

Pós-Graduação
em Desenvolvimento Sustentável

**Vulnerabilidades socioambientais diante das mudanças climáticas
projetadas para o semi-árido da Bahia**

Andréa Souza Santos

Dissertação de Mestrado

Brasília – DF, abril/ 2008



Universidade de Brasília
Centro de Desenvolvimento Sustentável

**Vulnerabilidades socioambientais diante das mudanças climáticas
projetadas para o semi-árido da Bahia**

Andréa Souza Santos

Orientador: Prof. Saulo Rodrigues Filho, Dr.

Dissertação de Mestrado

Brasília – DF, abril/ 2008

Santos, Andréa Souza.

Vulnerabilidades socioambientais diante das mudanças climáticas projetadas para o Semi-árido da Bahia / Andréa Souza Santos.
Brasília, 2008.

153 p.: il.

Dissertação de mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília.

1. Mudanças Climáticas. I. Universidade de Brasília. CDS.
II. Título.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Assinatura

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**Vulnerabilidades socioambientais diante das mudanças climáticas
projetadas para o semi-árido da Bahia**

Andréa Souza Santos

Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Política e Gestão Ambiental, opção acadêmico.

Aprovado por:

Saulo Rodrigues Filho, PhD, Universidade de Brasília - UnB
(Orientador)

João Nildo Vianna, PhD, Universidade de Brasília - UnB
(Examinador Interno)

Carlos Afonso Nobre, PhD, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
(Examinador Externo)

Brasília - DF, 28 abr. de 2008

**Aos Meus Pais,
Ao meu filho, Gabriel.**

AGRADECIMENTOS

Ao Doutor Carlos Nobre pela amizade e apoio. Agradeço pelas publicações e estudos disponibilizados que me ajudaram na inspiração do tema desta dissertação. Pessoa e profissional que eu admiro bastante!

Aos ex-chefes e amigos: Emanuel Mendonça e o Dep. Jorge Khoury, pelo apoio e por acreditarem no meu trabalho. Muito obrigada!

Aos meus amigos e colegas do mestrado: dividimos todas as expectativas, angústias e o desejo do sucesso. O convívio foi maravilhoso! Boa sorte a todos!

Ao meu orientador Prof. Saulo Rodrigues Filho, ao Prof. João Nildo Vianna e aos professores do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília pela experiência vivenciada e pelo aprendizado.

Aos amigos, colegas e profissionais da área troca de experiências: João Wagner, Fábio Feldmann, Rachel Biderman, Heráclio Araújo, José Miguez, Mauro Meireles, Eduardo Assad, Terezinha Xavier, Airton Xavier, Prof. Gylvan Meira Filho, Divino Moura, Assis Diniz, Walter Batista, dentre outros.

RESUMO

Os impactos das mudanças climáticas variam entre as regiões e comunidades. Em geral, estes são mais graves nas regiões que exibem elevada vulnerabilidade por conta de uma série de fatores, incluindo as condições sociais e climáticas.

Secas e a desertificação contribuem na redução da disponibilidade hídrica, impactando na agricultura e provavelmente na qualidade de vida das populações na região semi-árida.

Este trabalho apresenta uma avaliação das vulnerabilidades socioambientais em seis municípios do semi-árido da Bahia, Brasil. A metodologia foi desenvolvida a partir da avaliação de cenários do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e projeções do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para as regiões do Brasil.

O objetivo do trabalho foi identificar indicadores climáticos, socioeconômicos e ambientais, e posteriormente, foi elaborado um índice de vulnerabilidade socioambiental para avaliação das vulnerabilidades socioambientais nos municípios estudados. Como resultado, foi possível mensurar o grau de vulnerabilidade socioambiental para os municípios diante das mudanças climáticas projetadas para o semi-árido da Bahia - Brasil.

ABSTRACT

The impacts of climate change vary across regions and communities. In general, these are most severe in those regions which display high vulnerability on account of a number of factors including social and climatic vulnerabilities.

Droughts and desertification contribute to reducing the availability of water, which increasing impacts agriculture and probably reduces the quality of life of populations in semi-arid region.

This work presents an evaluation of social and environmental vulnerabilities in six semi-arid districts of Bahia, Brazil. The methodology was developed from the assessment of scenarios from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and forecasts of the Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) for regions of Brazil.

The aim was to identify climatic, socioeconomic and environmental indicators in seeking to assess the social vulnerabilities in the districts studied. Subsequently, an index of socio and environmental vulnerabilities for municipalities was studied, and as a result, it was possible to identify which municipalities have greater social vulnerability in the face of climate change estimates for the semi-arid region of Bahia - Brazil.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO	14
1 A MUDANÇA DO CLIMA: Primeiras Evidências, Situação Atual e Perspectivas	19
1.1 O Surgimento do Conceito de Desenvolvimento Sustentável	20
1.2 O Fenômeno do Efeito Estufa	24
1.3 O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas e suas Análises	28
2 POLÍTICAS PARA A MUDANÇA DO CLIMA	36
2.1 A Convenção do Clima	36
2.2 O Protocolo de Quioto	43
3 POLÍTICAS PARA O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO	45
3.1 A Convenção-Quadro das Nações Unidas de Combate à Desertificação	47
3.2 O Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca	49
4 PROJEÇÕES E CENÁRIOS PARA A MUDANÇA DO CLIMA	53
4.1 Cenários Climáticos do IPCC	55
4.2 Projeções Climáticas do INPE	58

5 IMPACTOS, ADAPTAÇÃO E VULNERABILIDADES CLIMÁTICAS	74
5.1 Eventos Extremos - Secas e Estiagens	87
5.2 Adaptação no contexto do desenvolvimento sustentável	92
6 UMA AVALIAÇÃO DAS VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS NO SEMI-ÁRIDO DA BAHIA	95
6.1 O Semi-árido da Bahia	102
6.1.1 Dados climatológicos, socioeconômicos e ambientais de municípios do semi-árido baiano	106
6.1.1.1 Dados climatológicos	107
6.1.1.2 Dados socioeconômicos e ambientais	119
6.2 Vulnerabilidades socioambientais e econômicas	130
6.2.1 Possíveis impactos na agricultura do semi-árido baiano	134
CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143

Lista de Figuras

Figura 1: Emissões globais de CO ₂ relacionadas ao setor de energia e indústria	56
Figura 2: Emissões globais de CO ₂ relacionadas ao setor mudanças de uso do solo	56
Figura 3: Projeções de Precipitação para a América do Sul	67
Figura 4: Projeções de Precipitação para o Nordeste	68
Figura 5: Projeções de Temperatura para a América do Sul	69
Figura 6: Mudanças Projetadas na Temperatura para o Nordeste	70
Figura 7: Riscos de seca na Bahia	91
Figura 8: Nova delimitação do Semi-árido Brasileiro	97
Figura 9: Região Semi-árida da Bahia.....	103
Figura 10: Mapa de Pluviometria para o Estado da Bahia	104
Figura 11: Mapa de Tipologia Climática	105
Figura 12: Balanço Hídrico para o município de Barra	109
Figura 13: Balanço Hídrico para o município de Bom Jesus da Lapa	110
Figura 14: Balanço Hídrico para o município de Irecê	111
Figura 15: Balanço Hídrico para o município de Itaberaba	112
Figura 16: Balanço Hídrico para o município de Jacobina	113
Figura 17: Balanço Hídrico para o município de Senhor do Bonfim	114
Figura 18: Parâmetros climatológicos – Barra	115
Figura 19: Parâmetros climatológicos – Bom Jesus da Lapa	116
Figura 20: Parâmetros climatológicos – Irecê	116
Figura 21: Parâmetros climatológicos – Itaberaba	117
Figura 22: Parâmetros climatológicos – Jacobina	117
Figura 23: Parâmetros climatológicos – Senhor do Bonfim	118
Figura 24: Aspectos das atividades agropecuárias e extração vegetal	126
Figura 25: Área plantada e colhida, rendimento médio e valor da cultura do feijão para os municípios	127
Figura 26: Produção potencial safra de feijão no Brasil e Bahia	128
Figura 27: Produção potencial safra de milho no Brasil e Bahia	129

Lista de Quadros

Quadro 1: Tipologia climática dos municípios	108
--	-----

Lista de Tabelas

Tabela 1: Parâmetros que definem a tipologia climática	107
Tabela 2: Normais climatológicas para os municípios	114
Tabela 3: Evapotranspiração mensais para os municípios	115
Tabela 4: Percentual de pessoas pobres para os municípios	119
Tabela 5: Indicadores econômicos para os municípios	120
Tabela 6: Indicadores socioeconômicos para os municípios	121
Tabela 7: Média do IDEB para os municípios	123
Tabela 8: Estrutura do setor agropecuário do Estado da Bahia	125
Tabela 9: Indicadores de vulnerabilidades para os municípios	133

INTRODUÇÃO

A mudança global do clima vem se manifestando de diversas formas, destacando-se o aquecimento global e a maior frequência e intensidade de fenômenos climáticos extremos. A temperatura média global vem se elevando desde a Revolução Industrial, e a comunidade científica especializada no tema afirma que a ampliação do efeito estufa é causada pelo aumento da concentração de gases estufa na atmosfera terrestre. O Quarto Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, em inglês) da ONU, revela que a mudança do clima global está ocorrendo por conta das atividades humanas e que há uma alta confiança de que as mudanças regionais recentes na temperatura tenham tido impactos discerníveis em muitos sistemas físicos e biológicos.

Como pressupostos adotados para o desenvolvimento deste trabalho, as mudanças climáticas aparentemente tendem a aumentar a temperatura e, conseqüentemente, a evaporação com provável redução da disponibilidade hídrica (déficit hídrico) impactando na agricultura e, provavelmente, na qualidade de vida da população do Semi-árido baiano, região conhecida por suas vulnerabilidades.

As secas prolongadas e a desertificação têm ocasionado mudanças do regime hidrológico, perdas na agricultura, ameaça à biodiversidade e gera impactos sociais, econômicos e ambientais no semi-árido, região conhecida por suas vulnerabilidades.

O conhecimento das vulnerabilidades das regiões contribuirá na identificação sobre quais serão as áreas potencialmente mais afetadas com as mudanças climáticas, e possibilitará a elaboração e implementação de políticas e medidas de adaptação e mitigação dos efeitos causados pela mudança do clima.

Sendo o Semi-árido da Bahia uma região conhecida por suas fragilidades climáticas e socioambientais, e por concentrar um grande potencial agro-econômico do Estado, necessita-se de pesquisas que identifiquem as vulnerabilidades e os possíveis impactos na região.

O objetivo geral deste trabalho foi identificar e avaliar vulnerabilidades socioambientais em municípios do Semi-árido da Bahia, diante das mudanças climáticas projetadas para a região. Os objetivos específicos definidos foram:

1. Analisar cenários e projeções climáticas para o Semi-árido brasileiro;
2. Discutir os possíveis impactos das mudanças climáticas na agricultura do Semi-árido baiano;
3. Identificar anos de ocorrência de eventos extremos, como secas e estiagens, e avaliar os possíveis impactos no Semi-árido da Bahia;
4. Construir um indicador para mensuração da vulnerabilidade socioambiental em municípios do Semi-árido baiano.

O cumprimento de tais objetivos possibilitou a construção de um índice para avaliação de vulnerabilidade socioambiental, onde foi possível avaliar, entre os municípios selecionados, quais apresentaram uma maior vulnerabilidade diante das mudanças climáticas estimadas para o semi-árido da Bahia – Brasil.

A pesquisa inicialmente se direcionou a uma revisão teórica sobre o tema mudanças climáticas globais, vulnerabilidades, impactos e adaptação à mudança do clima. Posteriormente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o Nordeste e o semi-árido da Bahia, buscando identificar informações relevantes sobre indicadores socioeconômicos e ambientais.

Metodologia da Pesquisa

A metodologia empregada baseou-se na seleção dos municípios a serem estudados, atendendo critérios estabelecidos pela autora: municípios inseridos no semi-árido da Bahia, que possuíssem a tipologia climática variando de clima subúmido a seco ao clima semi-árido e, dados das normais climatológicas de 1961 a 1990.

Na segunda etapa, foi feita uma pesquisa sobre os anos de ocorrência de secas e estiagens no semi-árido, e foi realizado um levantamento de dados climáticos, socioeconômicos e ambientais para os seis municípios objetos do estudo. Foi feita uma avaliação dos Cenários Climáticos do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês) e das projeções climáticas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

Foi realizado um levantamento de dados secundários a partir de pesquisa em instituições como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia – SEI e Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia - SRH.

Os indicadores climatológicos foram estruturados com base nos dados do INMET, INPE, SRH (Temperatura Máxima, Temperatura Média, Temperatura Mínima, Precipitação, Evaporação e Evapotranspiração); Os indicadores socioeconômicos com base na SEI, IPEA, IBGE (PIB *Per capita*, PIB Municipal Setor Agropecuária, Produto municipal, Índice de Desenvolvimento Econômico - IDE, Pobreza, Índice de Desenvolvimento da Educação Básica - IDEB, Índice de Desenvolvimento Social - IDS, e outro, que é reconhecido em nível mundial, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M).

Dados ambientais foram pesquisados a partir do estudo Perfil dos Municípios Brasileiros 2002, do IBGE (2005), que apresenta algumas informações cartográficas como: escassez de água, queimadas, desmatamentos, alteração ambiental afetando a qualidade de vida da população de municípios brasileiros.

Foi realizada a sistematização dos dados e foram selecionados os seguintes indicadores para construção do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental: Índice de Aridez (calculado a partir do Déficit Hídrico), IDH-M, IDEB, PIB Municipal Setor Agropecuária, para todos os seis municípios do semi-árido da Bahia.

Com o banco de dados organizado, foram feitas análises, onde posteriormente iniciou-se a construção de um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental para os municípios estudados. O Índice de Vulnerabilidade Socioambiental é composto pela fórmula:

$$\text{IVSA} = (\text{IA} \times \text{PIB Agropec.}) / (\text{IDH-M} \times \text{IDEB})$$

Sendo: IVSA = Índice de Vulnerabilidade Socioambiental

IA = Índice de Aridez

PIB Agropec. = PIB Municipal Setor Agropecuária

IDH-M = Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IDEB = Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

Para a escolha por tais indicadores para a composição do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental considerou-se que, quanto maior o Índice de Aridez (condição de aridez) e quanto maior a dependência agrícola de um município, representado pelo PIB Agropecuária, maior será a sua vulnerabilidade. Assim como, quanto menor for o IDH-M e o IDEB, maior será a vulnerabilidade socioambiental diante das mudanças climáticas. No capítulo 6 é possível verificar como foi realizada a construção do IVSA. Como resultado, foi possível identificar quais os municípios mais vulneráveis social e ambientalmente diante das mudanças climáticas estimadas para o semi-árido da Bahia.

Organização e Delimitação

Esta dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos. O **Capítulo 1** traz uma **revisão bibliográfica** sobre o tema mudanças climáticas globais, e apresenta as primeiras evidências da mudança do clima, a situação atual e perspectivas.

O **Capítulo 2** apresenta as políticas internacionais no âmbito da mudança do clima: a Convenção do Clima, bem como os protocolos e mecanismos existentes, como o Protocolo de

Quioto, e traz uma discussão sobre as negociações para o segundo período de compromisso do Protocolo de Quioto, e a construção do tratado para Pós-2012.

O **Capítulo 3** trata das políticas para o Semi-árido brasileiro: A Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. Buscou-se conhecer algumas ações de adaptação à seca e combate à desertificação no semi-árido brasileiro.

O **Capítulo 4** apresenta as projeções e cenários existentes no âmbito nacional e internacional para a mudança do clima, com o objetivo de se conhecer as mudanças climáticas estimadas para o semi-árido do Brasil.

No **Capítulo 5** faz uma revisão bibliográfica sobre Vulnerabilidades, Impactos e Adaptação, apresentando conceitos e uma reflexão sobre adaptação à mudança do clima no contexto do desenvolvimento sustentável. Buscou-se também identificar os anos de ocorrência de eventos climáticos extremos, como secas, e possível correlação com o fenômeno El Niño;

Por fim, o **Capítulo 6** caracteriza a área de estudo em um contexto regional, apresentando os dados climatológicos, socioeconômicos e ambientais para os seis municípios estudados, demonstra a metodologia de construção do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental, enumera os resultados e apresenta as discussões dos dados gerados. É realizada uma avaliação das vulnerabilidades socioambientais e dos possíveis impactos na agricultura do Semi-árido baiano.

1 A MUDANÇA DO CLIMA: PRIMEIRAS EVIDÊNCIAS, SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS

A mudança global do clima vem se manifestando de diversas formas, destacando-se o aquecimento global e a maior frequência e intensidade de fenômenos climáticos extremos. A temperatura média do planeta vem se elevando desde a Revolução Industrial e, a comunidade científica especializada no tema não tem mais dúvidas de que a “ampliação do efeito estufa” é causada pelo aumento da concentração de gases estufa na atmosfera terrestre.

Com o advento da revolução Industrial, o meio ambiente passou, desde então, a sofrer consequências decorrentes de todo o processo de industrialização, como na utilização de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural), exploração e consumo dos recursos naturais, desmatamento da cobertura vegetal do planeta e o aumento na produção de resíduos.

O tema ganhou repercussão após cientistas terem identificado que a temperatura média da superfície do planeta estava se elevando, e que provavelmente este aquecimento era decorrente das ações humanas. Nos últimos anos vêm aumentando cada vez mais os alarmes a respeito das mudanças que estão ocorrendo em todo o planeta. Estas mudanças não são pontuais, mas envolvem alterações nos diferentes sistemas climáticos, sendo algumas regiões mais vulneráveis do que outras.

As mudanças climáticas é o assunto do momento, e vem sendo discutido nos diversos setores, tais como instituições de ensino e pesquisa, governos, terceiro setor, setor empresarial, na mídia, religião e outros. O Premio Nobel da Paz do ano de 2007, foi dedicado ao ex-vice-presidente dos Estados Unidos e militante no combate às Mudanças Climáticas, Albert Gore (Al Gore), e ao Painel de Cientistas da ONU, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), servindo como um grande alerta e, de fato, demonstra a importância do tema na atualidade.

Muitos vêem na mudança do clima desafios e oportunidades, estando às oportunidades relacionadas aos projetos de redução de gases de efeito estufa e a participação nos mercados internacionais de créditos de carbono. Os desafios são muitos, dependerá do surgimento de um novo paradigma, de mudança de atitudes, maior conscientização ambiental, mudança nos padrões de desenvolvimento e consumo, além de políticas públicas bem elaboradas e implementadas em forma de boas práticas.

O meio ambiente global é único, e para se combater as mudanças climáticas todos os países precisarão agir no combate ao aquecimento global e nas medidas de adaptação, cabendo principalmente aos maiores emissores mundiais, os países desenvolvidos, agirem ativamente na busca de um desenvolvimento sustentável. Os efeitos da mudança do clima não escolhem em que país ou região irão ocorrer, todos os países estão suscetíveis aos efeitos adversos do clima, e as populações mais pobres terão maior dificuldade em lidar com o problema.

A mudança do clima deverá ser um dos maiores desafios que a humanidade irá enfrentar nos próximos anos. A maior ocorrência de eventos climáticos extremos nos remete ao fato de que populações já estão sentindo os impactos da mudança do clima. As previsões dos cientistas do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas são de intensificação de furacões e tempestades, ondas de calor, inverno rigoroso, secas e inundações, ao passo que as medidas de adaptação deverão ser ativamente discutidas e implementadas.

1.2 O SURGIMENTO DO CONCEITO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Para Duarte e Wehrmann (2002), o período de pós Segunda Guerra é considerado como um período de aceleração da alteração ambiental, devido à exploração dos recursos naturais. Os problemas ambientais surgiam como resposta ao consumo excessivo dos recursos naturais, prevalecendo o “mito da natureza infinita”, e ao crescimento econômico-populacional e o surgimento das cidades.

Os problemas ambientais já vinham sendo descritos há muito tempo, mas vale ressaltar que a publicação “*Silent Spring*”, em 1962, foi um marco na repercussão para a necessidade de conscientização ecológica. Muitos autores consideram a publicação do livro *Primavera Silenciosa*, publicado pela bióloga Americana Rachel Carson, como o começo da revolução ambiental, onde foi relatada a contaminação ambiental por biocidas químicos (pesticidas), principalmente o DDT.

O relatório encomendado pelo Clube de Roma, intitulado “Os limites do crescimento”, publicado em 1972, favoreceu as discussões no período que antecedeu a conferência de Estocolmo, serviu como um alerta sobre o crescimento populacional acelerado. O estudo identificou alguns fatores como sendo limitadores do crescimento, apontando o crescimento zero como forma de interromper as desigualdades ambientais decorrentes do padrão de desenvolvimento.

A Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em 1972, em Estocolmo na Suécia, foi considerada um marco importante na discussão ambiental. Na conferência foram discutidos problemas políticos, sociais e econômicos do meio ambiente global, e ocorreram debates com a participação de países desenvolvidos e os menos desenvolvidos. Foi em Estocolmo que surgiu o conceito de ecodesenvolvimento como um tipo de desenvolvimento preocupado com as questões do meio ambiente.

Após a conferência de Ottawa de 1986, desenvolvimento sustentável passa a responder a cinco quesitos: integração da conservação e do desenvolvimento; satisfação das necessidades humanas básicas; alcance da equidade e da justiça social; provisão da autodeterminação social, da diversidade cultural e manutenção da integração ecológica (DUARTE & WEHRMANN, 2002, p.15).

O livro “Nosso futuro comum”, que ficou conhecido como Relatório de Brundtland, ajudou a impulsionar a questão ambiental em 1987. O conceito de desenvolvimento sustentável, a partir de então, passou a ser utilizado em substituição à expressão ecodesenvolvimento, tendo sido definido como: “a capacidade de as gerações presentes atenderem suas necessidades sem comprometer a capacidade de as futuras também o fazerem”. A partir de então ocorreu um processo de reorientação de políticas de desenvolvimento associadas às questões ambientais.

Bursztyn (1995) analisa a relação homem e natureza, onde descreve alertas referentes à necessidade de convergência entre a ecologia e a economia. A sociedade a partir de 1972 começou a perceber os problemas ambientais, e na Eco-92 o mundo se reuniu no Rio de Janeiro para discutir estes problemas.

A Rio-92 foi marcada por uma crescente e revigorada conscientização ambiental, e como resultado, surgiu a Agenda 21 como um importante produto. A Conferência configurou-se como um importante marco da reflexão sobre a questão ambiental e a sua relação com o desenvolvimento. Os debates giraram em torno de estratégias de ações que pudessem ser adotadas pelos países periféricos para adoção de um desenvolvimento sustentável, e na busca de comprometimento para com as gerações futuras.

A noção de que desenvolvimento é um processo do qual resulta um crescimento de renda real, do conhecimento e de tecnologia, beneficiando a todas as camadas da população, não tem considerado a questão ambiental. A lógica do desenvolvimento, sinônimo de progresso e crescimento econômico, tem tido como uma das principais conseqüências os impactos degradantes ao meio ambiente (DUARTE & WEHRMANN, 2002).

O desenvolvimento sustentável obedece ao duplo imperativo ético da solidariedade com as gerações presentes e futuras, e exige a explicitação de critérios de sustentabilidade social e ambiental e de viabilidade econômica. Estritamente falando, apenas as soluções que consideram estes três elementos, isto é, que promovam o crescimento econômico com impactos positivos em termos sociais e ambientais, merecem a denominação de desenvolvimento (SACHS, 2004, p.36).

Viana et al. (2001) cita um novo estilo de desenvolvimento que seja *ambientalmente* sustentável, no acesso e utilização dos recursos naturais e na preservação da biodiversidade; *socialmente* sustentável na redução da pobreza e das desigualdades sociais; *culturalmente* sustentável na conservação dos valores e identidades locais; *politicamente* sustentável ao aprofundar a democracia e garantir o acesso e a participação de todos nas decisões de ordem pública.

Este novo estilo de desenvolvimento tem uma nova ética do desenvolvimento, na qual os objetivos econômicos do progresso estão subordinados às leis de funcionamento dos sistemas naturais e aos critérios de respeito à dignidade humana e de melhoria da qualidade de vida das pessoas, surgindo assim um novo paradigma de desenvolvimento (VIANA et al., 2001).

Segundo Sachs (1997), o desenvolvimento, segundo entendemos hoje, é um conceito abrangente diferente de crescimento econômico, ainda considerado uma condição necessária, mas de forma alguma suficiente, incluindo as dimensões ética, política, social, ecológica, econômica, cultural e territorial, todas elas sistematicamente inter-relacionadas e formando um todo.

Em se tratando do desenvolvimento sustentável no âmbito das políticas para a mudança do clima, segundo a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, no Artigo 3, item 5:

As partes devem cooperar para promover um sistema econômico internacional favorável e aberto conducente ao crescimento e ao desenvolvimento econômico sustentáveis de todas as Partes, em especial das Partes países em desenvolvimento, possibilitando-lhes, assim, melhor enfrentar os problemas da mudança do clima (Convenção do Clima, Nações Unidas no Brasil, 1992, Disponível em: <<http://www.onu-brasil.org.br/doc.clima.php>>).

Segundo Rodrigues (1998), seria impossível que os vários bilhões de habitantes do planeta consumissem combustíveis fósseis na mesma proporção que os que vivem nos países do chamado Primeiro Mundo. Duarte & Wehrmann (2002) consideram que a crise ecológica, em suas diferentes manifestações, seja no nível global ou local, tem suas origens no processo de desenvolvimento da sociedade moderna, estando diretamente relacionada a aspectos socioeconômicos e políticos e, tem sido agravada pelo crescimento explosivo da população e pela distribuição desigual das riquezas.

“Os problemas da pobreza e do meio ambiente podem ser sanados ou evitados; não há quaisquer limites ecológicos ou falta de tecnologia que impeçam sua superação. Conclui-se, assim, que os obstáculos são sociais e políticos” (SACHS, 2004, p.19).

O processo de globalização da economia e suas conseqüências sociais e ambientais se fazem sentir praticamente em todo o planeta, mas de forma especial nos países em desenvolvimento, em ecossistemas ainda em processo de ocupação e exploração tardias, onde são agravadas pela desigualdade social.

1.3 O FENÔMENO DO EFEITO ESTUFA

A principal causa do aquecimento global, o efeito estufa, foi inicialmente descrito em 1824, pelo matemático francês, Jean-Baptiste Joseph Fourier, que descreveu o fenômeno, também em um artigo muito similar em 1827 (Fourier, 1824, 1827 apud Cowie, 2007), de que a atmosfera serve para aquecer o planeta. Fourier foi também o responsável pelo conceito e analogia do fenômeno com a “glass bowl” – concha de vidro que absorve a radiação solar e retém a radiação térmica, como uma estufa.

Os primeiros cálculos acerca do efeito estufa foram publicados num artigo em 1896 pelo Químico Sueco Svante Arrhenius. Em 1896 Arrhenius quantificou as mudanças na temperatura com um acréscimo de aproximadamente 5°C. Cowie (2007) descreve o químico sueco Svante August Arrhenius como sendo um dos primeiros a relatar que a adição humana do dióxido de carbono à atmosfera resultaria no aquecimento da mesma.

Para Muylaert (2000) os experimentos de Arrhenius foram bem sucedidos e os seus resultados têm sido comprovados por modernas simulações de computador. Segundo a autora, os “hothouse gases”, assim chamado os “greenhouse gases” por Arrhenius, deveriam ser estudados em conjunto com os “aerossóis”, que também são emitidos à atmosfera devida às atividades humanas e, ao contrário dos GEE, possuem poder de resfriamento.

O efeito estufa é um fenômeno natural, causado pela presença de determinados gases na atmosfera, que por este motivo são conhecidos como gases de efeito estufa (GEE). Gases-estufa são aqueles que provocam a retenção da radiação infravermelha na atmosfera e que têm estado na atmosfera durante grande parte da história da Terra (LEGGETT, 1992).

A atmosfera terrestre é composta por partículas sólidas, gases e massas líquidas, os principais gases são o Nitrogênio (78%) e o Oxigênio (21%), existindo ainda outros gases em menores quantidades e vapor d'água (4%) por volume.

Em se tratando dos princípios científicos básicos do efeito estufa, é explicado pela radiação do sol que entra na atmosfera sob a forma de ondas de luz, e parte desta radiação é naturalmente retida pela atmosfera, promovendo o aquecimento da Terra. Com vistas à manutenção do equilíbrio térmico, a Terra emite para o espaço a mesma proporção de energia que recebe de radiação solar. A radiação incidente atravessa as diversas camadas da atmosfera e seu retorno ocorre na forma de radiações térmicas de grande comprimento de onda ou calor, que são absorvidas pelo CO₂.

O efeito estufa é responsável por manter a temperatura da Terra em torno de 15 °C positivos, condições adequadas para a vida e a manutenção do equilíbrio do planeta. Assim, pela ação do efeito estufa natural a atmosfera se mantém cerca de 30°C mais aquecida, possibilitando, com isso, a existência de vida no planeta.

A Revolução Industrial é um marco histórico no processo de aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, representando o início de um intenso consumo de combustíveis fósseis pela sociedade, demonstrando assim a relação das atividades humanas com o aumento da concentração de GEE.

Os principais elementos responsáveis por bloquear a saída da radiação para o espaço são o Metano (CH₄), o Dióxido de nitrogênio (NO₂) e o Dióxido de carbono (CO₂) que, associados ao vapor d'água, dão origem ao efeito estufa. Esse é um processo natural, sem o qual a temperatura da terra ficaria em torno de 17° C negativos.

O efeito do aquecimento devido às emissões correntes dos gases de efeito estufa depende do montante de cada gás emitido globalmente e seus respectivos GWP (Poder de Aquecimento Global, em português). Estudos indicam que o dióxido de carbono (CO₂) será responsável por cerca de 63% do aquecimento global nos próximos cem anos, o metano (CH₄) com 25%, óxido nitroso (N₂O) com 10%. CO₂ é certamente o mais importante GEE emitido pelo homem, hoje e no futuro (HADLEY CENTER, 2005).

Atividades humanas de todos os tipos sejam na indústria, no campo (como o desflorestamento), resultam em emissões de gases, em especial, o dióxido de carbono. Cada ano são adicionados ao carbono presente na atmosfera, aproximadamente 7 mil milhões de toneladas de CO₂, que permanecerá por um período de no mínimo 100 anos (HOUGHTON, 2004).

Pereira (2002) descreve o artigo de Revelle e Suess (1957) como sendo um marco histórico. Para o autor, Revelle já alertava sobre as consequências do aquecimento global, segundo o qual a humanidade havia embarcado em um “experimento geofísico de larga escala”, devido ao aumento na concentração de CO₂ pela intensiva utilização de combustíveis fósseis, impactando no sistema climático.

Graças às condições adequadas do clima é possível a manutenção da vida no planeta Terra. Para Cowie (2007) a relação entre a vida e o clima é fundamental, afeta todas as espécies, incluindo a nossa espécie. Em todos os continentes, exceto Antártica, há exemplos de civilizações estabelecidas ao longo do tempo e evidências de civilizações extintas.

