitudes maiores, para compensar a elevação de temperatura. Com um aumento próximo a 3°C
1993 (valor de aquecimento médio estimado pelo IPCC como o mais provável de ocorrer até 2100), é
1994 provável que ocorra um deslocamento das culturas de café e cana-de-açúcar para áreas de maiores
1995 latitudes. Em relação a cana-de-açúcar, áreas localizadas nas maiores latitudes, que hoje apresentam
1996 restrições para cultivo pelo alto risco de geadas, perdem essa característica, principalmente no Rio
1997 Grande do Sul, e se transformam em regiões de potencial produtivo dentro de 10 a 20 anos.

1998 Para arroz cultivado e arroz vermelho, Lago et al. (2008) avaliaram a resposta do desenvolvimento
1999 das plantas a diferentes aumentos nas temperaturas mínima e máxima diárias do ar, em Santa Maria,
2000 RS. Para cenários climáticos de 100 anos, com aumentos simétricos e assimétricos nas temperaturas
2001 mínima e máxima de 0°C, +1°C, +2°C, +3°C, +4°C e +5°C, a partir da base de dados de 1969–2003,

2002 e utilizando nove genótipos de arroz cultivado e dois biótipos de arroz-vermelho, os resultados
2003 mostram que de forma geral há diminuição na duração do subperíodo vegetativo (emergência –
2004 diferenciação da panícula), enquanto a duração dos subperíodos reprodutivo (diferenciação da
2005 panícula - antese) e enchimento de grãos (antese - grãos com casca amarronzada) aumentam com a
2006 elevação da temperatura nos cenários de mudança climática. Ainda para arroz irrigado, para o
2007 mesmo cenário de aumento da temperatura, porém com o dobro da concentração atual de CO₂
2008 atmosférico, Walter et al. (2010), simularam para três cultivares de arroz (IRGA 421, IRGA 417 e
2009 EPAGRI 109) em sete datas de semeadura, de 20 de julho até 20 de janeiro com intervalos mensais,
2010 os efeitos do clima sobre o rendimento de grãos. Um aumento produtivo foi observado para todos
2011 os materiais genéticos testados, mais positivo nas cultivares de ciclo muito precoce (IRGA 421) e
2012 menor nas de ciclo longo (EPAGRI 109). Apesar de o incremento da temperatura aumentar a
2013 esterilidade de espiguetas, a semeadura em épocas atualmente não utilizadas para cultivo, tal como
2014 os meses de agosto e setembro, com aumento da temperatura tornar-se-iam ideais, pela redução da
2015 esterilidade de espiguetas antes causada pelo frio. Portanto, se as mudanças climáticas se
2016 confirmarem, o período de semeadura recomendado atualmente para cultivares de arroz irrigado
2017 deverá ser ampliado.

2018 Para o milho, ao avaliarem a fenologia da cultura sob cenários de mudanças climáticas, Streck et al.
2019 (2010) destacam dois aspectos importantes: a) encurtamento do período de desenvolvimento foliar
2020 e; b) que o insucesso do cultivo de milho em razão da geada diminuiria em cenários de temperatura
2021 elevada, para as datas de emergência muito cedo e muito tarde, o que resultaria em aumento na
2022 estação de cultivo para Santa Maria, RS, nas condições de um clima mais quente, similar ao
2023 observado para arroz (Walter et al., 2010).

2024 Quanto a alterações de produtividade da cultura do milho, além da soja e trigo, Streck e Alberto
2025 (2006) ao simularem diferentes aumentos da temperatura ao ar, com o dobro da concentração de
2026 CO₂ atmosférico atual (700ppm), observaram que, para trigo, aumentos de temperatura de 3°C e
2027 4°C anulam os efeitos positivos do aumento de CO₂ sobre o rendimento da cultura. Para essa
2028 cultura, na condição climática de Santa Maria, RS, um aumento de 2°C na temperatura, associado à
2029 elevação da concentração de CO₂, promoveriam aumentos na produtividade de grãos,
2030 independentemente de um aumento de precipitação pluvial. Os aumentos de 5°C a 6°C diminuiriam
2031 significativamente o rendimento de grãos de trigo. Também para milho, aumentos de temperatura
2032 de 2°C e 3°C tendem a anular o efeito positivo do aumento de CO₂ no rendimento de grãos, e a
2033 partir de um aumento de 4°C ou mais há redução no rendimento de grãos de milho. Já para soja
2034 observou-se redução dos desvios de rendimento com aumento de temperatura, mas apenas um
2035 aumento de 6°C causaria um desvio negativo.

2036 Completando o desenvolvido por Siqueira et al. (1994), ao avaliar os reflexos das mudanças
2037 climáticas projetadas através dos modelos GISS na produção agrícola brasileira, enfocando as
2038 culturas do trigo, milho e soja, descrevem, para trigo e milho, uma relação inversa aos aumentos das
2039 concentrações de CO₂ na atmosfera, com queda de 20% da produtividade de trigo e de 8% da
2040 produtividade de milho para a Região Sul, reflexos diretamente associados com os aumentos de
2041 temperatura. Quanto à cultura da soja, relatam resultados diferenciados e antagônicos aos obtidos
2042 para trigo e milho. Simulações apontaram reflexos positivos na produção de biomassa e de grãos em
2043 relação aos cenários climáticos decorrentes do aumento do CO₂ atmosférico, aparentemente
2044 superando os efeitos negativos do aumento da temperatura do ar. Para a região Sul o trabalho
2045 aponta aumentos potenciais na produção de soja, de 30%, divergindo dos resultados obtidos por
2046 Streck e Alberto (2006).

2047 Para a cultura da batata, Fagundes et al. (2010) ao avaliar o efeitos das mudanças climáticas na
2048 produtividade da cultura, com base nos dados meteorológicos de Santa Maria, RS, e em cenários
2049 climáticos sem e com mudanças de temperatura e concentração de CO₂ atmosférico, apontam que
2050 para o cultivo de primavera, o aumento simétrico de 4°C nas temperaturas mínimas e máximas
2051 diárias do ar, e assimétrico de 5°C, foi suficiente para anular o efeito benéfico do aumento da
2052 concentração de CO₂ sobre a produtividade. No cultivo de outono, o aumento da temperatura

2053 praticamente não afetaria a produtividade de tubérculos de batata. A antecipação da data de plantio
2054 no cultivo de primavera, e o atraso no de outono, diminuem o impacto negativo do aumento da
2055 temperatura do ar sobre a produtividade do tubérculo.

2056 Quanto aos impactos das mudanças climáticas no Zoneamento da cultura do feijão no Estado de
2057 Santa Catarina, conforme Pandolfo et al. (2007b) as mudanças climáticas podem, a longo prazo,
2058 causar grandes impactos na cadeia produtiva, restringindo o cultivo do feijão à algumas regiões pelo
2059 aumento da deficiência hídrica e do abortamento floral. Além da redução do ciclo de
2060 desenvolvimento devido a temperatura mais elevada, haveria dificuldade de competir com plantas
2061 daninhas de metabolismo C4, que apresentariam maiores taxas de crescimento por unidade de
2062 tempo, maior eficiência na produção de fitomassa por quantidade de água consumida, melhor
2063 conversão da energia luminosa e maior competição com a cultura do feijão, principalmente no
2064 início do cultivo, além de aumento dos problemas com pragas e doenças.

2065 Como principal produtora de frutas de clima temperado, os impactos possíveis na fruticultura da
2066 região Sul, em decorrência das mudanças climáticas, também é foco da pesquisa. Os aumentos da
2067 temperatura do ar registrados nas últimas décadas nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina
2068 e Paraná, e as projeções futuras (IPCC, 2007b) ocorrem em oposição à dependência dessas espécies
2069 por acúmulo de horas de frio para quebra de dormência.

2070 Considerando cenários de aumento da temperatura do ar em 1°C, 3°C e 5,8°C (IPCC, 2001b),
2071 WREGGE et al. (2010) estimaram as alterações na disponibilidade de número de horas de frio (NHF)
2072 para os três estados da região Sul, com base em dados de 81 estações meteorológicas. Confirmando-
2073 se o cenário de aumento 1°C há diminuição das áreas com maior acúmulo de horas de frio, padrão
2074 que se acentua com um aumento de 3°C. Com incremento de 5,8°C praticamente todas as áreas com
2075 acúmulo de horas de frio desapareceriam, com exceção de pequenas áreas em pontos mais altos do
2076 Rio Grande do Sul e Santa Catarina, onde o NHF máximo seria 334 horas.

2077 Avaliando os padrões climáticos atuais e futuros de temperatura do ar na região sul do Brasil e seus
2078 impactos nos cultivos de pêssego e nectarina em Santa Catarina, Campos (2011) destaca em função
2079 dos cenários futuros de clima (2071-2100), para dois cenários extremos de emissões de gases de
2080 efeito estufa (A2 e B2) (IPCC, 2007b), um possível benefício devido a diminuição do risco de
2081 geada e assim dos riscos de produção. Porém, independentemente do cenário (A2 e B2), a redução
2082 do número de horas de frio, de 200 a 300 horas em quase todo o Estado Catarinense, acabará
2083 reduzindo as áreas aptas ao plantio de pêssego e nectarina, restringindo as produções as localidade
2084 de maior altitude do planalto sul catarinense. A maior redução de áreas em relação ao cenário atual
2085 de horas de frio é prevista para o extremo-oeste Catarinense e nas regiões serranas.

2086 Para o cultivo de videira *Vitis vinifera* L. em Santa Catarina, Pandolfo et al. (2009), utilizando dos
2087 critérios do zoneamento agrícola propostos por Agroconsult (2010), estimou o impacto das
2088 mudanças climáticas para os próximos 20 e 50 anos, utilizando análise de tendência de horas de frio
2089 menor ou igual a 7,2°C. Resultados mostraram uma redução nas áreas potenciais de cultivo e essa
2090 redução será maior nas áreas de maior produção da videira atualmente.

2091 Com relação aos cultivos de maçã, e também banana, frutífera de clima tropical altamente
2092 susceptível a geadas, Pandolfo et al. (2007a) analisaram como o aumento da temperatura média do
2093 ar influenciaria no zoneamento agroclimático, por meio de dados do zoneamento agrícola do Estado
2094 de Santa Catarina. Os resultados mostraram restrições às áreas de plantio para a maçã e expansão
2095 das áreas aptas ao plantio da banana. Porém, ressalta-se que a expansão de áreas aptas ao plantio da
2096 banana também poderá ser acompanhada de maior incidência de doenças e pragas de ciclo curto.

2097 Relacionado à produção cafeeira, Assad et al. (2004) avaliaram o efeito do aumento da temperatura
2098 do ar sobre as áreas atualmente aptas ao cultivo, incluindo o norte Paranaense. Ao simularem
2099 aumentos da temperatura média anual do ar de 1°C, 3°C e 5,8°C (IPCC, 2001b), houve grande
2100 alteração nas regiões consideradas aptas, mesmo considerando um acréscimo de 15% na
2101 precipitação pluvial. Para o Paraná, com elevação de 1°C ocorre um aumento na área apta devido

2102 aos deslocamentos da área produtiva para o sul do Estado, acentuado ainda mais no cenário
2103 intermediário, de mais 3°C na temperatura, porém já com registros de redução da área apta de
2104 86,8% para 66,7% do estado. Com um acréscimo de 5,8°C a redução seria de 25,2% da área apta.

2105

2106 **8.3.9. Síntese das análises e considerações finais**

2107 Alterações da cobertura e uso da terra, com retirada de floresta e inclusão de cultivos agrícolas
2108 anuais ou perenes, tais como observadas na Região Sul, geraram modificações no balanço de
2109 energia, com influência não restrita as fronteiras dos três estados, com potencial para alteração do
2110 regime térmico e hídrico. Esta é a única Região do Brasil que apontou tendências positivas no
2111 regime de chuva até agora. Com as mudanças climáticas e a expectativa de eventos extremos mais
2112 frequentes, a Região Sul, sobretudo nas áreas mais ao Sul, espera-se aumento do regime de chuvas
2113 até o fim do século. As temperaturas seguiram o padrão de aumento nos valores médios, com
2114 redução dos episódios de geadas e dias frios, acompanhando o padrão verificado nas outras regiões
2115 do país.

2116 Dentre os riscos de eventos extremos identificados, destacam-se as enchentes, os alagamentos, com
2117 grandes volumes de chuvas em curto espaço de tempo. Além dos riscos com a produção de
2118 alimentos, um desafio para a Região são as cidades localizadas próximas aos rios. Em novembro de
2119 2008, o Estado de Santa Catarina foi surpreendido por um evento de precipitação intensa.
2120 Aproximadamente 700mm de chuva em um curtíssimo período de tempo devastaram parte do Vale
2121 do Itajaí. O Centro de Operações de Defesa Civil de Santa Catarina estimou que 1,5 milhões de
2122 pessoas foram afetadas, com 135 mortes. Além do volume pluviométrico anômalo, a
2123 vulnerabilidade dos municípios da região contribuiu para a gravidade do evento. Situações como
2124 esta poderão se tornar mais frequentes. Com o aumento da população que está sendo
2125 predominantemente urbana, meios de adaptação devem ser considerados importantes para os
2126 tomadores de decisão.

2127 O meio agrícola passará por adaptações, com a introdução de espécies antes não adaptadas, devido
2128 às baixas temperaturas. Culturas anuais como a soja e o milho poderão ser substituídos por culturas
2129 semi-perenes e perenes como a cana-de-açúcar e o café. As frutíferas que necessitam de horas de
2130 frio poderão não encontrar ambiente adequado para o seu desenvolvimento potencial, entretanto,
2131 são baixos os riscos com a perda de áreas agriculturáveis. Técnicas alternativas como plantio direto
2132 e o consórcio entre florestas, gado e agricultura podem ser medidas necessárias para minorar os
2133 riscos climáticos advindos no futuro.

2134

2135 **Referências Bibliográficas**

2136 Ab'Saber, A.N. A, 1995: revanche dos ventos: derruição de solos areníticos e formação de
2137 areais na Campanha Gaúcha. *Ciência & Ambiente*, , 11, 7-31.

2138 Agroconsult. *Zoneamento de riscos climáticos da cultura da videira americana e videira*
2139 *européia, no Estado de Santa Catarina, referente ao ano agrícola de 2009/2010*. Relatório Técnico.
2140 Rio de Janeiro, 2010. 10p.

2141 Alexander, L.V.; X. Zhang; T.C. Peterson; J. Caesar; B. Gleason; A.M.G. Klein Tank; M.
2142 Haylock; D. Collins; B. Trewin; F. Rahimzadeh; A.Tagipour; K. Rupa Kumar; J. Revadekar; G.
2143 Griffiths; L. Vincent; D. B. Stephenson; J. Burn; E. Aguilar; M. Brunet; M. Taylor; M. New; P.
2144 Zhai; M. Rusticucci; J. L. Vazquez-Aguirre, 2006: Global observed changes in daily climate
2145 extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*, v.111, p.1-22.

- 2146 Assad, E.D.; H.S. Pinto; J. Zullo Jr; A.M.H. Ávila, 2004: Impacto das mudanças climáticas no
2147 zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39,
2148 n.11, p.1057-1064.
- 2149 Babujia, L.C.; M. Hungria; J.C. Franchini; P.C. Brookes , 2010: Microbial biomass and
2150 activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional
2151 tillage. *Soil Biology & Biochemistry*, 42, 2174-2181.
- 2152 Back, A.J., 2001: Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas.
2153 *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.5, p.717-726.
- 2154 Baker, J.M.; T.E. Ochsner; R.T. Venterea; T.J. Griffis , 2007: Tillage and soil carbon
2155 sequestration-What do we really know? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1-4), 1-5.
- 2156 Barcellos, C.; A.M.V. Monteiro; C. Corvalán; H.C. Gurgel; M.S. Carvalho; P. Artaxo; S.
2157 Hacon; V. Ragoni, 2009: Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e
2158 incertezas para o Brasil. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v.18, n.3, p.285-304.
- 2159 Barros, V; M. Castaneda; M. Doyle, 1999: Recent precipitation trends in South America to the
2160 east of the Andes. An introduction of climatic variability. In: *Southern Hemisphere Paleo and Neo-*
2161 *climates* [Volheimer, W. e P. Smolka, (Eds.)]. Springer Verlag,.
- 2162 Berlato, M.A.; H. Farenzena; D.C. Fontana, 2005: Associação entre El Niño Oscilação Sul e a
2163 produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40,
2164 n.5, p.423-432.
- 2165 Berlato, M.A. e D.C. Fontana, 2003: *El Niño e La Niña*: impactos no clima, na vegetação e na
2166 agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre:
2167 Ed. da UFRGS, 110p.
- 2168 Berlato, M.A. e D.C. Fontana, 1999: Variabilidade interanual da precipitação pluvial e
2169 rendimento da soja no Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.7,
2170 p.119-125.
- 2171 BRASIL, 1973:.. *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do*
2172 *Sul*, Ministério da Agricultura, Recife: convênio MA/DPP – AS/DRNR, 1973. 431p. (Boletim
2173 Técnico, 30).
- 2174 Campos, C.G.C., 2011: Padrões climáticos atuais e futuros de temperatura do ar na Região
2175 Sul do Brasil e seus impactos nos cultivos de pêssego e de nectarina em Santa Catarina. Tese
2176 (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos,
2177 SP, 2011. 157p.
- 2178 Campos, C.G.C.; H. Braga , R. Alves, 2006: Mudanças climáticas atuais e seus impactos no
2179 Estado de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v.19, n.3,.
- 2180 Carmona, L.C. e M.A Berlato, 2002: El Niño e La Niña e o rendimento de arroz irrigado no
2181 Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.10, p.147-152.
- 2182 Casarin, D.P. e E.V.E Kousky, 1986: Anomalias de precipitação no sul do Brasil e variações
2183 da circulação atmosférica. *Rev. Bras. Meteo.*, v.1, p.83-90.
- 2184 CPTEC/INPE - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, 2011: El Niño e La
2185 Niña. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: agosto de 2011.
- 2186 Cobb, K.M.; C.D. Charles; H. Cheng; R. L. Edwards, 2003 El Niño/Southern Oscillation and
2187 tropical Pacific climate during the last millennium. *Nature*, 424, 271-276.
- 2188 Coelho, C.A.S.; C.B.Uvo.; T. AmbriZZi, 2002: Exploring the impacts of the tropical Pacific
2189 SST on the precipitation patterns over South America during ENSO periods. *Theoretical and*
2190 *Applied Climatology*, 71(3-4), 185-197.

- 2191 CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, 2011: Levantamentos de safras.
2192 Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: agosto de 2011.
- 2193 Confalonieri, U.E.C. 2005. Análise da Vulnerabilidade da População Brasileira aos Impactos
2194 Sanitários das Mudanças Climáticas. Ministério da Ciência e Tecnologia. Fundação Oswaldo Cruz
2195 FIOCRUZ, Escola Nacional de Saúde Pública, Programa de Mudanças Ambientais Globais e
2196 Saúde. 184p.
- 2197 Confalonieri, U.E.C.; D. P. Marinho; R. R. Rodriguez, et al. 2005: *Análise da*
2198 *Vulnerabilidade da população brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas.*
2199 Relatório final de projeto de pesquisa, FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 96 pp.
- 2200 Cunha, G.R. da; A. Santi; G.A. Dalmago; M. Nicolau; A. Pasinato, 2007: *Análise de*
2201 *tendências na temperatura do ar e na precipitação pluvial na região de Passo Fundo, RS.* Passo
2202 Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 15 p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento
2203 Online, 48). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp48.htm>.
- 2204 Cunha, G.R. da; G.A. Dalmago; V. Estefanel, , 1999: ENSO influences on wheat crop in
2205 Brazil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.7, p.127-138.
- 2206 Deconto, J.G. (Coord.), 2008: *Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola*
2207 *no Brasil.* Campinas: Embrapa Informática Agropecuária: Unicamp, 82p.
- 2208 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1984: Serviço Nacional de
2209 Levantamento de Conservação de Solos. (Rio de Janeiro-RJ) *Levantamento de reconhecimento de*
2210 *solos do Estado do Paraná.* Londrina: IAPAR, 2v, 788p.
- 2211 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004.: *Solos do Estado de Santa*
2212 *Catarina.* Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 745p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 46).
- 2213 Fagundes, J.D.; N.A. Streck; D.A. Bisognin; A.P. Schwantes; C.M. Alberto, 2010:
2214 Produtividade simulada de tubérculos de batata em cenários de mudanças climáticas. *Pesquisa*
2215 *Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.45, n.4, p.351-360.
- 2216 Fleischfresser, V., 1988: *Modernização tecnológica: contrastes regionais e diferenciação*
2217 *social no Paraná da década de 70.* Curitiba: Livraria do Chain: CONCITEC: IPARDES, 154p.
- 2218 Fontana, D.C. e M.A. Berlato, 1997: Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação
2219 do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.5, n.1, p.127-132.
- 2220 García, N.O. e W.M.Vargas, 1998: The temporal climatic variability in the Río de la Plata
2221 basin displayed by the river discharges. *Climate Change*, 38, 359-379.
- 2222 Gasparotto, F.K.; P.H. Caramori; M.E.C. Vasconcellos, 2005: Análise de tendência de
2223 variáveis climáticas térmicas e hídricas para o estado do Paraná. In: *Anais Congresso Brasileiro de*
2224 *Agrometeorologia*, 14, 2005, Campinas.
- 2225 Gordon, L.J.; W. Steffen; B.F. Jonsson; C. Folke; M. Falkenmark; A. Johannessen, 2005:
2226 Human modification of global water vapor flows from the land surface. *Proc. Natl. Acad. Sci.*,
2227 v.102, n.21, p.7612-7617.
- 2228 Grimm, A.M., 2003: The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: Regional
2229 processes versus remote influences. *Journal of Climate*, v.16, n.2, p.263-280.
- 2230 Grimm, A.M.; S.E.T. Ferraz; J. Gomes, 1998: Precipitation Anomalies in Southern Brazil
2231 Associated with El Niño and La Niña Events. *Journal of Climate*, v.11, p.2864-2880.
- 2232 Grimm, A.M.; A.K. Guetter; P.H. Caramori, 1997: El Niño no Paraná: o que se pode esperar
2233 em cada região. Uma análise científica. SIMEPAR - Informativo n.1.
- 2234 Groisman, P.Y.; R.W. Knight; D.R. Easterling; T.R. Karl; G.C. Hegerl; V.N. Razuvaev, 2005:
2235 Trends in Intense Precipitation in the Climate Record. *Journal of Climate*, 18, 1326-1350.

- 2236 Guimarães, R.B., 2005: Health and global changes in the urban environment. In: *A*
2237 *contribution to understand the regional impact of global change in South America*. [Dias, P.L.S.;
2238 W.C. Ribeiro; L.H Nunes]. USP, S. Paulo.
- 2239 Haylock, M. R.; T. C. Peterson; L. M. Alves; T. Ambrizzi; Y.M.T. Anunciação; J. Baez; V.
2240 R. Barros; M. A. Berlato; M. Bidegain; G. Coronel; V. Corradi; V. J. Garcia; A. M. Grimm; D.
2241 Karoly; J. A. Marengo; M. B. Marino; D. F. Moncunill; D. Nechet; J. Quintana; E. Rebello; M.
2242 Rusticucci; J. L. Santos; I. Trebejo; L. A. Vincent, 2006: Trends in Total and Extreme South
2243 American Rainfall in 1960–2000 and Links with Sea Surface Temperature. *Journal of Climate*, 19,
2244 1490-1512.
- 2245 Hulme, M. e Sheard, N., 1999: Cenários de alterações climáticas para o Brasil. Norwich:
2246 *Climate Research Unit*,. 6 p. Disponível em: <www.cru.uea.ac.uk/~mikeh/research/brazil.pdf>.
2247 Acesso em: agosto de 2011.
- 2248 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011: *Banco de Dados Agregados*.
2249 Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: agosto de 2011.
- 2250 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006: *Censo Agropecuário 2006*.
2251 Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro, 777p.
- 2252 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010: *Senso 2010*. Disponível em:
2253 <www.ibge.gov.br>
- 2254 IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001a: Climate Change 2001: The
2255 Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the
2256 Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- 2257 IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001b: Climate Change 2001: Impacts,
2258 Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of
2259 the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- 2260 IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007a: Climate Change 2007: Impacts,
2261 Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report
2262 of the IPCC. [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden e C.E. Hanson, (eds.)]
2263 Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.
- 2264 IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007b: Climate Change 2007: Synthesis
2265 Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the
2266 Intergovernmental Panel on Climate Change. [Pachauri, R.K e Reisinger, A. (eds.)]. IPCC,
2267 Geneva, Switzerland, 104 pp.
- 2268 João, M.M., 2009: *Análise do comportamento das temperaturas máxima e mínima médias*
2269 *mensais para o estado do Rio Grande do Sul*. 2009. 137f. Dissertação (Mestrado). Programa de
2270 Pós- Graduação em Meteorologia. Faculdade de Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas.
- 2271 Kageyama, A. (coord.), 1990: “O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos
2272 complexos agroindustriais”, In: *Agricultura e políticas públicas* [G. Delgado et al. (orgs.)], , Rio de
2273 Janeiro, Ipea.
- 2274 Kousky, V.E. e I.F.A.Cavalcanti, 1984: Eventos Oscilação Sul - El Niño: características,
2275 evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*, v. 36, n. 11, p. 1888-1889.
- 2276 Lago, I.; N.A. Streck; C.M. Alberto; F.B. Oliveira; G.M. Paula, 2008: Impact of increasing
2277 mean air temperature on the development of rice and red rice. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*,
2278 Brasília, v.43, n.11, p.1441-1448.
- 2279 Lima, J.F.; L.R. Alves; S.M. Pereira; E.C. Souza; P.R. Joner; Camargo; Rodrigues; P.E.P.
2280 Andrade, 2006: O uso das terras no sul do Brasil: uma análise a partir de indicadores de localização.
2281 *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.44, n. 04, p.677-694.

- 2282 Maack, R, 1981: *Geografia Física do Paraná*. 2.ed. Rio de Janeiro. 450p.
- 2283 Madox, R.A., 1983: Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude,
2284 mesoscale convective complexes. *Monthly Weather Review*, v.111, p.1475- 1493.
- 2285 Marengo, J.A ; J. Tomasella; C. Uvo, 1998: Trends in streamflow and rainfall in tropical
2286 South America: Amazonia, eastern Brazil, and northwestern Peru. *Journal of Geophysical*
2287 *Research*, v.103, p.1775–1784.
- 2288 Marengo, J.A. e Nobre, 2005: Lições do Catarina e do Katrina. As mudanças do clima e os
2289 fenômenos extremos. *Ciência Hoje*, v.37, p.22-27.
- 2290 Marengo, J.A. e M.C.Valverde, 2007: Caracterização do clima no século XX e cenários de
2291 mudanças de clima para o Brasil no século XXI usando os modelos do IPCC AR4. 20 p. INPE.
- 2292 Marengo, J.E e C.G.C.Camargo, 2008: Surface air temperature trends in Southern Brazil for
2293 1960-2002. *International Journal of Climatology*, v. 28, n.7, p. 893 - 904.
- 2294 Marques, J.R.Q.; S. Steinmetz; G. Diniz; O.J.W. Otávio; M.S. Wrege; F.G. Herter; C. Reisser
2295 Jr, 2005: Aumento da temperatura mínima do ar no Rio Grande do Sul, sua relação com o
2296 aquecimento global e possíveis impactos no arroz irrigado. In: Anais do Congresso Brasileiro de
2297 Arroz Irrigado, 4, ; Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 26., 2005, Santa Maria. p.224-229.
- 2298 Martins, L.C.; M.R.D.O. Latorre; M.R.A. Cardoso, et al. , 2002: Air Pollution And
2299 Emergency Room Visits due to Pneumonia and Influenza in São Paulo, Brazil. *Rev. Saúde Pública*,
2300 v.36, n.1, p.88-94
- 2301 Martins, M.C.; F.L. Fatigati; T.C. Véspoli,; L.C. Martins; L.A. Pereira; M.A. Martins,; P.H.
2302 Saldiva; A.L. Braga, 2004: Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health
2303 effects in elderly people: an analysis of six regions in Sao Paulo, Brazil. *Journal of Epidemiology &*
2304 *Community Health*, v.58, n.1, p.41-46.
- 2305 Mcmichael, A.J.,2003: Global climate change and health: an old story writ large, p 1-17. In:
2306 *Climate change and human health. Risks and responses*. [Mcmichael, A.J.; D.H. Campbell-
2307 Lendrum;C.F. Corvalan; K.L. Ebi; A. Githenko; J.D. Scheraga; A. Woodward (eds)]. ,Genebra,
2308 322p.
- 2309 Mezzomo, D.; G.B. Diniz; J.B. Silva, 2007: Análise espectral da temperatura mínima média
2310 em dois trimestres numa região homogênea do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de*
2311 *Agrometeorologia*, Piracicaba, v.15, n.2, p. 121-132.
- 2312 Miller, D. e J.M. Fritsch, 1991: Mesoscale convective complexes in the Western Pacific
2313 region. *Monthly Weather Review*, v.119, p.2978-2992.
- 2314 Milly, P.C.D. , K. A. Dunne e A. V. Vecchia, 2005 : Global pattern of trends in streamflow
2315 and water availability in a changing climate. *Nature*, v.438, p.347-50.
- 2316 MMA - Ministério do Meio Ambiente,1997: Plano Nacional de Combate à Desertificação,
2317 Centro de Sensoriamento remoto, IBAMA.
- 2318 Minuzzi, R.B, 2010: Chuvas em Santa Catarina durante os eventos do El Niño oscilação sul.
2319 *Geosul*, , v.25, n.50, p.107-127.
- 2320 Moreno, J.A., 1961: *Clima do Rio Grande do Sul*. Secretaria da Agricultura - Div. Terras e
2321 Colonização, Porto Alegre.
- 2322 Mósena, M., 2008: Agricultura em áreas frágeis: as transformações decorrentes do processo
2323 de arenização em São Francisco de Assis/RS. 2008. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento
2324 Rural) – Faculdade de Ciências Econômicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.
- 2325 Mota, F.S.; E. Signorini; E.G.P. Alves; M.O.O. Agendes, 1993: Tendência temporal da
2326 temperatura no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.1, n.1, p.101-103.

- 2327 Müller, I.I.; C.M. Krüger; E. Kaviski , 1998: Análise de estacionariedade de séries
2328 hidrológicas na bacia incremental de Itaipu. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* v.3, n.4, p.51-
2329 71.
- 2330 Nóbrega, M.T.; W. Collischonn; C.E.M. Tucci; A.R. Paz , 2011: Uncertainty in climate
2331 change impacts on water resources in the Rio Grande Basin, Brazil. *Hydrology and Earth System*
2332 *Sciences*, v.15, p.585–595.
- 2333 Organização Pan-Americana da Saúde, 2009: Mudança Climática e Saúde: um perfil do
2334 Brasil. Organização Pan-Americana da Saúde; Ministério da Saúde – Brasília, Organização Pan-
2335 Americana da Saúde, 2009.
- 2336 Pandolfo, C.; L.A. Hammes; L.N. Machado; A.M. Massignam; Silva, A.L.; H.J. Vieira, 2009:
2337 Mudanças climáticas e a área de produção da videira europeia (*Vitis vinifera* L.) no estado de Santa
2338 Catarina. In: Anais. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009, Belo Horizonte – MG.
- 2339 Pandolfo, C.; L.A. Hammes; C. Camargo; A.M. Massignam; E.S.P. Pinto; M. Lima; J.M.
2340 Milanez, 2007a :Estimativas dos impactos das mudanças climáticas nos zoneamentos da cultura da
2341 banana e da maçã no Estado de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, v.20, n.2, p.36-40.
- 2342 Pandolfo, C.; L.A. Hammes; C. Camargo; A.M. Massignam; E.S.P. Pinto; M. Lima; J.M.
2343 Milanez, 2007b: Estimativas dos impactos das mudanças climáticas no zoneamento da cultura do
2344 feijão no Estado de Santa Catarina. *Revista Agropecuária Catarinense*, v.20, n.3, p.39-42.
- 2345 Prudêncio, R.S.; R. Geremias; R.W.V. Veado, 1999: Análise do ritmo pluviométrico do litoral
2346 catarinense. In: *Anais Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 11., 1999, Sociedade Brasileira
2347 de Agrometeorologia, 1999. p. 1055-1063.
- 2348 Quadro, M.F.L; L.H.L. Machado; S. Calbete; N.N.M. Batista, G.S. Oliveira , 1996:
2349 Climatologia de Precipitação e Temperatura no período de 1986 a 1996. *Climanálise Especial*,
2350 Edição Comemorativa de 10 anos.
- 2351 Rao, V.B.; K. Hada,1990: Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and
2352 connections with southern oscillation. *Theoretical and Applied Climatology*, v.42, p.81-91.
- 2353 Ricce, W. da S.; P.H. Caramori; H. Moraes; D.A.B. Silva; L.T. Ataíde, 2009: Análise de
2354 tendências na temperatura e precipitação em Londrina, Estado do Paraná.In: Anais Congresso
2355 Brasileiro da Agrometeorologia, Belo Horizonte, MG, 2009.
- 2356 Satyamurty, P.; C.A. Nobre; P.L.S. Dias, 1998: South America. *Meteorology of the Southern*
2357 *Hemisphere*, v.27, n.49, p.119-139.
- 2358 SEAB - Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, 2008: Produção
2359 Agropecuária Comparativo Paraná - Brasil. Disponível em:
2360 <<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/cprbr.pdf>> Acesso em: 29 de setembro de 2011.
- 2361 Silva Neto, B. e Frantz, T.R., 2003: Dinâmica da agricultura e desenvolvimento no Rio
2362 Grande do Sul. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.41, n.3.
- 2363 SILVA, M.E.S e A.K. Guetter, 2003: Mudanças climáticas regionais observadas no estado do
2364 Paraná. *Revista Terra Livre*, São Paulo-SP, vol. I, n. 20, p. 111-126,.
- 2365 Siqueira, O.J.F.; J.R.B. Farias; L.M.A Sans, 1994: Potential effects of global climate change
2366 for brazilian agriculture and adaptative strategies for wheat, maize and soybean. *Revista Brasileira*
2367 *de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.2, p.115-129.
- 2368 SOS Mata Atlântica e INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2010: Atlas dos
2369 Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período 2008-20010. Relatório Parcial. São Paulo,
2370 60p. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas-relatorio2008-2010parcial.pdf>. Acesso em: outubro de 2010.
- 2371