Roger Revelle foi o primeiro cientista a propor a medição de CO₂ na atmosfera terrestre. As coletas de amostras de CO₂ na atmosfera constituem uma das mais importantes séries históricas de medições. Na era pré-industrial, em 1765, a concentração de CO₂ era de 280 ppm. Por volta de 1990, continha em torno de 354 ppm e continuava por se elevar. No ano de 2005 as concentrações de CO₂ já haviam ultrapassado 380 ppm e continuava a se elevar (Cowie, 2007). Vale comentar que os níveis de dióxido de carbono estão aumentando em volume, e já devem estar em torno 430 partes por milhão nos dias atuais.

Muitos gases estufa ocorrem naturalmente na atmosfera, em concentrações determinadas por fatores naturais, ao contrário dos GEE de origem antrópica. O vapor de água (H₂O) é um gás de efeito estufa natural, metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O) também são gases estufa naturais, mas o mais conhecido é o dióxido de carbono (CO₂). Outros GEE não ocorrem naturalmente, como os halocarbonetos. Os CFCs (clorofluorcarbonos) são completamente artificiais (produzidos pelo homem) (COWIE, 2007, p.4).

O vapor de água é o mais importante gás natural causador do efeito estufa pela sua abundância. O dióxido de carbono (CO₂) é lançado na atmosfera de maneira natural, pelos vulcões ao longo da história da Terra, e de maneira não natural, em decorrência das atividades humanas habituais, principalmente pela queima de combustíveis fósseis e pela destruição de florestas.

Para Leggett (1992) é necessário distinguir entre efeito estufa natural e efeito estufa acentuado pela ação do homem. Gore (2006) descreve a crise climática como sendo um problema que enfrentamos agora, onde a fina camada atmosférica está ficando mais espessa em consequência da enorme quantidade de dióxido de carbono e outros gases-estufa produzidos pelo homem. O acúmulo dos GEE retém grande parte da radiação infravermelha que deveria ser devolvida para o espaço. O aquecimento da atmosfera terrestre e dos oceanos surge como resultado do efeito estufa.

A divulgação do Primeiro Inventário de Emissões de gases-estufa do Brasil, feita em dezembro de 2004, revelou que o desmatamento e a agropecuária são os responsáveis pela maior parte das emissões brasileiras de gases causadores do aquecimento anormal da atmosfera.

Os resultados, apesar de estarem desatualizados, por se tratar de dados de 1990 a 1994, mostram que o Brasil sozinho responde por 3% de todas as emissões de gases-estufa no mundo. Somente no ano de 1994, o Brasil emitiu na atmosfera 1,03 bilhão de toneladas do gás (MCT, 2004). O Brasil está trabalhando no segundo inventário de emissões de gases de efeito estufa, com previsão de ser divulgado ainda em 2008.

1.4 O PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUAS ANÁLISES

Buscando a solução dos problemas relativos ao aquecimento global, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e a UNEP (*United Nations Environment Programme*) criaram o IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), em 1988.

O IPCC tem como responsabilidade avaliar a informação disponível na ciência e as opções para mitigação e/ou adaptação à mudança do clima, bem como, prover, quando solicitado, conselho técnico/científico/sócio-econômico para a COP (*Conference of the Parties*) e para a UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, sigla em inglês), órgão das Nações Unidas, reúne os principais cientistas na área de mudanças climáticas. Desde a sua criação, o IPCC produziu quatro relatórios, incluindo o seu último (1990, 1995, 2001 e 2007).

Os mais de 2.000 cientistas que integram o painel avaliam os resultados de milhares de pesquisas realizadas pelas principais universidades de todo o mundo. As certezas anunciadas pelo relatório, portanto, advêm de pesquisas já publicadas e discutidas pela comunidade científica.

Segundo estudos do IPCC, de acordo com as condições atuais, a temperatura da terra deverá aumentar entre 1,0 e 3,5 graus centígrados (°C) no próximo século, podendo provocar elevação do nível do mar com a inundação de zonas costeiras e ilhas, derretimento das calotas polares, mudança geográfica de larga escala dos ecossistemas, mudanças de tempo e maior frequência de tempestades, furacões, secas e outros eventos climáticos (MOREIRA & SCHWARTZMAN, 2000).

Para Agrawala (1997 apud Esparta & Moreira, 2002), o IPCC foi criado como um grupo de cientistas em um processo consultivo sem precedentes em tamanho e em escopo. A missão do IPCC é a de reunir o maior número possível de cientistas de diferentes países com o objetivo de coletar e analisar a literatura (“*peer review*,” revisada por pares, ou seja, que passa por um processo de revisão por especialistas no assunto abordado) disponível sobre o aquecimento global e consolidar relatórios sobre a ciência, possíveis impactos e políticas de resposta às mudanças climáticas.

O IPCC possui três grupos de trabalhos e uma equipe especial sobre inventários nacionais de gases do efeito estufa. A estrutura é organizada da seguinte forma: um grupo técnico responsável pela coordenação do Painel define a composição de três grupos de cientistas. O Grupo I trata das bases científicas das mudanças climáticas; o Grupo II avalia o impacto das mudanças climáticas sobre o planeta e suas conseqüências para a população; e o Grupo III analisa as possibilidades de mitigação das mudanças climáticas, através da redução das emissões de gases-estufa.

Os cientistas do IPCC são convocados a partir da sua produção científica e nacionalidade. Sendo o IPCC um órgão das Nações Unidas, existe uma preocupação com a representatividade dos países-membros. Ao longo de quatro anos, os cientistas se reúnem para fazer um balanço sobre a produção científica em torno do tema escolhido. Para o quarto relatório, por exemplo, cerca de 2.500 cientistas provenientes de 130 países tiveram suas publicações científicas consultadas.

As análises sistemáticas do Painel Intergovernamental sobre mudança climática sintetizam o conhecimento científico existente sobre o sistema climático e suas respostas ao aumento das emissões antropogênicas de gases de efeito estufa (GEE) e de aerossóis, havendo um razoável consenso de que o aquecimento global observado nos últimos 100 anos é causado pelas emissões acumuladas de GEE, e não pela variabilidade natural do clima.

Segundo Sanquetta et al. (2004), mudanças climáticas são processos naturais, consideradas as escalas de tempo de milhares de anos em eras geológicas. Para os autores, a velocidade e intensidade com que as mudanças climáticas no sistema da Terra estão

ocorrendo desde a Revolução Industrial é que tem preocupado os cientistas e líderes mundiais, principalmente nas duas últimas décadas.

O Primeiro relatório Científico do IPCC (*First Assessment Report - FAR*) foi publicado pelo IPCC em 1990, e as pesquisas sobre mudanças de clima têm avançado e se beneficiado com a interação entre cientistas de todo o mundo desde a publicação do FAR. O primeiro relatório do IPCC passou a ser considerado como referência principal sobre mudança climática global.

O Segundo Relatório Científico do IPCC (*Second Assessment Report - SAR*) sobre Mudanças Climáticas, publicado em 1995 forneceu as bases para as negociações chave que levaram a adoção do Protocolo de Kyoto em 1997, demonstrando a importância da divulgação destas informações, tanto científica como de relevância política.

A principal conclusão do IPCC SAR foi a de que temperatura média da superfície global aumentou entre 0,3 e 0,6 °C desde o final do século XIX, e provavelmente esta mudança de temperatura não tenha origem totalmente natural. O nível do mar global aumentou entre 10 e 25 cm nos últimos 100 anos, e grande parte da elevação pode estar relacionada com o aumento da temperatura média global (IPCC, 1996). Este relatório concluiu também que o sinal antropogênico estava emergindo da variabilidade natural do clima.

O Terceiro Relatório do IPCC (*Third Assessment Report - TAR*), publicado em 2001, concluía que as influências humanas continuarão a mudar a composição atmosférica durante o século XXI. É projetado um aumento na temperatura média da superfície global de 1.4 a 5.8 °C num período de 1990 a 2100, e três quartos do aumento do CO₂ atmosférico durante os anos noventa foram devidos à queima de combustíveis fósseis, e o restante às mudanças no uso da terra, incluindo desmatamento de florestas. O aumento da concentração desses gases na atmosfera é responsável, entre outros, pelo aumento de temperatura na superfície terrestre, e já vem sendo observado desde a Revolução Industrial, com tendências crescentes.

A temperatura média global do planeta à superfície elevou-se de 0,6 a 0,7 graus Celsius (°C) nos últimos 100 anos, com acentuada elevação desde a década de 1960-70. A última década apresentou os três anos mais quentes dos últimos 1000 anos da história recente da terra (NAE, 2005a).

Os principais resultados das avaliações globais do TAR do IPCC (IPCC, 2001a) baseiam-se em prévias avaliações e incorporam novos resultados dos últimos cinco anos de pesquisa em mudança de clima, e concluiu que as recentes mudanças climáticas já estão afetando os sistemas físicos (clima, recursos hídricos) e biológicos (ecossistemas, saúde humana, cidades, indústrias). Alguns sistemas humanos já têm sido afetados pela seca ou enchentes, como exemplo, a Amazônia e o Semi-árido com secas e o Sudeste do Brasil, com enchentes (MARENGO, 2007).

Os sistemas naturais são vulneráveis às mudanças climáticas, e alguns serão prejudicados irreversivelmente, onde os mais pobres terão menor capacidade de adaptar-se e são os mais vulneráveis à mudança do clima.

As possíveis causas das mudanças entre o sistema terra-atmosfera-oceano, num nível global, são estudadas levando-se em conta as forças e os mecanismos de interação. As causas dessa variação podem ser de ordem natural, antrópica ou uma soma das duas (PINTO et al., 2003).

Caso a concentração dos gases estufa na atmosfera não for estabilizada em um “nível considerado não perigoso” para o sistema climático, isto é, que o aumento da temperatura média da superfície da Terra não ultrapasse os 2° C, as conseqüências poderão ser alarmantes para a população mundial e todos os ecossistemas.

Segundo o IPCC SRES (2002), os cenários futuros das emissões de gases de efeito estufa são o produto de sistemas dinâmicos muito complexos, determinados por forças motrizes tais como crescimento demográfico, desenvolvimento socioeconômico e mudança tecnológica. Sua evolução é altamente incerta. Cenários são imagens alternativas de como o futuro poderá se desdobrar, e são uma ferramenta apropriada para analisar como as forças

motrizes podem influenciar no resultado de emissões futuras e para avaliar as incertezas associadas. Os cenários auxiliam nas análises de mudanças climáticas, incluindo modelagem do clima e avaliação de impactos, adaptação e mitigação.

Recentes mudanças regionais no clima, particularmente aumentos na temperatura, já tem afetado sistemas hidrológicos, terrestres e ecossistemas marinhos em muitas partes do mundo (IPCC, 2001b). Com o prosseguimento do aquecimento global, estima-se um aumento no número de eventos extremos, como secas, inundações, elevação do nível do mar e maior frequência de ondas de calor. A elevação da temperatura promove uma maior evapotranspiração, aumentando assim a capacidade do ar em reter vapor d'água, ocasionando um maior déficit hídrico.

O aumento dos custos socioeconômicos relativos aos danos para variações regionais do clima sugere aumento da vulnerabilidade à mudança do clima. Segundo IPCC (2001), alguns sistemas sociais e econômicos vêm sendo afetados por recente aumento de secas e inundações, com aumento de perdas econômicas decorrentes de eventos climáticos extremos.

As mudanças climáticas têm provocado uma grande inquietação ao mundo sobre os possíveis impactos e sobre o futuro do planeta, principalmente após divulgação, em fevereiro de 2007, do Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (AR4, sigla em Inglês), que demonstrou fortes evidências de que o aquecimento global está ocorrendo por conta das ações antrópicas.

O Quarto Relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática foi elaborado por 2.500 cientistas de 153 diferentes países. Em fevereiro de 2007 foi aprovado e divulgado um resultado preliminar, confirmando que o Planeta está aquecendo e, que o aquecimento e a elevação do nível do mar continuarão por muitos séculos, mesmo se as concentrações de gases estufa fossem estabilizadas.

A Quarta Avaliação do Grupo de Trabalho I do IPCC apresenta uma análise completa da mudança do clima observada e a sua relação com as mudanças recentes observadas no meio ambiente natural e humano. Para Marengo (2007), com a divulgação do AR4, espera-se

que o conhecimento sobre mudanças em extremos de clima melhore notavelmente. Novos modelos que incluem modelos acoplados com vegetação interativa e melhores representações de nuvens e aerossóis estão sendo rodados, e uma maior atenção está sendo dada para a simulação de extremos climáticos e de variabilidade interdecadal.

Muito se discutiu sobre variabilidade natural ou mudança climática. Após divulgação do AR4, um forte consenso científico no IPCC revela que a mudança no clima global está ocorrendo por conta das atividades humanas. A autora adota a linha científica do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas como hipótese, e acredita que as mudanças climáticas estão ocorrendo, e sendo intensificadas pela ação humana, que vem influenciando neste processo desde o advento da Revolução Industrial.

Se as tendências de crescimento das emissões se mantiverem, os modelos climáticos indicam que poderá ocorrer aquecimento até acima de 6°C em algumas regiões do globo até o final do século XXI. É provável que a temperatura média global durante o século XXI aumente entre 2,0°C a 4,5°C, com uma melhor estimativa de cerca de 3,0°C, e é muito improvável que seja inferior a 1,5°C. Valores substancialmente mais altos que 4,5°C não podem ser desconsiderados, mas a concordância dos modelos com as observações não é tão boa para esses valores (IPCC, 2007).

Conclui-se que, mesmo no cenário de baixas emissões de gases do efeito estufa (cenário B1), as projeções dos diversos modelos do IPCC indicam aumento da temperatura, sobretudo no Hemisfério Norte. As análises de diversos modelos climáticos globais indicam que, com a elevação da temperatura global, devido ao aumento dos gases do efeito estufa, o clima do Pacífico tenderá a ficar parecido com uma situação de El Niño (Knutson and Manabe, 1995; Mitchell et al., 1995; Meehl and Washington, 1996; Timmermann et al., 1999; Boer et al., 2000 apud Nobre et al., 2007), entretanto, as razões para tal semelhança são variadas, e dependem da representação de processos físicos e parametrizações nos modelos.

Em se tratando de variabilidade climática, o clima da terra passou por contínuas variações naturais, ou seja, mudança do clima, ao longo de sua história evolutiva gerando e transformando novas organizações de ecossistemas. Pinto et al. (2003) se refere às mudanças

climáticas envolvendo fatores internos e externos ao sistema, como variações no sistema solar, atividades vulcânicas, a variabilidade natural do clima e sua interação com a atmosfera, oceanos e superfície da terra.

O aquecimento do sistema climático não é um equívoco segundo o IPCC, sendo evidente de acordo com as observações de aumento global da temperatura do ar e dos oceanos. Onze dos últimos doze anos (1995-2006) estão entre os mais quentes desde os registros instrumentais da temperatura da superfície global (desde 1850).

Nos últimos 150 anos a temperatura do Planeta aumentou em $0,75^{\circ}\text{C}$, o oceano se elevou de 10 a 20 cm e sua temperatura aumentou em $0,36^{\circ}\text{C}$ até 300m de profundidade, a espessura da cobertura de gelo do Ártico diminuiu em 40% e as geleiras terrestres vêm se retraindo de forma contínua (IPCC, 2007a).

A Avaliação do AR4 concluiu que “há uma confiança alta de que as mudanças regionais recentes na temperatura tenham tido impactos discerníveis em muitos sistemas físicos e biológicos”, e as evidências obtidas por meio de observações de todos os continentes, e da maior parte dos oceanos, mostram que muitos sistemas naturais estão sendo afetados pelas mudanças climáticas regionais, principalmente pelos aumentos de temperatura (IPCC, 2007b).

A tendência linear de 100 anos (1906-2005) de $0,74^{\circ}\text{C}$ ($0,56$ para $0,92^{\circ}\text{C}$) é então maior que a correspondente para 1901-2000. Os efeitos do calor urbano são reais, mas locais, e têm uma influência insignificante (menos que $0,006^{\circ}\text{C}$ por década sobre o solo e zero sobre os oceanos) nestes valores.

Salati & Schindler (2007) acreditam que esse aumento da temperatura e da umidade explica as tendências observadas em fenômenos mais dinâmicos da atmosfera, que resultam na ampliação da frequência e da intensidade de eventos extremos.

No contexto das emissões de GEE relacionadas ao consumo de energia, o Brasil tem o privilégio de já possuir uma matriz energética relativamente limpa em relação aos demais

países, que utilizam em grande escala os combustíveis de origem fóssil (carvão, derivados de petróleo e gás natural) para o atendimento de suas demandas energéticas, apesar de estudos recentes relatarem emissões de GEE advindas da hidroeletricidade.

Todavia o Brasil é o quarto maior emissor de gases de efeito estufa no planeta, onde cerca de 75% de nossas emissões são provenientes de mudanças do uso e ocupação do solo e da agropecuária, e fundamentalmente do desmatamento da Amazônia.

O Brasil está situado em 17º lugar na classificação mundial dos países emissores de GEE, se não considerarmos o desmatamento de floresta tropical. No entanto ocupa o 5º lugar (alguns estudos já apontam o Brasil como o 4º maior emissor mundial de GEE em 2007) ao considerarmos essa atividade humana.

No Brasil, a mudança do clima e as vulnerabilidades existentes implicam num aumento na frequência de secas e enchentes, impactando na agricultura e na biodiversidade, mudança no regime hidrológico e nas zonas costeiras pelo aumento no nível do mar, principalmente em grandes regiões metropolitanas litorâneas.

A necessidade de se conhecer as vulnerabilidades das regiões contribuirá no conhecimento sobre quais serão as áreas potencialmente afetadas com as mudanças climáticas. Houghton (2004) afirma sobre a necessidade de pesquisa intensiva visando à melhoria da confiança nas previsões científicas.

Deste fato decorre a responsabilidade de todos os setores da sociedade brasileira em propor e implementar soluções que visem diminuir radicalmente as emissões de CO₂ com o menor impacto ambiental, social e econômico, além de medidas de adaptação.

2 POLÍTICAS PARA A MUDANÇA DO CLIMA

2.1 A CONVENÇÃO DO CLIMA

Na década de 1980, as evidências científicas da mudança do clima, relacionando as atividades humanas com as emissões de gases de efeito estufa, indicavam a necessidade de um tratado mundial para enfrentamento do problema.

Em 1990, a Assembléia Geral das Nações Unidas estabeleceu o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro sobre Mudança do Clima (INC/FCCC, sigla em inglês), responsável pelo preparo da redação da Convenção, adotada em 1992.

Em decorrência dos riscos acarretados pelas mudanças climáticas, foi estabelecida, no âmbito da Organização das Nações Unidas, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, aberta para adesões em 1992, durante a Conferência da Cúpula da Terra no Rio de Janeiro, com o objetivo de estabelecer as diretrizes e condições para estabilizar os níveis dos gases de efeito estufa na atmosfera terrestre.

Em 1992, na Conferência da Cúpula da Terra no Rio de Janeiro, foi assinada a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, em atendimento às evidências relacionadas a emissões de gases de efeito estufa provenientes das atividades humanas à mudança do clima. A Convenção do Clima surgiu em resposta às ameaças das mudanças climáticas para o desenvolvimento sustentável dos países e para a manutenção dos ecossistemas do planeta como um tratado internacional de caráter global.

Viola (2002) faz uma comparação da posição ambiental Brasileira no sistema internacional entre 1972 a 1990. Segundo o autor, a extraordinária mudança manifestou-se na posição do governo brasileiro em 1992, muito diversa da posição assumida em Estocolmo, vinte anos antes, e bastante sensível aos problemas ambientais.

A Convenção do Clima entrou em vigor em 21 de março de 1994. Em 1997, 165 países já haviam ratificado a Convenção, comprometendo-se com os termos contidos. Reconhecendo a mudança do clima como “uma preocupação comum da humanidade”, os governos que a assinaram tornaram-se Partes da Convenção, propondo-se a elaborar uma estratégia global para “proteger o sistema climático para gerações presentes e futuras”.

Segundo alguns autores, a Rio-92 foi um marco histórico devido à presença do maior número de chefes de estado em uma conferência internacional em toda a história. Durante a Conferência Rio-92, mais de duzentos países adotaram a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, vigorada em 1994, na busca de se reverter os efeitos prejudiciais à vida na Terra.

Até fevereiro de 2004, a Convenção havia sido assinada por 188 “Partes” (países), das quais somente as Partes pertencentes ao anexo I (países industrializados) têm compromisso de reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (NAE, 2005b).

Segundo Muylaert (2000), muitos foram os conflitos entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento, antes mesmo da Convenção. Os países desenvolvidos queriam que os países em desenvolvimento assumissem o compromisso de limitação ou mesmo redução de emissões, e os países em desenvolvimento, o Brasil, a China e a Índia, mostraram não aceitar imposições a seus países em termos de redução de emissões.

As Partes da Convenção se comprometiam a atender os termos da Convenção, que traz em seu texto inicial alguns aspectos relacionados à percepção dos problemas, conscientização e da necessidade de ação dos países, destacando que os países em desenvolvimento necessitam ter acesso aos recursos necessários para alcançar um desenvolvimento social e

econômico sustentável, e que a maior parcela das emissões globais, históricas é originária dos países desenvolvidos. .

É importante apresentar algumas definições conforme descrito no Artigo 1 da Convenção, que define Mudança do Clima como sendo “uma mudança no clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis” (Convenção do Clima, Nações Unidas no Brasil, 1992. Disponível em: < http://www.onu-brasil.org.br/doc_clima.php>).

A convenção, ainda no Artigo 1, define Sistema Climático como “a totalidade da atmosfera, hidrosfera, biosfera e geosfera e suas alterações” e Efeitos Negativos da Mudança do Clima sendo “as mudanças no meio ambiente físico ou biota resultantes da mudança do clima que também tenham efeitos deletérios significativos sobre a composição, resiliência ou produtividade de ecossistemas naturais e administrados, sobre o funcionamento de sistemas socioeconômicos ou sobre a saúde e o bem-estar humanos” (Convenção do Clima, Nações Unidas no Brasil, 1992. Disponível em: < http://www.onu-brasil.org.br/doc_clima.php>).

O objetivo da Convenção do Clima é o de estabilizar as concentrações dos gases de efeito estufa na atmosfera, em níveis que impeçam a interferência humana com o sistema climático, definido no Artigo 2 da Convenção. Dentre os princípios da Convenção, definidos no Artigo 3, o princípio da precaução, definido durante a Rio-92, objetiva prevenir já uma suspeição de perigo ou garantir uma suficiente margem de segurança da linha de perigo. Refere-se ao afastamento de perigo e segurança das gerações futuras, como também de sustentabilidade ambiental das atividades humanas.

A Convenção refere-se ao “Princípio da Responsabilidade Comum mas Diferenciada”, levando em consideração as emissões globais, históricas e atuais dos países nas emissões de gases de efeito estufa. O desenvolvimento sustentável deve ser inserido neste contexto e este esforço deve ser conjunto.

O Desenvolvimento Sustentável é destacado como um dos princípios da Convenção do Clima, e segundo a Convenção as Partes têm o direito ao desenvolvimento sustentável e devem promovê-lo, e as políticas e medidas de mitigação à mudança do clima devem ser adequadas às condições específicas de cada Parte.

O Artigo 4 da Convenção especifica as obrigações de todas as Partes da Convenção, levando em conta suas “responsabilidades comuns mas diferenciadas”. As Partes devem levar em conta, no cumprimento das obrigações assumidas sob esta Convenção, a situação das Partes países em desenvolvimento, cujas economias sejam vulneráveis aos efeitos negativos das medidas de resposta à mudança do clima.

A Convenção do Clima estabelece que as Partes listadas no Anexo I devem adotar políticas e medidas de mitigação capazes de reduzir os níveis de emissão antrópica de gases de efeito estufa aos níveis de 1990. Ao se analisar a viabilidade dos compromissos assumidos de redução de emissões de GEE, constatou-se que as emissões dos países Anexo I estão crescendo, descumprindo, portanto o compromisso assim estabelecidos no âmbito da Convenção.

Vale salientar que as mudanças climáticas já estão ocorrendo em todo o sistema global e, além da preocupação com a mitigação das emissões dos gases de efeito estufa, se faz necessário um avanço nas medidas de adaptação a estes fenômenos.

O IPCC foi escolhido para dar suporte científico à Convenção do Clima, sendo o responsável técnico pelas pesquisas em mudança do clima, contribuindo como base para a elaboração de uma política internacional de mudança do clima.

A Conferência das Partes (*Conference of the Parties, COP*), órgão supremo da Convenção do Clima, é composta pelos países signatários, que se reúnem anualmente, para operacionalizar a Convenção e decidir sobre os encaminhamentos definidos nas sessões.

O primeiro encontro das partes, a COP-1, ocorreu em Berlim, em 1995. Como resultado deste encontro, surgiu o Mandato de Berlim, que tinha como principal objetivo, assumir os compromissos assumidos pelas Partes Anexo I, em 1992, através do qual seriam estipulados limites de emissão dos gases causadores de efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono, bem como a definição do calendário a ser cumprido.

A 3ª Conferência das Partes, COP-3 ocorreu em dezembro de 1997, em Quioto, Japão. A COP3 resultou na decisão (1/CP.3) de adotar-se um Protocolo segundo o qual os países industrializados reduziriam suas emissões de gases de efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990, num período de 2008 a 2012, primeiro período de compromisso.

A COP-3 foi um marco entre as Conferências das Partes até hoje já realizadas. O Protocolo de Quioto, o qual será comentado no Item 2.2 deste capítulo, inclui metas e prazos relativos à redução ou limitação das emissões futuras de dióxido de carbono e outros gases responsáveis pelo efeito estufa, exceto aqueles já controlados pelo Protocolo de Montreal.

Em 1999, foi criada no Brasil a Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima, formada por 11 ministérios, com o papel de ser a Autoridade Nacional Designada (DNA, sigla em inglês).

O Protocolo de Quioto entrou em vigor em 16 de fevereiro de 2005, ratificado por 141 países. Vale comentar que em agosto deste ano, foi instituído o Fórum Baiano de Mudanças Climáticas Globais e de Biodiversidade, com o objetivo de promover a cooperação mútua entre os órgãos públicos, privados e a sociedade civil, visando conscientizar e mobilizar a sociedade baiana para a discussão e apoio sobre o fenômeno das mudanças climáticas globais.

A COP-11, realizada em dezembro de 2005, em Montreal - Canadá, na qual a autora teve a oportunidade de participar, foi à primeira Conferência das Partes após a entrada em vigor do Protocolo de Quioto. Ocorreu em conjunto a COP-11 e a Primeira Reunião das Partes (MOP1 - Meeting of the Parties to the Protocol) ao Protocolo de Quioto.

A COP-12/ MOP-2 ocorreu em dezembro de 2006, em Nairobi – Quênia. O Brasil apresentou uma proposta de criação de um mecanismo de compensação por redução do desmatamento, onde discutiu-se sobre a criação de um fundo de adaptação, em apoio aos países em desenvolvimento para o enfrentamento da mudança do clima, e o aspecto dos impactos econômicos das mudanças climáticas foi posto em pauta, como um reflexo após a divulgação do Relatório Stern, em outubro de 2006.

O Relatório Stern, encomendado pelo governo Britânico, informou que os gastos para estabilizar a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa na atmosfera seriam equivalentes a 1% do PIB (Produto Interno Bruto) mundial até 2050 (Relatório Stern, 2006).

Em dezembro de 2007, durante a reunião das partes da Convenção do Clima (COP-13 /MOP-3), em Bali - Indonésia, entre as expectativas da COP-13 estava a de lançar as bases para um compromisso de reduções de GEE ainda mais intenso e abrangente do que no referido período de vigência do Protocolo de Quioto.

A questão florestal tem ganhado destaque no âmbito de Quioto e principalmente na Convenção do Clima. Houve uma perspectiva que em 2007, na 13ª Conferência das Partes do Protocolo de Quioto (COP-13) fossem traçadas as diretrizes para que as partes possam lidar com questões relativas às reduções de emissão paralelamente a Quioto. Esta perspectiva multiplica as possibilidades de abordagem da questão florestal uma vez que permitirá que, mesmo sem assumir metas, sejam desenvolvidos de maneira clara e mensurável projetos para contribuir na mitigação do efeito estufa (MOUTINHO & SCHWARTZMAN, 2005).

Ocorreu nos dias 3 a 15 de dezembro de 2007 a COP-13, em Bali, na qual a autora teve a oportunidade de participar como membro observador da delegação brasileira. Como um dos principais resultados desta COP, o fundo de adaptação estabelecido pelo Protocolo de Quioto, atualmente conta com US\$ 53,7 milhões. A previsão é que o fundo comece a funcionar em 2008, e irá apoiar os países em desenvolvimento no enfrentamento aos efeitos negativos do aquecimento global e na adaptação à mudança do clima (a ser gerido pelo *Global Environment Facility* e *World Bank*).

As discussões giravam em torno do combate ao desmatamento em Florestas tropicais em países em desenvolvimento e o pós-2012 (Quioto). Estes temas foram bastante debatidos e o Brasil apresentou na COP-13 o programa de metas voluntárias de redução de emissão pelo controle do desmatamento. Como resultado referente ao combate ao desmatamento de florestas tropicais, ficou definido que serão concedidas ajudas às nações em vias de desenvolvimento para conservação e proteção de suas florestas.

Nesta COP foi reconhecida a "necessidade urgente" de agir para reduzir as emissões de carbono provenientes do desmatamento, que são responsáveis por 20% dos gases do efeito estufa, segundo dados da ONU divulgados durante a conferência. A boa notícia final foi a aprovação do Bali Roadmap (mapa do caminho de Bali) que determina a agenda a ser seguida pelos países até 2009, quando as nações deverão alcançar um consenso final sobre as novas metas e compromissos que precisarão ser assumidos para o período após 2012, ano em que termina a vigência do primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto.

O novo Protocolo que entrará em vigor em 2013 deverá ser definido até 2009, quando será realizada a Conferência de Copenhagem (COP-15), na qual se finalizarão as negociações iniciadas em Bali. Para esse período espera-se que sejam estabelecidas metas de redução de emissões de gases do efeito estufa entre 25% e 40% (em relação aos níveis de 1990) até 2020 para os países industrializados. Esse percentual foi recomendado pelos cientistas do IPCC. A adoção de metas e de compromissos internos pelas maiores economias dos países em desenvolvimento, como China, Brasil e Índia, também será discutida.

Vale salientar que no Brasil, o padrão de emissão de GEE pelas atividades humanas é diferente da situação global. As práticas agrícolas e as mudanças do uso da terra devido ao desmatamento são as principais fontes de emissão dos GEE. Aproximadamente 75% do CO₂ que o Brasil emite para a atmosfera são derivados de práticas agrícolas e do desmatamento. Apenas 25% são derivados da queima de combustíveis fósseis, desta forma, a partir do programa de metas voluntárias de redução de emissão pelo controle do desmatamento o Brasil poderá atuar de forma efetiva no combate ao aquecimento global.