- 2372 Steinmetz, S.; O.J.W. Otávio.; M.S. Wrege; F.G. Herter; C. Reisser Jr., 2005: Aumento da
2373 temperatura mínima do ar na região de Pelotas, sua relação com o aquecimento global e possíveis
2374 conseqüências para o arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: Anais Congresso Brasileiro de
2375 Agrometeorologia, 14., 2005, Campinas. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2005.
- 2376 Streck, N.A.; C.M. Alberto, 2006: Simulação do impacto da mudança climática sobre a água
2377 disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. *Ciência Rural*,
2378 v.36, n.2, p.424-433.
- 2379 Streck, N.A.; L.F. Gabriel; T.C. Buske; I. Lago; F.K. Samboranhã; A.P. Schwantes, 2010:
2380 Simulating leaf appearance in a maize variety. *Bioscience Journal*, v.26, p.384-393.
- 2381 Studzinski, C.,1995: Um estudo da precipitação na região Sul do Brasil e a sua relação com os
2382 Oceanos Pacífico e Atlântico tropical Sul. São José dos Campos,1995, 99 p. Dissertação (Mestrado
2383 em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- 2384 Suertegaray, D.M.A.,1987: A trajetória da natureza: um estudo geomorfológico sob os areais
2385 de Quaraí/RS. 1987. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências
2386 Humanas. Universidade de São Paulo.
- 2387 Suertegaray, D.M.A., 1995: O Rio Grande do Sul descobre os seus “desertos”. *Ciência &*
2388 *Ambiente*, n.11, p.33-52.
- 2389 Suertegaray, D.M.A.; L.A. Guasselli; R. Verdum, (Org.),2001: Atlas da Arenização Sudoeste
2390 do Rio Grande do Sul. Secretaria da Coordenação e Planejamento e Secretaria da Ciência e
2391 Tecnologia Governo do Estado do RS, 1.ed. Porto Alegre, 84p.
- 2392 Teixeira, M.S. 2004: Atividade de ondas sinópticas relacionadas a episódios de chuvas
2393 intensas na região Sul do Brasil. 2004, 94p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). INPE, São
2394 José dos Campos.
- 2395 Thompson, J. e C.Cairncross, 2002: Drawers of water: assessing domestic water use in Africa.
2396 *Bull Who*, v. 80, p. 61-62.
- 2397 Tucci, C. E. M. e R. T. Clarke,1998: Environmental issues in the La Plata Basin. *Water*
2398 *Resources Development*, v. 14, n. 2, p.157-173.
- 2399 Tucci, C.E.M., 2001: Bacias brasileiras do rio da Prata: Avaliações e propostas. ANA,
2400 Agência Nacional de Águas. 124p.
- 2401 Tucci, C.E.M., 2003: Drenagem urbana. *Ciência e Cultura*, v.55, n.4, São Paulo.
- 2402 Tucci, C.E.M. e R.T. Clarke, 1997: Impacto das Mudanças da cobertura vegetal no
2403 escoamento: Revisão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.2, n.1, p.135-152.
- 2404 UK MET OFFICE, 2005: Climate change, rivers and rainfall. Recent research on climate
2405 change science from the Hadley Centre. December 2005. UK Met Office, Exeter.
- 2406 Walter, L.C.; N.A. Streck; H.T. Rosa; C.A.M.B. Kruger, 2010: Mudança climática e seus efeitos na
2407 cultura do arroz. *Ciência Rural*, v.40, n.11, p.2411-2418.
- 2408 Webster, P.J.; G.J. Holland, J.A. Curry; H.R. Chang , 2005: Changes in Tropical Cyclone
2409 Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment. *Science*, v.309, n.5742, p.1844-1846.
- 2410 Wrege, M.S.; P.H. Caramori ; F.G. Herter; S. Steinmetz; C. Reisser Jr; R. Matzenauer ; H.J.
2411 Braga, 2010: Impact of global warming on the accumulated chilling hours in the Southern Region
2412 of Brazil. *Acta Horticulturae*, v.872, p.31-40.
- 2413 Zhao, F.; L. Zhang; Z. Xu; D.F. Scott, 2010: Evaluation of methods for estimating the effects
2414 of vegetation change and climate variability on streamflow. *Water Resour. Res.*, 46, W03505,
2415 doi:10.1029/2009WR007702.
- 2416

2417 **8.4.A Região Sudeste do Brasil**

2418 **8.4.1. Introdução**

2419 A Região Sudeste é formada pelos estados do Espírito Santo (ES), Minas Gerais (MG), Rio de
2420 Janeiro (RJ) e São Paulo (SP) totalizando uma área de 924.266 km² equivalentes a 10,86% do
2421 território brasileiro (IBGE, 2011), com uma população de 80.353.724, distribuída em: 3.514.952
2422 habitantes em 78 municípios do ES (densidade demográfica de 76,25 hab/km²); 19.597.330 habitam
2423 os 853 municípios de MG (densidade demográfica de 33,41 hab/km²); 15.989.929 são habitantes
2424 dos 92 municípios do RJ (densidade demográfica 365, 23 hab/km²); e 41.262.199 residem no estado
2425 de SP dividido em 645 municípios (densidade demográfica 166,25 hab/km²) (IBGE, 2011).

2426 Embora a Região Sudeste esteja localizada, quase que em sua totalidade, em área tropical entre as
2427 latitudes 14° e 25°, seu clima caracteriza-se como o mais diverso das regiões brasileiras, devido à
2428 sua distribuição longitudinal e pela altimetria de seu território, que abrange o Planalto Atlântico e as
2429 Serras do Mar, da Mantiqueira, do Espinhaço, dos Órgãos, da Canastra e de Caparaó, quase todas
2430 dispostas no sentido norte-sul produzindo assim um clima tropical de altitude e incrementam as
2431 chuvas locais pelo efeito orográfico, além de constituírem uma barreira às precipitações, que
2432 diminuem no sentido leste-oeste devido ao relevo. A dinâmica atmosférica da região é influenciada
2433 por sistemas atmosféricos da baixa troposfera e pelas Zonas de Convergência do Atlântico Sul
2434 (ZCAS), resultantes do corredor de umidade da massa equatorial continental no sentido noroeste-
2435 sudeste das linhas de instabilidade do ar tropical e dos Complexos Convectivos de Meso-Escala
2436 (CCM's) que, somados, intensificam as perturbações e instabilidades no clima da região (Sant'Anna
2437 Neto, 2005).

2438 A região apresenta, em decorrência desses fatores, 14 subtipos climáticos regionais (IBGE, 2006
2439 apud Sant'Anna Neto, 2005), a partir das temperaturas médias e do regime pluviométrico, em três
2440 grandes conjuntos, sendo o primeiro grupo caracterizado por climas quentes, com 5 subdivisões
2441 possíveis em função da distribuição pluvial; o segundo grupo denominado subquente com
2442 temperaturas médias ligeiramente influenciadas pela altitude, mas com características
2443 pluviométricas semelhantes ao interior; e o terceiro grupo composto por subtipos climáticos
2444 mesotérmicos, com temperaturas mais brandas e maior uniformidade na distribuição sazonal das
2445 chuvas (Neto, 2005).

2446 Os solos da Região Sudeste também apresentam grande variedade por sua localização numa zona de
2447 transição climática e devido à sua diversidade de relevo, vegetação e material geológico de origem,
2448 e podem ser classificados em quatro grandes áreas: a) região semi-árida, ou "polígono das secas",
2449 situada ao norte da Região Sudeste e Minas Gerais cujos solos apresentam similaridade com os do
2450 sertão nordestino; b) faixa litorânea que compreende depósitos arenosos, onde se encontram
2451 principalmente neossolos quartzarênicos e espodosolos nas areias da orla costeira, e outros
2452 sedimentos além de alguns tabuleiros onde são mais comuns os latossolos e argissolos amarelos; c)
2453 área montanhosa que compreende a maior parte dos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e
2454 partes do leste de São Paulo e Minas Gerais, sendo predominantes os argissolos e latossolos
2455 vermelho-amarelos desenvolvidos principalmente em materiais derivados de granitos, gnaisses e
2456 xistos nas áreas de relevo mamelonar (conhecido como "mar de morros") e neossolos litólicos e
2457 Cambissolos nas áreas de relevo com declives acentuados; d) planaltos de origem sedimentar,
2458 situados no oeste dos Estados de Minas Gerais e São Paulo com predominância de latossolos
2459 (vermelho-amarelo e vermelho) e neossolos quartzarênicos sendo que os solos mais produtivos
2460 dessa região, tais como as "terras roxas", acham-se nos vales dos rios Parnaíba, Grande e
2461 Paranapanema e em grande parte do oeste de São Paulo (Lepsch, 2005).

2462 Em suma, ao se observar a distribuição de solos na Região Sudeste, segundo levantamento e mapas
2463 de solos do Brasil efetuados por Manzatto, Freitas Jr. e Peres (2002), constata-se que as classes de
2464 solos encontradas na região são: Argissolos (20,68%), Cambissolos (8,64%), Chernossolos

2465 (0,21%), Espodosolos (0,37%), Gleissolos (0,5%), Latossolos (56,30%), Neossolos (9,38%),
2466 Nitossolos (2,56%), Planossolos (0,16%), Vertissolos (1,20%), e uma porcentagem de água no solo
2467 de 1,20%. Salvo pelas faixas litorâneas de dunas, os solos da Região Sudeste tiveram origens
2468 graníticas, basálticas e gnáissicas antigas altamente intemperizados, tendo sido, portanto, a chuva e
2469 a temperatura da região, mais determinantes que o próprio solo para a formação vegetal desta área
2470 (Dean, 2004).

2471 Sob o domínio dos biomas Mata Atlântica e Cerrado, a vegetação da região é composta tipicamente
2472 pelas fisionomias Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e Savana.
2473 Atualmente, a Floresta Ombrófila Densa restringe-se a poucos agrupamentos isolados nas encostas
2474 voltadas para o mar, nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina
2475 (Veloso et al., 1991). A Floresta Estacional Semidecidual é um dos ecossistemas florestais
2476 brasileiros mais ameaçados e está restrita, no momento, a alguns poucos fragmentos remanescentes
2477 com apenas 6,8 % da sua área total preservada dentro de unidades de conservação (Ribeirito et al.,
2478 2009 apud Brassaloti et al., 2010). Está distribuída por quase todo o Estado do Espírito Santo,
2479 principalmente nas áreas de altitudes baixas e medianas, onde ocupam em sua maioria, áreas úmidas
2480 e acompanham cursos d'água, tendo relevância na proteção de recursos hídricos (Barata e
2481 Confalonieri, 2011). Sua devastação está associada principalmente à expansão das fronteiras
2482 agrícolas no início do século XX (Duigan et al., 2000 apud Brassaloti et al., 2010)

2483 Além de apresentar a maior densidade demográfica do país e o mais alto índice de urbanização a
2484 Região Sudeste tem a economia mais industrializada de todas as regiões do país, com apenas 12,8%
2485 de população ocupada no ramo agrícola (IBGE, 2001).

2486

2487 **8.4.2. Características Peculiares da Região (Mudanças de Uso da Terra)**

2488 O avanço da produção agrícola e a urbanização nos estados da Região Sudeste provocaram
2489 desmatamentos das áreas de florestas, restinga e mangue, do bioma Mata Atlântica. No período
2490 2008-2010 este bioma recobriria parcialmente os estados de Minas Gerais e São Paulo, e
2491 integralmente os estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Para o ano de 2010 o remanescente
2492 desse bioma, somadas, as áreas de Floresta, Restinga e Mangue, totalizavam 11,07% no Espírito
2493 Santo, 10,4% em Minas Gerais, 19,61% no Rio de Janeiro, enquanto em São Paulo as áreas de
2494 Floresta e Restinga contabilizam 15,78% remanescentes. O desflorestamento ocorrido nos anos de
2495 2008 a 2010 totaliza 0,05% no Espírito Santo, 0,45% em Minas Gerais, 0,03% no Rio de Janeiro e
2496 0,02% em São Paulo (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2011).

2497 Informações mais detalhadas sobre as emissões e remoções de CO₂ decorrentes do uso da terra,
2498 mudança do uso da terra e florestas, foram localizadas para o Estado de São Paulo, onde a emissão
2499 de CO₂ diminuiu sensivelmente no período de 1994 a 2002, e mantém-se num declínio menos
2500 acentuado nos períodos analisados de 2002 a 2005 e 2005 a 2008. As remoções de CO₂
2501 predominam no balanço entre emissões e remoções de CO₂ neste setor no Estado, na análise
2502 efetuada no período de 1994 a 2008 (FUNCATE, 2012).

2503 O processo de ocupação desta região do Brasil guarda algumas especificidades, como a criação de
2504 gado e a cultura do café, que foram uma alavanca poderosa para a sua ocupação. O triângulo
2505 mineiro era uma área tradicionalmente ocupada pela criação de gado em grandes fazendas e com a
2506 presença de cultivos da pequena produção agrícola para consumo local e regional, em áreas de
2507 cerrado. Uma das culturas pioneiras a ocupar o Sudeste foi o café, que por um longo período foi o
2508 principal gerador de riquezas para o Brasil, em especial, São Paulo. A riqueza acumulada pela
2509 produção e exportação do café também determinou o povoamento da Província do Rio de Janeiro e
2510 firmou a então capital do Brasil como centro de irradiação para a ocupação da Região Sudeste no
2511 século XIX. O café seguiu os passos da lavoura canavieira nas terras do Rio de Janeiro, começando
2512 nos arredores da capital, aproveitando a estrutura desta plantação pré-existente. Teve início como

2513 agricultura complementar e depois, aproveitando a elevação dos preços internacionais, chegou à
2514 região serrana deste estado. (Heredia et al. 2010).

2515 A devastação das florestas diminuiu de tal forma os mananciais que abasteciam a então capital, que
2516 instigou o governo, alarmado com a situação em 1857, a iniciar a desapropriação de propriedades
2517 da Tijuca. E em 1861, foi iniciado o reflorestamento da região, a fim de proteger os mananciais da
2518 cidade. No início dos anos de 1880 estavam plantados no estado aproximadamente 700.000 hectares
2519 com café e a produção era exportada pelo Porto do Rio. Essa riqueza viabilizou o desenvolvimento
2520 de várias cidades e vilas no caminho em busca por solos virgens e produtivos e áreas ainda
2521 florestadas (Laerne, 1885 apud Melo, 2008). Esta área cafeeira com cerca de 75.000 km², pertencia
2522 às antigas Províncias do Rio e de Minas Gerais (na parte leste entre o Rio Paraíba do Sul e a Serra
2523 da Mantiqueira com cerca de 35.000 km²) e uma pequena área de São Paulo e Espírito Santo (Melo,
2524 2008).

2525 A área onde hoje se localiza a Floresta da Tijuca foi devastada, primeiro para a produção de carvão
2526 e depois ocupado por cafeeiros no século XIX. O Rio era então responsável pela sua produção e
2527 escoamento. Esta cultura em áreas com declive acentuado e sem manejo adequado para a
2528 preservação do solo gerou erosões intensas, as terras se esgotaram rapidamente e a cultura migrou
2529 para o oeste da província de São Paulo, centralizando-se em Campinas e estendendo-se até Ribeirão
2530 Preto. A cultura cafeeira penetrou no Estado de São Paulo vinda do Rio através do Vale do Paraíba.
2531 Alastrou-se rapidamente atingiu o centro oeste paulista e seguiu em direção ao Espírito Santo
2532 (Melo, 2008).

2533 Em meados do século XIX, o café já era o principal produto comercial brasileiro, representou 3/4
2534 do valor das exportações da época, influenciando profundamente na ocupação da região. A
2535 introdução das ferrovias viabilizou a vinda em massa de imigrantes e a ocupação das terras
2536 motivada pelo café e ajudada pela expansão das ferrovias (Carvalho, 2007). 79% do café embarcado
2537 pelo Porto do Rio em 1850 eram provenientes da própria província, o Espírito Santo respondia com
2538 2%, Minas Gerais com 8% e São Paulo com 11%, e o café respondia por 40% das exportações do
2539 Brasil. O açúcar, o segundo produto do Brasil de então, representava cerca de 30% (Ferreira, 1860
2540 apud Melo, 2008). Por volta de 1885, toda a região centro-oriental paulista já estava efetivamente
2541 ocupada, a produção cafeeira do estado representava metade de toda a produção brasileira, e a
2542 migração de mineiros e cariocas foi expressiva, seguida pela chegada dos estrangeiros.

2543 Até a década de 30 a cultura cafeeira foi a base da economia do país e era sediada principalmente
2544 no Sudeste, em especial no Estado de São Paulo, sendo responsável pelo desenho da sua
2545 urbanização. Assim, a história do desmatamento desta região segue a mesma trilha da expansão
2546 cafeeira. A produção cafeeira se deslocou para o sul de Minas Gerais, principalmente a partir da
2547 década de 80 e um dos motivos desse deslocamento são os riscos climáticos de São Paulo, em
2548 especial, as geadas e as secas, que provocaram queda na rentabilidade da cultura. Por outro lado no
2549 Estado de São Paulo, principalmente a partir dos anos 70, uma cultura mais rentável, a da cana de
2550 açúcar ocupou espaços abertos anteriormente pelos cafeeiros, incentivada pela implantação de uma
2551 política energética nacional de biocombustíveis, o Plano Proálcool (Carvalho, 2007).

2552 O café foi certamente um dos principais propulsores para construção de ferrovias, em particular na
2553 região sudeste. Embora a estrada de ferro trouxesse o gado mais depressa ao mercado, reduzindo
2554 dessa forma a necessidade de derrubada de florestas ao longo das trilhas de gados que se estendiam
2555 até o Rio de Janeiro a demanda urbana por carne de boi era muito maior e o gado, ao fim das longas
2556 marchas que o traziam até os terminais ferroviários ainda tinha de ser engordado. Eram estocados
2557 nos terminais de São Paulo e Minas Gerais mais de um milhão de cabeças o que implicava na
2558 queima de cerca de 2500km² de floresta primária para plantar pastos artificiais e alimentar esse
2559 gado anualmente ao fim dos deslocamentos (Dean, 2004).

2560

2561

2562 A produção de açúcar, por sua vez, até 1700 (150 anos após a sua exportação alcançar escala
2563 comercial) além de ter eliminado uns mil km² de Mata Atlântica com os campos de cana,
2564 assumindo-se um crescimento quase constante e um tempo médio de quinze anos para o abandono
2565 de campos “cansados” para a agricultura de subsistência ou pastagens, consumia floresta na forma
2566 de lenha queimada no processo de cristalização do caldo da cana, o que teria consumido mais de
2567 1200 km² de floresta no curso de 150 anos calculando-se duzentas toneladas de lenha por hectare
2568 (Dean, 2004).

2569 A laranja também foi introduzida e na década de 80 e o país se tornou o primeiro produtor mundial
2570 de suco. O esgotamento dos solos com a cultura do café, que empobreceu significativamente as
2571 áreas férteis, além dos fatores anteriormente citados, encorajou a reconversão das antigas regiões
2572 cafeeiras a outras culturas. Novas políticas de liberalização da política cafeeira nacional trouxeram
2573 novas possibilidades para a produção cafeeira no Brasil a partir dos anos 80, mas foram outros
2574 estados, além de São Paulo e Paraná, que ao longo das décadas de 80 e 90, aproveitaram da melhor
2575 maneira possível à nova conjuntura, em especial, Minas Gerais (Broggio et al., 1999). Segundo
2576 informações da Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais, o
2577 estado é o maior produtor de café atualmente, respondendo por 52% da produção nacional.

2578 Em similitude ao que ocorreu no sul do país, pode-se afirmar que a destruição das matas pluviais e
2579 sua substituição por cafezais, quase sem deixar reservas de matas ou florestas de proteção de
2580 nascentes em muitas áreas, aumentou a variabilidade da precipitação, ou seja, das chuvas,
2581 intensificando a ocorrência de escassez e ou sua abundância, como aconteceu no Paraná (Maack,
2582 1981). Também ocorreu no Sudeste um processo similar, no qual o desmatamento das décadas de
2583 30 e 50 do século passado teve o mesmo efeito, e foi iniciado no processo de modernização agrícola
2584 (Kageyama, 1990).