2.2 O PROTOCOLO DE QUIOTO

A Convenção do Clima, no Artigo 17, afirma que a Conferência das Partes, em suas sessões ordinárias, pode adotar protocolos, e somente as Partes da Convenção podem ser Partes de um protocolo e tomar as decisões no âmbito de qualquer protocolo.

O Protocolo de Quioto, adotado em 1997, em Kyoto no Japão, durante a Terceira Conferência das Partes (COP-3) da Convenção do Clima, estabelece que países industrializados devam reduzir as suas emissões de gases de efeito estufa – GEE em 5,2%, em média, em relação a 1990, num período de 2008 a 2012 (NAE, 2005a).

Com a ratificação da Rússia em 2004, o Protocolo de Quioto entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005, sem a ratificação dos Estados Unidos (EUA) e da Austrália, sendo os EUA o maior emissor de GEE, responsável por mais de 25% das emissões globais.

O Protocolo de Quioto, aberto para assinatura em 16 de março de 1998, foi assinado por praticamente todos os países e ratificado por uma grande maioria, representando o principal avanço como resultado da Convenção, que pela primeira vez, possibilitou-se estabelecer limites para as emissões dos GEE dos países industrializados.

No referido acordo foram estabelecidos alguns mecanismos de flexibilização para uso no cumprimento dos compromissos de redução, que induzem à criação de um mercado para créditos de carbono. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (Clean Development Mechanism) – ou simplesmente MDL é o único destes que envolve países Anexo 1 e os países não-Anexo 1, como o Brasil, em projetos de compensação de emissões de GEE. No âmbito do MDL, o Certificado de Reduções de Emissões (*Certified Emissions Reductions* – CER, sigla em inglês), representa o crédito de carbono a ser negociado no mercado internacional.

No Artigo 2 do Protocolo, no item 1, diz que as Partes, Anexo I, devem cumprir seus compromissos quantificados de limitação de redução de emissões assumidos a fim de promover o desenvolvimento sustentável. O item 3 do mesmo Artigo refere-se ao dever das Partes Anexo I em empenha-se em implementar políticas e medidas de forma a minimizar os efeitos adversos da mudança do clima.

O Protocolo de Quioto estabelece que os países desenvolvidos (Anexo I) têm a obrigatoriedade de reduzir as emissões dos GEE, e os países em desenvolvimento (Não Anexo I) não as terem, representando o claro fortalecimento do Princípio da Responsabilidade Comum mas Diferenciada.

O Tratado de Quioto vem sendo amplamente discutido no âmbito das Conferências das Partes quanto ao possível alcance das estabilizações dos gases de efeito estufa. As emissões de carbono nos Estados Unidos, em 2007, estavam 13% acima dos níveis de 1990. O Japão, com uma meta de redução de 6% até 2010, em 2007 estava em torno de 13% acima da marca de 1990, e as emissões de carbono da União Européia (EU) 0,5% abaixo dos níveis de 1990, portanto serão necessários esforços adicionais para atingir a meta da EU, que é de 8% abaixo dos níveis de 1990, até 2010, estabelecida em Quioto.

Em se tratando do regime de Mudanças Climáticas, a complexidade é evidenciada nas inter-relações entre a economia e o ambiente global (Viola, 2002). Os principais instrumentos do regime internacional de mudanças climáticas são a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, assinada durante a Conferência da ONU no Rio de Janeiro e o Protocolo de Quioto, assinado em 1997 durante a COP-3, em Quioto no Japão.

O primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto começou em 2008. Atualmente, o segundo período está em fase de construção, e a previsão é que até 2009 seja concluído o documento legal e divulgado durante a COP-14. O objetivo é reduzir os gases de efeito de estufa para o período entre 2012 e 2017.

3 POLÍTIICAS PARA O SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

Os ambientes áridos existentes no planeta Terra são inteiramente diferentes quanto às formas de relevo, solo, fauna, flora e balanço hídrico. Talvez por esta razão e devido à falta de informações e critérios universais, as estimativas de abrangência mundial deste tipo de ambiente sejam muito variáveis entre as publicações disponíveis. Em média, pode-se estimar a superfície mundial semi-árida variando entre 10 e 13 % das terras do planeta (Raya, 1996), as quais estão distribuídas em 49 nações e 5 continentes.

No Brasil, em particular o semi-árido, ocupa uma vasta área entre 750.000 a 850.000 Km², equivalente a 48% da área total da região nordeste e a 10% do território nacional (AB'SABER, 1996; BARBOSA, 2000). Em 2005, o Ministério da Integração Nacional instituiu uma nova delimitação do semi-árido brasileiro, que atualizou os critérios de seleção e os municípios que passam a fazer parte dessa região.

A metodologia utilizou como base os critérios técnicos: precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; Índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico, que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial no período entre 1961 e 1990; e risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990 (MI, 2005).

O semi-árido brasileiro é um dos maiores, mais populosos e também mais úmidos do mundo. Vivem nessa região mais de dezoito milhões de pessoas, sendo oito milhões na área rural. Estende-se por 11 estados em seu total, abrangendo o norte dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, os sertões da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e uma parte do sudeste do Maranhão, ocupando uma área total equivalente aos territórios somados da França e Alemanha (NOGUEIRA, 1994; EMBRAPA, 2003).

O semi-árido brasileiro não é um mero segmento de um cinturão zonal de áreas semi-áridas tropicais ou subtropicais, muito pelo contrário, trata-se de um dos raros exemplos de domínios morfoclimáticos intertropicais secos. Em seus limites extremos, o polígono semi-árido nordestino faz transições para faixas de climas sub-úmidos, que o envolve pela maior parte de seus quadrantes, a exemplo da zona da mata atlântica, amazônia maranhense e cerrado brasileiro (AB’SABER, 1996 apud MELO FILHO & SOUZA, 2006).

O conceito de sustentabilidade para o uso dos recursos naturais define que sistemas sustentáveis são aqueles que “maximizam os benefícios sócio-econômicos da geração presente, preservando a qualidade ambiental e a capacidade de produção para as gerações futuras” (SAMPAIO e SALCEDO, 1997).

Por outro lado admite-se que agricultura é uma atividade com elevado grau de impacto ambiental, devido à remoção da vegetação nativa, exposição do solo às forças erosivas da chuva e uso de insumos químicos como pesticidas. Esta situação potencializa-se, nas condições de semi-aridez, onde os ecossistemas são naturalmente mais frágeis.

Em se tratando do desenvolvimento sustentável no semi-árido do Nordeste, exemplos não faltam para demonstrar que, apesar das limitações naturais, a região apresenta um conjunto de particularidades e potencialidades as quais, se dinamizadas com o devido tratamento político e adequação técnica, podem conduzir a um processo de desenvolvimento sustentado capaz de elevar a qualidade de vida da população regional.

O conceito de políticas públicas de “convivência com o semi-árido” tem como foco a população do semi-árido com suas estratégias e experiências peculiares de convivência com o ambiente, frágil e de escassez de recursos naturais, principalmente hídrica. Neste contexto cabe associar as políticas de convivência com o semi-árido às políticas de adaptação no âmbito das mudanças climáticas.

Faz-se necessário a sinergia das experiências de políticas voltadas para a adaptação e convivência com a situação de seca e semi-aridez, na construção de políticas de adaptação à mudança do clima, visto que as populações mais pobres, associadas às regiões do globo de

menor disponibilidade de recursos naturais, terão maior dificuldade no enfrentamento das mudanças climáticas.

3.1 A CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO

As terras secas se adaptam às variações climáticas. Por definição, as regiões semi-áridas têm fortes limitações de água doce. As precipitações podem variar consideravelmente ao longo do ano e períodos de seca prolongada podem durar vários anos. Isto fez com que houvesse uma adaptação da flora e fauna à disponibilidade de água e umidade nessas regiões.

A Agenda 21, em seu capítulo 12, definiu a desertificação como sendo "a degradação da terra nas regiões áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas", sendo que, por "degradação da terra" se entende a degradação dos solos, dos recursos hídricos, da vegetação e a redução da qualidade de vida das populações afetadas.

Durante a Rio-92, vários países com problemas de desertificação, entre eles o Brasil, propuseram à Assembléia Geral que aprovasse a negociação de uma Convenção Internacional sobre o tema. A Assembléia Geral aprovou a negociação da Convenção que foi realizada a partir de janeiro de 1993 e finalizada em 17 de junho de 1994, data que se transformou no Dia Mundial de Luta contra a Desertificação.

A Convenção Internacional das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África, após muitas negociações, entrou em vigor em 26 de dezembro de 1996. O Brasil tornou-se parte da CCD em 25 de junho de 1997 e, em março de 2002, mais de 179 países já faziam parte da Convenção.

Hoje, a principal obrigação desses países Partes é elaborar um Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PAN). O PAN Brasileiro foi lançado em junho de 2004. A Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação – CCD apresenta, como um de seus principais pressupostos, a necessidade de implementar processos efetivos de participação e envolvimento social para o combate à desertificação. Esta necessidade exige um grande desafio de articular ações para o combate à desertificação, incluindo as dimensões política, social, econômica, ambiental e cultural.

Segundo as definições da CCD, as Áreas Susceptíveis à Desertificação – ASD concentram-se, predominantemente, na região Nordeste do país, incluindo os espaços semi-áridos e sub-úmidos secos, como exemplo o semi-árido da Bahia.

Os países que assinaram a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos países que sofrem seca grave e/ou desertificação são denominados “Partes” da Convenção, que reconhecem a problemática e se comprometem na implementação de ações de combate, mitigação e adaptação aos efeitos adversos da desertificação.

O objetivo da Convenção, conforme estabelecido no Artigo 2º é o combate à desertificação e a mitigação dos efeitos da seca grave e/ou desertificação, particularmente na África através da adoção de medidas eficazes em todos os níveis, apoiadas em acordos de cooperação internacional e de parceria, que tenta em vista contribuir para se atingir o desenvolvimento sustentável nas zonas afetadas.

A comunidade internacional reconhece hoje o fenômeno da desertificação como uma preocupação maior para vários países em todas as regiões do mundo, especificamente em zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, onde vivem e existem as comunidades e ecossistemas mais vulneráveis do mundo.

Em se tratando da necessidade de sinergia das três Convenções: A Convenção do Clima, a Convenção de Combate à Desertificação e a Convenção sobre Diversidade Biológica, Rocha et al. (2007) se refere aos diferentes aspectos abordados nas três Convenções, como os aspectos da interação entre os sistemas humanos e naturais.

Para os autores, os sistemas humanos e naturais, e os processos físicos da biodiversidade, mudanças climáticas e desertificação, estão intimamente interligados, representando variados e diferentes aspectos do mesmo desafio: “como assegurar a exploração e gestão sustentável dos recursos naturais”.

O Brasil é signatário da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, e tem como compromisso elaborar um Plano Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil), a ser descrito a seguir.

3.2 O PROGRAMA DE AÇÃO NACIONAL DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO E MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DA SECA

A partir da ratificação da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, em 1994, no Brasil iniciou-se um processo de tratamento do tema, objetivando diagnosticar o processo de desertificação. Desta forma, em 1997, foram elaboradas as Diretrizes para a Política Nacional de Combate à Desertificação, com envolvimento das esferas estaduais e municipais nos processos de discussões e construção do PAN-Brasil.

A superfície a ser compreendida pelas ações do PAN-Brasil seria de mais de um milhão de Km², que corresponde às Áreas Suscetíveis à Desertificação: são espaços caracterizados como semi-áridos (62,8%) e sub-úmidos secos (37,2%) em 1.201 municípios.

Um Levantamento realizado pelo Ministério do Meio Ambiente traz o primeiro diagnóstico feito sobre a desertificação no Brasil. Quatro regiões foram classificadas como núcleos desertificados: Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (RN) e Cabrobó (PE). São áreas onde a situação é alarmante. Nestes municípios a aridez avançou de forma intensa que pequenos desertos já podem ser vistos. Reunidas num só espaço, tais regiões formariam uma mancha quase do tamanho do estado de Sergipe.

O fenômeno da desertificação tem duas causas: Primeiro a variação climática — longos períodos de seca associados a chuvas intensas e de curta duração, a outra face do problema está na ação do homem, por desmatamentos, queimadas, irrigação inadequada, mineração fora das normas, entre outras ações que impactam diretamente na qualidade dos solos, deixando-os desprotegidos.

O processo de desertificação no território brasileiro aflige exatamente a população mais vulnerável. Dos 1.482 municípios com algum tipo de comprometimento decorrente da desertificação, 771 apresentam os menores índices de desenvolvimento humano (IDH). São pessoas pobres, de pouca ou nenhuma escolaridade, que convivem agora com o processo de desertificação e o prolongamento de secas.

O Programa de Ação Nacional de combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN) é um instrumento de planejamento que visa definir as diretrizes e as principais ações para o combate e a prevenção do fenômeno da desertificação nas regiões brasileiras com clima semi-árido e subúmido seco.

O Art. 10º da CCD define os requisitos básicos para o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PAN), ou seja, identificar os fatores que contribuem para a desertificação e as medidas de ordem prática necessárias ao seu combate e à mitigação dos efeitos da seca.

O Programa vem sendo construído por meio de uma articulação que envolve os poderes públicos e a sociedade civil, sob coordenação da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente (SRH/ MMA).

Segundo o MMA (2005), o PAN Brasil tem como objetivo geral estabelecer diretrizes e instrumentos legais e institucionais que permitam otimizar a formulação e execução de políticas públicas e investimentos privados nas Áreas Suscetíveis à Desertificação - ASD, no contexto da política de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca e de promoção do desenvolvimento sustentável.

A estratégia de implementação do PAN-Brasil está pautada pelo desenvolvimento de programas e ações focados em quatro eixos temáticos: Eixo Temático 1 (Redução da Pobreza e da Desigualdade); Eixo Temático 2 (Ampliação Sustentável da Capacidade Produtiva); Eixo Temático 3 (Conservação, Preservação e Manejo Sustentável dos Recursos Naturais e o Eixo Temático 4 (Gestão Democrática e Fortalecimento Institucional).

Cabe ressaltar a relação entre a pobreza e os processos de desertificação. Segundo o MMA (2005), há consenso em se identificar a pobreza como fator resultante dos processos de desertificação, assim como a condição de pobreza tende a pressionar a base de recursos naturais, ocasionando assim um aumento nos impactos negativos nas esferas social, econômica e ambiental.

As ações do PAN-Brasil incorporam programas que, direta e indiretamente, podem contribuir para o combate à desertificação. A implementação das ações encontra-se a cargo de instituições públicas (federais, estaduais e municipais), privadas e organizações não-governamentais. Neste contexto, cabe ressaltar alguns programas:

- O Programa de Água Subterrânea - Sua implementação vem sendo conduzida pela SRH/ MMA em articulação com outros órgãos do governo federal e com estados das ASD;
- O Programa Água Doce - Visa a instalação, recuperação e manutenção de equipamentos de dessalinização de água para o abastecimento humano. O programa busca o aproveitamento dos rejeitos para a piscicultura e irrigação de plantas halófitas com alto teor protéico, destinadas à alimentação humana e de animais (especialmente caprinos), evitando impactos ambientais negativos como a salinização dos solos;
- O Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais – Programa P1MC. Iniciado no ano 2000, esse programa busca contribuir com o processo educativo e de transformação social, visando à preservação, o acesso e a valorização da água como um direito essencial da vida e da cidadania.

Relacionado a recursos hídricos e a saneamento ambiental foram incluídos os seguintes programas: i) Gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos; ii) Conservação e Uso Racional das Águas; iii) Probasias; iv) Resíduos Sólidos e Urbanos; v) Desenvolvimento Integrado e Sustentável no Semi-Árido – Conviver; vi) Proágua Infra- Estrutura; vii) Saneamento Rural; viii) Saneamento Ambiental Urbano; e ix) Proágua Gestão (MMA, 2005).

O programa Desenvolvimento Integrado e Sustentável no Semi-árido – Conviver tem por objetivo reduzir as vulnerabilidades socioeconômicas da população de áreas do semi-árido diante das ocorrências de seca.

No escopo do Programa de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca na América do Sul – IICA/BID, a Reunião de Especialistas em Indicadores de Desertificação ocorrida no Brasil, em agosto de 2003, identificou um conjunto preliminar de indicadores físicos, biológicos, socioeconômicos e institucionais que explicam o fenômeno da desertificação. A proposta do Programa IICA/BID é consolidar os indicadores definidos em âmbito nacional e estabelecer uma “baseline” que será usada como referência nos seis países abrangidos pelo Programa IICA/BID.

Para o MMA (2005), o grau de conhecimento efetivo do País sobre os fenômenos da desertificação ainda é incipiente e só terá condições de ser definitivamente aprimorado quando da realização do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) proposto pelo Programa. O ZEE permitirá – em escala apropriada – definir a posição inicial dos indicadores a partir da qual se poderá realizar um efetivo monitoramento dos processos de desertificação.

Numa perspectiva geral, é reconhecido que os impactos oriundos do manejo inadequado dos recursos naturais (água, vegetação, ar e solo) refletem diretamente no nível socioeconômico da população e nas atividades econômicas do País.

4 PROJEÇÕES E CENÁRIOS PARA A MUDANÇA DO CLIMA

As análises do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) vêm demonstrando que ao longo dos últimos anos está ocorrendo um aumento na média da temperatura global e, que eventos extremos estão ocorrendo, possivelmente com uma maior frequência e intensidade.

O terceiro relatório de avaliação do IPCC (TAR), publicado em 2001, projetava um aumento de 1,4°C a 5,8°C para 2100. O último relatório demonstra de forma conclusiva os perigos do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, resultantes da pouca ação dos países industrializados em reduzir suas emissões, bem como, independente do “Princípio da Responsabilidade Comum mas Diferenciada” da Convenção do Clima, a resistência de alguns países em desenvolvimento em negociar a estabilização e até a diminuição de suas emissões.

O quarto relatório do IPCC (AR4) projeta um aumento de temperatura média global entre 2°C a 4,5°C a mais do que os níveis registrados antes da Era Pré-Industrial. A estimativa mais certa fala em um aumento médio de 3°C, assumindo que níveis de dióxido de carbono se estabilizem em 45% acima da taxa atual, e afirmando que é "muito provável" (até 90% de chance) que as atividades humanas, lideradas pela queima de combustível fóssil, estejam fazendo a atmosfera esquentar desde meados do século 20 (MARENGO et al., 2007).

Ambrizzi et al. (2007) refere-se aos modelos climáticos como ferramentas utilizadas para projeções de futuras mudanças do clima, como consequência de futuros cenários de forçantes climáticas (gases de efeito estufa e aerossóis).

De acordo com os autores, sabe-se que existe um grau de incerteza do futuro cenário climático do planeta, incerteza muito maior quando se deseja projetá-los a nível regional. Isto

se deve principalmente às diferenças observadas nas saídas dos diferentes modelos climáticos usados nas projeções climáticas para o século XXI pelo TAR do IPCC (2001a, b)..

O IPCC, 2001b foi dedicado a América Latina, e apresenta para o Brasil alguns resultados que realmente mostram um avanço em estudos sobre variabilidade e mudanças no clima desde 1996, ano em que o Segundo Relatório do IPCC (SAR, em inglês) foi publicado. Observou-se que variações em chuvas no Nordeste apresentam uma variabilidade interanual e em escalas de tempo interdecadal, sendo mais importantes que tendências de aumento ou redução.

A variabilidade está associada a padrões de variação da mesma escala de tempo nos oceanos Pacífico e Atlântico, como a variabilidade interanual associada ao El Niño Oscilação Sul (ENOS), ou a variabilidade decadal do Pacífico (PDO-Pacific Decadal Oscillation), do Atlântico (NAO-North Atlantic Oscillation) e a variabilidade do Atlântico tropical e do Atlântico Sul (MARENGO, 2007).

Impactos do fenômeno El Niño e La Niña têm sido observados nas regiões do país, mais intensamente nas regiões Norte, Nordeste (secas durante El Niño). Se o El Niño aumentar em frequência ou intensidade, o Brasil, no futuro, ficaria exposto à secas ou enchentes e ondas de calor mais frequentes. Porém, a incerteza de que estas mudanças aconteçam ainda é grande e alguns extremos do clima podem acontecer independentemente da presença do El Niño ou La Niña (Ibid).

Segundo Marengo (2007), a modelagem climática em grande escala consome enormes recursos de informática e são tão caros que cada ano apenas alguns experimentos podem ser realizados em todo o mundo. Até mesmo os modelos mais sofisticados são representações aproximadas de um sistema muito complexo, de forma que ainda não são infalíveis na previsão do clima futuro.

4.1 CENÁRIOS CLIMÁTICOS DO IPCC

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas desenvolveu cenários de longo prazo de emissões em 1990 e 1992. Esses cenários têm sido amplamente utilizados nas análises de possíveis mudanças climáticas, seus impactos e opções para mitigá-las.

Em 1995, foram avaliados os cenários IPCC IS92. A avaliação recomendou que mudanças significativas, desde 1992, no entendimento das forças motrizes das emissões, que são *a mudança demográfica, o desenvolvimento social e econômico e a taxa e o sentido da mudança tecnológica*, e nas metodologias, deveriam ser endereçadas. Isto levou o Plenário do IPCC, em 1996, a decidir por desenvolver um novo grupo de cenários (IPCC, 2000).

Os cenários climáticos do IPCC (2001) (SRES – Special Report on Emissions Scenarios) são baseados nas quatro projeções diferentes de emissões de gases de efeito estufa para o futuro. Estes cenários foram definidos no SRES do IPCC e são utilizados para analisar o clima futuro em 3 tempos, centrados em 2020, 2050 e 2080 (MARENGO, 2007).

As figuras 1 e 2 apresentam as projeções para as emissões globais para os setores de energia e indústria e mudança e uso do solo para os 40 cenários do SRES do IPCC.

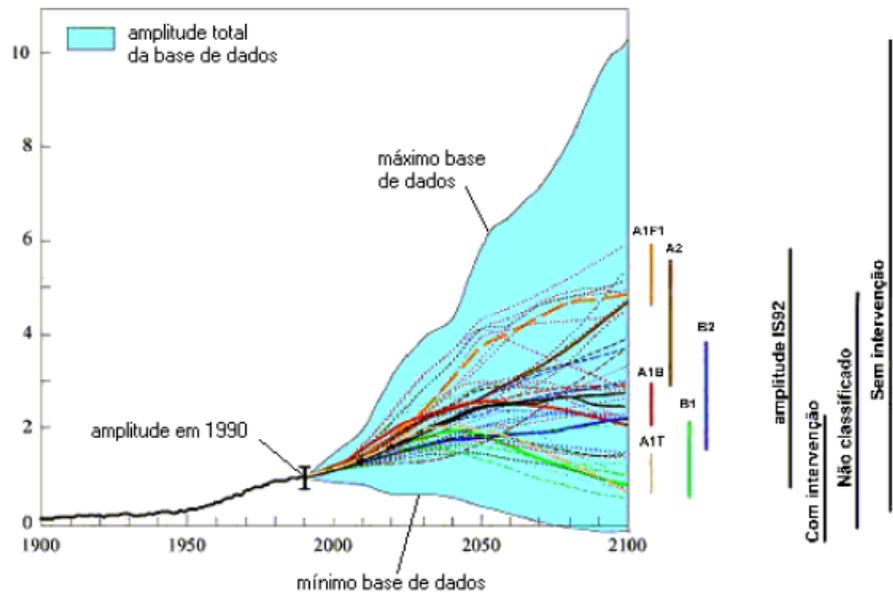


Figura 1 - Emissões globais de CO₂ relacionadas ao setor de energia e indústria. de 1900 a 1990 e para os 40 cenários do SRES de 1990 a 2100, apresentadas como índice (1990=1). As linhas tracejadas representam cenários SRES individuais e a área sombreada o conjunto de cenários disponível na literatura, tal como documentado no banco de dados SRES.

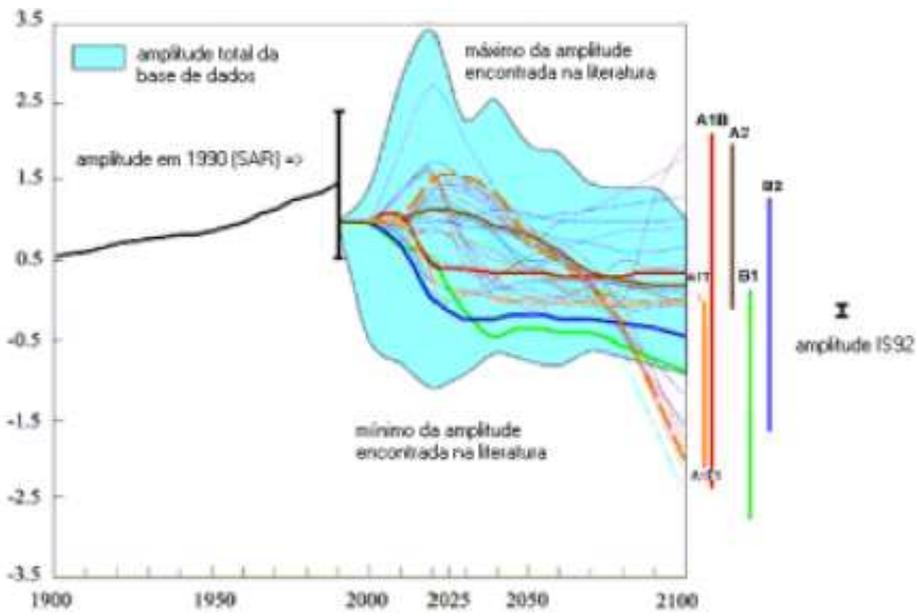


Figura 2 - Emissões globais de CO₂ relacionadas ao setor mudanças de uso do solo.

As projeções recentes para a população mundial são mais baixas que aquelas dos cenários do IS92. Três diferentes trajetórias de população que correspondem ao

desenvolvimento sócio-econômico nas histórias de futuro foram escolhidas a partir de projeções publicadas recentemente. As famílias de cenários A1 e B1 estão baseadas na projeção baixa de 1996, que compartilham da trajetória mais baixa, com um aumento de 8,7 bilhões por volta de 2050 e diminuindo para 7 bilhões por volta de 2100 (IPCC, 2000).

Já o cenário B2 faz uma projeção de longo prazo para população de 10,4 bilhões em 2100 e a família do cenário A2 é baseada num cenário de grande crescimento populacional de 15 bilhões por volta de 2100 (ibid).

Todos os cenários descrevem futuros que geralmente são mais prósperos que hoje. Os cenários compreendem níveis futuros de atividade econômica em uma faixa ampla: o produto bruto mundial atinge 10 vezes o valor de hoje por volta de 2100 nos cenários mais baixos, e até 26 vezes nos cenários mais altos.

Uma redução nas diferenças de renda entre regiões é adotada em muitos dos cenários do SRES. Duas das famílias de cenários, A1 e B1, exploram explicitamente caminhos alternativos que reduzem gradualmente as diferenças relativas de renda.

Em relação à área florestal global, na maioria dos cenários construídos, continua a diminuir por algumas décadas, principalmente por causa do crescimento populacional e do aumento de renda. Essa tendência é eventualmente revertida na maioria dos cenários, com o maior aumento da área florestal por volta de 2100 nas famílias de cenários B1 e B2, se comparada com 1990. Fatores sociais, econômicos, institucionais e tecnológicos afetam também as quantidades relativas de terras cultivadas, florestas e outros tipos de uso do solo.

Diferentes métodos analíticos levam a resultados muito diferentes, indicando que mudanças futuras de uso do solo nos cenários são bastante específicas para cada modelo. Todas as forças motrizes não somente influenciam as emissões de CO₂ como também as emissões de outros GEE (IPCC, 2000).

Em muitos dos cenários SRES, as emissões de CO₂ provenientes da perda de cobertura florestal atingem o pico depois de várias décadas e diminuem gradualmente. As emissões

totais acumuladas de carbono do SRES, de todas as fontes e até 2100, variam aproximadamente de 770 GtC a 2540 GtC.

Segundo o IPCC, qualquer eventual estabilização da concentração é influenciada mais pelas emissões antropogênicas de CO₂ acumuladas desde agora até o tempo de estabilização, considerando assim as emissões acumulativas.

Os cenários SRES cobrem uma amplitude mais abrangente de estruturas energéticas do que os cenários IS92, refletindo em incertezas sobre os recursos fósseis futuros e mudança tecnológica, cobrindo virtualmente todas as direções sobre possíveis mudanças, desde grande participação de combustíveis fósseis, óleo, gás ou carvão, até grande participação de energias renováveis.

Todos os cenários apresentados no Relatório Especial de Cenários de Emissões projetam um aumento na temperatura média global e um aumento no nível do mar. A mudança global do clima vem se manifestando de diversas formas, destacando-se a maior frequência e intensidade de fenômenos climáticos extremos, alterações nos regimes de chuvas, derretimentos de geleiras e elevação do nível dos oceanos.

4.2 PROJEÇÕES CLIMÁTICAS DO INPE

Marengo (2007) refere-se ao ano de 2007, como o ano em que a maioria do mundo finalmente reconheceu que a mudança climática é um fato, e que todos estão vulneráveis a estas mudanças. O autor cita o lançamento do Quarto Relatório do IPCC no início de fevereiro de 2007, em Paris, o “Summary for Policymakers - SPM” do Grupo de Trabalho I “A Base Científica”, um mês depois em Bruxelas, foi o lançamento do SPM - do WGII “Efeitos, adaptação e vulnerabilidade”.

Neste mesmo ano, aqui no Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais fez o lançamento do Relatório de Clima do INPE, que inclui análises de tendências observadas nos valores médios e extremos em séries climáticas e hidrológicas durante os últimos 50 anos, além de projeções climáticas regionais, com uma melhor resolução espacial que os modelos do IPCC global AR4 para o Brasil até o ano 2100. José Marengo compara o relatório do INPE como o relatório produzido pelo IPCC - Brasil.

Intitulado: “Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI”, este estudo proporcionou o melhor entendimento da variabilidade climática do clima atual e dos cenários de mudanças climáticas devido ao aumento na concentração de gases de efeito estufa, assim como seus possíveis impactos no Brasil.

O objetivo do projeto foi fornecer informação técnico-científica sobre as possíveis mudanças climáticas que já aconteceram no Brasil e podem vir a acontecer nos próximos cem anos. Como metodologia do projeto, foram analisados diversos cenários futuros do clima e modelos globais do IPCC para diferentes experimentos com concentrações de CO₂ (SRES A2 e SRES B2).

Todavia, devido a estes modelos apresentarem uma baixa resolução por serem modelos globais, e pela necessidade de se ter resultados mais específicos e detalhados, foram feitas umas regionalizações, utilizando como base o modelo acoplado oceano-atmosfera do Hadley Centre for Climate Research do Reino Unido (HadCM3) e três modelos climáticos regionais: o Eta, RegCM3 e o HadRM3P.

A regionalização foi feita para escala de 0,5° latitude x 0,5° longitude. Fez-se uso de registros climáticos e hidrológicos desde inícios do Século XX, fornecidos por instituições como INMET, CTA, CPTEC/INPE. As simulações com modelos climáticos regionais foram desenvolvidos e rodados no CPTEC / INPE e no IAG /USP no Brasil, e o resultado destas pesquisas são apresentados em seis Relatórios Científicos.

O Relatório 1: “Caracterização do clima no Século XX e Cenários Climáticos no Brasil e na América do Sul para o Século XXI derivados dos Modelos Globais de Clima do IPCC” (Marengo, 2007), descreve resultados recentes sobre estudos observacionais e de modelagem da variabilidade climática no Brasil, além das tendências climáticas observadas desde o início do Século XX, e projeções climáticas para o Século XXI, com ênfase na precipitação, temperatura, descarga fluvial e extremos climáticos, usando modelos globais do IPCC TAR e AR4.

O Relatório 2: “Caracterização do clima no Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e Temperaturas médias e extremas”, (Obregon e Marengo, 2007) fazem uma caracterização climática do Século XX no Brasil, mas com maior detalhe e complexidade em relação ao Relatório 1, onde foram analisadas séries climáticas com mais de 50 anos de registro e usadas para a elaboração e reavaliação de climatologias anual e sazonal de chuva e temperatura para o período de 1951-2002.

Os estudos apresentados no Relatório 2 mostram também mapas de probabilidades de chuvas extremas, mapas anuais e sazonais de temperaturas médias e extremas, assim como de amplitude térmica diária, o que permite estabelecer tendências observadas de temperaturas em estações no Brasil. Tendências lineares foram analisadas para chuvas e temperaturas médias e extremas no Brasil, com avaliações de significância estatística. Os resultados mostrados nos Relatórios 1 e 2 ajudaram na avaliação e interpretação dos cenários climáticos gerados pelos modelos regionais apresentados no Relatório 3.

O Relatório 3 do INPE intitulado: “Cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais” (Ambrizzi et al., 2007) foi elaborado em conjunto pelo Grupo de Estudos Climáticos (GrEC) do Departamento de Ciências Atmosféricas do IAG/USP e o CPTEC/INPE, e apresenta os cenários climáticos futuros gerados pelos três modelos climáticos regionais que foram integrados numericamente usando dados iniciais obtidos do modelo climático global do Hadley Center.

A metodologia mostrou as análises de dois conjuntos de 30 anos de simulações de cenários climáticos para os períodos de 1961-90 (clima do presente) e 2070-2100 (clima do futuro, segunda metade do Século XXI), para os cenários de altas emissões de gases de efeito estufa A2 e de baixas emissões B2 do SRES/IPCC. Médias sazonais e mensais de temperatura e precipitação para a América do Sul gerado por cada modelo regional foram discutidas no terceiro relatório do INPE para América do Sul, Brasil e nível sub-regional.

O Relatório 4 “Tendências de Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI” (Salati et al., 2007) foi elaborado em conjunto pela Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável - FBDS e pelo CPTEC/ INPE, e apresenta avaliações de algumas tendências climáticas em algumas regiões brasileiras para servir de base para as comparações com cenários futuros do clima, que completam os resultados dos Relatórios 1 e 2. Os resultados sobre o balanço hídrico resultante das variações conjuntas da temperatura e das precipitações para diversas regiões do Brasil são apresentados no quarto relatório do INPE.

Os estudos foram feitos analisando as diferenças médias no período de 1991 a 2004 em referência ao período de 1961 a 1990. Foram analisados os dados por regiões da divisão política do Brasil para as temperaturas máximas, médias e mínimas e para as precipitações anuais. Para a Região Nordeste foram utilizados os dados de 21 postos meteorológicos.

O estudo desenvolvido por Salati et al. (2007) indica um aumento na temperatura no período de 1991 a 2004, comparado ao período de 1961 a 1990, para todas as regiões estudadas, sendo para a região nordeste, um aumento para a temperatura média e máxima de $0,50 \pm 0,02$ e para a temperatura mínima de $0,52 \pm 0,04$. Em relação às precipitações, existe uma grande variabilidade nas regiões, sendo que o maior aumento observado foi na região Sul com 17,8% e a maior diminuição na região Nordeste com 11,6%, demonstrando um déficit hídrico característico da região.

Como observa Salati et al. (2007), as futuras variações de temperatura no globo, e as variações de distribuição de umidade decorrentes, deverão modificar as condições ambientais terrestres e em função disto as diferentes formas de vida dependentes do clima. Assim, faz-se

necessário tentar se prever qual a modificação dos futuros cenários decorrentes para que a humanidade possa tomar providências cabíveis, ou seja, medidas preventivas. Para se prever os impactos das mudanças climáticas nos diferentes biomas é necessário se prever não apenas as variações das temperaturas e das precipitações, mas também a interação entre elas, que determina o balanço hídrico ao longo do ano, que em última análise é o que determina as características da flora e da fauna associada.

No Relatório 4 do INPE foi feita uma avaliação dos dados de variações dos balanços hídricos para cenários futuros de mudanças climáticas (2025, 2050 e 2075) em relação ao cenário real, desenvolvido a partir das normais climatológicas (1961 a 1990) e, com base na metodologia Thornthwaite-Mather (1955), escolhida para o balanço hídrico em função das disponibilidades de informações geradas pelos modelos climáticos, que classifica os climas em função das disponibilidades térmicas e hídricas mensais para os diversos ecossistemas.

Foram feitas considerações sobre os balanços hídricos decorrentes das mudanças climáticas globais para quatro regiões do Brasil utilizando cinco modelos AOGCM do IPCC, sendo eles:

1. Hadley Center for Climate Prediction and Research, da Inglaterra (HadCM3);
2. Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, da Austrália (CSIRO-Mk2);
3. Canadian Center for Climate Modeling and Analysis, do Canadá (CCCMA);
4. National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA-Geophysical Fluids Dynamic Laboratories (GFDL-CM2);
5. Center for Climate Studies and Research CCSR/National Institute for Environmental Studies NIES (CCSR/NIES).

Foram realizados os balanços hídricos para os cenários A2 - Alta Emissão e B2 - Baixa Emissão. Os balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o nordeste brasileiro, para o cenário A2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas).

De acordo com o estudo desenvolvido por Salati et al. (2007), para o Nordeste Brasileiro, apenas no período de 1961 a 1990 (cenário atual) ocorre excedente hídrico. Os cenários futuros (A2) realizados pelo modelo HadCM3, indicam que não haverá excesso de água na região para os três períodos analisados. Já os cenários futuros A2 realizados pelo modelo GFDL indicam um excedente hídrico para a região no período de 2011 a 2040, variando de 37,7 mm/ano (calculado com os dados reais do período de 1961 a 1990) para 219,4 mm/ano.

A partir deste período, os dados indicam que haverá uma diminuição do excedente hídrico na região, passando para 52,0 mm/ano para o período de 2041 a 2070 e para 0,0 mm/ano para o período de 2071 a 2100.

A média dos modelos HADCM3 e GFDL indicam que aumento do excesso de água para a região no período de 2011 a 2040, variando de 37,7 mm/ano (calculado com os dados reais do período de 1961 a 1990) para 57,5 mm/ano. A partir deste período os dados indicam haverá uma diminuição do excesso de água na região, passando para 13,6 mm/ano para o período de 2041 a 2070 e para 0,0 mm/ano para o período de 2071 a 2100.

Os balanços hídricos obtidos pelos valores de temperatura e precipitação no Século XXI para o nordeste brasileiro, para o cenário B2 e para os dados do período de 1961 a 1990 (dados das Normais Climatológicas), indicam que para o modelo HadCM3 - Cenário B2, não haverá excesso de água para todo o período de 2011 a 2100.

Os dados dos balanços hídricos realizados utilizando o modelo GFDL - Cenário B2 indicam que haverá um grande aumento do excesso de água na região passando de 37,7 mm/ano no período de 1961 a 1990 para 129,9 mm/ano no período de 2011 a 2040, 198,7 mm/ano no período de 2041 a 2070 e para 201,9 mm/ano para o período de 2071 a 2100.

Para os balanços hídricos realizados utilizando as médias dos dados dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES – Cenário B2 indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região passando de 37,7 mm/ano no período de 1961 a 1990 para 25,0

mm/ano no período de 2011 a 2040, 18,0 mm/ano no período de 2041 a 2070 e 0,0 mm/ano para o período de 2071 a 2100.

Em se tratando dos cenários de mudanças climáticas para o Nordeste Brasileiro, as classificações climáticas apresentadas por Salati et al. (2007) para a região do Nordeste Brasileiro, para os períodos de 1961 a 1990 (utilizando os dados das Normais Climatológicas) e para os períodos de 2011 a 2100 para os modelos analisados para os cenários A2 e B2, concluem que os balanços hídricos realizados para o modelo HadCM3, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam que não haverá excesso de água na região do Nordeste Brasileiro de para os períodos de 2011 a 2100.

Para os balanços hídricos realizados para o modelo GFDL, existe uma grande diferença entre os dois cenários analisados (A2 e B2), sendo que para o cenário A2 os dados indicam que haverá um grande aumento (582%) do excesso de água na região no período de 2011 a 2040, diminuindo até 2100 com excesso nulo, quando comparados com o período de 1961 a 1990. Para o cenário B2 os dados indicam que haverá um aumento constante do excesso de água na região de 2011 a 2100 de até 545%.

Os dados dos balanços hídricos realizados com as médias dos valores dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES, para os dois cenários analisados (A2 e B2) indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região de até 100 % para o período de 2011 a 2100. Vale salientar que a área delimitada para o estudo vai além do Semi-árido do Nordeste, dificultando desta forma prever os cenários de mudanças climáticas para o Semi-árido do Nordeste, especificamente da Bahia.

O balanço hídrico é um fator determinante no potencial da produção agropecuária e de energia hidrelétrica. Qualquer variação na disponibilidade hídrica terá efeitos sócio-econômicos e terá que ser levada em consideração em planejamentos futuros de desenvolvimento do país. Como metodologia, foi realizada uma comparação entre os balanços hídricos obtidos com dados dos modelos de climas futuros e aqueles obtidos com os dados reais observados para o clima do presente, utilizando-se os dados observados no período de 1961-1990.

Foram feitas também, avaliações da sensibilidade das componentes do balanço hídrico para aumentos na temperatura e precipitação, típicas dos cenários do IPCC de climas futuros mais quentes. Isto foi feito com a finalidade de avaliar se o conteúdo de umidade do solo no Brasil e os períodos de armazenamento de água no solo, importantes para atividades de agricultura, poderiam ser comprometidos para aumentos de temperatura variando de 1 a 6 °C em todo o Brasil.

Impactos Severos são esperados nos recursos hídricos do Nordeste. Uma forte tendência a “aridização” da região semi-árida do Nordeste até final do Século XXI pode ser observada devido a um maior déficit hídrico na região, caracterizando uma vulnerabilidade na agricultura.

O Relatório 5: “Os Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais” (Marengo et al. 2007), aprofunda as análises de eventos extremos de tempo e clima, fazendo uso dos índices de extremos climáticos definidos pela Organização Meteorológica Mundial - OMM.

Os cálculos foram feitos para postos meteorológicos no Brasil para o clima do presente, e para os cenários climáticos gerados pelos modelos globais do IPCC AR4 e pelos três modelos climáticos regionais para os cenários A2 e B2 durante a segunda metade do Século XXI.

O Relatório 5 considera as análises de extremos definidas no Relatório 1 com bases observacionais e dos modelos globais do IPCC AR4, e dos cenários climáticos do futuro dos modelos climáticos regionais derivados do Relatório 3. Ênfase especial é dada a eventos recentes na escala sazonal, como o Furacão Catarina, ocorrido no sul do Brasil em 2004, e a seca intensa da Amazônia de 2005, onde análises de observações e projeções climáticas do futuro são consideradas para definir se tais eventos extremos são realmente uma mostra do que poderia acontecer com o prosseguimento do aquecimento global no futuro.

O Relatório 6 do INPE: “Mudanças Climáticas e possíveis alterações nos Biomas da América do Sul” (Nobre et al., 2007), relata as projeções de potenciais alterações nos biomas da América do Sul em decorrência das mudanças climáticas futuras. Cenários de precipitação e temperatura mensais provenientes de dezesseis modelos climáticos globais do IPCC AR4 foram utilizados como dados de entrada para o modelo de vegetação potencial do CPTEC - INPE para o período 2070-2099 para dois cenários de emissões A2 e B1.

Os resultados denotam probabilidades altas de mudanças importantes de biomas em distintas regiões da América do Sul, especialmente na faixa tropical. Em se tratando das regiões mais vulneráveis, a Amazônia e Nordeste constituem o que poderia ser chamado de *climatic change hot spots* e representam as regiões mais vulneráveis do Brasil às mudanças de clima.

Estudo realizado por Marengo (2007) apresenta os possíveis impactos das mudanças climáticas no Brasil, onde foram utilizados dois cenários para as mudanças climáticas no Brasil, o primeiro foi chamado de A2 (altas emissões), é o cenário mais pessimista e prevê emissões maiores e uma elevação global de temperatura de 5,8 graus Celsius (esse valor varia de acordo com a região do mundo). O outro cenário chama-se B2 (baixas emissões) e é mais otimista, com emissões menores e uma elevação de 1,4 graus Celsius.

O projeto disponibilizou como produtos mapas com as projeções de cenários de climas futuros para o Brasil (médias sazonais e anuais de temperatura do ar à superfície e precipitação pluviométrica), a partir dos resultados do “ensemble” dos três modelos regionais, para o período de 2071-2100 em relação a 1961-1990, para dois cenários de emissão (A2, altas emissões, e B2, baixas emissões). Os mapas de chuva são apresentados como anomalias em porcentagem (%) e os mapas de temperatura são apresentados como anomalias em graus Celsius (°C) (MARENGO, 2007).

A seguir serão apresentados os mapas com as projeções climáticas anuais dos modelos regionais desenvolvido pelo INPE, o chamado “multimodel ensemble” ou média aritmética dos 3 modelos regionais, utilizado com uma resolução de 50 km, para todo o Brasil e para 4 regiões importantes estabelecidas pelo PROBIO.

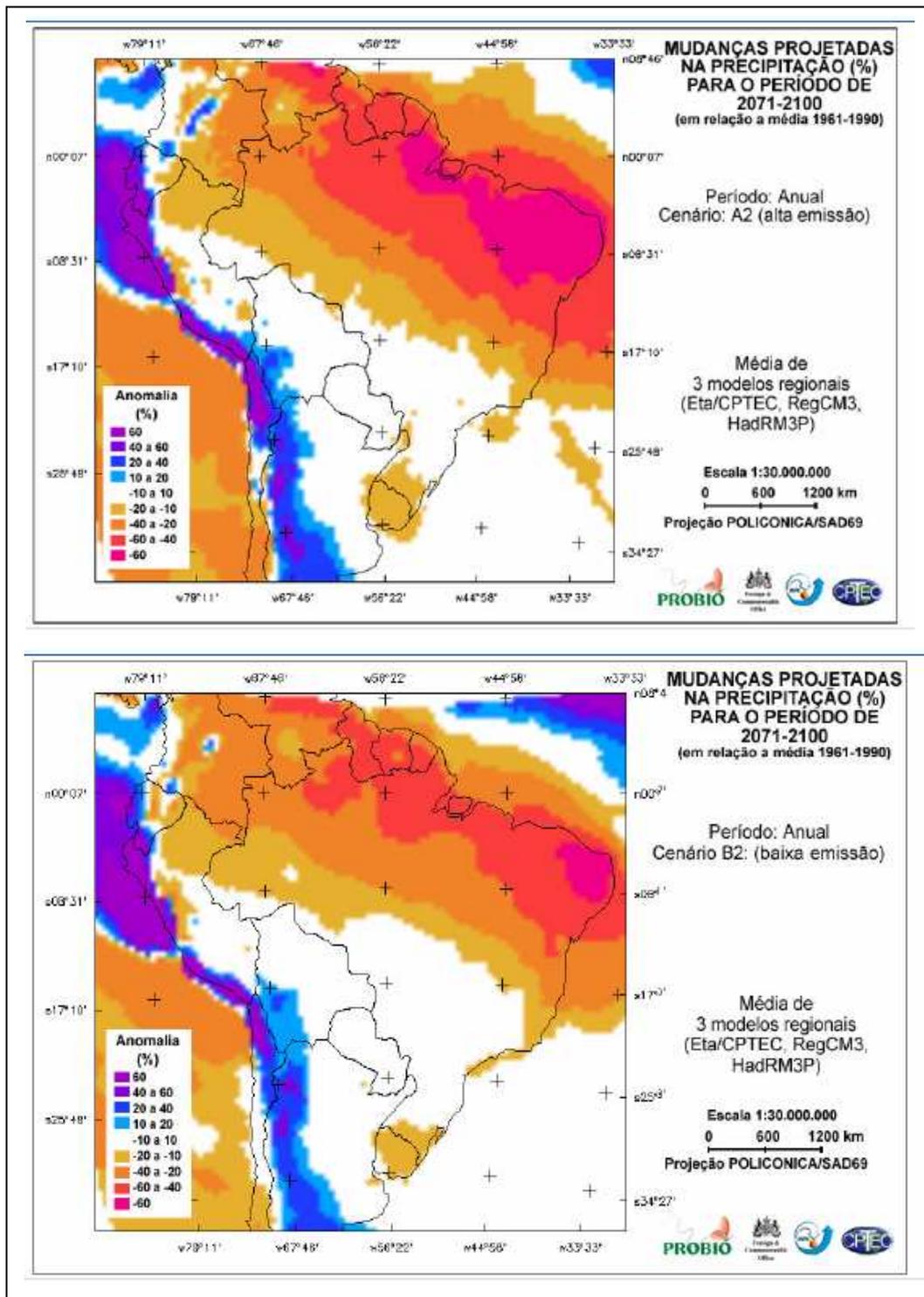


Figura 3 – Mapas de Projeções de Precipitação para a América do Sul. Período de 2071-2100 em relação à média 1961-1990, com base em 3 modelos regionais. Cenário A2, alta emissão e cenário B2, baixa emissão. Fonte: Atlas INPE, 2007.

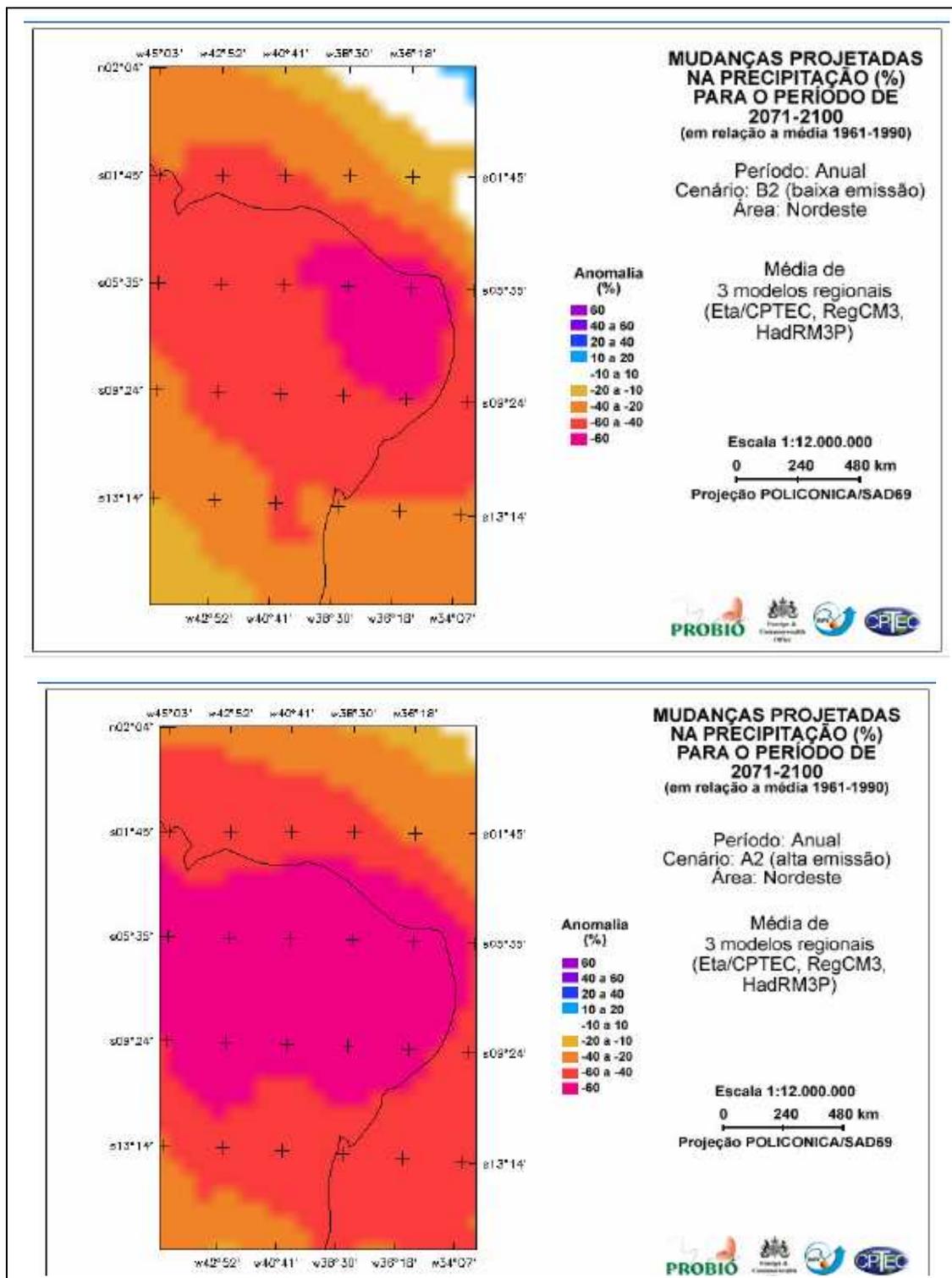


Figura 4 – Mapas de Projeções de Precipitação para o Nordeste num período de 2071-2100, em relação à média de 1961-1990 com base em 3 modelos regionais. O cenário A2, de alta emissão e o cenário B2, de baixa emissão. Fonte: Atlas INPE, 2007.

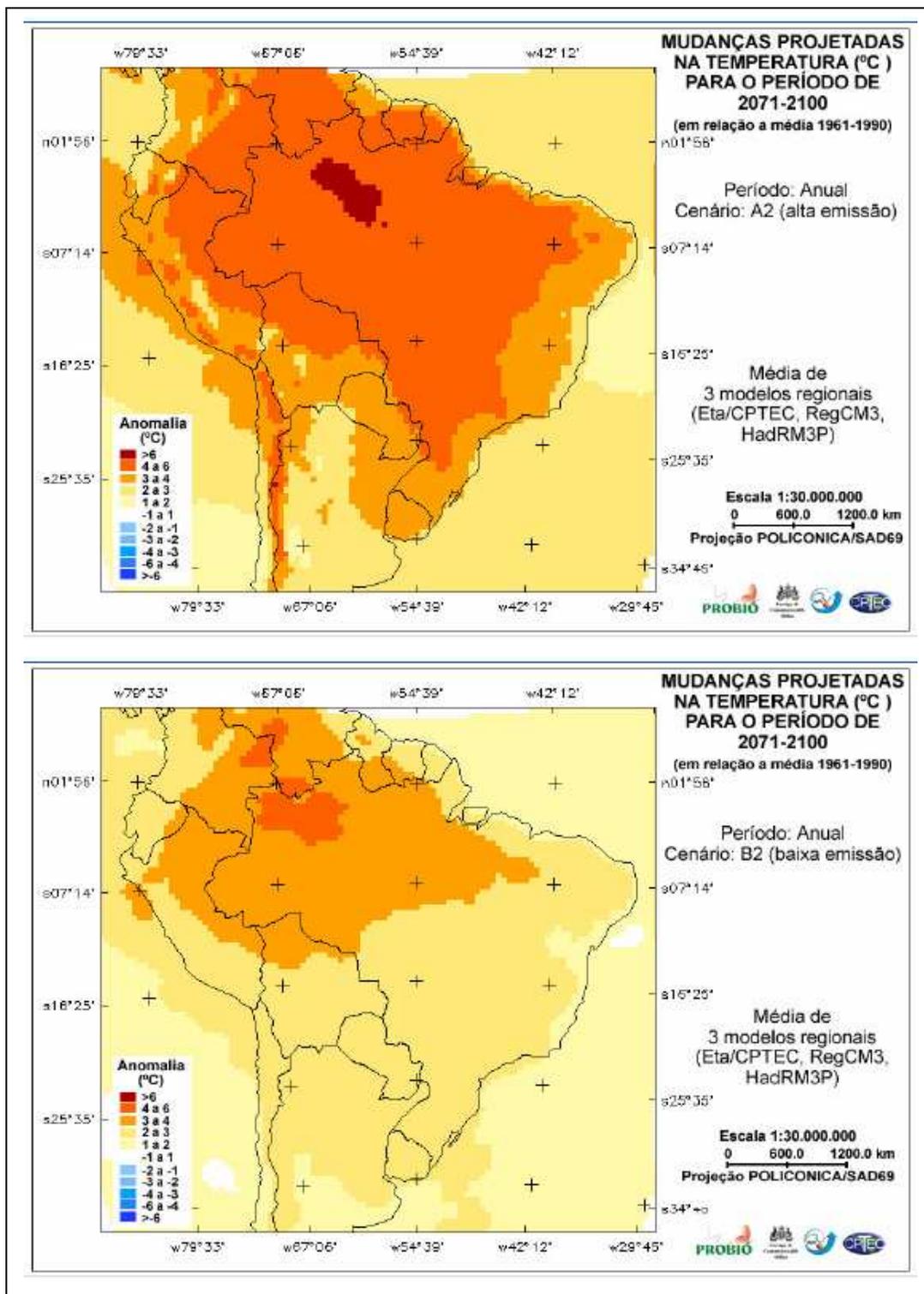


Figura 5 – Mapas de Projeções de Temperatura para a América do Sul e Brasil num período de 2071-2100, em relação à média de 1961-1990 com base em 3 modelos regionais. O cenário A2, de alta emissão e o cenário B2, de baixa emissão. Fonte: Atlas INPE, 2007.

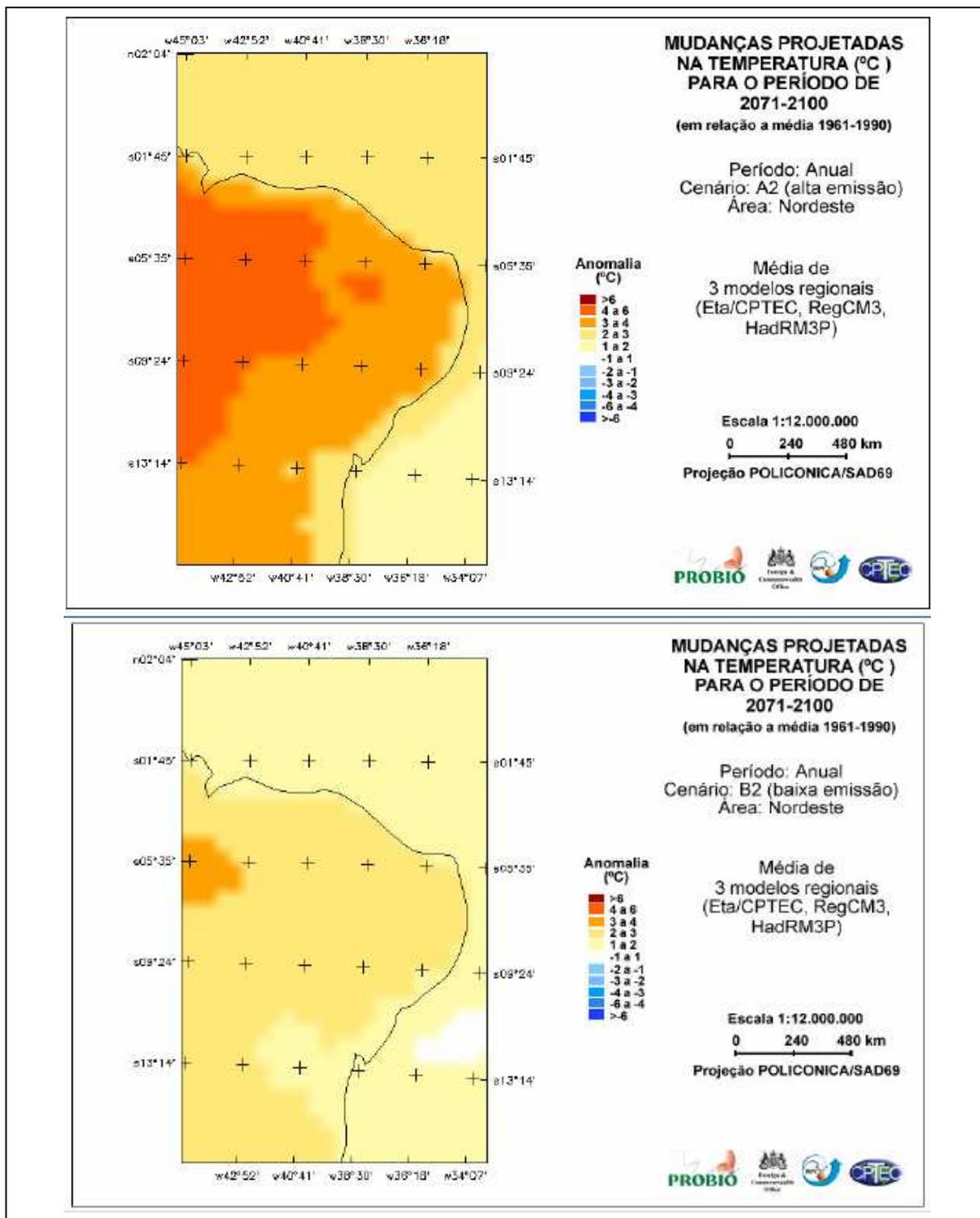


Figura 6 – Mapas de Mudanças Projetadas na Temperatura para o Nordeste, período de 2071-2100, em relação à média de 1961-1990 com base em 3 modelos regionais. O cenário A2, de alta emissão e o cenário B2, de baixa emissão. Fonte: Atlas INPE, 2007.

Para Marengo et al. (2007), as conclusões desta pesquisa devem ser consideradas como a primeira aproximação das características dos climas futuros no território nacional e servir de estímulo para o desenvolvimento de pesquisas mais detalhadas e ampliadas sobre o tema, considerando também os aspectos de avaliação de impactos e de vulnerabilidade dos diferentes setores das sociedades e sistemas do ambiente às mudanças climáticas globais e regionais.