2585 Um experimento numérico com o modelo BRAMS (*Brazilian RAMS*) realizado sobre o Sudeste do
2586 Brasil com objetivo de investigar as mudanças no clima devido às mudanças no uso da terra nos
2587 últimos 150 anos mostrou que estas influenciaram o padrão espacial da precipitação com o
2588 incremento em algumas áreas e diminuição em outras, com forte dependência do tipo e distribuição
2589 da vegetação, além de evidenciar uma redução de 5% na precipitação média anual e um incremento
2590 de até 0,6°C na temperatura do ar, sobre toda a área do sudeste brasileiro (Négron Juárez e Rocha,
2591 2004).

2592 O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) ressalta em relatório que as
2593 florestas podem estar entre as principais vítimas das mudanças climáticas, resultantes de impactos
2594 danosos sobre o meio ambiente, ecossistemas em especial sobre os meios de subsistência, para as
2595 populações que são diretamente dependentes da floresta e de outros ecossistemas (IPCC, 2001 apud
2596 Pellegrino et al., 2007).

2597

2598 **8.4.3. Variabilidade e mudanças climáticas**

2599 O IPCC no Quarto Relatório de Avaliação das Mudanças no Clima do Planeta, divulgado em 2004,
2600 denominado IPCC-AR4, demonstrou conclusivamente os perigos do aumento da concentração de
2601 gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, resultantes da baixa capacidade dos países em reduzir
2602 suas emissões, onde se projeta um aumento de temperatura global entre 2 °C a 4,5 °C a mais do que
2603 os níveis registrados antes da Era Pré-Industrial. A estimativa mais certa fala em um aumento
2604 médio de 3° C, assumindo que níveis de dióxido de carbono (CO₂) se estabilizem 45% acima da
2605 taxa atual (IPCC, 2004 apud Marengo et al., 2007).

2606 Para o Brasil, a temperatura média aumentou aproximadamente 0,75°C até o final do Século XX,
2607 considerando a média anual 1961-90 de 24,9°C. O ano mais quente no Brasil no século XX foi o
2608 ano de 1998, com um aumento de até 0,95°C em relação à normal climatológica de 24,9°C. Ao nível
2609 regional pode se observar que, para o período de 1951-2002, as temperaturas mínimas aumentaram.

2610 As tendências de aquecimento são detectadas ao nível anual e sazonal, com maiores aquecimentos
2611 no inverno e primavera (Relatório 2, Obregon e Marengo, 2007 apud Marengo et al., 2007).

2612 Tendências lineares de chuva anual no período de 1951-2002 forma observados (Marengo et al.,
2613 2007). Observam-se as tendências positivas de até +120 mm/década na maior parte do Sul e
2614 Sudeste do Brasil, assim como alguns postos pluviométricos com tendências negativas em Minas
2615 Gerais e Rio de Janeiro. Estudos têm mostrado relação de extremos de chuva no Sudeste e Sul do
2616 Brasil à frequência e intensidade padrão de circulação como a Zona de Convergência do Atlântico
2617 Sul (ZCAS) ou o Jato de Baixos Níveis da América do Sul (SALLJ), em especial pode-se citar o
2618 Relatório 1 que mostra tendências positivas de noites quentes no Sudeste do Brasil, que vão de 5%
2619 na década de 1950 até quase 35% no início do Século XXI, enquanto a tendência de dias frios tem
2620 apresentado frequência de 25-30% na década de 1970, chegando até 5-10% em 2001-2002,
2621 consistente com tendências positivas de grande magnitude nas temperaturas mínimas e em menor
2622 grau das temperaturas máximas no Brasil. Os dados das estações analisadas, mostram uma
2623 tendência de aumento dos episódios de chuva intensa, definidos pelo índice R10 (número de dias
2624 com mais de 10 mm) e pelo índice de extremos de chuva intensa definido pelo índice R95t (fração
2625 total de precipitação devido a eventos de chuva acima do percentil de 95th) em grande parte do
2626 Sudeste da América do Sul, Centro de Argentina e até o Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Na
2627 Região Sudeste, as tendências de chuva aparecem mais intensamente no Estado de São Paulo,
2628 enquanto a falta de dados de chuva não permite estender a análise para Minas Gerais. Vários
2629 estudos já identificaram tendências positivas no número de dias com chuva intensa e chuva muito
2630 intensa concentrada em curto tempo, e na quantidade de chuva concentrada em eventos chuvosos
2631 que são indicadores de chuvas que produzem enchentes durante 1961-2000 (Marengo e Valverde,
2632 2007 apud Marengo et al., 2007). Portanto, o Sudeste não mostrou mudanças perceptíveis, ou certo
2633 aumento até finais do século XX, mas as chuvas poderiam ser mais intensas (Marengo, et al., 2007).

2634 A média dos modelos estudados (Marengo et al., 2007) é indicativa de maior probabilidade de
2635 redução de chuva nestas regiões como consequência do aquecimento global. Para o futuro, a Bacia
2636 do Prata ainda apresenta tendências positivas, enquanto que para as regiões tropicais se detecta
2637 tendências positivas na Amazônia e negativas no nordeste e Sudeste do Brasil, contrastando com as
2638 tendências detectadas no presente. As observações mostram que para o Sudeste da América do Sul
2639 os modelos para o clima do presente simulam bem as tendências observadas de aumento de chuvas
2640 intensas, representadas pelo índice R10, e então as tendências futuras têm um alto grau de certeza
2641 para esta região.

2642 Poucos estudos são focados no impacto das mudanças climáticas sobre a biodiversidade do Brasil
2643 (Canhos et al., 2008), destacando-se dentre essa reduzida literatura, os estudos de impacto sobre
2644 espécies arbóreas de Cerrado (Siqueira; Peterson, 2003) e sobre espécies arbóreas da Mata Atlântica
2645 (Colombo, 2007). No primeiro caso a vulnerabilidade de espécies arbóreas do cerrado brasileiro ao
2646 impacto de mudanças climáticas foi avaliada (Siqueira e Peterson, 2003 apud Canhos et al., 2008) a
2647 partir de 162 espécies arbóreas selecionadas e futuras áreas potenciais de ocorrência dessas espécies
2648 foram projetadas, baseadas em dois cenários climáticos do IPCC (2007), evidenciando uma perda
2649 de área maior que 50% para todas as espécies analisadas nos dois cenários. Esse processo indica a
2650 perda ou significativa redução de áreas habitáveis na região do Cerrado para grande parte das
2651 espécies estudadas (Canhos et al., 2008). Seguindo essa tendência, os resultados do estudo da
2652 vulnerabilidade de espécies da Mata Atlântica, mostram uma redução de área para todas as 38
2653 espécies analisadas em média de 25% (cenário mais otimista) e de 50% (cenário mais pessimista)
2654 com o deslocamento para o sul, em relação à distribuição atual dessas espécies.

2655

2656 **8.4.4.Cenários Climáticos**

2657 De acordo com o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças
2658 Climáticas (IPCC- AR4) (IPCC, 2007), no capítulo para América Latina, nos últimos anos, esta tem

2659 sido afetada severamente por eventos extremos e pela variabilidade climática, destacando-se relatos
2660 como as secas na Amazônia (2005) e observadas no sul do Brasil (2004, 2005, 2006), o furacão
2661 Catarina no Atlântico Sul (2004), entre outros. As mudanças no uso da terra têm afetado
2662 sensivelmente o clima na América do Sul (IPCC, 2004 apud Marengo e Valverde, 2007). Ainda
2663 segundo o relatório, podem-se observar aumentos de chuva no sudeste. Os mesmos modelos
2664 utilizados em IPCC – ARC4 (Vera et al., 2006 apud Marengo e Valverde, 2007), para o período
2665 2070-2099 do cenário A1B, apontam para aumento da precipitação na América do Sul subtropical
2666 durante o verão, redução de precipitação durante o inverno em quase todo o. Destaca-se também a
2667 menção a um possível impacto das mudanças nos regimes hidrológicos e térmicos na bacia do
2668 Paraná-Prata, e a consideração da grande contribuição desta bacia ao produto interno bruto (PIB) do
2669 Brasil (Marengo e Valverde, 2007).

2670 Entre as principais metrópoles do Sudeste, cita-se como exemplo para cenários climáticos futuros,
2671 as principais ameaças naturais no município do Rio de Janeiro, que estão associadas a enchentes e
2672 inundações, além dos movimentos de massa, como os deslizamentos ou escorregamentos, processos
2673 que ocorrem no período chuvoso, o que demanda análise dos cenários de risco e das condições de
2674 vulnerabilidade em conjunto com as projeções de intensificação de ocorrência de eventos
2675 pluviométricos no município, considerando ainda, a expansão urbana, a forma de uso e ocupação do
2676 solo e o planejamento do município (Young e Hogan, 2010). Destaca-se que a situação do Rio é
2677 comum as enfrentadas pelas outras regiões metropolitanas do Sudeste, sendo que a área
2678 metropolitana não responde de modo homogêneo aos eventos associados às mudanças climáticas
2679 devido à diversidade de situações naturais e sociais ali encontradas. As áreas atingidas pelas
2680 inundações, que possam vir a resultar da combinação da elevação do nível do mar com eventos
2681 extremos, terão efeitos diferenciados sobre a estrutura produtiva, sobre os grupos sociais e as
2682 condições ambientais. Além dos impactos geoeconômicos significativos para o Estado do Rio de
2683 Janeiro e a sua metrópole, uma vez que a principal atividade econômica do estado, a extração de
2684 petróleo e gás natural “offshore”, é uma atividade extremamente vulnerável a eventos extremos
2685 (Egler, 2008).

2686 Estudos apontam para uma elevação média na temperatura da Região Metropolitana de São Paulo
2687 de 2° C a 3° C, entre 2070 e 2100, que pode dobrar o número de dias com chuvas intensas (acima de
2688 10 mm). Nesse contexto, as principais vulnerabilidades desta região metropolitana são as enchentes
2689 e as inundações com alta energia de escoamento, e as enxurradas com alto potencial de arraste, além
2690 de alagamentos, escorregamento de massas em encostas, e eventos pluviométricos mais severos
2691 (Nobre et al., 2010b). As áreas de alta vulnerabilidade ambiental e social do município de São Paulo
2692 abrangem em sua maioria, áreas de favelas que possuem condições socioeconômicas
2693 significativamente piores, além de maior concentração de crianças e jovens do que aquelas com
2694 baixa ou média vulnerabilidade ambiental (Alves, 2006). Além disso, estudos observacionais na
2695 cidade de São Paulo detectam que os eventos extremos de chuva acima de 50 mm/dia têm se
2696 tornado mais frequentes e intensos desde 1960, mais devido aos efeitos da urbanização do que aos
2697 da mudança do clima (Nobre et al., 2010a). Para o período de 1931 a 2010 foi analisada a evolução
2698 dos extremos na precipitação diária na cidade de São Paulo e encontraram-se tendências de aumento
2699 positivas. Os índices climáticos explicam 85% da variância da frequência dos extremos de chuva
2700 diária na estação seca. Na estação chuvosa há maior correlação com a temperatura da superfície do
2701 mar nas proximidades da costa do Estado de São Paulo e essa temperatura e os índices climáticos
2702 explicam a menor fração da variância dos extremos, quando comparado com a estação seca. Essa
2703 correlação indica que outros fatores como, por exemplo, a ilha de calor urbana e a poluição do ar
2704 devam ser consideradas como causas possíveis para as tendências observadas ao longo dessas quase
2705 oito décadas de observação. A evolução dos eventos extremos diários de precipitação mostra as
2706 tendências ao longo do período de análise, que são maiores para os eventos mais extremos (Silva
2707 Dias et al., 2012).

2708

2709 Dados climáticos foram analisados de longo período para 12 grandes cidades sobre o globo (Blake
2710 et al., 2011 apud Grimm e Sampaio, 2012). Destas, 10 apresentaram tendências de aquecimento,
2711 sendo que em 7 delas esta tendência é significativa. No século passado, entre todas elas, a maior
2712 tendência de aquecimento ocorreu em São Paulo (+0,27°C/década).

2713 Na região do planalto brasileiro, que inclui a maior parte da Região Sudeste, os erros do Modelos
2714 Climáticos Regionais (MCR) foram maiores para todas variáveis analisadas. As comparações das
2715 simulações de janeiro e julho mostram um desempenho melhor no período de inverno. Os campos
2716 de precipitação e temperatura que foram simulados para os cenários A2 e B2 durante o verão
2717 mostraram padrões muito similares, embora o primeiro mostre-se mais intenso, como seria
2718 esperado. No Sudeste observa-se anomalias positivas entre 2 e 4 mm/dia, enquanto no Brasil
2719 observa-se anomalias negativas de precipitação, principalmente na sua parte norte. No campo de
2720 temperatura o estudo mostra anomalias positivas em toda a América do Sul. Estes resultados
2721 apontam para um quadro de monção sul-americana mais seca e quente (Nicolini et al., 2002 apud
2722 Ambrizzi et al., 2007).

2723

2724 **8.4.5.Mudança no Ciclo Hidrológico**

2725 O clima e o ciclo hidrológico estão estritamente relacionados. Há estimativas de que um acréscimo
2726 das temperaturas médias globais entre 2,0 e 4,5°C até o final do século possam ser acompanhadas
2727 por substantivas e perturbadoras modificações no ciclo hidrológico em todo o planeta (Poppe e
2728 Santos, 2007). Embora o Brasil apresente grande disponibilidade de água, essa disponibilidade, está
2729 intimamente ligada ao clima, e a sua distribuição em diferentes regiões do país é bastante desigual.
2730 A Região Sudeste do Brasil com grande oferta hídrica, por exemplo, é afetada pela falta de água
2731 relacionada com a urbanização descontrolada, o que a torna vulnerável quanto à escassez hídrica
2732 possivelmente decorrente das mudanças climáticas (Marengo et al., 2010).

2733 O Sudeste, desde 1940, tem mostrado aumentos sistemáticos na frequência de chuvas intensas, de
2734 até quase 58%/100 anos (Groisman et al., 2005 apud Marengo et al., 2010). Em relação a vazões
2735 dos rios, há uma clara tendência de aumento nas vazões do Rio Paraná e outros rios no sudeste da
2736 América do Sul (Marengo et al., 2010). Em Ituverava (SP), onde a precipitação total - média atinge
2737 (aproximadamente) 1460 mm, verifica-se uma deficiência hídrica em torno de 184 mm nos meses
2738 de abril a setembro, e um excedente hídrico de 464 mm nos meses de novembro a março como é
2739 típico da região sudeste do Brasil: as chuvas se concentram no verão e são escassas durante o
2740 inverno (Garcia, 2010). Em Lavras (MG) observou-se uma redução no total de precipitação normal
2741 anual de 1530 mm para 1460 mm na série observada de 14 anos (Dantas et al., 2007).

2742 Mudanças locais de curto prazo, no comportamento da tendência da chuva e da temperatura estão
2743 ocorrendo em Ribeirão Preto, Campinas e Presidente Prudente. De acordo com estudos
2744 climatológicos e de balanço hídrico no período de 1969 a 2001, Ribeirão Preto apresentou brusca
2745 diminuição na tendência das chuvas (120,4mm), aumento na tendência da temperatura (0,5°C) e na
2746 tendência da deficiência hídrica em 49,68mm, além de brusca diminuição na tendência do
2747 excedente hídrico, da ordem de 135,4mm. Já em Campinas, ocorreu aumento tanto na tendência
2748 das chuvas (78 mm) como na tendência da temperatura (0,4°C) e na tendência do excedente hídrico,
2749 da ordem de 114,7 mm. E em Presidente Prudente, houve um expressivo aumento na taxa de
2750 tendência da temperatura, da ordem de 1,1°C causando um aumento na tendência de deficiência
2751 hídrica da ordem de 84,65 mm e uma diminuição do excedente hídrico da ordem de 25,3 mm
2752 (Galina et al., 2004).

2753 Entre os principais rios do país, destaca-se na Região Sudeste os rios Paraná-Prata, importantes pela
2754 contribuição ao potencial hidroelétrico do país e pelos aspectos ecológicos, sociais, econômicos,
2755 inclusive as interfaces com a agricultura da região. Identificam-se nos estudos existentes sinais de
2756 possível impacto de mudanças nos regimes hidrológicos e térmicos na bacia do Paraná-Prata.

2757 Destaque-se que esta bacia é a área de localização das maiores cidades economicamente
2758 importantes do Brasil e do Sudeste da América do Sul (Marengo e Valverde, 2007).

2759 Um estudo que avalia o impacto de mudanças climáticas em vazões de rios em nível mundial,
2760 utilizando 12 modelos do IPCC-AR4 [a saber: [CCSM3, CGCM3.1(T63), ECHAM5/MPI-OM,
2761 ECHO-G, FGOALS-g1.0, GFDLCM2.0, GFDL-CM2.1, GISS-AOM, MIROC3.2 (hires), MRI-
2762 CGCM2.3.2, HadCM3 e HadGEM1] para o período entre 2041-2060 em relação ao clima atual, ano
2763 de referência 2005, demonstra possibilidade de aumentos de 20-60% nas vazões do rio Paraná-Prata
2764 e reduções entre 10-15% na Amazônia e em outras áreas do país. Os autores sugerem uma maior
2765 confiabilidade no estudo para as projeções na Amazônia e bacias do Sudeste da América do Sul,
2766 destacando-se as projeções futuras para a bacia do Paraná-Prata, e indicam uma continuidade das
2767 tendências observadas durante os últimos 50 anos (Milly et al., 2005 apud Marengo e Valverde,
2768 2007).

2769

2770 **8.4.6.Registros Históricos**

2771 A análise das diferenças entre as médias do período de 1991 a 2004 e do período de 1961 a 1990
2772 para as temperaturas máximas, médias e mínimas, indicaram que para a Região Sudeste a
2773 temperatura média apresentou um aumento de 0,6°C nos períodos estudados e para as temperaturas
2774 máxima e mínima os valores indicaram um aumento de 0,4°C, para a precipitação houve um
2775 aumento de 57 mm, o que representa um aumento de 4,8%. Destaque-se que a análise dos dados de
2776 temperatura do período de 1991 a 2004, indica um aumento de temperatura se comparados com os
2777 dados do período de 1961 a 1990, para todas as regiões estudadas (Norte, Nordeste, Centro – Oeste,
2778 Sudeste e Sul). Com relação às precipitações, existe uma grande variabilidade nas mesmas regiões e
2779 observa-se que a perda de água por evapotranspiração é bastante elevada em grande parte do
2780 território nacional, sendo em várias regiões acima de 80%, entre os menores valores encontrados
2781 está a Região Sudeste. Essa constatação indica que esta região é das mais críticas com referência à
2782 oferta de recursos hídricos, em função da variabilidade das suas precipitações (Salati et al., 2007).

2783

2784 **8.4.7.Projeções de Impactos sobre a Saúde Humana**

2785 O Primeiro Relatório Global sobre as Mudanças Climáticas e a saúde foi publicado pela
2786 Organização Mundial de Saúde (OMS) em 1990. Durante a Conferência das Nações Unidas sobre o
2787 Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), foi assinada a Convenção Quadro das Nações
2788 Unidas para Mudanças Climáticas. Contudo, o tema das mudanças climáticas chegou a mídia com
2789 maior intensidade no ano de 2007, principalmente a partir da divulgação do 4º Relatório de
2790 Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas em fevereiro e do filme “Uma
2791 Verdade Inconveniente”, influenciando na agenda de governos e pesquisas (Barcellos et al., 2009).

2792 Os fenômenos climáticos podem influenciar a saúde humana de forma direta ou indireta. No caso
2793 do Brasil, inúmeras doenças infecciosas endêmicas são sensíveis às variações do clima,
2794 principalmente as doenças de transmissão vetorial e por veiculação hídrica (Confalonieri, 2008) que
2795 podem ser agravadas com as enchentes ou secas que afetam a qualidade e o acesso à água
2796 (Barcellos et al., 2009). As flutuações climáticas sazonais produzem um efeito na dinâmica das
2797 doenças vetoriais, como por exemplo, a maior incidência da dengue no verão (Fenner et al., 2009).
2798 Com relação à malária, há a percepção equivocada de que essa endemia poderia se tornar endêmica
2799 em áreas localizadas fora da Amazônia, por decorrência do aquecimento global. Essa percepção se
2800 deve ao fato que a doença ocorreu em quase todo o país – inclusive na Região Sul – até há cerca de
2801 60 anos (Confalonieri, 2008).

2802

2803 O estudo do impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição de vetores de *leishmaniose* no
2804 Brasil mostra um ‘dramático’ aumento no potencial de distribuição de *Lutzomyia whitmani* no
2805 Sudeste do Brasil (Peterson e Shaw, 2003 apud Canhos et al., 2008). Além disso, pode aumentar a
2806 incidência também de doenças não-transmissíveis, que incluem a desnutrição e doenças mentais e
2807 levar a um quadro de alteração da disponibilidade de alimentos provocando subnutrição, com
2808 implicações no crescimento e desenvolvimento infantil, e intoxicações por agrotóxicos decorrentes
2809 dos impactos negativos na produção de alimentos (Fenner et al., 2009).

2810 Contudo, uma parte significativa dos estudos refere-se à variabilidade natural do clima e não às
2811 mudanças climáticas (Confalonieri et al., 2011). Alguns dos cenários de alterações climáticas são
2812 relatados, em especial, como consequência da intensificação dos eventos decorrentes do El Nino-
2813 Oscilação Sul (ENSO), como por exemplo, as enchentes no Sudeste. São conhecidos os impactos de
2814 chuvas fortes nas capitais do Sudeste, seguidas ou não por inundações, com morbidade e na
2815 mortalidade da população. Como exemplo, na cidade do Rio de Janeiro, um levantamento feito para
2816 o período 1966-1996 foi capaz de identificar pelo menos, 527 vítimas fatais de acidentes
2817 diretamente associados a chuvas e inundações. Da mesma forma, nessa cidade têm ocorrido surtos
2818 importantes de leptospirose (Confalonieri e Marinho, 2007).

2819 A variação das respostas da sociedade relacionadas às mudanças climáticas parece estar diretamente
2820 associada à vulnerabilidade individual e coletiva. Variáveis como: idade, perfil de saúde, resiliência
2821 fisiológica e condições sociais contribuem diretamente para as respostas relacionadas às variáveis
2822 climáticas. Estudos também apontam que alguns fatores que aumentam a vulnerabilidade dos
2823 problemas climáticos são uma combinação de crescimento populacional, pobreza e degradação
2824 ambiental. As condições atmosféricas podem influenciar o transporte de microrganismos, assim
2825 como poluentes oriundos de fontes fixas e móveis. Os efeitos das mudanças climáticas podem ser
2826 potencializados, dependendo das características físicas e químicas dos poluentes e das
2827 características climáticas como temperatura, umidade e precipitação, definindo o tempo de
2828 residência dos poluentes na atmosfera, inclusive possibilitando o seu transporte em longas
2829 distâncias. Estes poluentes conjugados às condições climáticas podem afetar a saúde de populações,
2830 mesmo que distantes das fontes geradoras de poluição (Barcellos et al., 2009).

2831 Mostra-se inevitável que as mudanças climáticas de longo prazo, possam exercer efeitos na saúde
2832 humana a nível global em áreas urbanas, lembrando que a Região Sudeste abriga quatro das grandes
2833 capitais brasileiras, além de cidades com mais 1 milhão de habitantes, que concentram grandes
2834 frotas de veículos e fontes estacionárias de emissão de poluentes (Barcellos et al., 2009). Uma
2835 exemplificação das dimensões deste fenômeno refere-se a números como: 46% da frota de
2836 caminhões cujos proprietários são empresas e 49% da frota com proprietário autônomo encontram-
2837 se no Sudeste do país (Motta et al., 2011).

2838 Também as condições sociais como situação de moradia, alimentação e acesso aos serviços de
2839 saúde são fatores que aumentam a vulnerabilidade de populações expostas aos episódios das
2840 mudanças climáticas, que somados à exposição a poluentes atmosféricos, poderão apresentar
2841 agravamento de quadros clínicos. Estudos epidemiológicos evidenciam um aumento de risco
2842 associado às doenças respiratórias e cardiovasculares, assim como da mortalidade geral e específica
2843 associadas à exposição a poluentes presentes na atmosfera. Alguns efeitos da exposição a poluentes
2844 atmosféricos são potencializados quando ocorrem alterações climáticas, principalmente as inversões
2845 térmicas, podendo-se citar como exemplo asma, alergias, infecções bronco-pulmonares e infecções
2846 das vias aéreas superiores, principalmente nos grupos mais vulneráveis, como as crianças menores
2847 de cinco anos e adultos maiores de 65 anos de idade (Barcellos et al., 2009).

2848 Essa população que se situa nos extremos da pirâmide etária, acima de 65 anos e abaixo dos 5 anos
2849 de idade, são mais vulneráveis nos casos em que temperatura ambiente fica fora da chamada “zona
2850 de conforto térmico”, causando alterações de mecanismos de regulação endócrina, de arquitetura do
2851 sono, de pressão arterial e do nível de estresse. Um evento meteorológico extremo matou 32

2852 pessoas na primeira semana de fevereiro de 2010, em Santos (SP) quando os termômetros mediram
2853 39 graus e a noite a umidade chegou a 21% (calor seco) (Nobre et al., 2010b).

2854

2855 **8.4.8. Projeções de Impactos sobre a Produção Agrícola e a Segurança** 2856 **Alimentar**

2857 Impactos diretos das mudanças climáticas na atividade agrícola, que podem afetar renda, produção,
2858 entre outros, podem causar um deslocamento dos cultivos, com repercussões setoriais e regionais
2859 em diversos setores econômicos, e desta forma na segurança alimentar, que é uma área de pesquisa
2860 que tem muito a ser desenvolvida, com resultados até agora agregados para o país. Saber a estrutura
2861 do consumo é importante para definir a vulnerabilidade e a disponibilidade de alimentos
2862 (Domingues, 2011).

2863 A geografia da produção nacional pode se alterar nas próximas décadas, influenciada pela
2864 intensificação das mudanças climáticas, caso medidas de mitigação e adaptação não sejam tomadas,
2865 diminuindo regiões aptas para cultivo no Brasil, no caso da cultura de café no Sudeste onde os
2866 Estados de São Paulo e Minas Gerais deverão perder parte significativa da área hoje cultivada
2867 (Deconto, 2008), caso não haja qualquer medida de adaptação como por exemplo desenvolvimento
2868 de novas variedades adaptadas à nova situação climática.. Baseando-se na tecnologia de
2869 Zoneamento de Riscos Climáticos e partindo do zoneamento de 2007 (Deconto, 2008) foram
2870 simulados os cenários agrícolas do Brasil para os anos de 2010, 2020, 2050 e 2070 - considerando
2871 as projeções de aumento de temperatura feitas pelo IPCC e adotando os cenários A2 e B2. Foi
2872 concluído que o café de espécie arábica é a cultura, dentre as nove estudadas, que mais claramente
2873 estará sujeita a uma reconfiguração geográfica com a possível migração do grão para o Paraná,
2874 Santa Catarina e Rio Grande do Sul, porém para que o café migre para o Rio Grande do Sul também
2875 teria que haver o desenvolvimento de novas variedades, já que a ausência de estação seca e o
2876 comprimento do dia são distintos da região original e a susceptibilidade a geadas e neves é bem
2877 maior. Mesmo que haja um incremento de produção na região Sul, este acréscimo pode não ser
2878 suficiente para compensar as perdas da cultura no Sudeste. Os pesquisadores enfatizam que embora
2879 a queda das áreas de baixo risco não seja brusca num primeiro momento no cenário B2 (6,75%) em
2880 2050 o total de terrenos favoráveis pode diminuir 18,3%, chegando a 27,6% em 2070, assim, o
2881 aquecimento pode trazer prejuízos de R\$ 628,5 milhões em 2020, R\$ 1,7 bilhão em 2050 e R\$ 2,55
2882 bilhões em 2070. Já no cenário A2, a queda de área de baixo risco começa com 9,48% em 2020,
2883 sobe para 17,1% em 2050 e pode chegar a 33% em 2070, o que pode representar um prejuízo de,
2884 respectivamente, R\$ 882 milhões, R\$ 1,6 bilhão e R\$ 3 bilhões.

2885 Oliveira (2007) apud Santos et al. (2011) aponta quedas na produtividade potencial das culturas de
2886 milho e feijão para as mesorregiões de Minas Gerais, para os anos de 2050 e 2080 quando
2887 comparada à produtividade potencial simulada para o ano base de 2000 (no cenário A2 do modelo
2888 HadCM3, sem avaliar o efeito do CO₂ que pode levar a uma produtividade maior). Uma simulação
2889 na produtividade do milho para os anos de 2020, 2050 e 2080 (com o modelo CERES-MAIZE para
2890 os cenários de mudanças climáticas A2 e B2), verificou diminuição da produtividade, devido ao
2891 aumento de temperatura além de redução no ciclo vegetativo (Silva Júnior 2007 apud Santos et. al.,
2892 2011). Essas projeções ainda mantém uma série de incertezas sobre tais impactos, uma vez que a
2893 produtividade das culturas citadas depende da quantificação de fatores, difíceis de mensurar, como
2894 os biofísicos e socioeconômicos (Santos et al., 2011). O aprofundamento e a precisão desses
2895 estudos permitirão a análise dos possíveis impactos das mudanças climáticas na agricultura e o
2896 planejamento de ações e o desenvolvimento das tecnologias estratégicas para o enfrentamento dos
2897 novos cenários climáticos.

2898 Estudos com simulações de impactos sobre a agricultura, utilizando modelos matemáticos, foram
2899 apresentados para o trigo (Siqueira et al., 2001 apud Pellegrino et al., 2007), para o milho e soja

2900 (Assad et al, 2004 apud Pellegrino et al., 2007) para o café, e para o milho, feijão, arroz, soja e café
2901 (Nobre et al., 2005 apud Pellegrino et al., 2007). Estes estudos apresentam ainda as perdas
2902 econômicas anuais potenciais, devido ao aumento de 1°C na temperatura e demonstram valores de
2903 375 milhões de dólares referentes ao café, na somatória dos estados de Minas Gerais, Paraná e São
2904 Paulo, e 61 milhões de dólares referentes ao milho somente para o Estado em São Paulo (Pellegrino
2905 et al., 2007).

2906 Excetuando-se o Estado de Minas Gerais, que apresenta 34,3% de seus municípios com prevalência
2907 muito alta de insegurança alimentar grave predominam na Região Sudeste municípios com baixa
2908 (40,1%) e média (38,4%) exposição à insegurança alimentar grave, sendo a situação mais favorável
2909 a do Estado de São Paulo com mais da metade (50,5%) de seus municípios com prevalências baixas
2910 de insegurança alimentar grave (Gubert et al., 2010).

2911

2912 **8.4.9.Síntese das Análises e Considerações Finais**

2913 Para a Região Sudeste do Brasil, os estudos coletados pelo IPCC (IPCC, 2011 apud Salati et al.,
2914 2007) preveem para o século XXI um aumento de 4 a 4,5°C na temperatura média do ar e um
2915 possível aumento de 10 a 15% nas precipitações de outono, além disso, indicações de possibilidade
2916 de secas durante o verão.

2917 Alterações do uso da terra, mudança do uso da terra e florestas e a agroindústria geraram profundas
2918 modificações, tanto na configuração ambiental, florestal, hídrica, e, em alguns casos no clima local,
2919 além dos impactos no balanço de energia, que influenciaram todos os estados desta região. As
2920 tendências de chuvas futuras são preocupantes. Sobre as mudanças projetadas de temperatura e
2921 extremos de precipitação no final do século 21, as projeções são para o período de 2071 a 2100
2922 (comparado a 1961-1990) ou de 2080 a 2100 (comparado a 1980-2000) e são baseadas em
2923 resultados GCM e RCM¹, executados sob o cenário de emissão A2/A1B: sobre a tendência da
2924 temperatura máxima (frequência de dias quentes e frios), verifica-se um provável aumento de dias
2925 quentes (com provável diminuição de dias frios); sobre a tendência da temperatura mínima
2926 (frequência de noites quentes e frias), verifica-se muito provável aumento de noites quentes
2927 (provável diminuição de períodos de calor em dias frios); sobre a tendência de ondas e períodos de
2928 calor, verifica-se uma tendência para mais frequentes e longos períodos de ondas de calor; sobre as
2929 tendências de precipitação pesada, verificam-se aumentos em áreas norte do sudeste e evidência
2930 insuficiente para áreas do sul do sudeste; sobre as tendências de aridez máxima e estiagem,
2931 verificam-se tendências inconsistentes (REDE DE CONHECIMENTO DE CLIMA E
2932 DESENVOLVIMENTO, 2012).Com expectativa de eventos extremos mais frequentes e as
2933 mudanças climáticas, a região apresentará, muito provavelmente, um padrão de aumento nos
2934 valores médios de temperatura, acompanhando o mesmo padrão nas outras regiões do país. Dentre
2935 os riscos de eventos extremos, o panorama da região é muito similar ao da Região Sul, destacam-se:
2936 alagamentos e enchentes, com grandes volumes de chuvas em curto espaço de tempo,
2937 principalmente nas áreas metropolitanas intensamente adensadas e permeabilizadas.

2938 O meio agrícola poderá passar por algumas adaptações com a substituição de espécies mais
2939 adaptadas aos novos padrões de temperatura, e também conjugadas com técnicas alternativas como
2940 plantio direto e o consórcio entre florestas, gado e agricultura que vir a ser medidas necessárias para
2941 minorar os riscos climáticos advindos no futuro. Além disso, o incentivo a programas de
2942 conservação da biodiversidade se faz necessário como estratégia para diminuir a vulnerabilidade da
2943 região à uma possível intensificação da insegurança alimentar.

¹ GCM refere-se a Modelo de Circulação Global (Global Circulation Model), RCM refere-se a Modelo Climático Regional (Regional Climate Model).

2944 Entre as principais metrópoles desta região, o Rio de Janeiro e Vitória encontram-se na orla e nos
2945 anos seguintes, certamente, novos estudos mais aprofundados sobre os impactos e as suas
2946 vulnerabilidades específicas, surgirão, fortalecendo as bases de informação sobre essa faceta dos
2947 impactos causados na Região Sudeste. Nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e Belo Horizonte,
2948 o aumento da população urbana e a forma de ocupação das suas áreas, provocarão pressões para
2949 investimentos em programas de contenção de cheias e remoção de populações em áreas vulneráveis
2950 e de risco, além da necessidade de incremento dos programas de defesa civil existentes para
2951 situações extremas que envolvam os episódios como, por exemplo, enchentes e escorregamentos.

2952 O Estado do Rio de Janeiro apresenta muitas áreas com risco de deslizamento e enchentes, devido à
2953 sua topografia natural, mas especialmente, devido à sua forma de ocupação. Além da sua capital,
2954 cidades como Teresópolis, Nova Friburgo, Petrópolis, Sumidouro e São José do Vale do Rio Preto,
2955 na Região Serrana do estado, foram atingidas em 2011 por cheias intensas, e muitas mortes. Foram
2956 contabilizadas 916 mortes e em torno de 345 desaparecidos, além de 25 mil desabrigados em
2957 eventos com muito impacto público no país. Esta tragédia foi considerada como um dos maiores
2958 desastres climáticos da história recente do Brasil, superando em muito os 463 mortos do temporal
2959 que atingiu a cidade paulista de Caraguatatuba no Estado de São Paulo, em 1967. A Região
2960 Metropolitana de Vitória também sofre com episódios frequentes de alagamentos e emergências
2961 causadas por chuvas fortes.

2962 Destaque-se que, situações como estas poderão ocorrer cada vez mais frequentemente. Programas
2963 que envolvam aspectos de adaptação a essas ocorrências e profundas intervenções urbanas deverão
2964 ser considerados como estratégicos na definição de destino de recursos públicos pelos tomadores de
2965 decisão. Exemplos de políticas públicas bem sucedidas podem ser encontrados nas áreas de
2966 implantação dos parques lineares que estão sendo localizados na margem de córregos na cidade de
2967 São Paulo, para minimizar os impactos de cheias nessas regiões, que apresentam eficácia ao serem
2968 conjugados com remanejamento de populações nessas áreas de risco para moradias em condições
2969 de segurança.

2970 Outro aspecto importante, não só nos centros urbanos, é a adaptação à escassez hídrica que pode ser
2971 potencializada na região e influenciará não só a produção de alimentos, como o acesso à água, e a
2972 saúde da população, potencializando os cenários de incidência de doenças relacionadas às
2973 mudanças climáticas discutidas nesse artigo, o que resulta, inevitavelmente, na perda da qualidade
2974 de vida da região.