As projeções de mudança nos regimes e distribuição de chuva, derivadas dos modelos globais de IPCC TAR e AR4, para climas mais quentes no futuro não são conclusivas, e as incertezas ainda são grandes, pois dependem dos modelos e das regiões consideradas (MARENGO et al., 2007).

Na Amazônia e Nordeste, ainda que alguns modelos climáticos globais apresentem reduções drásticas de precipitações, outros modelos apresentam aumento. A média de todos os modelos, por outro lado, é indicativa de maior probabilidade de redução de chuva nestas regiões como consequência do aquecimento global. Para o Nordeste, o aquecimento pode chegar a 4 °C no cenário pessimista A2 e a 2-3 °C no cenário otimista B2.

Existem poucos estudos sobre variabilidade de longo prazo de extremos climáticos no Brasil e na América do Sul. Alguns estudos foram feitos para algumas regiões do Brasil ou para o resto da América do Sul têm usado diferentes metodologias, o que não permite uma integração geográfica ou intercomparações. A dificuldade de identificação de extremos climáticos e variabilidade climática se deve ao fato da falta de informação meteorológica de qualidade em séries de tempo à nível diário em grande regiões do Brasil (MARENGO et al., 2007).

Segundo análise de extremos climáticos no presente e do futuro derivados do modelo regional HadRM3 (PRECIS) e downscaling do HadAM3P, o nordeste é afetado por reduções de extremos de chuva e por um aumento na frequência de dias secos consecutivos (tendências de aumentos de veranicos) o que implica em sérios impactos para a agricultura.

As tendências simuladas pelos modelos globais e o modelo regional HadRM3P sugerem um cenário de clima futuro mais quente, com grandes áreas da Amazônia, Centro oeste e Nordeste afetadas no cenário B2, pelo aquecimento, e as temperaturas máximas e mínimas têm sido as que mais variações podem ter experimentado como consequência do aquecimento global.

Considerando o clima atual, não existe um padrão claro para definir regiões de fortes mudanças nos extremos de chuvas considerando uma comparação entre o clima atual observado e simulado pelo modelo HadRM3. Em relação aos extremos e chuva no clima do futuro, os modelos projetam um aumento na frequência de eventos extremos de chuva na Amazônia do oeste, sudeste, centro oeste do Brasil, e aumento na frequência de dias secos consecutivos no nordeste (acompanhados de uma redução de eventos extremos de chuva). Isso implica aumento na frequência de veranicos nesta região, o que fica mais intenso no cenário pessimista A2 (MARENGO et al., 2007).

O Estudo concluiu que o maior problema foi a falta de dados de estações meteorológicas na Amazônia e no Nordeste, sede da maior biodiversidade e os maiores índices de pobreza do Brasil. Para os autores, o estudo de índices com número de dias secos no Nordeste, por exemplo, podia melhorar o conhecimento das tendências das secas nesta região, impossibilitando a avaliação dos modelos naquelas regiões.

Em relação ao fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS), as projeções climáticas mostram poucas evidências de mudanças na amplitude do fenômeno nos próximos 100 anos. Porém, há possibilidades de uma intensificação dos extremos de secas e enchentes que ocorrem durante eventos quentes de El Niño.

Estudos utilizando simulações do balanço hídrico para as regiões do Brasil, considerando as projeções de temperatura e chuva dos cenários futuros de clima gerados pelo projeto, sugerem no cenário de maiores emissões, uma tendência de extensão da deficiência hídrica por praticamente todo o ano para o Nordeste, a qual, no presente, acontece durante os meses de estiagem, isto é, tendência a “aridização” da região semi-árida até final do Século XXI (MARENGO et al., 2007).

No Relatório do INPE (Sumário Técnico), Marengo et al. (2007) trata dos possíveis impactos das mudanças climáticas para o Brasil. Para os autores, com o aquecimento global, algumas regiões do Brasil e a América do Sul terão seus índices de temperatura e chuva aumentados, e em outras, diminuídos.

No que concerne à população, aqueles com menos recursos e que têm menor capacidade de se adaptar são os mais vulneráveis. O estudo desenvolvido pelo Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República em 2005 (NAE 2005 a, b) sugere que o Nordeste é a região mais vulnerável a mudanças climáticas.

O semi-árido Nordestino, poderia, num clima mais quente no futuro, transformar-se em região árida. Isto pode afetar a agricultura de subsistência regional, a disponibilidade de água e a saúde da população, obrigando as populações a migrarem, e gerando ondas de "refugiados do clima" para as grandes cidades da região ou para outras regiões, aumentando os problemas sociais já presentes nas grandes cidades.

Mudanças climáticas no Brasil ameaçam intensificar as dificuldades de acesso à água. A combinação das alterações do clima, na forma de falta de chuva ou pouca chuva acompanhada de altas temperaturas e altas taxas de evaporação, e com competição por recursos hídricos, pode levar a uma crise potencialmente catastrófica, sendo os mais vulneráveis os agricultores pobres, como os agricultores de subsistência na área do semi-árido do Nordeste (“polígono da seca”), região semi-árida de 940 mil km², que abrange nove Estados do Nordeste, e enfrenta um problema crônico de falta de água (MARENGO et al., 2007, p.36).

5 IMPACTOS, ADAPTAÇÃO E VULNERABILIDADES CLIMÁTICAS

Nas discussões sobre mudanças climáticas, vulnerabilidade, impactos e adaptação têm uma conotação particular, onde *vulnerabilidade* refere-se ao nível de reação de um determinado sistema para uma mudança climática específica. *Impactos* referem-se às conseqüências da mudança climática nos sistemas naturais e humanos. *Adaptação* descreve ajustes em sistemas ecológicos ou sócio-econômicos em resposta às mudanças climáticas correntes ou projetadas, resultantes de práticas, processos, medidas ou mudanças estruturais.

O IPCC define *Capacidade de adaptação* como sendo a capacidade de um sistema de se ajustar à mudança do clima (inclusive à variabilidade climática e aos eventos extremos de tempo), moderando possíveis danos, tirando vantagem das oportunidades ou lidando com as conseqüências (IPCC, 2007b).

Vulnerabilidade é o grau de susceptibilidade ou incapacidade de um sistema para lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, inclusive a variabilidade climática e os eventos extremos de tempo. A vulnerabilidade é uma função do caráter, magnitude e ritmo da mudança do clima e da variação a que um sistema está exposto, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação (ibid).

Sistematicamente, as avaliações do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) indicam que os países em desenvolvimento estão entre os mais vulneráveis à mudança do clima. Esta constatação torna-se evidente, no caso do Brasil, ao se estudar os impactos adversos que a variabilidade natural do clima impõe à sociedade, como por exemplo, as secas e estiagens.

As recentes mudanças climáticas, especialmente o aumento da temperatura, já estão afetando globalmente sistemas físicos (clima, recursos hídricos, nível do mar), biológicos (ecossistemas naturais, distribuição de espécies), assim com a sociedade (saúde humana,

disponibilidade hídrica, transporte fluvial, desastres naturais). Existem indicadores preliminares de que alguns sistemas humanos já têm sido afetados por secas e enchentes. Os sistemas biológicos são vulneráveis a mudanças climáticas, e alguns serão prejudicados irreversivelmente (MARENGO et al., 2007).

A principal conclusão do Quarto Relatório de Avaliação do Grupo II do IPCC, divulgado em 2007, é de que as evidências obtidas de todos os continentes mostram que muitos sistemas naturais estão sendo afetados pelas mudanças climáticas regionais, principalmente pelos aumentos de temperatura.

Segundo o IPCC (2007b), uma avaliação global dos dados datado desde 1970 mostrou ser possível que o aquecimento de origem antrópica tenha tido uma forte influência em muitos sistemas físicos e biológicos.

Segundo um recente relatório da Agência Nacional de Águas (ANA, 2006), mais de 70% das cidades com população acima de 5.000 habitantes do semi-árido nordestino enfrentarão crise no abastecimento de água para consumo humano até 2025. Problemas de abastecimento deverão atingir cerca de 41 milhões de habitantes da região do semi-árido e entorno, prevêem pesquisadores da agência, que estimaram o crescimento da população e a demanda por água em cerca de 1.300 municípios, dos nove Estados do Nordeste e do norte de Minas Gerais (MARENGO et al., 2007).

Contudo, as projeções do INPE para cálculo de balanço hídrico para o nordeste brasileiro, a partir da utilização de dados das normais climatológicas (1961 a 1990) e da média dos modelos HadCM3, GFDL, CCCma, SCIRO e NIES, para os dois cenários analisados (A2 – altas emissões e B2 – baixas emissões), indicam que haverá uma diminuição do excesso de água na região de até 100 % para o período de 2011 a 2100, descrito no capítulo 4, item 4.2.

Supõe-se que quanto maior a dificuldade de um país em lidar com a variabilidade natural do clima e com seus extremos, maior será o esforço para adaptar-se às mudanças do clima, até mesmo porque a frequência de ocorrência de extremos climáticos poderá aumentar.

Segundo MMA (2005) o Brasil é, indubitavelmente, um dos países que podem ser duramente atingidos pelos efeitos adversos das mudanças climáticas futuras, já que tem uma economia fortemente dependente dos recursos naturais diretamente ligados ao clima na agricultura e na geração de energia hidroelétrica. Também a variabilidade climática afeta vastos setores das populações de menor renda como os habitantes do semi-árido nordestino ou as populações vivendo em área de risco de deslizamentos em encostas, enxurradas e inundações nos grandes centros urbanos.

A questão da mudança do clima deve considerar a vulnerabilidade a que os biomas globais estão expostos, face aos impactos decorrentes da mudança do clima, e a conseqüente necessidade de se definir estratégias de adaptação a esses impactos. Como também a questão da mitigação da mudança do clima, por meio de medidas que visem reduzir e/ou absorver as emissões de carbono na atmosfera.

Segundo IBGE (2005), muitas pessoas e lugares são afetados por mudanças nos ecossistemas e estão altamente vulneráveis aos efeitos destas mudanças. Por outro lado, o aumento da pobreza e da exclusão social leva a população a ocupar locais com alta susceptibilidade natural à ocorrência de eventos, como inundações, deslizamentos de terra, escassez de água.

Quando uma região está exposta a um conjunto de condições e processos resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a susceptibilidade à ocorrência de eventos com potencialidade de danos à propriedade, de perdas de vidas, de perdas econômicas e de degradação ambiental, diz-se que esta região ou esta população está vulnerável.

Estudos apontam que um gerenciamento apropriado do ecossistema é uma ferramenta importante para se reduzir a vulnerabilidade e contribuir para a redução de seus impactos na qualidade de vida da população. Atualmente, há uma tendência internacional para um enfoque mais holístico que enfatiza a vulnerabilidade a fatores de risco, com um crescente reconhecimento de que este risco está, fundamentalmente, ligado a problemas ambientais.

Diferentes impactos sobre as regiões foram projetados referentes à agricultura, onde a região nordeste está mais vulnerável aos decréscimos de produções de milho. Estudo realizado em 1996 (Mendelsohn et al., 1996), usando vários cenários climáticos, estimou que o impacto da mudança do clima na economia brasileira seria significativo, com grandes danos nos setores de agricultura, florestas e energia. O estudo deduz que, a economia brasileira seria uma das mais afetadas em termos globais.

Secas, inundações e geadas têm causado perdas de bilhões de dólares e são responsáveis por um considerável número de mortes. Segundo a ONU, os prejuízos com desastres foram de 55 bilhões de dólares em 2002. Sendo a agricultura uma atividade amplamente dependente de fatores climáticos, cujas alterações podem afetar a produtividade e o manejo das culturas, além de fatores sociais, econômicos e políticos.

O setor agrícola é o mais afetado pelas secas, mas outros, como a geração de energia hidroelétrica, também sofrem seus efeitos. O conhecimento atual das dimensões regionais da mudança global do clima, entretanto, é ainda muito fragmentado, devido à falta de cenários do clima no país.

As secas podem produzir grandes devastações no mundo vivo. Quando afetam áreas produtivas ou densamente povoadas, elas resultam em graves danos econômicos e sociais e, às vezes em até perturbações geopolíticas. Na agricultura tropical, o desvio meteorológico mais temido é o prolongamento excessivo da estiagem (CONTI, 1998).

Segundo Marengo et al. (2007), no Brasil, poucos estudos foram feitos sobre o reflexo das mudanças climáticas e seus impactos na agricultura. Uma primeira tentativa de identificar o impacto das mudanças do clima na produção regional foi feita por Pinto et al. (1989 e 2001), onde foram simulados os efeitos das elevações das temperaturas e das chuvas no zoneamento do café para os Estados de São Paulo e Goiás. Observou-se uma drástica redução nas áreas com aptidão agroclimática, condenando a produção de café nestas regiões.

A maioria dos desastres naturais no Brasil está diretamente associada a extremos climáticos e estes provavelmente se tornarão mais frequentes com o prosseguimento do

aquecimento global. As populações mais vulneráveis são quase sempre aquelas de menor renda e nível educacional, onde a falta de práticas consolidadas contribui então para que os extremos climáticos causem impactos severos e adversos a estas populações.

A questão do possível aumento dos extremos climáticos automaticamente nos remete ao problema da vulnerabilidade das populações e dos ecossistemas a estas mudanças. A vulnerabilidade social aos efeitos do clima pode ser definida como “conjunto de características de uma pessoa ou grupo que determina a sua capacidade de antecipar, sobreviver, resistir e recuperar-se dos impactos dos fatores climáticos de perigo” (BLAIKIE et al., 1994).

Para Marengo (2007), em entrevista ao boletim digital NAE, entre os principais impactos na agricultura do semi-árido será na agricultura de subsistência, que é em sua maioria, do tipo de sequeiro. As altas temperaturas e menores índices pluviométricos acompanhados de um ar mais seco podem favorecer uma alta taxa de evaporação, o que basicamente tira a água armazenada do solo, gerando déficit hídrico e seca.

Alguns modelos climáticos projetam para o futuro um processo de aridização, em que a vegetação nativa caatinga pode ser substituída por cactáceas, e o ecossistema atual de semi-árido pode virar semi-deserto ou ainda deserto, na área que atualmente corresponde ao sertão.

Estudos sobre a vulnerabilidade do Brasil em relação aos impactos adversos do clima, em especial nos setores de saúde, agropecuária, recursos hídricos, regiões semi-áridas e biodiversidade, poderão contribuir na elaboração de estratégias de adaptação e mitigação da mudança do clima. Os impactos das mudanças climáticas, a vulnerabilidades climáticas, sociais e econômicas, no semi-árido baiano podem ser muito mais severos devido às fragilidades da própria região.

Áreas de clima semi-árido estão susceptíveis à desertificação, onde no âmbito da questão da desertificação, são determinadas de acordo com Índice de Aridez (Thorntwaite et al., 1941). O índice é definido como a razão entre a quantidade de água advinda da chuva e a

evapotranspiração potencial, ou seja, a perda máxima possível de água pela evaporação e transpiração.

Segundo Nobre et al. (2004), cenários climáticos prevêem que a temperatura aumente tanto a evaporação, que lagos e açudes se tornarão ainda mais secos, a vegetação da caatinga ficará mais pobre, algumas áreas se tornarão semi-desertos e a agricultura será ainda mais difícil.

No nordeste do Brasil, onde muitas secas severas estão associadas à ocorrência do El Niño Oscilação Sul - ENOS, previsões estatísticas e dinâmicas são usadas com sucesso para reduzir os impactos negativos desses eventos extremos. Torna-se claro que uma estratégia bem estabelecida deve ser adotada para que sejam produzidas informações climáticas, facilitando aos usuários o acesso às informações, agregando valor econômico e social nos processos de decisão.

Numa perspectiva geral, as áreas semi-áridas são caracterizadas pelo desequilíbrio entre oferta e demanda de recursos naturais e, por condições variadas, sendo submetidas a condições particulares de clima, solo, vegetação, relações sociais de produção e, em consequência, a distintos modos de vida (MMA, 2005).

A desertificação provoca três tipos de impactos relacionados entre si: ambientais, sociais e econômicos. Os impactos ambientais correspondem à destruição da fauna e da flora, redução significativa da disponibilidade de recursos hídricos (assoreamento de rios e reservatórios) e perda física e química dos solos. Esses impactos ambientais geram uma perda considerável da capacidade produtiva, provocando mudanças sociais, como as migrações - refugiados climáticos, que desestruturam as famílias e acarretam sérios impactos às zonas urbanas. As consequências econômicas desses impactos também são significativas.

Em se tratando das dimensões e fatores responsáveis pelo processo de desertificação, a degradação ambiental contribui para a aceleração deste fenômeno. A degradação e a desertificação constituem graves problemas, e estes problemas são refletidos em aproximadamente 42% da população total do planeta (MMA, 2005, p.4).

De acordo com a FAO (1998 apud MMA, 2005), mais de 516 milhões de hectares são afetados pela desertificação na América Latina. Como resultado do processo de desertificação, 24 bilhões de toneladas por ano de áreas aráveis são perdidas, afetando assim produção de culturas agrícolas.

A programação de pesquisa relacionada ao clima estuda os parâmetros agrometeorológicos que afetam o desenvolvimento e rendimento das culturas – em particular aqueles relacionados com o suprimento de água para os processos metabólicos das plantas. Estudos têm sido realizados para estimar índices de evapotranspiração que são essenciais para um programa de irrigação. Os estudos abrangem as culturas da manga, banana, goiaba, acerola e tâmara. Desse modo, a estação chuvosa, bastante reduzida, limita os cultivos de sequeiro (EMBRAPA, 2007).

Como o clima é considerado um elemento natural insumidor da produção agrícola, os impactos negativos da última seca foram mais fortes evidentemente na agricultura. Segundo estudo realizado pela SEI (2000), na Região de Irecê, considerando apenas a produção de feijão, o principal produto agrícola em termos de área cultivada e de quantidade produzida, os prejuízos na produção em 92/93, em relação à safra anterior (91/92), foram de -53,69%, elevando-se para -80,50%, na safra seguinte (93/94) com a continuação da estiagem. Neste aspecto, a ação de uma estiagem severa como a de 1993, sempre resulta em altos riscos de produção.

A seqüência de anos seguidos de secas nesta década até 1996 desestruturou completamente a agricultura de sequeiro, com reflexo nas demais atividades produtivas regionais. Sabe-se que a noção biológica do crescimento das plantas cultivadas apresenta sincronia com o ritmo dos eventos climáticos, e em especial o das chuvas nos climas tropicais, principalmente o semi-árido.

Por outro lado, considerando-se um período de 10 anos (84/85 a 93/94) procurou-se aferir o grau de correlação existente entre a variação anual das chuvas e da produção de feijão, tanto no município, como na Região de Irecê. A produção de feijão como qualquer atividade produtiva, pode ser influenciada por muitas outras variáveis, além da pluviosidade (SEI, 2000).

Entre as atividades econômicas a agricultura é certamente aquela que apresenta um maior grau de incerteza do que qualquer outro segmento da produção, devido à impossibilidade da técnica dominar completamente os elementos da natureza. Tal fato é constatado quando se trata da produção de feijão no município de Irecê.

Observa-se que o episódio de seca considerado (92/93) coincide com a fase de maior pico de produção e de expansão da área cultivada. Após esse evento crítico que se prolongou até 96/97, a lavoura de feijão entrou em crise afetando a economia regional, influenciando, também, no crescimento demográfico. A crise econômica da região verificou-se muito mais pela falta de uma política agrícola e creditícia de apoio ao produtor, do que pelo evento da seca em si mesmo. Observa-se que a crise econômica na Região de Irecê, não se configura apenas pelos efeitos da seca, apesar da estiagem ter causado grande impacto na região, mas principalmente pela dificuldade de crédito e descapitalização do produtor rural, dentro de uma nova ótica econômica voltada para o mercado (SEI, 2000).

Nos últimos anos, as áreas de expansão agrícola como exemplo, Bom Jesus da Lapa, outro município estudado neste trabalho, têm produzido feijão irrigado com elevada produtividade. Mesmo na região Nordeste Baiana, área situada também no semi-árido, as safras de feijão foram mais elevadas do que em Irecê.

Dados apresentados no estudo evidenciam um movimento de perda de população como resultado da emigração de habitantes em função da grave crise que se abateu sobre a área, não apenas pela estiagem severa e duradoura, mas, principalmente, devido à suspensão do crédito e ao endividamento do produtor em função de uma política agrícola inconseqüente e que não visa os interesses reais do agricultor (SEI, 2000).

O perfil monocultor da agricultura de Irecê tende a se alterar, para sobrevivência da região, buscando-se a policultura de cultivos mais resistentes à seca - mamona, pinha, sorgo, dentre outros, além da criação de animais de pequeno porte. Uma alternativa importante é a ampliação da agricultura irrigada, com a produção de olerícolas, além de frutas. Esta observação já pode ser comprovada com aumento da produção de mamona na região.

Segundo Rebouças (1997), a opção pelo desenvolvimento sustentável – processo que deve compatibilizar, no espaço e no tempo, o crescimento econômico com a conservação ambiental, a qualidade de vida e a equidade social – torna a seca ou enchente um fato social, para além de sua marca física.

De fato, é de origem social o comportamento humano que agrava os efeitos da seca ou da enchente – pelo desmatamento, pela ocupação das várzeas dos rios, pela impermeabilização do solo no meio urbano, pelo lançamento de esgoto não-tratado nos rios, pelo desperdício da água disponível. É também de origem social a atitude político-científica diante da questão, na qual pode prevalecer ótica enviesada de unilateralização física ou social, sem considerar as inter-relações.

O desenvolvimento econômico na região do semi-árido e do Nordeste sempre foi almejado e a dificuldade de alcançá-lo tem sido, frequentemente, atribuída à escassez de água, o que, se por um lado, simplifica o problema, por outro imuniza os governantes de tentarem solucioná-lo em outras frentes.

Embora a nova edição tenha atualizado o conhecimento, a maior parte dos dados utilizados, incluindo os da população do Nordeste e do semi-árido, é de levantamentos realizados em 1991, o que revela a fragilidade das pesquisas no setor, também em relação a informações sistemáticas existentes sobre a complexidade e heterogeneidade dos problemas hídricos.

O regime hídrico do semi-árido dificulta a ocupação humana. A irregularidade das chuvas é um obstáculo constante ao desenvolvimento das atividades agropecuárias, e a lacuna de sistemas eficientes para o armazenamento da água – que estão quase sempre concentrados nas mãos de poucos – intensifica ainda mais os efeitos sociais dessa realidade. Para piorar, ciclos de fortes estiagens costumam atingir a região em intervalos que vão de poucos anos a até mesmo décadas. Eles colaboram para desarticular de vez as já frágeis condições de vida de pequenos produtores e outros grupos mais pobres.

Uma grande estiagem ocorreu entre 1998 e 1999. Na ocasião, a Fundação Joaquim Nabuco realizou uma pesquisa envolvendo 15 municípios de cinco estados afetados. Os resultados mostraram uma queda de 72% na produção de feijão, milho, arroz, algodão e mandioca de antes para durante a seca.

Em relação às avaliações globais, o relatório do grupo de trabalho II do IPCC (2001) descreve sobre impactos, adaptação e vulnerabilidades decorrentes das mudanças climáticas. Em se tratando das descobertas emergenciais, evidências de mudanças regionais no clima, particularmente na temperatura tem afetado uma série de diversos sistemas biológicos e físicos em muitas partes do mundo (IPCC, 2001b).

Estes dados se confirmam no quarto relatório do grupo de trabalho II do IPCC, a partir de uma avaliação global dos dados desde 1970, mostrou ser provável que o aquecimento antrópico tenha tido uma influência discernível em muitos sistemas físicos e biológicos (IPCC, 2007b).

Segundo o IPCC, acumularam-se muito mais evidências ao longo dos últimos cinco anos, indicando a relação do homem com o aumento da temperatura global desde a Revolução Industrial. Surgem evidências de que alguns sistemas sócio-econômicos estiveram afetados pelo aumento recente da frequência de secas e inundações em algumas áreas. No entanto, tais sistemas são também afetados por mudanças demográficas e de uso do solo, onde os impactos sócio-econômicos e de clima são geralmente difíceis de quantificar (IPCC, 2001b).

Sistemas naturais podem ser especialmente vulneráveis a mudanças climáticas por causa da capacidade limitada de adaptação, e alguns destes sistemas podem sofrer danos significantes e irreversíveis (ibid).

Segundo o IPCC a dificuldade de se identificar os efeitos das mudanças climáticas em regiões do globo ocorre também pela capacidade de adaptação destes sistemas. Outros efeitos das mudanças climáticas regionais no meio ambiente natural e humano estão surgindo, embora seja difícil identificar muitos deles em razão da adaptação e dos fatores não-climáticos que os influenciam (IPCC, 2007b).

Salati et al. (2006) apresenta os temas mais relevantes para próximos 20 a 30 anos no Brasil, onde os impactos das mudanças climáticas sobre os biomas brasileiros e escassez e manejo dos recursos hídricos estão citados. As previsões são de perda de biodiversidade, responsável pela estabilidade e equilíbrio dos ecossistemas, e impactos sobre os recursos hídricos.

O estudo evidenciou uma redução na disponibilidade de recursos hídricos que poderá ter conseqüências negativas para a produção agrícola e para a vazão dos rios, afetando os biomas naturais e impactos na agricultura brasileira.

Segundo o IPCC (2001), as previsões globais para o século XXI são de um aumento de temperatura de 1,4 a 5,8°C. Simulações de modelos globais, com diferentes cenários, concordam com um aumento na média das concentrações de vapor d'água na atmosfera, sendo este um gás de efeito estufa, e também com um aumento nas precipitações no século XXI. Prevê-se, ainda, um aumento de nove a 88 cm do nível médio do mar no período de 1990 a 2100 (SALATI et al., 2006).

Com base no quarto relatório do IPCC - AR4, as áreas semi-áridas e áridas, como o Nordeste do Brasil, sofrerão decréscimo na disponibilidade de água em virtude da mudança climática. Em geral, haverá impacto negativo sobre os sistemas de água doce. Em regiões tropicais, mesmo leves aumentos de temperatura implicarão em queda de rendimento das culturas. As Mudanças Climáticas possivelmente irão ocasionar o aumento do número de pessoas em risco de fome.

Mudanças na ocorrência e severidade de eventos extremos afetam a produção de alimentos e causam insegurança alimentar nos países mais pobres, cabendo destacar:

- Escassez de água nos assentamentos humanos, na indústria e na sociedade;
- Menor potencial de hidroeletricidade;
- Migração potencial da população;
- Maior impacto: sobre a agricultura de subsistência.

Em se tratando dos impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura, esperam-se perdas de produção de cereais em algumas áreas que são hoje grandes produtoras. Se o aquecimento não for grande, é possível que pelo menos em curto prazo, aumente o potencial produtivo em certas regiões de médias e altas latitudes. Em latitudes mais baixas, os atuais níveis de produção ficarão vulneráveis à maior aridez de extensas áreas (LEGGETT, 1992).

Os efeitos sobre os assentamentos humanos e a sociedade são previstos com o aquecimento global, onde centenas de milhões de pessoas terão de migrar, no próximo século, por causa da inundação de planícies costeiras baixas, surgindo assim os refugiados climáticos (ibid).

As comunidades pobres podem ser especialmente vulneráveis, em particular aquelas concentradas em áreas de alto risco. Elas costumam ter capacidades de adaptação mais limitadas e são mais dependentes dos recursos sensíveis ao clima, como a oferta local de água e alimento (IPCC, 2007b).

Segundo o IPCC (2007b) os impactos irão variar de acordo com a magnitude e duração da mudança do clima, além das diferentes capacidades de adaptação. Para o campo dos recursos hídricos, é previsto uma redução de 10–30% da disponibilidade hídrica em algumas regiões secas, que já sofrem com a escassez de água. É provável que aumente a extensão das áreas afetadas por secas. Os eventos de forte precipitação, cuja frequência é muito provável que aumente, elevarão o risco de inundações.

Adaptação à Mudança do Clima demanda a formulação e a implementação de estratégias setoriais, a partir da identificação das vulnerabilidades dos biomas brasileiros ao aumento da concentração de gases de efeito estufa, e dos impactos decorrentes na sociedade brasileira, particularmente nas áreas de saúde, agropecuária, florestas, energia, recursos hídricos, zonas costeiras, semi-árido e biodiversidade (NAE, 2005a, p. 30).

Para Marengo (2007), o monitoramento climático, quando feito durante longos períodos de tempo sem interrupção, permite uma melhor identificação do clima e hidrologia no semi-árido. Com uma análise dos dados climáticos de longo período dá para caracterizar o

clima atual e identificar tendências e variabilidades, como, por exemplo, identificar períodos de seca que poderiam ou não estar associados ao El Niño.

Para o pesquisador, a base observacional de tendências já observadas, ajuda a entender melhor os cenários de projeções de clima futuro. Com o monitoramento de longo prazo é possível identificar impactos da variabilidade do clima e estudar os seus impactos na agricultura e população, e avaliar os impactos econômicos. Com este conhecimento, seria possível quantificar os impactos dos extremos de clima gerados pelos modelos climáticos para o futuro até final do Século XXI. Por outro lado, o monitoramento de curto prazo pode ajudar a avaliar os efeitos da variabilidade climática, mas não as mudanças de clima.

O último relatório do IPCC traz informações mais específicas para as regiões do mundo acerca da natureza dos impactos futuros, inclusive para áreas que não foram abordadas nos relatórios anteriores. Estudos sobre a América Latina projetam um aumento da temperatura, com conseqüente redução da disponibilidade de água:

Até meados do século, projeta-se que os aumentos de temperatura e as correspondentes reduções da água no solo acarretem uma substituição gradual da floresta tropical por savana no leste da Amazônia. A vegetação semi-árida tenderá a ser substituída por vegetação de terras áridas. Há um risco de perda significativa de biodiversidade por causa da extinção de espécies em muitas áreas da América Latina tropical. ** D [13.4]

Nas áreas mais secas, prevê-se que a mudança do clima acarrete a salinização e a desertificação das terras agrícolas. Projeta-se que a produtividade de algumas culturas importantes diminua, bem como a produtividade da pecuária, com conseqüências adversas para a segurança alimentar. Nas zonas temperadas, projeta-se um aumento das safras de soja.

[...]

Projeta-se que as mudanças nos padrões de precipitação e o desaparecimento das geleiras afetem de forma significativa a disponibilidade de água para o consumo humano, a agricultura e a geração de energia. ** D [13.4] (IPCC, 2007b, p.14).

5.1 EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS – SECAS E ESTIAGENS

Eventos naturais extremos são fenômenos geofísicos resultantes de processos endogenéticos e exogenéticos. Dentre os principais eventos climáticos extremos estão às tempestades, furacões, secas e inundações. Neste capítulo serão consideradas apenas a secas e estiagens, devido à importância destes eventos para a região semi-árida da Bahia, área de estudo deste trabalho.

Historicamente a região Nordeste sempre foi afetada por grandes secas ou grandes cheias. Relatos de secas na Região podem ser encontrados desde o Século XVII, quando os portugueses chegaram à região. A seca é caracterizada pela ausência, escassez, frequência reduzida, quantidade limitada e má distribuição das precipitações pluviométricas durante as estações chuvosas.

As secas constituem um evento climático inerente às condições semi-áridas da região Nordeste brasileira, que se repete com frequência e variada intensidade, caracterizando-se como um risco para as atividades agrícolas, ao longo de toda a história de ocupação e povoamento da área. As previsões climáticas têm demonstrado que a ocorrência de eventos climáticos, no caso do nordeste brasileiro, as secas deverão aumentar de intensidade.

Os eventos climáticos manifestam-se como um fator de grande impacto econômico, social e ecológico. É importante avaliar o histórico das secas no nordeste do Brasil e os impactos ocasionados para as populações que as enfrentam. No caso do semi-árido baiano, região conhecida por suas vulnerabilidades, as secas devem piorar os índices econômicos, socioambientais, afetando a qualidade de vida da população.

Existem três tipos de Secas que afetam a região do semi-árido do Nordeste Brasileiro: *a Seca anual*, *a Seca com duração de um a dois anos* e *a Seca prolongada*. A Seca anual de, aproximadamente, sete a oito meses, é sempre esperada pela população do semi-árido nordestino. As Secas com duração de um a dois anos (ciclos de 13 anos) não apresentam

regularidade, entretanto as Secas prolongadas que persistem por mais de três anos atingem, duramente, a região do semi-árido.

Segundo Thornthwaite (1974 apud Barbosa, 2000) os eventos naturais extremos são ocorrências ainda de previsão imprecisa e que resultam geralmente em sérios danos naturais e humanos para os grupos sociais envolvidos, sendo denominados “*natural hazards*” nos estudos desenvolvidos pelo autor. Constituem uma variedade de fenômenos geofísicos, tanto aqueles resultantes dos processos endogenéticos – sismos, vulcanismos, dentre outros. – quanto os exogenéticos, relacionados à complexidade dos sistemas atmosféricos - ciclones tropicais, secas, enchentes, dentre outras catástrofes.

No nordeste do Brasil, onde muitas secas severas estão associadas à ocorrência do El Niño Oscilação Sul - ENOS, previsões estatísticas e dinâmicas são usadas com sucesso para reduzir os impactos negativos desses eventos extremos. Torna-se claro que uma estratégia bem estabelecida deve ser adotada para que sejam produzidas informações climáticas, facilitando aos usuários o acesso às informações, agregando valor econômico e social nos processos de decisão.

Estatisticamente, acontecem de 18 a 20 anos de seca a cada 100 anos. Kane (1992; 2001) indicou que para o Nordeste, de 29 anos de El Niño, durante 137 anos, no período 1849-1985, só 12 foram associados com secas na região. A Temperatura da Superfície do Mar (TSM), do oceano Pacífico Tropical é considerada normal nas proximidades de 25°C. Quando diminui para valores abaixo de 23°C, caracteriza-se o fenômeno La Niña. Esta condição, historicamente, está associada ao regime normal de chuvas no nordeste brasileiro.

Nem todas as secas estão associadas ao El Niño, porém todas as Secas prolongadas ocorridas ao longo da série histórica de Fortaleza-CE (1849 -1983) estão atreladas à atividade intensa desse fenômeno. Em se tratando da associação das secas prolongadas à atividade intensa do El Niño, resultados provenientes de fontes diversas apontam para o prognóstico de uma seca prolongada no período de 2005 a 2010.

Se ocorrer o fenômeno El Niño (intenso) a partir de meados de 2006, isto significará a confirmação da ocorrência de mais um evento de seca rigorosa no semi-árido do nordeste brasileiro entre 2007 e 2008 (ciclos de 26 anos). Ao final do atual ciclo (1982 a 2008), provavelmente, ocorrerá mais um evento de seca de longa duração, com início em 2006 e término entre 2009 e 2010 (PATROCÍNIO, 2003).

No semi-árido nordestino, as variabilidades climáticas, em particular as situações de seca, sempre atingem as populações rurais do interior da região e têm sido objeto de preocupação da sociedade e organismos do governo ao longo dos anos (MARENGO, 2007).

Os dez anos mais quentes da história estão todos concentrados no período de 1994 até 2006, com recordes em 1998 (o mais quente) e 2005 (o segundo mais quente). O ano de 2003 foi o terceiro mais quente (+0.44°C acima do normal). De fato, os últimos 11 anos, 1995-2006 (com exceção de 1996) estão entre os mais quentes no período instrumental.

Segundo a *Climate Research Unit* da *Universidade de East Anglia, UK*, o ano de 2006 deveria terminar como o sexto mais quente da história desde os primeiros registros da temperatura média global. Já o *UK Met Office-Hadley Centre* afirmou que o ano de 2007 deveria ser o ano mais quente registrado em todo o mundo, devido ao aquecimento global e ao fenômeno do El Niño (Marengo et al., 2007). Atualmente já se aponta o ano de 2008 com forte chance de ser o ano mais quente. A combinação de anos de ocorrência de El Niño deverá provocar aumento nas temperaturas médias em 2008, acima do recorde de 1998.

Historicamente, as secas nordestinas aparecem como um fenômeno freqüente e recorrente, e diversos levantamentos já foram realizados por estudiosos do assunto, no sentido de resgatar a história das secas, mas a ausência de dados nos últimos séculos dificultou o registro.

Segundo Sousa (2006), os anos de 1993, 1996, 1997, 1998 e 1999, foram anos de secas intensas no nordeste, que continuaram até o início da década de 2000, ou seja, até o ano de 2001. Entre 2002 e 2003, já teve certa melhora, que a partir de janeiro de 2004 até junho de

2006, melhorou substancialmente, em média nos seus índices de chuvas, no Nordeste do Brasil, principalmente, na sua microrregião sertaneja.

Embora não se disponha de uma análise de frequência de secas em décadas passadas em cada uma dessas regiões, uma das constatações do trabalho de Xavier & Xavier (1987) foi que esse aumento do número de anos secos nas três últimas décadas não é uma ocorrência inusitada, já que pacotes de anos secos se verificaram anteriormente no Nordeste, inclusive no Sertão da Paraíba, seja de maior extensão, seja de maior intensidade, afirmando os autores: “Assim, conclui-se que no futuro se deve esperar a recorrência do fenômeno, cada vez mais agravado pela crescente pressão demográfica e maior demanda hídrica”.

A Grande Seca de 1877-79 ensejou a realização dos primeiros estudos de previsão, destacando-se o seu caráter cíclico em períodos aproximados de 10-11 anos. Dentre estudos pioneiros destacam-se os de Sampaio Ferraz (1924, 1932, 1945), prognosticando os eventos que se sucederam até 1970. Na seca de 1951-52 foi definido o *Polígono das secas* com 936.993 km², como área de atuação do DNOCS.

Recentemente, a previsão para o ano de 2007 foi que a população residente no Semi-árido baiano deveria conviver com a forte estiagem até, pelo menos, o mês de novembro. O atraso do início do período chuvoso, que começa em outubro nessas regiões, é considerado preocupante principalmente na região Norte do Estado, que registra os menores índices pluviométricos e as chuvas vêm ocorrendo abaixo da média histórica, desde 2002.

Segundo a Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia - SRH, o Norte baiano vem sofrendo com a redução de chuvas ao longo dos anos e, além disso, o que existe de água é perdido com a evaporação. Os meteorologistas dizem que o agravante está na seqüência do déficit que registra a maior seca dos últimos anos em 2007.

A figura 7 apresenta o mapa de risco de secas para o Estado da Bahia. A autora procurou analisar entre os seis municípios estudados quais os riscos de ocorrência de seca.

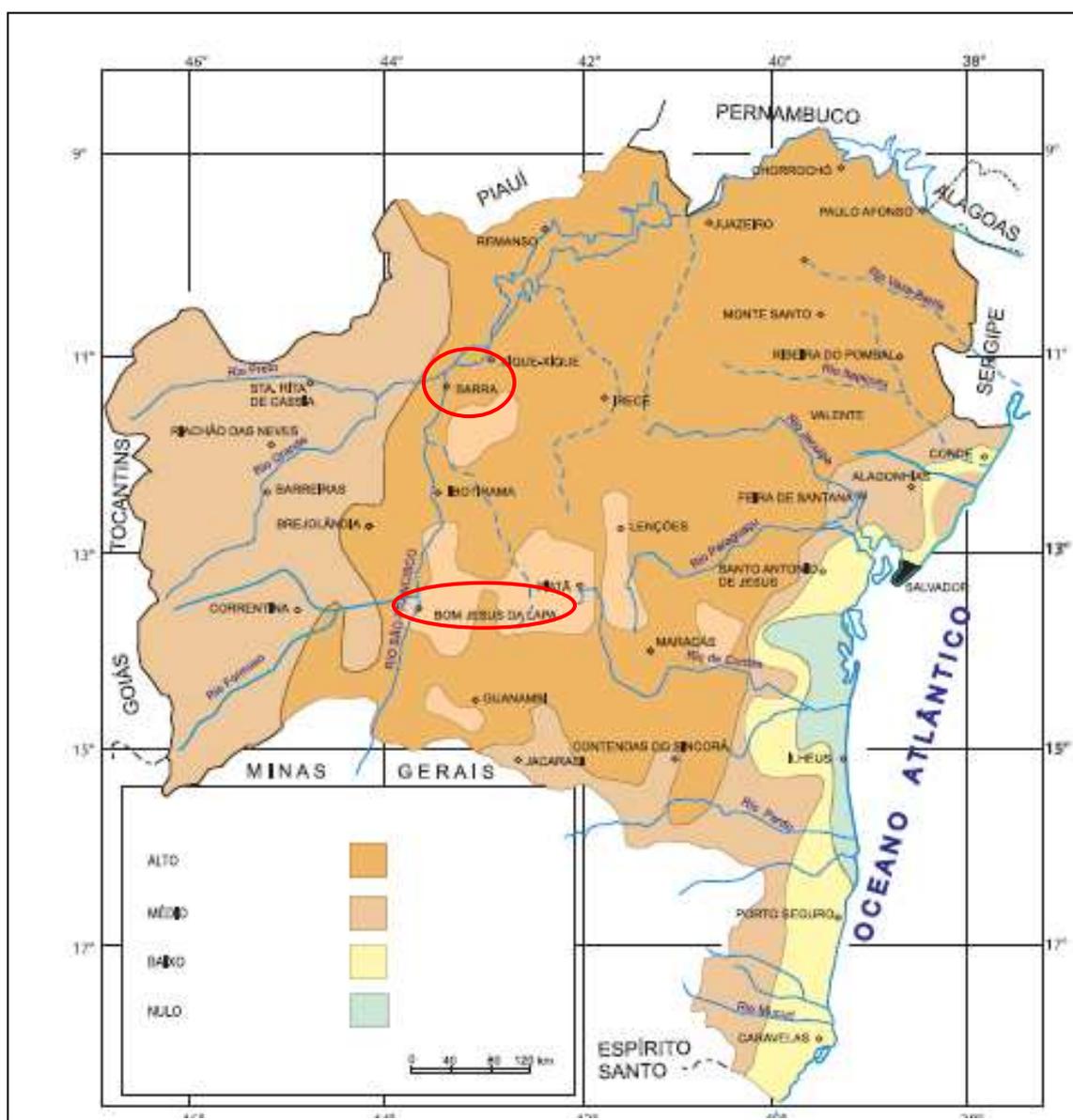


Figura 7 – Mapa de riscos de seca no Estado da Bahia. 1943-1983. Fonte: CEI (1991 apud Barbosa, 2000). Adaptado pela autora.

O estudo sobre riscos de seca para o Estado da Bahia constatou que o mais alto grau de risco foi registrado nas áreas caracterizadas por baixos índices de chuvas médias anuais, associados a altos índices de coeficientes de variação interanual e de frequência de ocorrência de secas. São áreas situadas no interior, abrangendo a depressão sanfranciscana, sobretudo ao norte do Estado, e as depressões formadas pelos vales médios dos rios Vaza Barris, Itapicuru, Paraguaçu e Contas (BARBOSA, 2000).

Observando o mapa para “Risco de Seca na Bahia” (CEI, 1991 apud Barbosa, 2000) e considerando a localização geográfica dos municípios estudados, os municípios de Barra, Irecê, Itaberaba, Jacobina e Senhor do Bonfim apresentam um alto risco de seca, exceto o município de Bom Jesus da Lapa, que segundo o mapa, apresenta um risco médio para ocorrência de seca.

5.2 ADAPTAÇÃO NO CONTEXTO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Desenvolvimento sustentável, tal como defendido no Relatório Brundtland, se refere que o desenvolvimento e o meio ambiente não podem ser separados, são partes interdependentes das mesmas questões. A equidade social, o progresso econômico e a proteção ambiental são assim combinados como sendo os três pilares da sustentabilidade.

Para May et al. (2005), a relação direta entre pobreza e meio ambiente, e os impactos gerados pelo desenvolvimento atual resulta de suma importância nas políticas de desenvolvimento sustentável. O modelo de desenvolvimento vigente, com alarmantes índices de desigualdades sociais, como os padrões de consumo dos ricos, e a pressão no meio ambiente, indicam a necessidade de adaptação devido às crises de escassez de água e energia. A pobreza é percebida como uma causa fundamental da degradação do meio ambiente.

Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades são temas extremamente importantes no contexto das mudanças climáticas. Já foi dito que os países mais pobres são os mais vulneráveis e que muitos serão os desafios para o caminho da adaptação à mudança do clima.

Apesar dos alertas, dos tratados internacionais e das contínuas discussões em nível científico, político e leigo, tudo indica que as populações humanas continuarão a agir da mesma forma como têm agido até agora, ou seja, ignorando os efeitos desastrosos de muitas de suas atividades sobre o ambiente em que vivem. Em consequência, a maioria dos modelos matemáticos até agora estudados prevê que a temperatura média global e o nível dos oceanos continuarão a aumentar e que muitos serão os impactos da mudança do clima.

Segundo IPCC, (2007b), variabilidades climáticas e eventos extremos estão severamente afetando regiões da América Latina, e historicamente variabilidade climática e eventos extremos têm ocasionado impactos negativos nas populações, ocasionando mortalidade nas áreas afetadas. Para o Painel, há uma vasta gama de opções de adaptação, mas é necessária uma adaptação mais ampla do que a que está ocorrendo atualmente para reduzir a vulnerabilidade à futura mudança do clima. Em se tratando dos países em desenvolvimento, a capacitação e a disponibilidade de recursos serão fundamentalmente importantes.

As mudanças climáticas poderão ser ampliadas por outros fatores de tensão, como a pobreza e a desigualdade social, insegurança alimentar, conflitos e incidência de doenças como a AIDS/HIV. O IPCC (2007b) conclui ainda que, a vulnerabilidade futura não depende somente da mudança do clima, mas também da trajetória de desenvolvimento de cada país. Cabe ressaltar os cenários do Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (SRES, sigla em inglês), onde foram consideradas as mudanças sociais e econômicas projetadas.

O Desenvolvimento Sustentável surge então como uma forma de desenvolvimento capaz de reduzir as vulnerabilidades das comunidades que o adotarem, e poderá contribuir na redução das vulnerabilidades climáticas, através de boas práticas socioambientais, medidas de mitigação e no aumento da capacidade de adaptação.

A degradação do solo e das reservas de água serão dois dos maiores desafios, em um futuro próximo, para a agricultura. O uso da terra tem sido apontado como tendo maior impacto sobre as condições do solo do que os efeitos diretos da mudança climática. Assim, a adaptação aos novos tempos deve visar a mitigação deste impacto, através de uma melhor disciplina de uso da terra, como práticas de manejo integrado.

O desenvolvimento sustentável pode reduzir a vulnerabilidade à mudança do clima, aumentando a capacidade de adaptação e aumentando a resiliência. Na atualidade, contudo, poucos planos de promoção da sustentabilidade prevêm explicitamente a adaptação aos impactos da mudança do clima ou a promoção de capacidade de adaptação. [20.3]

Entretanto, é muito provável que a mudança do clima possa desacelerar o ritmo de avanço em direção ao desenvolvimento sustentável, quer seja diretamente, por meio do aumento da exposição aos impactos adversos, quer

seja indiretamente, por meio da erosão da capacidade de adaptação (IPCC, 2007b, p.20).

A proteção das florestas ainda existentes e o estímulo ao reflorestamento devem ser objetivos de alta prioridade, tendo em vista a importância da cobertura vegetal para a absorção do CO₂ atmosférico e manutenção do equilíbrio das chuvas e dos ecossistemas.

Em se tratando do semi-árido da Bahia, o manejo adequado do uso da terra para agricultura e pecuária, aliada a políticas públicas de conservação e promoção do desenvolvimento sustentável, deverá promover uma adaptação no contexto da mudança do clima, reduzindo as vulnerabilidades climáticas, socioeconômicas e ambientais existentes. Segundo IPCC (2007b), planos futuros de desenvolvimento sustentável devem incluir estratégias de adaptação para melhorar a integração das alterações climáticas no desenvolvimento de políticas e medidas para os setores da saúde, água e agricultura.

6 UMA AVALIAÇÃO DAS VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS NO SEMI-ÁRIDO DA BAHIA

Para Marengo et al. (2007), as alterações climáticas afetarão os elementos básicos da vida das pessoas à nível global, como o acesso à água, produção de alimentos, saúde e ambiente. Centenas de milhões de pessoas poderão sofrer de fome, de falta de água e de inundações costeiras à medida que o planeta torna-se mais quente. Mesmo para um aquecimento mais moderado, todas as provas - desde os estudos detalhados dos modelos globais e regionais - demonstram que as alterações climáticas terão um impacto grave sobre a produção mundial de alimentos, a vida humana e o ambiente.

As alterações climáticas são uma grave ameaça global e regional, que exige respostas global, regional e nacional urgente. Já não é mais possível impedir as alterações climáticas, que terão lugar nas próximas duas a três décadas, mas é possível proteger de certo modo nossa sociedade e economia dos seus impactos – por exemplo, prestando melhor informação, um planeamento aperfeiçoado e culturas agrícolas e infra-estruturas resistentes ao clima.

Os países em desenvolvimento são os mais vulneráveis e precisarão de um apoio internacional dos países desenvolvidos, responsáveis por grande parte das mudanças climáticas que estão ocorrendo em nível global.

A região Nordeste ocupa 18% do território Brasileiro, possuindo uma fauna frágil, distribuição irregular das chuvas, aliada à possibilidade de grande intervalo de tempo entre elas, respondendo pelo carácter intermitente de muitos rios. No Nordeste encontra-se uma alta variedade climática, podendo-se verificar desde o clima semi-árido no interior da região, com precipitação inferior a 500 mm/ano, até o clima chuvoso, observado principalmente na costa leste da região, com precipitação acumulada anual superior a 1500 mm (KOUSKY & CHU, 1978).

Grande parte da região nordeste do Brasil é semi-árida, e apresenta uma precipitação média da ordem de 700 mm/ano, porém as perdas por evapotranspiração são acima de 90%. O Nordeste Brasileiro possui basicamente três períodos chuvosos, para três sub-regiões distintas. Em relação ao semi-árido, o principal período da estação chuvosa da porção setentrional da Região Nordeste (região semi-árida) estende-se de fevereiro a maio. Em se tratando de áreas semi-áridas, numa perspectiva geral, são caracterizadas pelo desequilíbrio entre oferta e demanda de recursos naturais, em relação às necessidades das populações que habitam estas regiões (MMA, 2005).

Conti (1998) cita que no Brasil, o nordeste apresenta um bolsão semi-árido de cerca de 900.000 Km² periodicamente sujeito a severas estiagens. Áreas de clima semi-árido estão susceptíveis à desertificação, onde no âmbito da questão da desertificação, são determinadas de acordo com Índice de Aridez (THORNTHWAITE et al., 1941).

A região semi-árida nordestina é fundamentalmente caracterizada pela ocorrência do bioma da caatinga, que constitui o sertão. A Caatinga é a única região 100% brasileira, ela localiza-se no nordeste do Brasil e é composta por um mosaico de florestas e savanas secas que crescem sobre solos rasos e estão sujeitas a longos períodos de seca.

O sertão nordestino apresenta clima seco e quente, com chuvas que se concentram nas estações de verão e outono. A região sofre a influência direta de várias massas de ar (a Equatorial Atlântica, a Equatorial Continental, a Polar e as Tépidas Atlântica e Calaariana) que, de certa forma, interferem na formação do seu clima. Essas massas adentram o interior do Nordeste com pouca energia, tornando extremamente variáveis não apenas os volumes das precipitações caídas, mas principalmente, os intervalos entre as chuvas.

A partir da nova delimitação, a área classificada oficialmente como semi-árido brasileiro aumentou de 892.309,4 km para 969.589,4 km (ver figura 8), sendo composta por 1.133 municípios dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Norte de Minas Gerais, totalizando uma população de 20.858.264 milhões de pessoas, 44% destas residindo na zona rural. A região semi-árida corresponde à

área-alvo de atuação do Programa Cisternas do Ministério do Desenvolvimento Social (MI, 2005).



Figura 8: Nova Delimitação do Semi-árido Brasileiro segundo o Ministério da Integração Nacional. Fonte: MI, 2005.

Os municípios a serem estudados no item 6.1.1 deste capítulo já estavam descritos como integrantes do semi-árido brasileiro, segundo a SUDENE. Na nova delimitação estes municípios aparecem como antigos municípios do semi-árido da Bahia, presentes na nova delimitação do semi-árido Brasileiro segundo o Ministério da Integração Nacional, 2005.

A definição de aridez para fins de aplicação no Plano de Ação de Combate à Desertificação, elaborado pelas Nações Unidas, baseou-se na metodologia desenvolvida por Thornthwaite (1941), com posterior ajustamento por PENMAN (1953), quando o índice de aridez (IA) de uma região depende da quantidade de água advinda da chuva (P) e da evapotranspiração potencial (ETP).

Aubreville (1949 apud Souza et al., 2004) se refere a criação do termo “desertificação” como sendo um termo utilizado para caracterizar aquelas áreas que estavam ficando parecidas com desertos ou desertos que se estavam expandindo. O índice de Aridez varia de 0,21 a 0,65, tendo sido definido para o semi-árido 0,21 a 0,50. (AB'SABER, 1977; SOUZA et al., 2004) referem-se a zona semi-árida como ambiente ecologicamente instável e de forte ação antrópica e bastante susceptível à desertificação.

O processo de desertificação é intensificado pela pobreza e vice-versa. Nessa região onde vivem 42% da população do Nordeste (20.051.518 de pessoas, de acordo com o censo de 2000) são verificados os indicadores sociais mais alarmantes do Brasil. A marcante variabilidade interanual da pluviometria, associada aos baixos totais anuais pluviométricos sobre a Região Nordeste do Brasil, é um dos principais fatores para a ocorrência dos eventos de “secas” sobre a região, as quais são caracterizadas por acentuada redução do total pluviométrico sazonal durante o período de fevereiro a maio.

A variabilidade interanual da pluviometria sobre o Nordeste está associada a variações de padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, que afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico, modulando assim a pluviometria sobre o norte do Nordeste (HASTENRATH & HELLER, 1977; HASTENRATH, 1984; MOURA e SHUKLA, 1981 apud NOBRE & MELO, 2001).

O que caracteriza uma seca não é o baixo volume de chuvas caídas, e sim a sua distribuição no tempo. O clima do Nordeste também sofre a influência de outros fenômenos, tais como: El Niño, que interfere principalmente no bloqueio das frentes frias vindas do sul do país, impedindo a instabilidade condicional na região e a formação do dipolo térmico atlântico, caracterizado pelas variações de temperaturas do oceano Atlântico, variações estas favoráveis às chuvas no Nordeste quando a temperatura do Atlântico sul está mais elevada do que aquela do Atlântico norte.

Segundo o MI (2005) os conhecimentos acumulados sobre o clima permitem concluir não ser a falta de chuvas a responsável pela oferta insuficiente de água na região, mas sua má distribuição, associada a uma alta taxa de evapotranspiração, que resultam no fenômeno da seca, a qual periodicamente afeta a população da região.

Embora a ocorrência de “seca”, definida como uma acentuada redução do total sazonal de chuvas sobre uma área significativa da região esteja associada a grandes movimentações sociais, de recursos financeiros e da economia do Nordeste (Magalhães, 1994), são de fato as variabilidades espacial e temporal das chuvas na escala de tempo intrasazonal que atingem a sociedade de forma mais contundente.

Do ponto de vista meteorológico, uma condição de seca, como definida por Magalhães e Glantz (1992), é caracterizada por acentuada redução dos totais pluviométricos anuais da região. Uma “grande seca” ocorre quando os totais anuais de chuvas não atingem 50% das normais climatológicas para uma fração significativa (a metade) da área semi-árida do Nordeste.

Assim, para se caracterizar a qualidade da estação chuvosa, de forma a abranger de forma mais ampla as condições hidro-meteorológicas que afetam as atividades econômicas da Região de maneira significativa, há que se considerar não somente os totais sazonais de chuvas, mas principalmente a variabilidade temporal destas em escalas de tempo intrasazonal (NOBRE & MELO, 2001).

O clima do semi-árido nordestino é definido por quatro dos principais sistemas de circulação atmosférica. Ao passarem pela região provoca longos períodos secos e chuvas ocasionais concentradas em poucos meses do ano. As altas temperaturas com pequena variação interanual exercem forte efeito sobre a evapotranspiração que, por sua vez, determinam o déficit hídrico como o maior entrave à ocupação do semi-árido e ressalta a importância da irrigação na fixação do homem nas áreas rurais da Região Nordeste em condições sustentáveis (EMBRAPA, 2007).

Oyama & Nobre (2004), em um estudo realizado sobre as consequências climáticas da desertificação em larga escala no nordeste Brasileiro, identificaram que a desertificação implica numa redução da precipitação, num aumento de evapotranspiração e parte da caatinga é convertida em semi-deserto.

O Nordeste Brasileiro é um exemplo de região semi-árida vulnerável na Terra, sendo caracterizada por escassez de água e vulnerabilidade dos recursos naturais, pronunciada por variabilidade climática e situação de estresse social.

Segundo estudo publicado por Krol et al. (2001), modelo integrado da relação entre disponibilidade hídrica, qualidade de vida e migração, incluindo processos de mudança global no Modelo Integrado do Semi-árido (SIM, sigla em inglês), contribui para o entendimento dos sistemas dinâmicos, e segundo os autores, um estudo sensitivo em mudanças climáticas ilustra efeitos adversos na região.

A aplicação do modelo SIM mostra uma grande sensibilidade da região nordeste para a mudança do clima, onde os recursos hídricos e agricultura mostram um impacto negativo significativo sobre a plausível redução da precipitação. O modelo possibilita a execução de análise de cenários, incluindo estudos de impactos regionais da mudança do clima (KROL et al., 2001).

A Região Nordeste é caracterizada por uma forte variabilidade temporal e espacial da precipitação, sujeita a frequentes episódios de secas. A ocorrência de secas tem um forte

impacto social devido à carência sócio econômica da região, que apresenta uns dos mais baixos índices de desenvolvimento humano (IDH) do Brasil (GOLVEIA et al., 2002).

Golveia et al. (2002) elaborou um balanço hídrico para a região Nordeste, visando conhecer a umidade do solo durante o episódio de ENSO (1982-1983), a partir de informações pedológicas e dados meteorológicos observados no período de 1970-1990. Os dados meteorológicos utilizados foram: precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial, e o estudo concluiu que, em comparação à média climatológica do período 1971 a 1990, observou-se que nos meses da estação chuvosa na região do semi-árido, devido ao episódio ENSO, a precipitação pluviométrica no período sofreu uma brusca diminuição, tornando o percentual de armazenamento de água no solo negativo.

O impacto de ENSO (diminuição da precipitação) afeta de maneira pronunciada a umidade do solo na região Nordeste, o que deve ser considerado cuidadosamente pelos tomadores de decisão, principalmente no que concerne ao planejamento agrícola e necessidades de drenagem e irrigação.

A economia agrícola do sertão é caracterizada por atividades pastoris, predominando a criação extensiva de gado bovino e de pequenos ruminantes (caprinos e ovinos), e a cultura de espécies resistentes à estiagem, como o algodão e a carnaúba nas áreas mais secas. A produção de grãos (milho e feijão) e mandioca predomina nas áreas mais úmidas. A cana-de-açúcar é bastante cultivada nos brejos de altitude, como em Triunfo, Pernambuco.

Em se tratando do processo produtivo no semi-árido, estudos desenvolvidos pela EMBRAPA-COATSA, apontam para a existência de 172 unidades geoambientais, distribuídas em 20 unidades de paisagem SILVA et al., (1993 apud QUEIROZ, 1996). A diversidade de ambientes edafoclimáticos representa uma grande vantagem na produção agrícola no semi-árido, surgindo então novas oportunidades de negócios agrícolas impossíveis de serem conseguidos em outras regiões do país.

Queiroz (1996) destaca algumas vantagens na produção do semi-árido, como a produção de frutíferas, com grande teor de açúcar e baixa acidez na maioria das plantas;

menor ocorrência de pragas; possibilidade de escalonar a produção ao longo do ano; disponibilidade de água de boa qualidade em vários pontos de semi-árido; maior proximidade dos grandes mercados consumidores (Europa, Estados Unidos), comparando-se com tradicionais produtores de frutas, como o Chile; mudanças nos hábitos alimentares nos quais frutas e olerícolas estão passando de sobremesa para refeições principais; qualidade e resistência da pele de caprinos, ovinos e bovinos; existência de forrageiras herbáceas e arbóreas tolerantes à seca.

Silva (1996) debate a idéia de que “a condição semi-árida está diretamente relacionada com a baixa produtividade agrícola”. Para o autor, esta afirmação é totalmente falsa, e exemplos não faltam para mostrar o contrário. A região semi-árida do Brasil não é pior, em termos de potencialidades agrícolas, do que muitas outras áreas semi-áridas do mundo, notadamente o Oeste dos Estados Unidos. A existência de *ilhas* de sucesso e prosperidade no contexto semi-árido do Nordeste brasileiro indica ser extremamente viável a ocorrência de significativas e positivas mudanças no seu cenário agrícola.

6.1 O SEMI-ÁRIDO DA BAHIA

A Bahia, devido a sua grande extensão espacial, está dividida em quinze Regiões Econômicas, as quais foram implantadas pelo governo estadual para melhor administrar e propor soluções conjuntas para seus municípios, baseados na similaridade de características culturais, sociais e econômicas entre eles.

Esta classificação foi estabelecida pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais (SEI), buscando gerar áreas de atuação para o planejamento estadual, utilizando como critérios os aspectos de similaridade quanto aos aspectos físicos e sócio-econômicos (ARAÚJO et al., 2007). As figura 9, 10 e 11 apresentam os mapas da região semi-árida da Bahia segundo a Sudene, 1994, apud SEI, com a localização dos municípios selecionados para a realização do estudo, o mapa de pluviometria para o semi-árido e o mapa de tipologia climática respectivamente.