2975

2976 **Lacunas de Informação**

2977

2978 Durante a pesquisa para o desenvolvimento deste trabalho, foi encontrado dificuldade de acesso a
2979 informações para compor o item “Registros Históricos”.

2980

2981 **Referências bibliográficas**

2982 Alves, H. P. F., 2006: Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise
2983 sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e
2984 ambientais. *Revista Brasileira Estudos Populares*, v. 23, n. 1, p. 43-59.

2985 Ambrizzi, T.; R.P. Rocha.; J. A. Marengo.; I. Pisnitchenko.; L. M. Alves.; J.P.R. Fernandez, 2007:
2986 *Cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: projeções de*
2987 *clima futuro usando três modelos regionais: relatório 3. São Paulo: INPE: USP.*

- 2988 Barata, M.M.L.; U. E. C. Confalonieri, 2011; (Coord.). *Mapa da vulnerabilidade da população do*
2989 *estado do Rio de Janeiro aos impactos das mudanças climáticas nas áreas social, saúde e*
2990 *ambiente: relatório 4 - versão final.* [Rio de Janeiro]: FIOCRUZ: SEA. 162 p.
- 2991 Barcellos, C.; A. M. V. Monteiro,; C. Corvalan,; H. C. Gurgel,; M. S. Carvalho,; P. Artaxo,; S.
2992 Hacon,; V. Ragoni, 2009: Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas:
2993 cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde: Revista do Sistema*
2994 *Único de Saúde*, v. 18, n. 3, p. 285-304.
- 2995 Brassaloti, R.A.; D. C. Rossa-Feres,; J. Bertoluci, 2010: Anurofauna da Floresta Estacional
2996 Semidecidual da Estação Ecológica dos Caetetus, sudeste do Brasil. *Biota Neotrópica*, v. 10,
2997 n. 1, p. 275-292.
- 2998 Broggio, C; M. Droulers,; P. Grandjean, 1999: A dinâmica territorial da Cafeicultura brasileira: dois
2999 sistemas de produção em Minas Gerais. *Revista Território*, v. 4, nº 6.
- 3000 Canhos, V. P.; M. F. Siqueira,; A. Marino,; D. A. L. Canhos, 2008: Análise da vulnerabilidade da
3001 biodiversidade brasileira frente às mudanças climáticas globais. *Parcerias estratégicas*, n. 27,
3002 p. 113-148.
- 3003 Carvalho, D.F., 2007: Café, ferrovias e crescimento populacional: o florescimento da região do
3004 noroeste paulista. *Histórica: Revista Eletrônica do Arquivo do Estado*, n. 27.
- 3005 Colombo, A. F., 2007: Conseqüências potenciais das mudanças climáticas globais para as espécies
3006 arbóreas da Mata atlântica. *Dissertação*, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de
3007 Campinas.
- 3008 Confalonieri, U.E.C., 2008: Mudança climática global e saúde humana no Brasil. *Parcerias*
3009 *Estratégicas*, n. 27, p. 323- 349.
- 3010 Confalonieri, U.E.C.; D. P. Marinho, 2007: Mudança climática global e saúde: perspectivas para o
3011 Brasil. *Revista Multiciência*, n. 8, p. 48-64.
- 3012 Confalonieri, U.E.C.; D. P. Marinho,; M. Barata, 2011: Vulnerabilidades em matéria de saúde
3013 pública na região metropolitana do Rio de Janeiro na perspectiva das mudanças climáticas. In:
3014 *MEGACIDADES, vulnerabilidades e mudanças climáticas: Região Metropolitana do Rio de*
3015 *Janeiro.* [Rio de Janeiro: UFRJ], 2011. .Cap. 3, p. 200-225.
- 3016 Dantas, A.; L. G. Carvalho,; E. Ferreira, 2007: Classificação e tendências em Lavras, MG. *Ciência*
3017 *e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866.
- 3018 Dean, W., 2004: *A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira.* São Paulo:
3019 Companhia das Letras. 484p.
- 3020 Deconto, J.G., 2008: *Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil.* São
3021 Paulo, 2008. 84 p.
- 3022 Domingues, E. P., 2011: Impactos econômicos das mudanças climáticas no Brasil: agricultura e
3023 segurança alimentar. In: Conferência Regional sobre mudanças climáticas: o plano brasileiro
3024 para um futuro sustentável, 4, São Paulo. *Relatório técnico.* São Paulo: IEA:ABC, p. 110-
3025 114.
- 3026 Egler, C. A. G., 2008: O Rio de Janeiro e as mudanças globais: uma visão geoeconômica. In:
3027 GUSMÃO, Paulo P. et al. (Org.). *Rio próximos 100 anos: o aquecimento global e a cidade.*
3028 Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos, v. 1, p. 43-54.
- 3029 Fenner, A.; E. L. Silva,; H. C. Gurgel, 2009: *Mudança climática e saúde: um perfil do Brasil.*
3030 Brasília, DF: Organização Pan-Americana da Saúde: Ministério da Saúde, 44 p.
- 3031 FUNCATE, 2012: *Emissões do setor de uso da terra, mudança do uso da terra e florestas, 1994 a*
3032 *2008.* São Paulo: CETESB.

- 3033 FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2011: *Atlas dos remanescentes florestais da Mata*
3034 *Atlântica: período 2008-2010*. São Paulo, 2011. 122 p.
- 3035 Galina, M. H.; M. J. Z. Santos,; P. C. Sentelhas, 2004: Mudanças climáticas de curto prazo: análise
3036 da tendência dos regimes térmicos e hídricos e do balanço hídrico nos municípios de Ribeirão
3037 Preto, Campinas e Presidente Prudente (SP), no período de 1969-2001. In: GERARDI, Lucia
3038 Helena de Oliveira; LOMBARDO, Magda Adelaide. (Org.). *Sociedade e natureza na visão da*
3039 *geografia*. Rio Claro: UNESP: AGETEO, p. 185-199.
- 3040 Garcia, A., 2010: Balanço hídrico de Ituverava (SP) sob condições de cenários climáticos futuros.
3041 *Nucleus*, Ituverava, v. 7, n. 1, p. 217 – 221.
- 3042 Grimm, A.M.; G. Sampaio, 2012: Observações ambientais atmosféricas e de propriedades da
3043 superfície. In: PBMC. Grupo de Trabalho 1 (GT1). *Base científica das mudanças climáticas:*
3044 *primeiro relatório de avaliação nacional*. [Rio de Janeiro], 2012. Cap. 2, p. 37-93. (Relatório
3045 de Avaliação Nacional RAN1, v. 1).
- 3046 Gubert, M. B.; M. H. D. Benicio,; L. M. P. Santos, 2010: Estimativas de insegurança alimentar
3047 grave nos municípios Brasileiros. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 8,
3048 1595-1605p.
- 3049 Heredia, B.; M. Palmeira,; S. P. Leite, 2010: Sociedade e economia do agronegócio no Brasil.
3050 *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, São Paulo, v. 25, n. 74, p. 159-195, out. 2010.
- 3051 IBGE, 2011: *Censo demográfico 2010: características da população e dos domicílios – resultados*
3052 *do universo*. Rio de Janeiro, 270 p.
- 3053 IBGE, 2001: *Mapa do mercado de trabalho no Brasil 1992-1997*. Rio de Janeiro, 159 p.
- 3054 IPCC, 2007. *Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of Working*
3055 *Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge, UK: Cambridge
3056 University, 976 p.
- 3057 Kageyama, A., 1990: O novo padrão agrícola brasileiro: do complexo rural aos complexos
3058 agroindustriais. In: DELGADO, G. et al.(Org.). *Agricultura e políticas públicas*. Rio de
3059 Janeiro: IPEA.
- 3060 Lepsch, I.F., 2005: Formação e Conservação dos Solos. São Paulo: *Oficina de Textos*, 192 p.
- 3061 Maack, R., 1981: *Geografia física do Paraná*. 2.ed. Rio de Janeiro: J. Olimpio, 450 p.
- 3062 Manzatto, C.V.; J. R. Freitas,; J. R. R. Peres, 2002: (Ed.) *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de
3063 Janeiro: EMBRAPA. 184 p.
- 3064 Marengo, J. A.; M. C. Valverde, 2007: Caracterização do clima no século XX e cenário de
3065 mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. *Revista*
3066 *Multiciência*, Campinas, n. 8, p. 5- 28, p. 5-28.
- 3067 Marengo, J. A.; J. Tomazella,; C. Nobre, 2010: Mudanças climáticas e recursos hídricos. In:
3068 BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Org.). *Águas do Brasil:*
3069 *análises estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica: ABC, Cap. 12, p. 199-215.
- 3070 Marengo, J.A.; C. A. Nobre,; E. Salati,; T. Ambrizzi, 2007: *Caracterização do clima atual e*
3071 *definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI:*
3072 *sumário técnico*. Brasília: MMA, 54 p.
- 3073 Melo, H.P., 2008: A Zona Rio Cafeeira: uma expansão pioneira. *Revista Brasileira de Gestão e*
3074 *Desenvolvimento Regional*, Taubaté, v. 4, n. 3, p. 49-82.
- 3075 Motta, R.S.; J. Hargrave,; G. Luedemann,; M. B. S. Gutierrez, 2011: *Mudança do clima no Brasil:*
3076 *aspectos econômicos, sociais e regulatórios*. Brasília, DF: IPEA. 428 p.

- 3077 Negrón Juárez, R. I.; H. R. Rocha, 2004: Estudo numérico da sensibilidade do clima no sudeste do
3078 Brasil devido às mudanças do uso da terra. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia,
3079 Fortaleza, 2004.
- 3080 Neto, S., J. Lima, 2005: Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de*
3081 *Climatologia*, v. 1, no 1, p. 43-60.
- 3082 Nobre, C.A., 2010a: *INCT para mudanças climáticas: relatório de atividades 2009-2010*. São José
3083 dos Campos: INPE.
- 3084 Nobre, C.A. ; A. F. Young,; P. Saldiva,; J. A. Marengo,; A. D. Nobre,; S. Alves Jr,; G. C. M. Silva,;
3085 M. Lombardo, 2010b: *Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas:*
3086 *Região Metropolitana de São Paulo*. [São Paulo]: INPE.
- 3087 Pellegrino, G. Q.; E. Q. Assad,; F. R. Marin, 2007: Mudanças climáticas globais e a agricultura no
3088 Brasil. *Revista Multiciência*, Campinas, SP, n. 8, p. 139–162.
- 3089 Poppe, M. K.; M. M. Santos, 2007: *Impactos, vulnerabilidade e adaptação: tema 2*. In: DINIZ,
3090 E.M. (Ed.). *Mudança climática: rumo a um novo acordo mundial: relatório científico [da]*
3091 *Conferência Regional sobre Mudanças Globais: América do Sul, 3*. São Paulo: IEA/USP,
3092 2008. p. 23-29.
- 3093 Rede de Conhecimento de Clima e Desenvolvimento, 2012: *Gerenciando extremos climáticos e*
3094 *desastres na América Latina e no Caribe: Lições do relatório SREX*. CDKN.
- 3095 Salati, E.; T. Campanhol,; N. Villa Nova, 2007: *Tendências das variações climáticas para o Brasil*
3096 *no século XX e balanços hídricos para os cenários climáticos do século XXI: relatório 4*. São
3097 Paulo: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 182p.
- 3098 Santos, R.S.; L. C. Costa,; G. C. Sedyama,; B. G. Leal,; R. A. Oliveira,; F.B. Justino, 2011:
3099 *Avaliação da relação seca/produzividade agrícola em cenário de mudanças climáticas*. *Revista*
3100 *Brasileira de Meteorologia*, v. 26, n. 2, p. 313 - 321.
- 3101 Silva Dias, M.A.F.; J. Dias,; L. M. V. Carvalho,; E. D. Freitas,; P. L. Silva Dias, 2012: Changes in
3102 extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. *Climatic Change*. DOI 10.1007/s10584-012-
3103 0504-7
- 3104 Silva Jr, J. L. C., 2007: Simulação da produtividade das culturas do milho e do feijão, baseada nos
3105 cenários de mudanças climáticas globais, do estado de Minas Gerais. *Tese*, Universidade
3106 Federal de Viçosa, Viçosa.
- 3107 Siqueira, M. F.; A. T. Peterson, 2003: Consequences of global climate change for geographic
3108 distributions of Cerrado tree species. *Biota Neotropica*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 1-14.
- 3109 Veloso, H. P.; A. L. R. Rangel Filho,; J. C. A. Lima, 1991: *Classificação da vegetação brasileira,*
3110 *adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE. 124 p.
- 3111 Young, A.F.; D. F. Hogan, 2010: Vulnerabilidades as mudanças climáticas: efeitos da elevação do nível
3112 do mar e precipitação intensa nas planícies e encostas da cidade do Rio de Janeiro. *XVII*
3113 *Encontro Nacional de Estudos Populacionais*, Caxambú.

3114

3115

3116

3117 **8.5.A Região Centro-Oeste do Brasil**

3118 **8.5.1.Introdução**

3119 O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, sendo superado apenas pela Amazônia. Ele ocupa
3120 21% do território nacional e localiza-se no Planalto Central, nos estados de Goiás, Tocantins, Mato
3121 Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia e Distrito Federal. O domínio do Cerrado é
3122 reconhecido como a savana mais rica em biodiversidade do mundo, além de abrigar nascentes de
3123 rios tão importantes quanto o São Francisco, o Paraguai e o Paraná.

3124 O clima predominante do Cerrado é o tropical sazonal. A precipitação média anual é de 1.500mm e
3125 as temperaturas são geralmente amenas ao longo do ano, entre 22°C e 27°C. As chuvas concentram-
3126 se nos meses de primavera e verão (outubro a março). No período de maio a setembro, os índices
3127 pluviométricos mensais reduzem-se bastante, podendo chegar a zero. Disso resulta uma estação
3128 seca de três a cinco meses de duração.

3129 Deve-se notar que a expansão da produção de grãos e da pecuária extensiva na região trouxe,
3130 juntamente com os benefícios econômicos, grandes danos ambientais para o Cerrado, tais como
3131 redução da biodiversidade, erosão dos solos, poluição de aquíferos, degradação de ecossistemas,
3132 alterações nos regimes de queimadas e possivelmente modificações climáticas regionais. As
3133 mudanças climáticas, bem como a variabilidade climática natural com seus extremos, podem
3134 acentuar a vulnerabilidade social das populações e desencadear uma série de problemas ambientais
3135 e socioeconômicos.

3136 Diversas pesquisas relacionadas às mudanças climáticas vêm sendo desenvolvidas no Cerrado em
3137 virtude das expectativas de impactos sobre a produtividade agrícola. Essas pesquisas têm o objetivo
3138 de prognosticar a situação climática futura e entender como as mudanças regionais nos sistemas
3139 atmosféricos poderão afetar as culturas e conseqüentemente a economia do país que é altamente
3140 dependente do mercado internacional de commodities (Salati et al., 2004, Assad et al., 2004).

3141 Nesse contexto, o Centro-Oeste brasileiro confronta-se com diversos prognósticos climáticos
3142 negativos que prevêem que as atividades agrícolas e de pecuária sofrerão redução de produtividade
3143 devido às mudanças no ciclo hidrológico e aumentos de temperatura, e também devido à
3144 localização estratégica da região, situada entre três biomas de maior importância no país, a Floresta
3145 Amazônica, o Cerrado e o Pantanal (Assad et al. 2004, 2008).

3146 A maior parte das precipitações no Centro-Oeste ocorre durante o verão austral devido a presença
3147 da Zona de Convergência do Atlântico Sul a ZCAS. Já o inverno apresenta estação seca de maior
3148 duração nas áreas do centro-sul da região e de menor intensidade ao norte e noroeste (Cuadra e
3149 Rocha, 2006). Quanto as temperaturas, essas podem ser inferiores a 5 C no sul da região podendo
3150 alcançar mais de 40 C frequentemente nas áreas baixas do estado do Mato Grosso e Mato Grosso do
3151 Sul.

3152 Os biomas Cerrado, Amazônia e Pantanal permutam material genético entre suas zonas de
3153 amortecimento e têm sido altamente impactados pelo uso e ocupação da terra no último século.
3154 Além dos problemas de cunho ambiental a região está envolvida em um quadro de conflitos sociais
3155 e fundiários profundos, tornando-a altamente vulnerável caso ocorram mudanças regionais no clima
3156 o que preocupa atores institucionais em diversas esferas governamentais. Atualmente o Centro-
3157 Oeste se consolida como o celeiro brasileiro da produção de grãos, sendo que o bioma Cerrado é
3158 classificado como hotspot da preservação ambiental mundial por deter o título de savana com maior
3159 biodiversidade do planeta, onde mais de 48% desse bioma já foram destruídos (Ribeiro e Walter,
3160 1998).

3161

3162 **8.5.2. Mudanças de Uso da Terra**

3163 As mudanças no uso da terra têm um reconhecido efeito sobre os níveis de carbono emitidos para a
3164 atmosfera, sendo portanto um importante vetor das mudanças climáticas. A atividade agrícola e
3165 outras atividades que geram tais mudanças não são apenas impactadas pelas mudanças climáticas,
3166 mas são grandes emissoras de gases de efeito estufa (FAO, 2006). Além disso, tais atividades são
3167 responsáveis pela diminuição do estoque de carbono no solo devido ao uso de práticas agrícolas que
3168 levam a perdas da camada orgânica do solo além da própria conversão de florestas em áreas de
3169 plantio (WDR, 2008).

3170 Estima-se que a atividade agrícola é responsável diretamente por aproximadamente 14% das
3171 emissões globais de gases de efeito estufa, um valor semelhante ao do setor de transportes. Além
3172 disso, outros 17% das emissões globais relacionam-se indiretamente com as mudanças de uso da
3173 terra para atividade agrícola (FAO, 2010). De 1700 até hoje, estima-se que houve um aumento de
3174 265 para 1473 Mha em áreas de cultivo e de 524 para 3215 Mha nas áreas de pasto mundialmente
3175 (Hengeveld et. al., 2008). Os países em desenvolvimento respondem por aproximadamente 74%
3176 das emissões provenientes de atividade agrícola, um aumento de cerca de 30% entre 1990 e 2005
3177 (WDR, 2008).