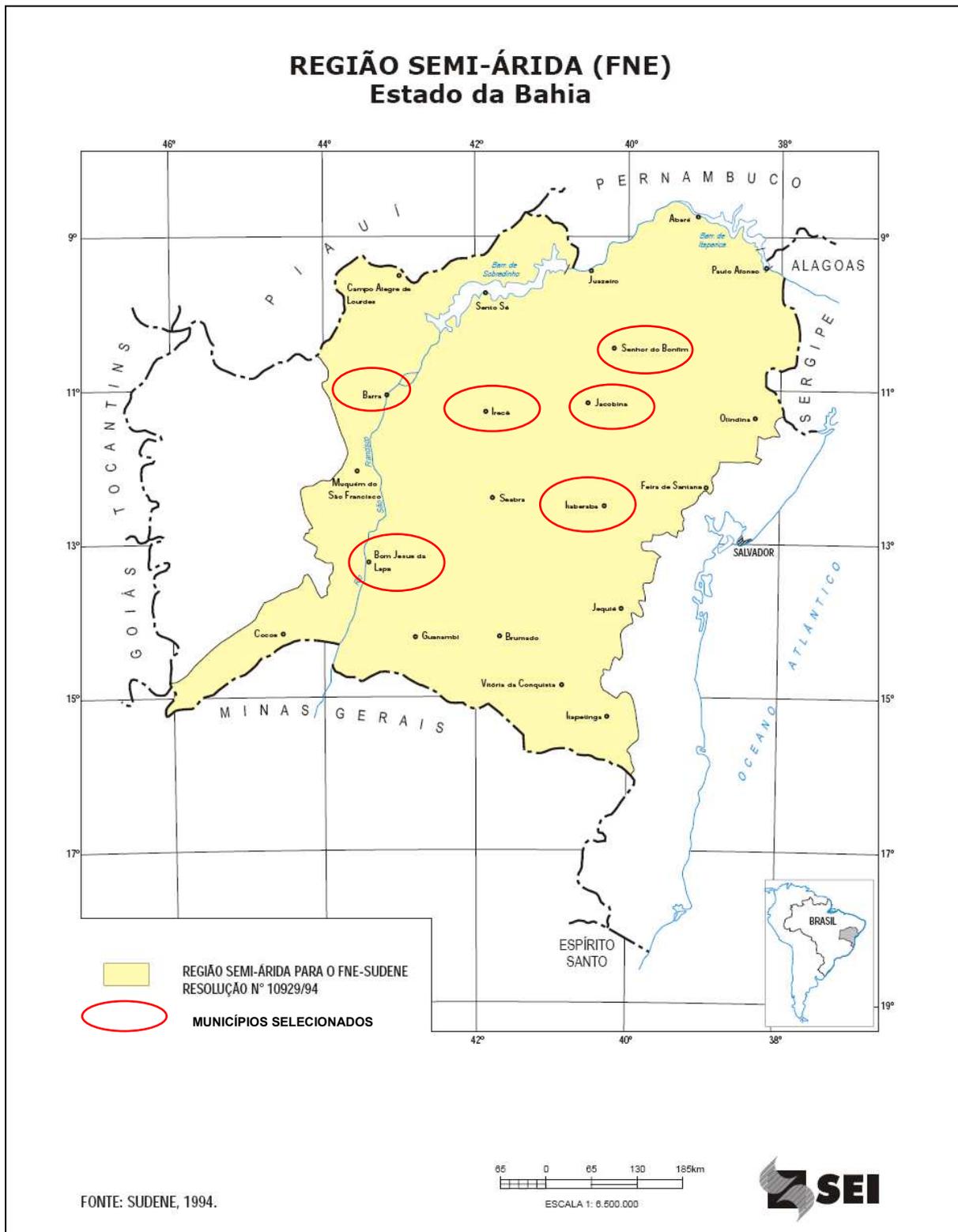


Figura 9 – Mapa da Região Semi-árida segundo delimitação da SUDENE. Fonte: SUDENE, (1994 apud Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia - SEI, 2003). Adaptado pela autora.

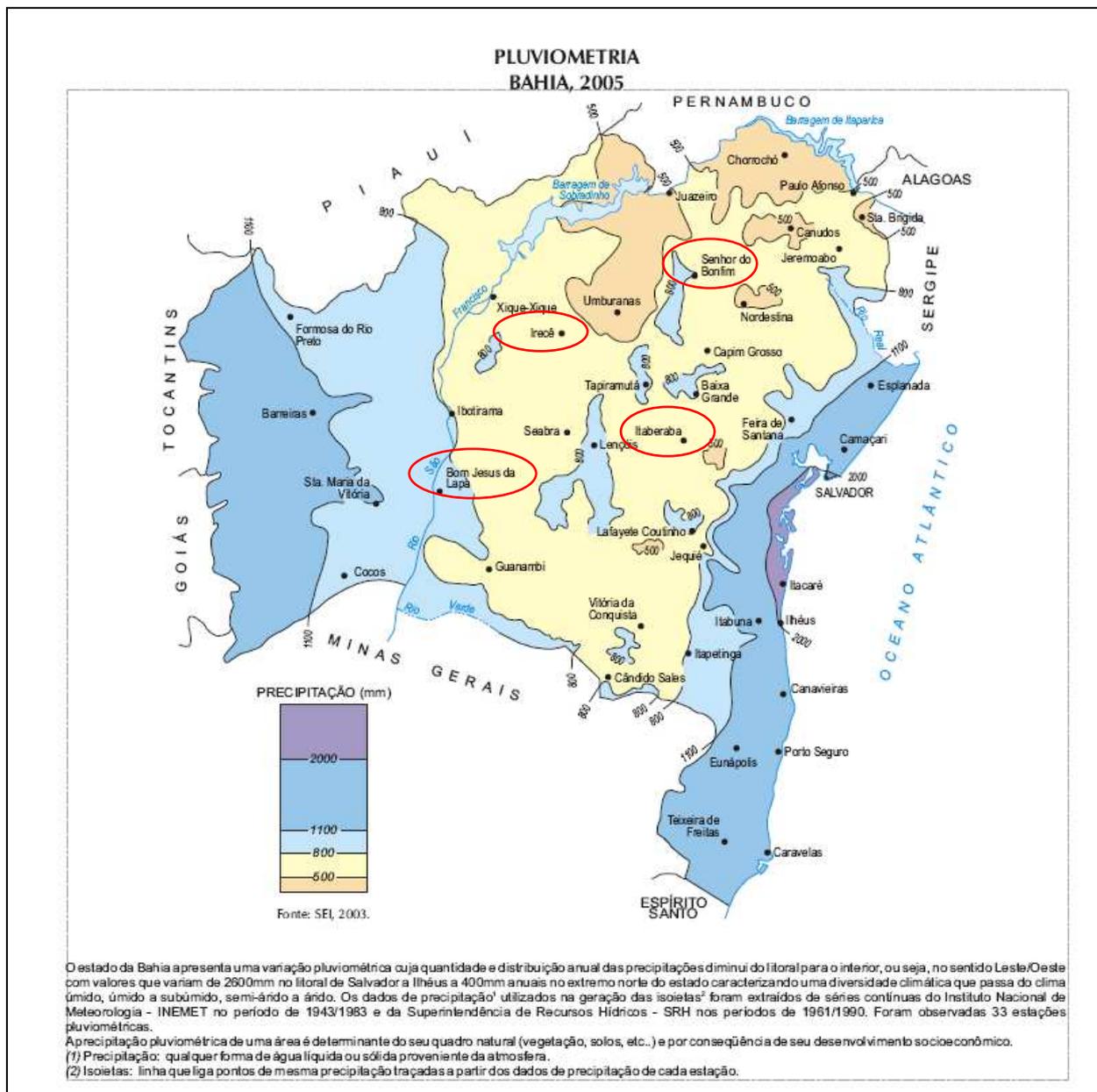


Figura 10 – Mapa de Pluviometria para o Estado da Bahia caracterizando uma diversidade climática que passa do clima úmido, úmido a subúmido, semi-árido a árido. Fonte: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia - SEI, 2003.

TIPOLOGIA CLIMÁTICA - SEGUNDO THORNTHWAITTE

Estado da Bahia

Pluviometria 1943 - 1983 / Temperatura 1961 - 1990

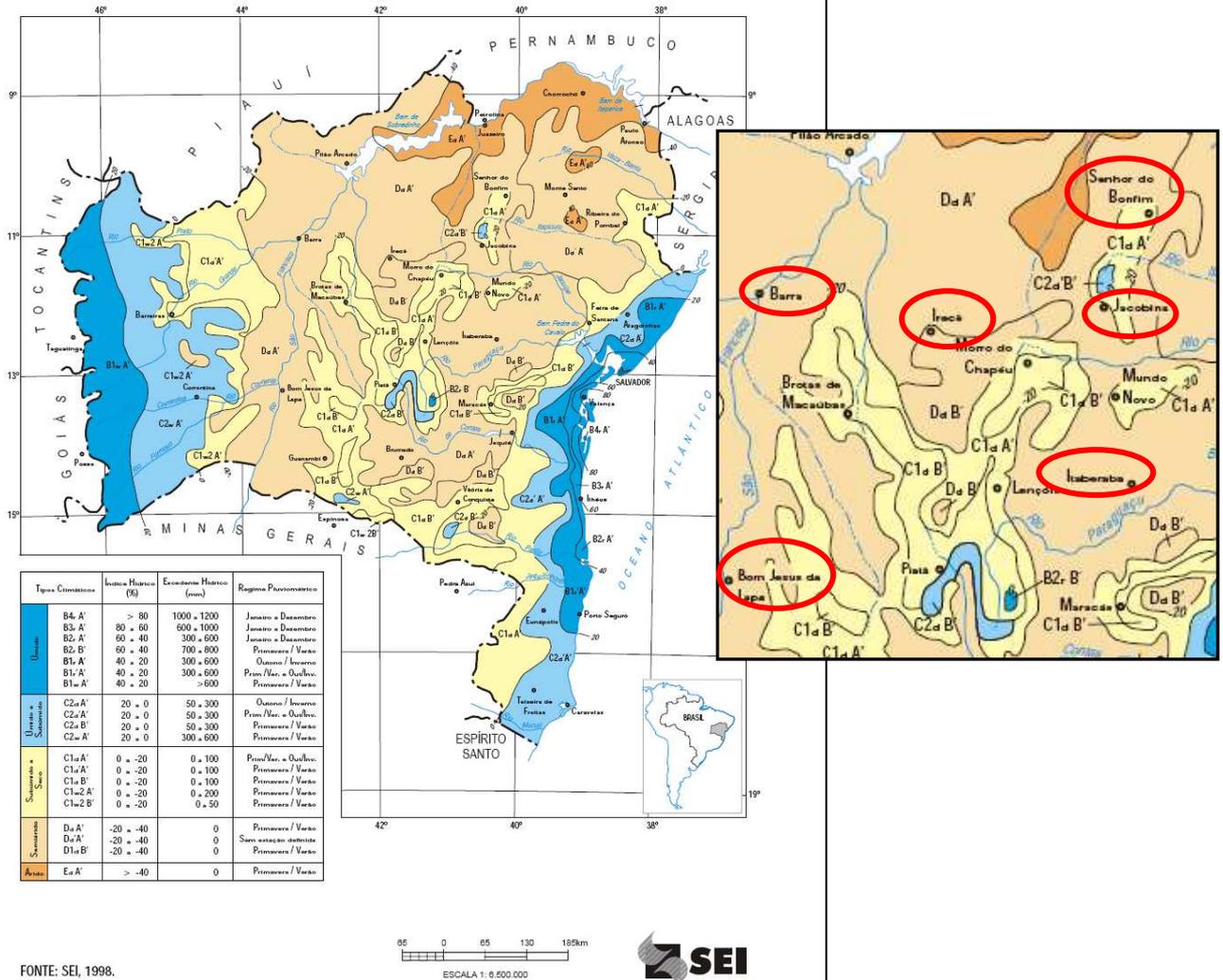


Figura 11 – Mapa da Tipologia Climática Segundo Thornthwaite para o Estado da Bahia. Fonte: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia - SEI, 1998. Adaptado pela Autora.

Tipos Climáticos	Índice Hídrico (%)	Excedente Hídrico (mm)	Regime Pluviométrico	
Úmido	B4 A'	> 80	1000 a 1200	Janeiro a Dezembro
	B3 A'	80 a 60	600 a 1000	Janeiro a Dezembro
	B2 A'	60 a 40	300 a 600	Janeiro a Dezembro
	B2 B'	60 a 40	700 a 800	Primavera / Verão
	B1 A'	40 a 20	300 a 600	Outono / Inverno
	B1 A'	40 a 20	300 a 600	Prim. / Ver. e Out./Inv.
Úmido a Subúmido	C2a A'	20 a 0	50 a 300	Outono / Inverno
	C2a A'	20 a 0	50 a 300	Prim. / Ver. e Out./Inv.
	C2a B'	20 a 0	50 a 300	Primavera / Verão
	C2w A'	20 a 0	300 a 600	Primavera / Verão
Subúmido a Seco	C1a A'	0 a -20	0 a 100	Prim. / Ver. e Out./Inv.
	C1a A'	0 a -20	0 a 100	Primavera / Verão
	C1a B'	0 a -20	0 a 100	Primavera / Verão
	C1w2 A'	0 a -20	0 a 200	Primavera / Verão
	C1w2 B'	0 a -20	0 a 50	Primavera / Verão
Semiarido	Da A'	-20 a -40	0	Primavera / Verão
	Da A'	-20 a -40	0	Sem estação definida
	D1a B'	-20 a -40	0	Primavera / Verão
Árido	Ea A'	> -40	0	Primavera / Verão

6.1.1 Dados climatológicos, socioeconômicos e ambientais de municípios do semi-árido baiano

Com base na metodologia empregada, foram identificados (06) seis municípios, todos inseridos na região semi-árida baiana, atendendo a tipologia climática que varia do clima subúmido a seco ao clima semi-árido, por apresentarem registros de dados climatológicos a partir das Normais climatológicas (1961 a 1990) e possuírem estações meteorológicas.

As “Normais Climatológicas” são obtidas através do cálculo das médias de parâmetros meteorológicos, obedecendo a critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Essas médias referem-se a períodos padronizados de 30 (trinta) anos, sucessivamente, de 1901 a 1930, 1931 a 1960 e 1961 a 1990.

Os seis municípios escolhidos como objeto deste trabalho são: **Barra, Bom Jesus da Lapa, Irecê, Itaberaba, Jacobina e Senhor do Bonfim**. Na busca de identificar vulnerabilidades climáticas, socioambientais e econômicas, foram utilizados neste estudo indicadores climáticos, socioeconômicos e ambientais.

Com relação aos indicadores climatológicos, o período considerado foi de 1961 a 1990, Normais Climatológicas (média), o ano de 1993, 1998 a 2006. A seleção do período considerou anos que apresentaram temperatura média elevada, e anos de possível ocorrência de estiagens e secas, como os anos de 1993 e 1998.

Para a seleção de possíveis anos de ocorrência de estiagens e secas, considerou-se a precipitação média anual inferior a 600 mm, atendendo ao critério estabelecido pela autora de valor inferior à precipitação média para os anos selecionados, para cada município.

Para os indicadores socioeconômicos e ambientais o período considerado foi de 1998 a 2006. Os indicadores climatológicos foram estruturados com base nos dados do INMET,

INPE, SRH (Temperatura máxima, Temperatura média, Temperatura mínima, Precipitação, Evaporação e Evapotranspiração). Os indicadores socioeconômicos com base na SEI, IPEA, IBGE (PIB *Per capita*, Produto municipal, Renda *Per capita*, Pobreza, IDEB e outro, que é reconhecido a nível mundial, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDH-M). Os dados ambientais foram utilizados com base no Ministério do Meio Ambiente.

Segundo a classificação climática de Thornthwaite (1955), a tipologia climática dos municípios, objeto do estudo, varia de clima Subúmido a Seco ao clima Semi-árido, conforme tabela 1, e devem obedecer aos seguintes critérios: Temperatura Mínima, Temperatura Média, Temperatura Máxima, Amplitude Térmica, Precipitação Média, Evapotranspiração Potencial, Evapotranspiração Real, Deficiência Hídrica, Excedente Hídrico, Índice de Aridez e Índice Hídrico (SEI, 1997).

Parâmetros	Subúmido a Seco	Semi-árido
Temp. Mínima (°C)	14,5 a 22,1	16,1 a 22,3
Temp. Média (°C)	18,8 a 25,4	20,7 a 26,8
Temp. Máxima (°C)	24,5 a 33	26,0 a 33,0
Amp. Térmica (°C)	5 a 16	7 a 15
Prec. Média anual (mm)	800 a 1100	500 a 800
Evapotrans. Pot. (mm)	841 a 1560	915 a 1691
Evapotrans. Real (mm)	628 a 1221	339 a 916
Deficiência Hídrica (mm)	29 a 547	341 a 1060
Excedente Hídrico (mm)	0 a 237	0 a 90
Índice de Aridez (%)	2 a 43 %	30 a 66 %
Índice Hídrico (mm)	- 20 a 0	(- 40 a - 20)

Tabela 1 – Parâmetros que definem a Tipologia Climática para o clima Subúmido a Seco e para o clima Semi-árido, no Semi-árido da Bahia. Fonte: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia – SEI, 1997. Adaptado pela autora.

6.1.1.1 Dados climatológicos

O Estado da Bahia apresenta posição de transição entre tipos de clima diferentes, o Semi-Árido nordestino, o Sudeste úmido e o Centro-Oeste, com alternância de períodos secos e úmidos bem definidos. Os municípios, objeto do estudo, possuem uma tipologia climática desde o clima subúmido a seco ao clima semi-árido.

Município	Tipologia Climática
Barra	SEMI ÁRIDO
Bom Jesus da Lapa	SEMI ÁRIDO SUBÚMIDO A SECO
Irecê	SEMI ÁRIDO
Itaberaba	SEMI ÁRIDO
Jacobina	SEMI ÁRIDO
Senhor do Bonfim	SEMI ÁRIDO SUBÚMIDO A SECO

Quadro 1 – Tipologia Climática dos municípios: Barra, Bom Jesus da Lapa, Irecê, Itaberaba, Jacobina e Senhor do Bonfim. Municípios inseridos no semi-árido do estado da Bahia, com tipologia climática variando do clima subúmido a seco ao clima semi-árido. Fonte: SEI, 1997. Adaptado pela autora.

Os mapas a seguir apresentam os balanços hídricos climatológico para os seis municípios do semi-árido da Bahia, e comprovam o elevado déficit hídrico em todos os municípios, sendo este indicador climático importante para a avaliação das vulnerabilidades e para estimar, a partir dos cenários e modelos climáticos futuros, os possíveis impactos na agricultura com o prosseguimento do aquecimento global.

Barra

Com uma área de 12 mil quilômetros quadrados, o município de Barra, no Oeste da Bahia apresenta uma população, segundo o "Censo 2000", de 43.615 habitantes, 18.405 dos quais vivendo na sede municipal. O município está inserido na Região Econômica do Médio São Francisco.

O município apresenta uma taxa de crescimento populacional mais de duas vezes superior à do Estado da Bahia. Enquanto, segundo o IBGE, a população da Bahia cresce à razão de 1,03% ao ano, em Barra esse índice é da ordem de 2,13%. O município de Barra apresenta uma tipologia de clima semi-árido.

A figura a seguir apresenta o mapa de balanço hídrico para o município de Barra, no período de 1961 a 1990 (Normais Climatológicas). É possível verificar que o Déficit Hídrico (DEF) para o período foi elevado.

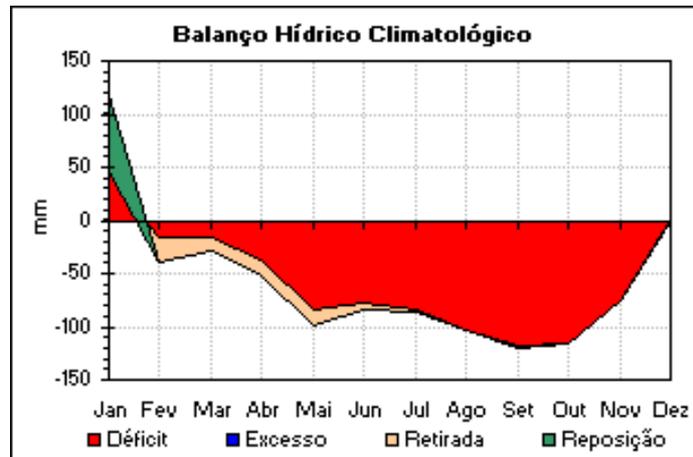


Figura 12 – Balanço Hídrico: Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica para o município de Barra, no período de 1961 a 1990 (Normais Climatológicas). Fonte: INMET.

Bom Jesus da Lapa

Localizado na região noroeste do Estado da Bahia, distante cerca de 820 km de Salvador, o município de Bom Jesus da Lapa apresenta uma população de 58.480 habitantes (Estimativa IBGE-2006) e está situado na região econômica Sudoeste, e possui uma área de 3.951 Km². A tipologia climática do município de Bom Jesus da Lapa varia de clima subúmido a seco ao clima semi-árido, e possui uma fase seca que vai do mês de maio ao mês de setembro.

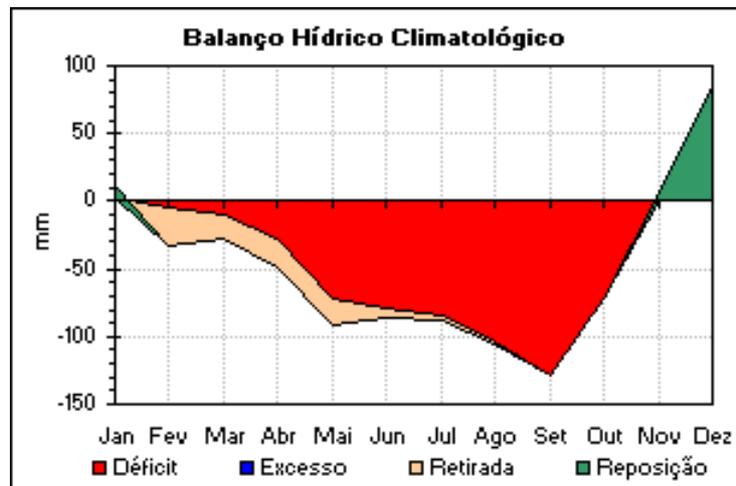


Figura 13 – Balanço Hídrico: Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica para o município de Bom Jesus da Lapa, no período de 1961 a 1990 (Normais Climatológicas). Fonte: INMET.

Irecê

Está inserido na Região Econômica de Irecê. No município de Irecê a estação mais fria é o inverno, verificando-se as temperaturas mais baixas no mês de julho quando também a amplitude térmica é mais elevada. O mês mais quente é outubro, durante a primavera austral, quando também é mais elevada a evaporação e mais baixa a umidade relativa do ar, tornando as condições de conforto térmico bastante desagradáveis. A insolação e a evaporação também são maiores no período seco, enquanto a nebulosidade e umidade relativa, evidentemente, apresentam maior significação no período chuvoso, até abril. A época das chuvas estende-se de novembro a março, sendo dezembro o mês mais chuvoso (123,87 mm), evidenciando-se baixos totais anuais, (605,65 mm) para o período considerado.

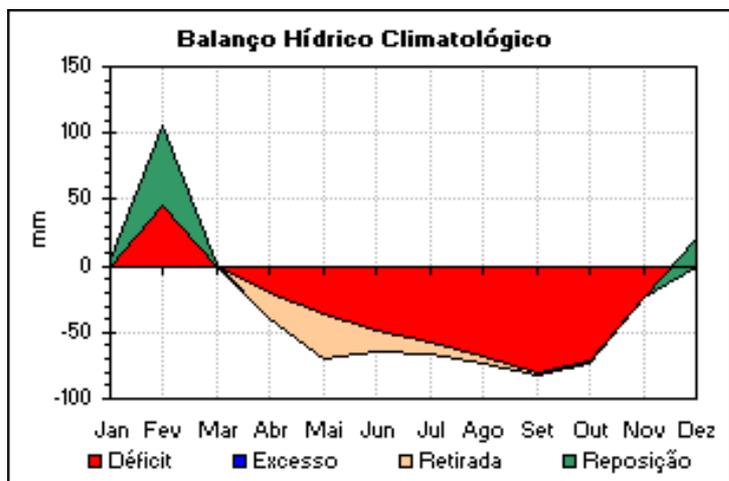


Figura 14 – Balanço Hídrico: Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica para o município de Irecê, no período de 1961 a 1990 (Normais Climatológicas). Fonte: INMET.

Estudo realizado pela SEI (2007), revelou o índice de intensidade de seca para o município de Irecê para os anos de 1944 a 1994. Como resultado, o número de anos normais foi (24), e apenas o ano de 51/52 sofreu seca severa. Os demais eventos extremos de seca passaram à categoria de secas moderadas, verificando-se 13 anos nesta modalidade de seca e 12, na de secas não significativas. Para o ano agrícola diminui a probabilidade de secas severas (2 anos), moderadas (10 anos), e aumentam a probabilidade de secas não significativas (12 anos). No ano de 1993 pode-se observar a ocorrência de uma seca aparentemente de moderada a severa para a região, segundo a figura acima apresentada.

Segundo dados da SEI (2007), a principal característica do clima semi-árido é a irregularidade interanual, mensal e espacial com que se manifesta, definindo um alto grau de incerteza para as atividades que demandam água, especialmente a agricultura.

Itaberaba

O município Itaberaba situa-se na porção centro leste do estado da Bahia, com uma área de 2.104 km² está inserido na bacia do rio Paraguaçu, nas áreas correspondentes ao Pediplano Sertanejo, possuindo serras correspondendo aos patamares do médio Paraguaçu. Dessa forma, insere-se no domínio morfoclimático Semi-árido (CEI, 1994). Pertencendo a região Econômica e Planejamento do Paraguaçu (para fins de planejamento do Governo do Estado) e micro região homogênea de Itaberaba (IBGE). Possui uma população rural de 14.426 pessoas de 44.517 pessoas nas áreas urbanas (SEI, 2001).

Os aspectos climáticos conjugados aos fatores geográficos locais e regionais produzem um clima semi-árido em Itaberaba, cuja temperatura média anual é de 23.9° C, com amplitude térmica anual média de 9.5°C, apresenta uma pluviosidade extremamente irregular com precipitações mal distribuídas durante o ano (mín.152 mm, máx.1494 mm, média 744 mm), havendo, entretanto, uma concentração pluviométrica nos meses que seguem o solstício de verão no Hemisfério Sul. Concomitantemente a esse processo temos nos meses seguintes um período de longa estiagem caracterizando a área com risco de seca elevada (CEI, 1994).

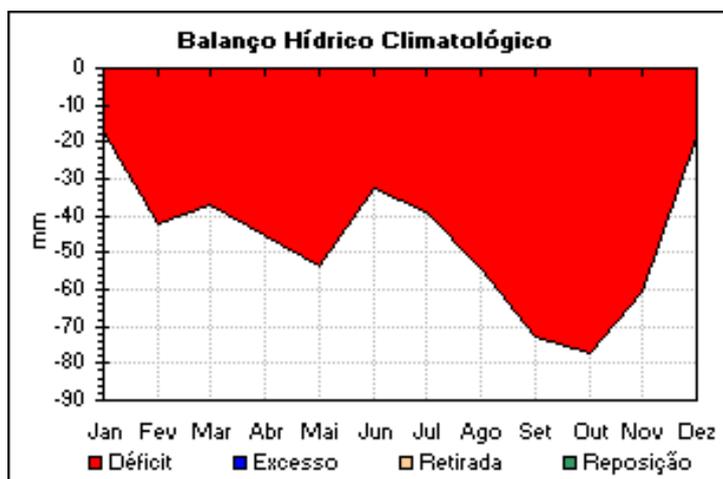


Figura 15 – Balanço Hídrico: Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica para o município de Itaberaba, no período de 1961 a 1990 (Normais Climatológicas). Fonte: INMET.

Jacobina

O município está situado na Região Econômica de Piemonte da Diamantina, e conforme dados do IBGE, possui uma área total de 2.320 Km², com uma população de 76.463 habitantes, e uma tipologia de clima semi-árido.

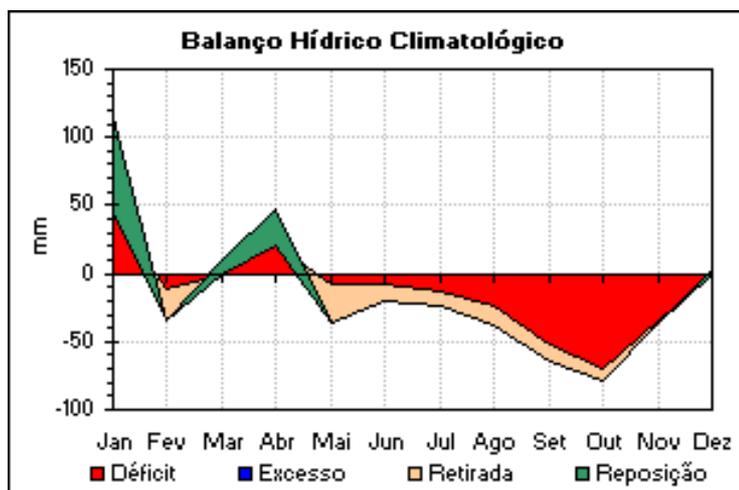


Figura 16 – Balanço Hídrico: Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica para o município de Jacobina, no período de 1961 a 1990 (Normais Climatológicas). Fonte: INMET.

Senhor do Bonfim

O município está situado na Região Econômica de Piemonte da Diamantina, e conforme dados do IBGE, possui uma área total de 817 Km², com uma população de 72.511 habitantes em 2007. A tipologia climática varia de clima subúmido a seco ao clima semi-árido.

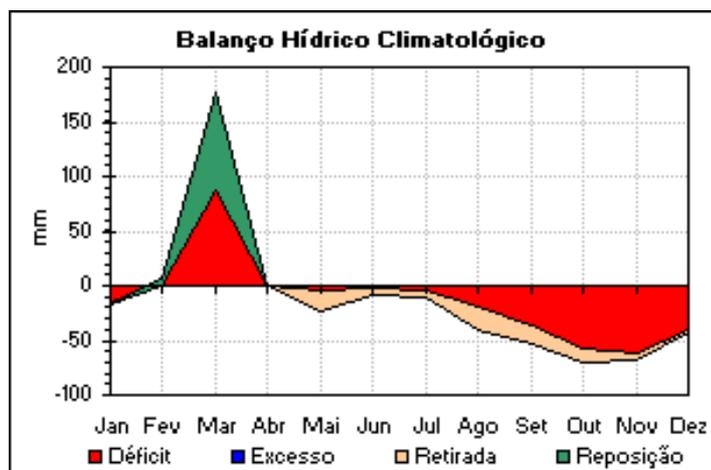


Figura 17 – Balanço Hídrico: Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica para o município de Senhor do Bonfim, no período de 1961 a 1990 (Normais Climatológicas). Fonte: INMET.