3178 Nos últimos anos, uma maior atenção tem se dado às áreas de Savana devido ao aumento das taxas
3179 de desmatamento com conseqüências sobre a liberação de gases de efeito estufa (Crutzen &
3180 Andreae, 1990; Delmas et al., 1990). Mundialmente, avalia-se que desde 1850 houve um
3181 desmatamento de 4,7 milhões de km² de áreas de savanas e estepes (Lambin et al, 2001).

3182 O Cerrado é o maior bioma representante das Savanas no continente americano e o segundo maior
3183 bioma do Brasil ocupando cerca de 25% do território (Neto et al 2011). Além disso, o Cerrado é
3184 considerado um hotspot mundial de biodiversidade por possuir uma alta riqueza de espécies com
3185 alto nível de endemismo (Myers et al., 2000, Ratter et al., 1997). Devido ao crescente aumento das
3186 atividades agropecuárias somente 20% da área do Cerrado se encontra em estado original com
3187 importantes conseqüências sobre a perda de biodiversidade e serviços ecossistêmicos, sendo
3188 portanto um bioma em risco (Ratter et al., 1997; Boddey et al., 2004).

3189 Os padrões, taxas e extensão de mudança de uso de terra no Cerrado são pouco conhecidos sendo de
3190 grande importância que se estude tanto os padrões do passado quanto as projeções para o futuro
3191 (Brannstrom et al., 2008). Hoje, as estimativas de áreas desmatadas devido às atividades
3192 agropecuárias atingem até 80% do Cerrado (Klink & Machado 2005). Tal conversão de Cerrado em
3193 áreas de uso na agropecuária pode se dar em duas etapas, como observado por Galford et al. (2010).
3194 Os autores avaliaram que 60% das áreas de cerrado foram primeiramente convertidas em pasto e
3195 posteriormente em áreas agrícolas, com taxas de conversão que variavam interanualmente.

3196

3197 **8.5.3. Variabilidade e Cenários Climáticos**

3198 Há menos de uma década os modelos climáticos globais alimentados por dados locais eram
3199 prejudicados devido à ausência de pesquisas em áreas tropicais. Hoje, esses modelos buscam
3200 internalizar os avanços recentes do conhecimento em climatologia, que buscam compreender as
3201 diversas interações entre atmosfera, hidrosfera e biosfera, além de contemplar a dinâmica do uso da
3202 terra. Esses avanços possibilitaram obtenção de prognósticos mais consistentes nas diversas escalas,
3203 global, continental e regional.

3204 Devido à história recente de colonização que se aprofunda a partir das décadas de 40 e 50, a região
3205 ainda carece de uma rede mais densa de monitoramento de dados meteorológicos. Com isso, a
3206 modelagem de padrões de anomalias em precipitações e temperatura baseia-se em dados de apenas
3207 algumas estações meteorológicas existentes, sendo o restante dos dados produzidos a partir de

3208 cálculos matemáticos gerados em simulações (Nobre, 2001, Edwards, 2010). Os modelos permitem
3209 identificar mudanças nas estações e identificar padrões cíclicos associados a fenômenos de grande
3210 escala no Brasil, como os eventos El Niño, assim como alterações na temperatura da superfície do
3211 mar e padrões erráticos de movimento de massas de ar (Edwards, 2010).

3212 De acordo com o modelo HadCM3LC o Brasil apresentou um aumento de temperatura de 0.7 grau
3213 Celsius até os anos 2000 e um aumento de precipitações de 53.8 mm/ano. Entretanto, as previsões
3214 deste modelo indicam que haverá um aumento de temperatura de 8.8 C até o ano de 2100 e um
3215 decréscimo das chuvas em -770.6 mm/ano. Esses dados contemplam também a região Centro-Oeste
3216 cujo prognóstico indica uma diminuição na capacidade de retenção de carbono pelas plantas, neste
3217 caso o decréscimo das chuvas parece estar conectado as interações entre a vegetação e a atmosfera.
3218 De acordo com estudos realizados por meio de dados coletados por aeronaves, a vegetação da
3219 floresta exerce um papel importante na produção de chuvas em todo Centro-Oeste e Sul brasileiros.
3220 Nesse sentido, prevê-se que com a conversão de floresta em área antropizada, ocorrerão mudanças
3221 significativas no ciclo hidrológico de inúmeras regiões do Brasil (Cox et al., 2004 e Fallon et al.,
3222 2007, Adams, 2007).

3223 Já Salati e Salati (2007) avaliaram mudanças na vazão de 12 bacias hidrográficas brasileiras para o
3224 final do século XXI. Para tal, lançaram mão do modelo HadRM3P e dois cenários de emissões de
3225 gases de efeito estufa (A2-BR e B2-BR), com os quais realizam projeções para uma série de
3226 parâmetros: precipitação, evapotranspiração, temperatura e déficit hídrico. De modo geral, os
3227 resultados apontam para a redução da vazão em todas as bacias que possuem importantes afluentes
3228 no Centro-Oeste (Tocantins/Araguaia; Paraná; São Francisco; Paraguai; Amazonas) para o período
3229 2071-2100 em relação a média histórica (1961-1990). A única exceção foi a bacia do Paraná, a qual
3230 apresentou um aumento de vazão de 11% no cenário A2-BR. A tendência de redução está
3231 intimamente associada a variações nos parâmetros considerados, especialmente da evaporação real,
3232 cujas projeções apontam para um aumento substancial nas cinco bacias presentes no Centro-Oeste.
3233 Já no que tange a precipitação (2071-2100 em relação a 1961-1990), as tendências foram diversas
3234 entre as bacias, sendo que para algumas os modelos apontaram aumento da precipitação anual
3235 (Paraná; Paraguai), outras redução (São Francisco e Tocantins) enquanto a bacia Amazônica não
3236 apresentou tendência significativa. Obviamente essa tendência é produto de mudanças climáticas
3237 em outras regiões cujo território também abriga afluentes das bacias consideradas, assim como de
3238 outros vetores não-climáticos, como mudança do uso da terra.

3239 Uma mudança no ciclo hidrológico e na temperatura seria de suma importância para a região
3240 Centro-Oeste, pois a alteração da fenologia das plantas (soja, arroz, milho, café) poderá acarretar
3241 perdas massivas na produção agrícola e na pecuária. Por essa razão a Embrapa tem desenvolvido
3242 pesquisas de zoneamento agroclimático para diversas culturas. Esses resultados poderão auxiliar
3243 produtores e o governo a criar estratégias de adaptação caso as áreas se tornem impróprias para a
3244 produção de numerosos tipos de grãos no futuro (Assad et al., 2008).

3245 Nos modelos desenvolvidos pela Embrapa as temperaturas aumentarão entre 1 °C e 5,8 °C no
3246 Centro-Oeste com um período de estiagem mais seco e quente. Este deverá predominar na região
3247 com uma duração de 7 meses. Logo, as plantas deverão suportar temperaturas excessivamente
3248 acima de 32 graus nos períodos mais quentes do dia cessando processos de fotossíntese e alterando
3249 suas fases normais de crescimento. No estado do Goiás espera-se um perda de 95% da área apta
3250 para produção do café do tipo arábica (Assad et al., 2004).

3251 O Centro-oeste brasileiro é uma região cuja modelagem climática possui grande incerteza diante
3252 das projeções realizadas para outras regiões brasileiras, como a Amazônia e o Nordeste (Marengo *et*
3253 *al*, 2009). De modo geral, os modelos concordam sobre uma tendência de aquecimento para o final
3254 do século XXI para a região, porém divergem quanto às tendências de precipitação (Marengo, 2007;
3255 2008).

3256 Marengo *et al* (2009) realizaram projeções climáticas regionais para a América do Sul. Para a
3257 região Centro-oeste, todos os modelos apontaram para uma tendência de aquecimento para o final

3258 do século XXI - especialmente durante a primavera e verão. Nestas estações, o incremento nas
3259 temperaturas médias variaram entre 4 e 5 °C, dependendo do modelo. Quanto às projeções para as
3260 precipitações, os modelos apresentam grande divergência, apresentando tanto tendências negativas,
3261 quanto positivas (Marengo *et al*, 2009b).

3262 Tomando como referências o Cerrado, o Bombardi e Carvalho (2008) sugerem que eventos
3263 extremos de seca e de chuvas tendem a ser tornar mais freqüentes no cerrado no período 2061-2080
3264 sob concentrações atmosféricas duas vezes maiores do que as observadas em 2007. Quanto ao
3265 Pantanal, Marengo (2007) encontra divergências entre tendências de chuvas projetadas para 2080
3266 sob o cenário A2 do IPCC. Tomando três recortes temporais (2020, 2050 e 2080) e os cenários B2
3267 - A2 do IPCC, o autor aponta tendências de alta nas temperaturas variando, respectivamente, entre
3268 1-1,5°C; 1,5-3°C e 2,5-4,7°C.

3269

3270 **8.5.3.2 Aspectos-chave da vulnerabilidade regional**

3271 O Cerrado é um bioma que apresenta características naturais de alta inflamabilidade. Uma
3272 peculiaridade regional que traz fortes implicações para o ciclo do carbono e de nutrientes é a prática
3273 do fogo no Centro-Oeste Brasileiro. Do ponto de vista climático, a fumaça aumentam a
3274 concentração de partículas na baixa atmosfera o que inibe a formação de chuvas leves e favorece a
3275 formação de nuvens de tempestades. Além disso, as práticas agrícolas e a prática do fogo
3276 descontrolada ocasionam anualmente perdas anuais de vegetação, e riscos à saúde humana e
3277 ambiental, seja pelo excesso de poluição e fuligem no ar (doenças respiratórias), seja na destruição
3278 de espécies e ecossistemas os quais não são resilientes à ação antrópica recorrente (Bustamente e
3279 Oliveira, 2008). Esses processos também geram perda expressiva de espécies lenhosas e a longo
3280 prazo inibem a recuperação da vegetação. Por fim, a perda de biomassa ocasiona perdas maiores de
3281 nutrientes no solo devido ao aumento do processo de lixiviação.

3282 A região do Centro-Oeste brasileiro é responsável por até 85% do total de queimadas no Brasil
3283 (Alvalá e Kirchhoff, 1998). Como consequência de tamanhos impactos ambientais, encontra-se
3284 cientificamente demonstrado que a supressão da vegetação, por meio do fogo ou corte raso, gera
3285 alterações significativas no ciclo hidrológico e contribui para a maior emissão de gases do efeito
3286 estufa (Zuidema et al., 1994; Walker et al., 1995). Em muitos casos, a supressão de extensas áreas
3287 florestais aumenta a intensidade dos ventos e altera o balanço radioativo (efeito albedo) local, pois
3288 permite maior incidência dos raios solares (Shukla et al. 1990); (Mcwilliam et al. 1993). Ademais,
3289 sabe-se por meio de pesquisas em física atmosférica que o excesso de partículas de poluentes
3290 geradas pela queima de biomassa dificulta a formação de partículas naturais benéficas na produção
3291 de nuvens em baixos níveis da atmosfera como detectado no município de Alta Floresta no estado
3292 do Mato Grosso (Ozanne et al., 2003; Forum et al., 2009, Andreae et al., 2004).

3293

3294 **8.5.4. Agricultura Familiar**

3295 A região Centro Oeste abriga menos de 5% dos estabelecimentos agropecuários familiares
3296 brasileiros (IBGE, 2006), sendo que 80% dos estabelecimentos concentram-se nos estados do Mato
3297 Grosso (40%) e do Goiás (41%). A pesquisa sobre a vulnerabilidade e a adaptação da produção
3298 familiar rural à Mudança do Clima no Centro Oeste brasileiro ainda é muito escasso, contrastando
3299 com outras regiões do Brasil para as quais o volume de estudos é mais substancial (Amazônia e
3300 Nordeste).

3301 É esperado que o aumento da variabilidade climática e a frequência de eventos climáticos
3302 associados à expansão da cultura de grãos e de cana-de-açúcar no Centro Oeste venha a aumentar a
3303 pressão sobre a produção familiar rural, resultando em um aumento da vulnerabilidade e demanda

3304 por estratégias adaptativas. O desenvolvimento de variedades agrícolas mais adaptadas e formas de
3305 manejo mais adequados aos contextos climáticos futuros esperados devem estar dentro de um
3306 planejamento amplo de adaptação para a região.

3307 Iniciativas como o projeto *Zoneamento de Riscos Climáticos: abordagem para agricultura familiar,*
3308 *bioenergia e pastagens*, desenvolvido pela Embrapa (Pellegrino et al, 2007), contribuem para a
3309 compreensão da vulnerabilidade da produção familiar da região à Mudança do Clima e agrega um
3310 instrumento importante no planejamento da adaptação. O projeto se propõe a ampliar o zoneamento
3311 climático para culturas consorciadas típicas da agricultura familiar, assim como culturas energéticas
3312 e integração lavoura-pecuária relacionadas ao setor (Marin, 2006).

3313 Entretanto, a vulnerabilidade também é produto de fatores não climáticos (Smithers & Smit, 1997;
3314 Smit et al, 2000; Smit & Wandel, 2006), e esforços adicionais para entender como determinantes
3315 socioeconômicos, ambientais e institucionais interagem com o componente climático são
3316 fundamentais para que um panorama concreto da vulnerabilidade seja obtido e potenciais entradas
3317 para intervenção política sejam identificadas (Ford et al, 2010). Acesso a assistência técnica,
3318 regularização fundiária, grau de diversificação da produção, disponibilidade de meios financeiros
3319 para empreender adaptações, acesso a recursos técnicos e produtivos, entre outros, são fatores que
3320 moderam ou amplificam impactos oriundos de estímulos climáticos e devem ser considerados na
3321 análise (Lindoso et al, 2011). Ademais, a categoria agricultura familiar abrange no Brasil um
3322 conjunto heterogêneo de produtores de base familiar, perpassando diferentes atividades, e
3323 conseqüentemente diferentes vulnerabilidades e potenciais de adaptação (Schimitz & Mota, 2010).
3324 Neste âmbito, há uma tendência na literatura de considerar a sensibilidade do setor aos distúrbios de
3325 mercado (O'Brien et al, 2009) e outros vetores complementarmente aos distúrbios climáticos, uma
3326 vez que frequentemente o ajuste ao mercado é a motivação primária da adaptação (Berrang-Ford et
3327 al, 2011).

3328

3329 **8.5.5. Agronegócio**

3330 As mudanças nos padrões de produção agropecuária têm levado a significativas mudanças no uso
3331 da terra em escalas local e global. Além da pressão de produção pelo mercado de commodities,
3332 existe a pressão dos mercados interno e externo sobre a produção de bicompostíveis. No Brasil, tais
3333 mudanças têm provocado um aumento significativo nas taxas de desmatamento, e um deslocamento
3334 de áreas utilizadas para pecuária em direção ao norte do país, enquanto as antigas áreas são
3335 utilizadas para implantação de grandes monoculturas (Lapola et. al., 2010). No Brasil, demandas
3336 nacionais e internacionais têm causado uma rápida mudança dos padrões de produção agrícola, com
3337 o declínio da agricultura de subsistência em favor da agricultura mecanizada do agronegócio, com
3338 impactos expressivos sobre as mudanças de uso da terra e o equilíbrio dos ecossistemas (Galford et
3339 al., 2010). Mudanças locais de uso na terra quando consideradas globalmente podem levar a
3340 modificações significativas no funcionamento ecossistêmico devido a conjugação de modificações
3341 bióticas e abióticas que afetam o clima global (Lambina et al, 2001).

3342 A pressão antrópica sobre o bioma Cerrado tem se dado nos dias de hoje principalmente devido a
3343 expansão da indústria de soja (Fearnside, 2001). O aumento da demanda de grãos, principalmente
3344 ligada à elevação do poder de compra e consumo de proteína animal nos países em
3345 desenvolvimento, tem levado a um aumento de produção e desmatamento no Cerrado, numa área
3346 que atinge cerca de 10 milhões de hectares de plantação de soja no Cerrado (Fearnside, 2001).

3347 O Brasil, como segundo maior produtor de soja do mundo e diante da crescente demanda por
3348 produtos derivados da soja deve desenvolver uma atenção especial aos padrões de uso da terra
3349 ligados a essa atividade. O desmatamento do Cerrado leva a uma perda de matéria orgânica
3350 principalmente quando as práticas de manejo envolvem o uso intensivo de fertilizantes e
3351 monoculturas, sendo necessário como medida mitigadora o uso de técnicas sustentáveis de

3352 agricultura (Batlle-Bayer et al, 2010). Técnicas inapropriadas de manejo do solo fazem com que
3353 haja uma rápida perda de nutrientes e matéria orgânica, contribuindo para o empobrecimento do
3354 solo com impactos sobre o assoreamento dos rios, perda de produtividade agrícola, desertificação,
3355 entre outros (Silva et al., 2002).

3356

3357 **8.5.6. Extrativismo**

3358 Os chamados Produtos Florestais Não Madeiros (PFNM) têm adquirido importância crescente à
3359 medida que aumenta a conscientização da sociedade sobre a necessidade de se promover a
3360 conservação dos biomas e dos serviços ecossistêmicos em escala global. Os elevados índices de
3361 desmatamento das florestas indicam a necessidade de busca de alternativas econômicas capazes de
3362 diminuir a devastação provocada pelas atividades agropecuárias e extrativas de madeira (Zardo &
3363 Henriques, 2011). Além de se mostrar como uma alternativa para tais atividades, a crescente
3364 comercialização de produtos extrativistas tem contribuído para se preservar as florestas, a
3365 biodiversidade e os serviços ecossistêmicos (Arnold & Perez, 2001).

3366 Além disso, reconhece-se o papel dos PFNM na melhoria da qualidade de vida das populações
3367 rurais localizadas nos entornos das florestas promovendo muitas vezes a proteção dos locais
3368 envolvidos e da biodiversidade associada (Arnold & Perez, 2001; Myers, 1988; Zardo & Henriques,
3369 2011).

3370 No Brasil, cerca de 5,2 milhões de pessoas dependem da atividade extrativista (PNMC, 2008). A
3371 região do Cerrado tem sido colocada em segundo plano para fins de conservação ambiental,
3372 conforme refletido na área requerida para preservação no Código Florestal Brasileiro, de apenas
3373 20% no Cerrado e 80% na Amazônia (Zardo & Henriques, 2011).

3374 No Cerrado, as práticas de extrativismo tem co-existido com as práticas agropecuárias
3375 convencionais, destacando-se principalmente a utilização do Pequi (*Caryocar brasiliense*) e do
3376 Baru (*Dipteryx alata*) como discutidas em Roesler et al. (2007). Apesar da grande importância do
3377 Pequi como produto extrativista, ainda há uma escassez de dados quanto a sua capacidade produtiva
3378 e como potencial produto auxiliar na renda das populações rurais (Zardo & Henriques, 2011).

3379 Como milhões de pessoas dependem do uso extrativista ao redor do mundo, é estritamente
3380 necessário um melhor manejo desses recursos, de modo que as populações tradicionais possam
3381 persistir e se desenvolver em torno desse recurso ao longo do tempo (Ticktin, 2004). Além de se
3382 utilizar das reservas extrativistas como fator chave na preservação dos ecossistemas é necessário se
3383 investigar quais fatores sociais e culturais estão por trás de comportamentos que levam a
3384 degradação ambiental. Também, deve-se investir na conservação dos fragmentos que foram
3385 resultantes das atividades agropecuárias e extrativistas intensivas (Dobson, 1995) para assim se
3386 preservar o fluxo genético e a biodiversidade garantindo a persistência das atividades extrativistas a
3387 longo prazo. Portanto, o desenvolvimento de políticas que favoreçam o uso da atividade extrativista
3388 por populações rurais deve ser entendido como medidas adaptativas às mudanças climáticas.

3389 No Brasil, algumas medidas já têm sido tomadas em relação às políticas públicas que visam
3390 fortalecer tais atividades diante das mudanças climáticas. O Plano Nacional de Mudanças do Clima
3391 instituiu a fixação de preços mínimos de produtos extrativistas para auxiliar na capacidade
3392 adaptativa e produtiva de povos e comunidades tradicionais. Tal medida tem como objetivo o
3393 fortalecimento de cadeias extrativistas, agregando valor, consolidando o mercado e garantindo o
3394 desenvolvimento sustentável de comunidades extrativistas (PNMC, 2008).

3395

3396 **8.5.7. Impactos sobre a saúde humana**

3397 Alguns estudos começam a traçar as possíveis consequências do aumento da temperatura e da
3398 frequência de eventos climáticos extremos para a saúde humana no Brasil. É esperando que
3399 problemas de saúde relacionados a condições climáticas tenham sua severidade agravada em
3400 cenários futuros de mudança do clima.

3401 O Centro-Oeste é caracterizado por uma forte sazonalidade, marcado por uma estação seca com
3402 níveis de umidade muito baixos, o que favorece a ocorrência de queimadas e, conseqüentemente, de
3403 doenças respiratórias. Destaque para regiões de fronteira agrícola localizada no Mato Grosso, nas
3404 quais o uso do fogo - no manejo agrícola e como estratégia de abertura de novas áreas - potencializa
3405 o risco de queimadas, com reflexo no incremento de doenças pulmonares (Barcellos, 2009).
3406 Considerando os cenários de aumento conspícuo nas temperaturas da região (Marengo, 2007) e
3407 potencial aumento da frequência de eventos extremos de seca (Bombardi e Carvalho, 2008), é
3408 esperado que os problemas respiratórios se tornem mais frequentes, com impactos negativos para a
3409 saúde humana (Barcellos *et al*, 2009; Brasil, 2008; Ribeiro e Assunção, 2002).

3410 Outro aspecto relevante no que tange a saúde da população brasileira é a expansão da área de
3411 transmissão de doenças associadas a vetores e o aumento da incidência de doenças de veiculação
3412 hídrica (Brasil, 2008). Contudo, neste contexto, o Centro-oeste apresenta-se pouco vulnerável,
3413 considerando a perspectiva dos impactos sanitários, segundo estudo empreendido pelo MCT (2007).
3414 Riscos epidemiológicos de doenças como malária, dengue, leishmaniose tegumentar/visceral,
3415 leptospirose, hantavírose e cólera foram levados em conta. O estudo integrou indicadores
3416 epidemiológicos, socioeconômicos e climatológicos para obter um mapa nacional de
3417 vulnerabilidade. Os estados do MS e GO, assim como o DF, foram classificados na categoria de
3418 menor vulnerabilidade - o grupo I - enquanto o MT apresentou um desempenho um pouco pior,
3419 sendo classificado no grupo II.

3420

3421 **Referências Bibliográficas**

3422 Adams, J., 2007: Vegetation-Climate Interaction: How Vegetation Makes the Global Environment.
3423 ISBN 978-3-540-32491-1. Springer, Berlin Heidelberg New York.

3424 Alvalá, P.C. e W.V.J.H., 1998: Kirchhoff, Observations of atmospheric methane and carbon
3425 monoxide in Brasil: SCAR-b mission. *Journal of Geophysical Research*, v. 103, n D24, p.
3426 32101-32105.

3427 Andreae, M. O., D. Rosenfeld, P. Artaxo, A. A. Costa, G. P. Frank, K. M. Longo e M. A. F. Silva-
3428 Dias, 2004: Smoking rain clouds over the Amazon. *Science*, 303 (5662):1337-1342.

3429 Arnold, J.E.M e M.R. Perez, 2001: Can non-timber forest products match tropical forest
3430 conservation and development objectives? *Ecological Economics* 39: 437-447

3431 Assad, E. D.; H. S. Pinto; J. Zullo Jr e A.M.H. Ávila, 2004: Impactos das mudanças climáticas no
3432 Zoneamento Agroclimático do Café no Brasil. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39, n.11,
3433 p.1057-1064.

3434 Assad, E D., 2008: Mudanças climáticas e a produção de grãos no Brasil avaliação os possíveis
3435 impactos. *Revista Plenarium*. Brasília, DF, Ano 5. 96-117.

3436 Barcellos C.; A. M. V. Monteiro; C. Corvalán; H. C. Gurgel; M. A. Carvalho.; P. Artaxo; S. Hacon;
3437 V.Ragoni, 2009: Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e
3438 incertezas para o Brasil, *Epidemiol. Ser. Saúde*, 18 (3): 285-304.

3439 Batlle-Bayer, L., N.H. Batjes, P.S. Bindraban, 2010: Changes in organic carbon stocks upon land
3440 use conversion in the Brazilian Cerrado: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*
3441 137, 47-58.

- 3442 Berrang-Ford L.; J. D. Ford; J. Paterson, 2011: Are we adapting to climate change? *Global*
3443 *Environmental Change* 21: 25-33.
- 3444 Boddey, R. M.; R. Macedo; R. M. Tarré; E. Ferreira; O. C. Oliveira; C. de P. Rezende; R. B.
3445 Cantarutti; J. M. Pereira; B. J. R. Alves; S. Urquiaga, 2004: Nitrogen cycling in *Brachiaria*
3446 pastures: the key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture, Ecosystems and*
3447 *Environment*, Amsterdam, v. 103, p. 389-403.
- 3448 Bombardi R. J. e L. M. V. Carvalho, 2008: Variabilidade do regime de monções sobre o Brasil: o
3449 clima presente e projeções para um cenário 2 X CO₂ usando o modelo MIROC, *Revista*
3450 *Brasileira de Meteorologia*, 23 (1): 58-72.
- 3451 Bustamante, M. e E. L. Oliveira, 2008: Impacto das Atividades agrícolas, florestais e pecuárias nos
3452 recursos naturais. In: *Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade,*
3453 *agronegócio e recursos naturais.* p. 647.669
- 3454 Cox, P.M., R.A. Betts, M. Collins, P.P. Harris, C. Huntingford, C.D. Jones, 2004: Amazonian forest
3455 dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st Century. *Theor. Appl. Climatol.*
3456 78, 137–156.
- 3457 Cuadra S. N. e Rocha, R. P., 2006: Simulação Numérica Do Clima De Verão Sobre O Brasil E Sua
3458 Variabilidade. Departamento de Ciências Atmosféricas – IAG/USP Universidade de São
3459 Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, n.2, 271-282.
- 3460 BRASIL, Ministério da Saúde, 2008: Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde:
3461 cenários e incertezas para o Brasil, Organização Pan-Americana da Saúde. –Brasília, 40p.
- 3462 Brannstrom, C., W. Jepson, A. Filippi, D. Redo, Z. Xu, S. Ganesh, 2008: Land change in the
3463 Brazilian Savanna (Cerrado), 1986-2002: Comparative analysis and implications for land-use
3464 policy. *Land Use Policy*, v. 25, Issue 4, p.579–595.
- 3465 Dobson, A.P., 1995. Biodiversity and human health, *Trends in Ecology and Evolution* 10 (10): 390-
3466 391.
- 3467 Edwards, P. N., 2010: A Vast Machine.; Computer Models, Climate Data, and the Politics of
3468 Global Warming. MIT Press.
- 3469 Fallon, P., C. D. Jones; C. E. Cerri; R. Al-Adamat; P. Kamoni; T. Bhattacharyya; M. Easter; K.
3470 Paustian; K. Killian; K. Coleman; E. Milne, 2007: Climate Change and its impact on soil and
3471 vegetation carbon storage in Kenya, Jordan, India and Brazil. *Agriculture, Ecosystems and*
3472 *Environment*. 122, 114-124.
- 3473 FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2006: Global Forest
3474 Resources Assessment 2005. 2006. FAO Forestry Paper 147, Rome, 2006.
- 3475 FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 2010: Global Forest
3476 Resources Assessment 2010. 2010. FAO Forestry paper 163, Rome, 2010.
- 3477 Fearnside PM, P.M.L.A. Graça, F.J.A. Rodrigues 2001: Burning of Amazonian rainforests: burning
3478 efficiency and charcoal formation in forest cleared for cattle pasture near Manaus, Brazil.
3479 *Forest Ecology and Management*, 146, 115–128.
- 3480 Ford J. D.; T. Pearce; F. Duerden; C.Furgal; B. Smit, 2010: Climate change policy responses for
3481 Canada's Inuit population: the importance of and opportunities for adaptation, *Global*
3482 *Environmental Change* 20, 177-191.
- 3483 Forum Ernst Strüngmann, 2009: Clouds in the perturbed climate system : their relationship to
3484 energy balance, atmospheric dynamics, and precipitation. [Heintzenberg, J., R.J. Charlson
3485 (Eds.)].
- 3486 Galdolf, G.L.; J. Melillo; J.F. Mustard; C.E.P. Cerri; C.C. Cerri, 2010: The Amazon frontier of

- 3487 land-use change: Croplands and consequences for greenhouse gas emissions. *Earth*
3488 *Interactions*. Vol. 14, nº 15. 1-24p.
- 3489 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006. Censo Agropecuário 2006. Rio de
3490 Janeiro, p.1-146.
- 3491 Lambin, E.F., B.L. Turner II, H. Geist, S. Agbola, A. Angelsen, J.W. Bruce, O. Coomes, R. Dirzo,
3492 G. Fischer, C. Folke, P.S. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E.F.
3493 Moran, M. Mortimore, P.S. Ramakrishnan, J.F. Richards, H. Skånes, W. Steffen, G.D. Stone,
3494 U. Svedin, T. Veldkamp, C. Vogel, J. Xu, 2001: Our emerging understanding of the causes
3495 of land-use and -cover change. *Global Environmental Change*, v.11, Issue 4, p.261–269.
- 3496 Lindoso, D. P.; D. J. Rocha; N. Debortoli; I.C.I. Parente; F. Eiró; M. Bursztyn; S. P. Rodrigues-
3497 Filho, 2011: Agricultura Familiar e Mudanças Climáticas: Avaliando a Vulnerabilidade à
3498 Seca no Semiárido Nordeste. In: *Mudança do Clima no Brasil: aspectos econômicos,*
3499 *sociais e regulatórios*, IPEA.
- 3500 Lapola D.M., R. Schaldach, J. Alcamo, A. Bondeau, J. Koch, C. Koelking, J.A. Priess, 2010:
3501 Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. *Proceedings*
3502 *of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107, 3388–3393.
- 3503 Klink, C.A. e R.B. Machado, 2005: Conservation of Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*.
3504 19:707-713.
- 3505 Marengo J. A., 2007: Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade,
3506 caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro
3507 ao longo do século XXI, *Ministério do Meio Ambiente*, Biodiversidade 26, 2ª edição, Brasília,
3508 212 p.
- 3509 Marengo, J. A.; T. Abrizzi; R. P. Rocha; L. M. Alves; S. S. Cuadra; R. R. Torres; D. C. Santos; S.
3510 E. T.Ferraz, 2009: Future change of climate in South America in the late twenty-first century:
3511 intercomparison of scenarios from three regional climate models, *Climate Dynamics*, DOI
3512 10.1007/s00382-009-0721-6
- 3513 Marin, F. R., 2006: Coord. Zoneamento de Riscos Climáticos: abordagem para agricultura familiar,
3514 bioenergia e pastagens. Projeto Macroprograma 1, Embrapa.
- 3515 MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia, 2007: Análise da vulnerabilidade da população
3516 brasileira aos impactos sanitários das mudanças climáticas, 201 p..
- 3517 McWilliam, A.; L.C. Roberts; J.M. Cabral; O.M.R. Leitão; M.V.B.R. de Costa, A.C.L. Maitelli;
3518 C.A.G.P. Zamparoni, 1993: Leaf-area index and above-ground biomass of terra firme rain
3519 forest and adjacent clearings in Amazonia. *Functional Ecology*, 7(3), 310–317.
- 3520 Myers, N., 1988: Tropical forests: Much more than stocks of wood. *J Trop Ecol* 4: 209–221
- 3521 Nobre, C.A., 2001: Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do País. 239-
3522 258.
- 3523 O'Brien K., T. Quinlan, G. Ziervogel, 2009: Vulnerability interventions in the context of multiple
3524 stressors: Lessons from the southern africa vulnerability initiative (savi). *Environmental*
3525 *Science & Policy* 12:23-32.
- 3526 Ozanne, C. M. P.; D. Anhuf; S. L. Boulter; M. Keller; R. L. Kitching; C. Korner; F. C. Meinzer; A.
3527 W. Mitchell; T. Nakashizuka; P. L. Silva Dias; N. E. Stork; S. J. Wright, M. Yoshimura,
3528 2003: Biodiversity Meets the Atmosphere: A Global View of Forest Canopies. *Science* 301,
3529 183 DOI: 10.1126/science.1084507
- 3530 Pellegrino G. Q.; E. D. Assad; F. R. Marin, 2007: Mudanças Climáticas Globais e Agricultura no
3531 Brasil, *Revista Multiciência*, nº 8: 139 -162.

- 3532 PNMC - Plano nacional sobre mudança do clima, 2008: versão para consulta pública. Brasília,
3533 2008. 154 p. Disponível em:
3534 <http://www.mma.gov.br/estruturas/169/_arquivos/169_29092008073244.pdf>
- 3535 Ratter, J.A.; J.F. Ribeiro, e S. Bridgewater, 1997: The brazilian cerrado vegetation and threats to its
3536 biodiversity. *Annals of Botany* 80: 223-230.
- 3537 Ribeiro, H. e J. V. Assunção, 2002: Efeitos das queimadas na saúde humana, *Estudos Avançados* 16
3538 (44): 125 – 148.
- 3539 Ribeiro, J.F. e B.M.T. Walter, 1998: Fitofisionomias do bioma cerrado. In Cerrado: ambiente e flora
3540 (S.M. Sano & S.P. Almeida, eds). EMBRAPA-CPAC, Planaltina, p.89-166.
- 3541 Roesler, R., L.G. Malta, L. C. Carrasco; R. B. Holanda; C.A.S. Sousa; G. M. Pastore, 2007:
3542 Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 27: 53-60.
- 3543 Salati, E.; A.A. Santos; C. Nobre, 2004: As mudanças climáticas globais e seus efeitos nos
3544 ecossistemas brasileiros. Disponível em: <www.comciencia.br/reportagens/clima/clima14.htm> Acesso em: 25 Jun. de 2004.
3545
- 3546 Salati, E.; E. Salati, T. Campanhol, N. Villa Nova , 2007: Tendências das Variações Climáticas para
3547 o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI.
3548 Relatório 4, Ministério do Meio Ambiente - MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas –
3549 SBF, Diretoria De Conservação Da Biodiversidade – DCBio Mudanças Climáticas Globais e
3550 Efeitos sobre a Biodiversidade – Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das
3551 alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, Fevereiro
3552 2007.
- 3553 Schmitz H. e D. M. Mota, 2010: Agricultura familiar: elementos teóricos e empíricos In:
3554 *Agricultura Familiar: extensão rural e pesquisa participativa* [Schmitz (org.)], São Paulo,
3555 Annablume, 347 p.
- 3556 Shukla, J., C. Nobre, e P. Sellers, 1990: Amazon deforestation and climate change. *Science*, 247,
3557 1322–1325.
- 3558 Silva, J.M.C. e J.M. Bates, 2002: Biogeographic Patterns and Conservation in the South American
3559 Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. *BioScience*, 52: 3, 225-234
- 3560 Smit B., B. Burton, R. J. T. Klein, J. Wandel, 2000: An anatomy of adaptation to climate change
3561 and variability, *Climate Change* 45:223-251.
3562
- 3563 Smit B, e J. Wandel, 2006: Adaptation, adaptive capacity, and vulnerability. *Global Environmental*
3564 *Change* 16:282-292.
- 3565 Smithers J. e B. Smit, 1997: Human adaptation to climatic variability and change, *Global*
3566 *Environmental Change* 7:129-146.
- 3567 Ticktin, T., 2004: The ecological implications of harvesting non-timber Forest products. *Journal of*
3568 *Applied Ecology* 41, 11–21
- 3569 Walker, G.K., Y.C. Sud, e R. Atlas, 1995: Impact of the ongoing Amazonian deforestation on local
3570 precipitation: a GCM study. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 26(3), 346–361.
3571 154.
- 3572 WDR – World development report, 2008: Agriculture for development. 365p.
- 3573 Zardo, R.N. e R.P.B. Henriques, 2011: Growth and fruit production of the tree *Caryocar brasiliense*
3574 in the Cerrado of central Brazil. *Agroforest Syst* 82:15–23
- 3575 Zuidema, G., G.J. Van Den Born, J. Alcamo, G.J.J. Kreileman, 1994: Simulating changes in global
3576 land cover as affected by economic and climatic factors. *Water, Air, and Soil Pollution*, 76(1–
3577 2), 163–198.