A Tabela 2 apresenta os dados das normais climatológicas para os municípios do semi-árido da Bahia, confirmando a reduzida pluviosidade e elevada evaporação.

Normais Climatológicas (1961 a 1990)						
Parâmetros	Barra	B. Jesus da Lapa	Irecê	Itaberaba	Jacobina	Senhor do Bonfim
Temperatura Média (°C)	25,7	25,3	23,1	24,6	23,8	23,5
Precipitação Média (mm)	54,5	69,2	54,5	63,6	72,1	70,9
Precipitação Total (mm)	653,8	830,6	653,4	762,7	865,0	850,9
Evapotranspiração Potencial Total (mm)	1504,4	1446,9	1150,6	1329,6	1232,7	1195,7
Déficit Hídrico Total (mm)	850,6	609,6	496,9	559,6	367,9	344,6
Déficit Hídrico Média (mm)	64,63	47,57	39,26	43,73	29,95	28,21
Excedente Hídrico Média (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 2 – Normais Climatológicas (1961 a 1990) para os indicadores: Temperatura Média, Precipitação Média, Precipitação Total, Evapotranspiração Potencial Total, Déficit Hídrico Total, Déficit Hídrico Média e Excedente Hídrico Média. Fonte: INMET. Adaptada pela autora.

A partir da seleção dos parâmetros climatológicos: Temperatura Média, Precipitação Média, Precipitação Total, Evapotranspiração Potencial Total, Déficit Hídrico Total, Déficit Hídrico Média e Excedente Hídrico Média para as normais climatológicas de 1961 a 1990 foram selecionados relatados como anos de ocorrência de secas e estiagens para os mesmos parâmetros, sendo considerado o período de 1998 a 2006, incluindo o ano de 1993 que ocorreu uma seca considerável no semi-árido da Bahia, conforme figuras 18 a 23 a seguir. Contudo, a partir da avaliação dos dados disponibilizados pelo INMET, decidiu-se considerar a precipitação como fator determinante para se estimar a condição de seca.

O Índice de Aridez (IA) foi calculado a partir do Déficit Hídrico (DEF) e da Evapotranspiração Potencial (ETP), sendo $IA = DEF / ETP$. A tabela 2 apresenta o Índice de Aridez para os seis municípios selecionados.

Cálculo do Índice de Aridez						
Parâmetros	Barra	B. Jesus da Lapa	Irecê	Itaberaba	Jacobina	Senhor do Bonfim
Déficit Hídrico Total (mm)	850,6	609,6	496,9	559,6	367,9	344,6
Evapotranspiração Potencial Total (mm)	1504,4	1446,9	1150,6	1329,6	1232,7	1195,7
Índice de Aridez (IA)	0,57	0,42	0,43	0,42	0,30	0,29

Tabela 2 – Cálculo do Índice de Aridez para os seis municípios selecionados para o estudo.

Foram selecionados anos de possível ocorrência de estiagens e secas para os municípios, conforme figuras 18 a 23.



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA
 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET
 ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL DE BARRA/BA
 Lat : 11°05' S Long : 43°10' W Alt : 401,58m

Parâmetros	Normais (1961 a 1990)	1993	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Temperatura média (°C)	25.5	27.0	27.3	26.1	26.1	26.7	26.6	27.2	26.2	26.4	26.4
Temperatura máxima (°C)	32.2	33.8	34.1	32.7	32.7	33.7	33.5	34.1	33.1	33.2	33.2
Temperatura mínima (°C)	19.4	20.1	20.9	19.8	20.1	20.1	20.0	20.5	19.2	20.2	20.2
Precipitação (mm)	661.1	257.4	673.1	659.6	895.5	525.6	838.6	432.7	696.1	658.1	845.3
Evaporação (mm)	2259.7	2846.5	2903.0	2277.8	2273.3	2751.8	2742.0	x	x	x	x

■ Anos de provável ocorrência de estiagens ou secas

X - Ausência de dados

Figura 18 – Parâmetros climatológicos para as Normais (1961 a 1990), o ano de 1993 e para o período de 1998 a 2006 (média anual) – Município de Barra/ Bahia. Fonte: INMET, adaptada pela autora.



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET
ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL DE BOM JESUS DA LAPA/BA
Lat : 13°16' S Long : 43°25' W Alt : 439,96m

Parâmetros	Normais (1961 a 1990)	1993	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Temperatura média (°C)	25.3	26.1	26.9	25.6	25.7	26.1	26.2	26.6	25.6	26.0	25.7
Temperatura máxima (°C)	32.0	33.3	33.6	32.0	32.4	33.0	33.3	33.5	32.1	32.6	32.3
Temperatura mínima (°C)	19.1	19.7	20.6	20.0	20.1	20.2	20.0	20.5	19.8	19.8	19.5
Precipitação (mm)	830.5	457.3	855.4	991.3	1101.6	620.4	896.2	589.6	1037.1	950.4	651.3
Evaporação (mm)	2089.8	2733.7	2899.4	2336.5	2165.9	2508.9	2397.1	2521.9	2172.3	2303.3	2162.4

■ Anos de provável ocorrência de estiagens ou secas

X - Ausência de dados

Figura 19 – Parâmetros climatológicos para as Normais (1961 a 1990), o ano de 1993 e para o período de 1998 a 2006 (média anual) – Município de Bom Jesus da Lapa/ Bahia. Fonte: INMET, adaptada pela autora.



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET
ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL DE IRECÊ/BA
Lat : 11°18' S Long : 41°52' W Alt : 747,16m

Parâmetros	Normais (1961 a 1990)	1993	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Temperatura média (°C)	23.1	x	24.5	23.2	23.1	23.4	23.5	23.6	23.1	23.2	23.3
Temperatura máxima (°C)	29.5	x	30.9	29.3	29.3	30.4	30.1	30.4	30.0	30.0	30.0
Temperatura mínima (°C)	17.6	x	19.1	18.0	17.9	17.9	18.0	17.3	16.2	17.2	17.4
Precipitação (mm)	653.5	257.9	749.1	639.8	980.3	255.3	662.5	389.2	530.7	752.7	741.9
Evaporação (mm)	2061.7	x	x	x	x	3184.1	2469.3	2204.3	x	x	x

■ Anos de provável ocorrência de estiagens ou secas

X - Ausência de dados

Figura 20 – Parâmetros climatológicos para as Normais (1961 a 1990), o ano de 1993 e para o período de 1998 a 2006 (média anual) – Município de Irecê/ Bahia. Fonte: INMET, adaptada pela autora.



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET

ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL DE ITABERABA/BA

Lat : 12°31' S Long : 40°17' W Alt : 249,89m

Parâmetros	Normais (1961 a 1990)	1993	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Temperatura média (°C)	24.6	x	25.8	24.5	24.7	25.1	24.9	25.2	24.7	24.8	24.6
Temperatura máxima (°C)	30.8	x	32.4	30.6	30.8	31.4	31.3	31.7	31.1	31.0	31.3
Temperatura mínima (°C)	19.3	x	20.3	19.5	19.9	20.7	20.1	19.5	19.1	19.5	18.1
Precipitação (mm)	762.6	228.3	385.5	848.8	811.3	540.0	787.0	319.5	757.2	737.9	637.9
Evaporação (mm)	1565.0	3261.6	2772.0	2230.9	1966.5	2389.4	2412.6	2755.0	2210.7	x	x

■ Anos de provável ocorrência de estiagens ou secas

X - Ausência de dados

Figura 21 – Parâmetros climatológicos para as Normais (1961 a 1990), o ano de 1993 e para o período de 1998 a 2006 (média anual) – Município de Itaberaba/ Bahia. Fonte: INMET, adaptada pela autora.



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET

ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL DE JACOBINA/BA

Lat : 11°11' S Long : 40°28' W Alt : 484,74m

Parâmetros	Normais (1961 a 1990)	1993	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Temperatura média (°C)	24.0	23.7	25.2	24.2	23.7	24.5	24.3	24.5	24.2	24.3	24.0
Temperatura máxima (°C)	29.7	31.0	31.1	29.7	29.2	30.2	29.8	29.9	29.4	29.3	29.1
Temperatura mínima (°C)	19.4	20.6	20.6	19.7	19.6	20.3	20.3	20.7	20.5	20.6	20.2
Precipitação (mm)	851.1	266.3	559.6	811.1	984.1	572.0	985.5	640.6	786.5	823.9	1015.5
Evaporação (mm)	1908.9	x	x	x	x	2451.3	2246.4	2333.5	2711.5	2234.5	1941.6

■ Anos de provável ocorrência de estiagens ou secas

X - Ausência de dados

Figura 22 – Parâmetros climatológicos para as Normais (1961 a 1990), o ano de 1993 e para o período de 1998 a 2006 (média anual) – Município de Jacobina/ Bahia. Fonte: INMET, adaptada pela autora.



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO-MAPA
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET
ESTAÇÃO CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL DE SENHOR DO BONFIM/BA
Lat : 10°28' S Long : 40°11' W Alt : 558,24m

Parâmetros	Normais (1961 a 1990)	1993	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Temperatura média (°C)	23.5	24.6	24.9	24.1	23.7	24.3	24.2	24.2	24.0	24.3	23.9
Temperatura máxima (°C)	28.9	30.3	30.7	29.5	28.9	29.8	29.7	30.0	29.5	29.8	29.4
Temperatura mínima (°C)	19.3	19.6	20.3	19.8	20.0	20.2	19.8	20.0	19.7	20.0	19.9
Precipitação (mm)	850.9	330.4	567.3	686.9	985.0	652.7	687.7	744.8	760.0	830.7	734.4
Evaporação (mm)	1725.4	2307.5	2578.1	2402.9	1975.4	2191.1	1797.1	1834.7	1579.5	1647.3	1502.7

■ Anos de provável ocorrência de estiagens ou secas
X - Ausência de dados

Figura 23 – Parâmetros climatológicos para as Normais (1961 a 1990), o ano de 1993 e para o período de 1998 a 2006 (média anual) – Município de Senhor do Bonfim/ Bahia. Fonte: INMET, adaptada pela autora.

O método de Thornthwaite (1948) foi uma das primeiras fórmulas desenvolvida para se estimar a evapotranspiração potencial, apresentando boas estimativas em escala mensal. A evapotranspiração potencial é um elemento macrometeorológico que apresenta a chuva teoricamente necessária para não faltar nem sobrar água no solo. Com o balanço entre precipitação e evapotranspiração pode-se caracterizar bem o clima e estimar a umidade disponível no solo, por intermédio do balanço hídrico climático (PEREIRA et al., 2002).

O Índice de Aridez é definido como a razão entre a quantidade de água advinda da chuva e a evapotranspiração potencial, ou seja, a perda máxima possível de água pela evaporação e transpiração. Segundo Nobre et al. (2004), cenários climáticos prevêem que a temperatura aumente tanto a evaporação, que lagos e açudes se tornarão ainda mais secos, a vegetação da caatinga ficará mais pobre, algumas áreas se tornarão semi-desertos e a agricultura será ainda mais difícil.

Com base nos parâmetros climatológicos para as Normais (1961 a 1990) e para os anos de 1993, 1998 a 2006, apresentados nas figuras 18 a 23, foram considerados os anos de 1993, 1998, 2001, 2003 e 2004 como anos de provável ocorrência de estiagens e secas para os municípios estudados, considerando o indicador precipitação sendo inferior a 600 mm.

6.1.1.2 Dados socioeconômicos e ambientais

As secas são fenômenos naturais freqüentes nas áreas de clima semi-árido do Nordeste, trazendo geralmente graves consequências envolvidas, apesar dos recursos aplicados para tentar administrar os seus efeitos. Na Bahia, estado nordestino com mais de dois terços do território situados no sertão semi-árido, esse fenômeno é particularmente relevante (BARBOSA, 2000).

O Censo 2000 (IBGE) para o semi-árido baiano registrou que 52 crianças, entre mil nascidas vivas, morriam antes de completar um ano de vida. O analfabetismo nesse ano atingia 33% da população com idade superior a 15 anos, refletindo-se na renda *per capita*, apenas R\$ 85,54, em valores de 2000, bastante inferior ao salário-mínimo vigente a partir de maio daquele ano, fixado em R\$ 151,00 (SEI, 2006).

A Tabela 4 apresenta o percentual de pessoas com renda domiciliar per capita inferior a R\$75,50, equivalentes a 1/2 do salário mínimo vigente em agosto de 2000. O universo de indivíduos é limitado àqueles que vivem em domicílios particulares permanentes.

Municípios	1991	2000
Barra	85,37	79,29
Bom Jesus da Lapa	68,71	59,33
Irecê	59,45	48,42
Itaberaba	72,30	58,00
Jacobina	70,32	57,85
Senhor do Bonfim	72,03	52,05

Tabela 4 – Percentual de pessoas pobres, pobreza para os municípios estudados. Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, adaptada pela autora.

Em comparação ao ano de 1991 e 2000 observa-se que o percentual de pessoas pobres diminuiu no ano de 2000, devendo estar associado ao crescimento econômico ocorrido no país. O indicador percentual de pessoas pobres não contribui na avaliação de impactos

socioeconômicos relacionados às mudanças climáticas e a eventos extremos como secas e estiagens. A tabela 5 apresenta os indicadores econômicos para os municípios selecionados.

Indicadores Econômicos - BARRA	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Pib Per Capita (R\$ 1,00)		872.69		1.147.56	1.378.19	1.510.89	1.647.44	1.902.39
Pib Municipal Setor Agropecuária (%)					11.65	11.70	10.92	7.66
Produto municipal (R\$ 1.000)	28.459.33							
Índice de Desenvolvimento Econômico	4991.40		4.990.59		4.992.53		4.988.90	
Indicadores Econômicos - BOM JESUS DA LAPA	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Pib Per Capita (R\$ 1,00)		1.651.31		1.847.99	3.310.71	3.503.20	3.646.58	3.728.24
Pib Municipal Setor Agropecuária (%)					31.48	25.34	27.76	18.91
Produto municipal (R\$ 1.000)	78.588.62							
Índice de Desenvolvimento Econômico	5003.30		5.003.64		5.006.04		4.996.15	
Indicadores Econômicos - IRECÊ	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Pib Per Capita (R\$ 1,00)		1.974.53		2.210.38	2.965.42	3.423.08	3.718.31	4.444.84
Pib Municipal Setor Agropecuária (%)					4.07	3.84	4.77	3.42
Produto municipal (R\$ 1.000)	82.269.27							
Índice de Desenvolvimento Econômico	5004.95		5.005.52		5.005.99		4.996.97	
Indicadores Econômicos - ITABERABA	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Pib Per Capita (R\$ 1,00)		1.534.43		1.708.06	2.205.82	2.472.93	2.678.56	3.215.13
Pib Municipal Setor Agropecuária (%)					10.65	10.80	15.08	11.49
Produto municipal (R\$ 1.000)	91.218.42							
Índice de Desenvolvimento Econômico	5003.93		5.002.72		5.002.21		4.994.32	
Indicadores Econômicos - JACOBINA	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Pib Per Capita (R\$ 1,00)		1.606.63		1.866.44	2.512.29	2.861.37	3.123.26	3.873.49
Pib Municipal Setor Agropecuária (%)					7.51	10.34	10.95	9.32
Produto municipal (R\$ 1.000)	179.463.20							
Índice de Desenvolvimento Econômico	5017.30		5.009.16		5.011.22		5.000.04	
Indicadores Econômicos - SENHOR DO BONFIM	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Pib Per Capita (R\$ 1,00)		1.576.69		1.906.97	2.923.17	3.495.93	3.897.30	4.789.71
Pib Municipal Setor Agropecuária (%)					2.15	5.16	3.69	2.34
Produto municipal (R\$ 1.000)	124.654.29							
Índice de Desenvolvimento Econômico	5007.57		5.005.99		5.006.58		4.997.41	

Tabela 5 – Indicadores Econômicos para os municípios da Barra, Bom Jesus da Lapa, Irecê, Itaberaba, Jacobina e Senhor do Bonfim. Fonte: PIB Per Capita (1999 e 2001) – IPEA; PIB Per Capita (2002 a 2005) - SEI/ IBGE; PIB Municipal Setor Agropecuária (2002 a 2005) – SEI/ IBGE; Produto Municipal (1998) – SEI e Índice de Desenvolvimento Econômico – IDE (1998, 2000, 2003 e 2004) – SEI.

Os dados do PIB (*Per capita*) para os seis municípios indicam que ocorreu um aumento consecutivo nos anos de 1999, 2001 e 2004. O indicador de Produto municipal para avaliação de impactos socioeconômicos derivados de perdas agrícolas no ano de 1998, ano de ocorrência de grande estiagem.

Avaliando o PIB Municipal Setor Agropecuária, nos anos de 2002 a 2005, é possível observar uma diminuição no valor do ano de 2004 para 2005. No indicador Índice de Desenvolvimento Econômico – IDE, observa-se uma diminuição no ano de 2004 em relação aos demais anos (1998, 2000 e 2003). A tabela 6 apresenta os indicadores socioeconômicos para os seis municípios selecionados para o estudo.

Indicadores Socioeconômicos - BARRA	1991	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005
IDH-M	0.486			0.586				
IDEB								2,8
Renda (Per capita) R\$ 2.000	44,50		56,37					
Pobreza - pessoas pobres (%)	85,37		79,29					
Índice de Desenvolvimento Social		4966.58	4.971.72		4.993.85		4.986.77	
Indicadores Socioeconômicos - BOM JESUS DA LAPA	1991	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005
IDH-M	0.558			0.654				
IDEB								2,9
Renda (Per capita) R\$ 2.000	82,94		125,41					
Pobreza - pessoas pobres (%)	68,71		59,33					
Índice de Desenvolvimento Social		5065.30	5.079.78		5.084.58		5.075.97	
Indicadores Socioeconômicos - IRECÊ	1991	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005
IDH-M	0.596			0.666				
IDEB								2,8
Renda (Per capita) R\$ 2.000	122,41		157,62					
Pobreza - pessoas pobres (%)	59,45		48,42					
Índice de Desenvolvimento Social		5137.42	5.129.68		5.112.80		5.122.81	
Indicadores Socioeconômicos - ITABERABA	1991	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005
IDH-M	0.528			0.638				
IDEB								2,3
Renda (Per capita) R\$ 2.000	81,11		122,10					
Pobreza - pessoas pobres (%)	72,30		58,00					
Índice de Desenvolvimento Social		5067.33	5.074.83		5.088.78		5.057.70	
Indicadores Socioeconômicos - JACOBINA	1991	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005
IDH-M	0.539			0.652				
IDEB								2,2
Renda (Per capita) R\$ 2.000	105,75		147,38					
Pobreza - pessoas pobres (%)	70,32		57,85					
Índice de Desenvolvimento Social		5116.16	5.110.92		5.089.22		5.071.48	
Indicadores Socioeconômicos - SENHOR DO BONFIM	1991	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005
IDH-M	0.562			0.690				
IDEB								
Renda (Per capita) R\$ 2.000	93,11		168,89					
Pobreza - pessoas pobres (%)	72,03		52,05					
Índice de Desenvolvimento Social		5113.21	5.135.49		5.128.32		5.123.08	

Tabela 6 – Indicadores socioeconômicos para os municípios de Barra, Bom Jesus da Lapa, Irecê, Itaberaba, Jacobina e Senhor do Bonfim. Fonte: IDH-M (1991 e 2001) - IPEA; IDEB - Prova Brasil (2005) e Censo Escolar (2005 e 2006); Renda Per capita - IPEA (1991 e 2000); Pobreza (1991 e 2000) – IPEA e Índice de Desenvolvimento Social (1998, 2000, 2002 e 2004) – SEI.

O Índice de Desenvolvimento Humano foi criado originalmente para medir o nível de desenvolvimento humano dos países a partir de indicadores de educação (alfabetização e taxa de matrícula), longevidade (esperança de vida ao nascer) e renda (PIB per capita). O índice varia de 0 (nenhum desenvolvimento humano) a 1 (desenvolvimento humano total). Países com IDH até 0,499 têm desenvolvimento humano considerado baixo; os países com índices entre 0,500 e 0,799 são considerados de médio desenvolvimento humano; países com IDH maior que 0,800 têm desenvolvimento humano considerado alto.

Os indicadores socioambientais como IDH-M, Renda *Per Capita* e Percentual de Pessoas Pobres (Pobreza) se configuram como importantes indicadores para uma boa avaliação sobre as vulnerabilidades existentes e dos os possíveis impactos das mudanças climáticas na economia e na qualidade de vida da população do semi-árido da Bahia. A ausência de dados dificulta uma melhor avaliação e possível comparação com os anos de ocorrência de secas e estiagens.

O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) é um indicador que varia de 0 a 10, e leva em consideração o rendimento escolar e a média dos alunos no Sistema Nacional de Avaliação Básica (SAEB) e na Prova Brasil.

Segundo o Ministério da Educação, para ter sistemas educacionais com qualidade equivalente à dos países desenvolvidos, o IDEB deve ser de pelo menos 6,0. Atualmente, a média brasileira é de 3,8. A Bahia foi o estado que apresentou a maior quantidade de municípios com piores indicadores.

Para os seis municípios estudados, os dados do IDEB (anos iniciais do ensino fundamental) para os anos de 2005 e 2007 variaram de 2,6 a 3,4, demonstrando estar abaixo da média brasileira que é 3,8. A Região Nordeste, particularmente o Estado da Bahia, é o Estado que mais necessita de investimentos em educação básica. A tabela a seguir apresenta a média do IDEB para os municípios selecionados.

IDEB - ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL									
Nome do Município	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2019	2021
BARRA	2.8	2.9	3.3	3.7	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1
BOM JESUS DA LAPA	2.9	3.1	3.5	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4
IRECÊ	3.3	3.4	3.7	4.2	4.4	4.7	5.0	5.3	5.6
ITABERABA	3.0	3.0	3.4	3.8	4.1	4.4	4.6	4.9	5.2
JACOBINA	2.8	2.9	3.3	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9	5.2
SENHOR DO BONFIM	2.6	2.7	3.0	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9

Tabela 7 - Média do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) das Escolas Públicas Urbanas por município estudado, Desempenho na Prova Brasil e Taxas de Aprovação. Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP, Ministério da Educação - MEC, 2008.

De acordo com dados do IBGE (2005), em estudo realizado nos municípios brasileiros, a escassez de água (72,2%) foi a principal restrição ambiental observada pelos 1.315 municípios que sofreram prejuízos na atividade pecuária no período 2001-2003, tendo o esgotamento/ compactação do solo (42,1%) como a segunda maior causa. A estiagem atípica de 2001 parece ser a principal explicação para estas ocorrências nos municípios espalhados pelo Nordeste (87,6%) e Sudeste (71,1%) do País.

Segundo as informações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE sobre os totais pluviométricos de maio a junho em 2001, os índices registrados estiveram abaixo das médias históricas do período para o litoral, zona da mata e agreste (IBGE, 2005).

Os desmatamentos e as queimadas causam danos à biodiversidade (destruição da vegetação, de habitats, morte de animais, extinção local de espécies), ao solo (perda de matéria orgânica, exposição do solo à erosão), contribuem para o efeito estufa (liberam grandes quantidades de CO₂ para a atmosfera) e, também são um grave problema de saúde pública.

Segundo dados do IBGE (2005), nas duas últimas décadas, acordos e metas fixadas em torno do desenvolvimento sustentável sinalizam para a implementação de mecanismos de gestão pública e privada que controlem os impactos negativos do crescimento econômico sobre o meio ambiente e as sociedades.

As alterações ambientais que tenham afetado as condições de vida da população mais observadas pelos gestores ambientais municipais são desmatamento, esgoto à céu aberto e queimadas, respectivamente. Observa-se ainda que entre os municípios com até 100 000 habitantes, as alterações ambientais mais apontadas foram o desmatamento (44% dos municípios que informaram alteração ambiental que tenha afetado as condições de vida humana), a presença de esgoto a céu aberto (44%) e as queimadas (41%). Cabe ressaltar que os seis municípios estudados apresentam um tamanho da população enquadrada na classe de 20.001 a 100.000 habitantes (IBGE, 2005).

A constituição de Conselhos Municipais de Meio Ambiente (CMMA), 34% no total, deve ser compreendida em circunstâncias diferenciadas. Do conjunto de municípios pertencentes à faixa de população até 20.000 habitantes, em sua maioria de atividade predominantemente rural, apenas 27% dispõem de CMMA.

O conjunto de municípios mais populosos (pertencentes às faixas de população de mais de 100.000 habitantes) tende a dispor de Conselhos de Meio Ambiente ativos (60%), mas também apresentam percentual mais significativo de conselhos inativos (18%). As Associações ambientalistas e instituições de ensino e pesquisa estão presentes em apenas 36% dos Conselhos existentes, indicando provavelmente uma baixa representação ambiental nos municípios.

Em relação aos municípios que possuem Agenda 21 como instrumento de formulação e implementação de políticas públicas, a pesquisa do IBGE investigou quanto a existência, e qual o estágio que se encontra a Agenda 21, passando pelas fases intermediárias de definição do diagnóstico e da elaboração do Plano de Desenvolvimento Sustentável.

De acordo com a Pesquisa de Informações Básicas Municipais, 1.652 municípios brasileiros (29,7% do total) já iniciaram o processo de Agenda 21; 59,9% não iniciaram, e 10,4% não sabem o que é Agenda 21. No recorte regional, destaca-se o Nordeste com 63,8% dos municípios com Agenda 21, marca bem acima das demais regiões: Sudeste (15,8%), Norte (14,5%), Centro-Oeste (11,4%) e Sul (10,7%).

Segundo IBGE (2005), a grande presença da Agenda 21 no Nordeste está possivelmente associada à ação do Banco do Nordeste - BNB, que no ano de 1999 lançou o Programa Farol do Desenvolvimento, com o objetivo de aproximar o Banco das comunidades por meio dos agentes de desenvolvimento, que difundiram os conceitos de desenvolvimento sustentável e estimularam os municípios da região a iniciarem o processo de construção de suas Agendas 21 Locais.

O quadro atual revela fragilidades e situações de desenvolvimento desigual que requerem estratégias de expansão do processo a todos os municípios, de consolidação das estruturas já implantadas e de adequação dos recursos organizacionais e institucionais às agendas governamentais (ibid).

O perfil dos municípios brasileiros divulga as informações da Pesquisa de Informações Básicas Municipais, realizada junto às prefeituras dos 5.560 municípios brasileiros, relativamente ao tema meio ambiente. Os dados do IBGE permitem traçar um perfil dos municípios brasileiros concernente à gestão e ao estado do meio ambiente local, oferecendo subsídios à formulação de políticas públicas voltadas à mitigação e adaptação à mudança do clima, e a um novo padrão de desenvolvimento sustentável.

Em se tratando das atividades econômicas, pode-se observar na Tabela 8, que a agropecuária baiana é marcada por uma forte concentração nas produções da agricultura e pecuária. Cabe ressaltar uma tendência à manutenção desse quadro nos próximos anos, creditada à expansão das novas fronteiras agrícolas na região Oeste da Bahia, principalmente devido a expansão da soja.

DISCRIMINAÇÃO (%)	1996	2006*
Agricultura	67.4	60.3
Pecuária	25.2	31.2
Silvicultura e Extração		
Vegetal	0.6	0.5
Granja	1.7	3.3
Outros	5.0	4.7
TOTAL	100.0	100.0

Tabela 8 – Estrutura do Setor Agropecuário do Estado da Bahia para os anos de 1996 e 2006. Fonte: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia – SEI.

Com base nos dados da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), pode-se dizer que na estrutura do setor agropecuário para os anos de 1996 e 2006, a agricultura foi a atividade que mais se destacou, entretanto houve uma redução de 7% do ano de 1996 à 2006.

Em 2006, praticamente todos os grãos apresentaram resultados altamente negativos. As maiores perdas foram registradas nas safras de milho (-30,3%), feijão (-22,7%) e soja (-17,1%). Estas lavouras ocupam boa parte da área plantada do estado, chegando a 802 mil hectares plantados de milho, 789 mil hectares plantados de feijão e 870 mil hectares plantados de soja. A queda de produção destas culturas tem efeitos negativos sobre o produtor rural, já que os dois primeiros são representativos da agricultura familiar no estado e o último uma das principais commodities do mercado.

Segundo a SEI, a produção da agricultura baiana praticamente permaneceu no mesmo patamar registrado em 2005, com leve incremento de 2%. Entre os principais motivos das dificuldades que acometeram a agricultura baiana em 2006 devem ser destacados, a presença de uma conjuntura de câmbio desfavorável, os preços dos produtos no mercado internacional, as más condições climáticas, as dificuldades de infra-estrutura (estocagem) e débitos financeiros (safras anteriores) que descapitalizaram os agricultores baianos.

Como se pode observar na Figura 24, para os municípios estudados, dentre as atividades agropecuárias e de extração vegetal, a atividade agrícola é predominante.

Municípios	Atividade	Total		Custeio		Investimento		Comercialização	
		Número de empreendimentos	Valor (R\$1.00)	Número de empreendimentos	Valor (R\$1.00)	Número de empreendimentos	Valor (R\$1.00)	Número de empreendimentos	Valor (R\$1.00)
Estado da Bahia		204.358	500.684.407.86	27.934	113.130.259.66	176.285	378.628.982.92	139	8.925.165.28
	Agrícola	37.642	183.928.420.30	23.311	90.352.630.08	14.202	85.029.833.34	129	8.545.956.88
	Pecuária	166.716	316.755.987.56	4.623	22.777.629.58	162.083	293.599.149.58	10	379.208.40
Barra	Agrícola	419	350.369.00	113	101.880.00	306	248.489.00	-	-
Bom Jesus da Lapa	Agrícola	1877	3.481.456.55	1821	2.205.991.26	56	1.275.465.29	-	-
Irecê	Agrícola	113	476.259.53	46	155.199.13	67	321.060.40	-	-
Itaberaba	Agrícola	155	491.957.95	144	457.399.95	11	34.558.00	-	-
Jacobina	Agrícola	28	39.191.93	24	29.006.93	4	10.185.00	-	-
Senhor do Bonfim	Agrícola	20	19.688.25	5	3.708.00	15	15.980.25	-	-

Figura 24 – Aspectos das atividades agropecuárias e extração vegetal: créditos e assistência rural por município, Bahia, 1998. Fonte: SEI. Adaptado pela autora.

A figura a seguir apresenta a área plantada e colhida, rendimento médio e valor da cultura do feijão, da mandioca e do milho, segundo os seis municípios selecionados para o estudo.

Feijão (Em Grão)					
Estado da Bahia	606.671	439.777	221.125	502	184.505
Barra	426	146	44	301	21
Bom Jesus da Lapa	4.509	4.509	939	208	826
Irecê	3.070	163	10	61	12
Itaberaba	500	356	530	1.488	169
Jacobina	5.148	2.968	101	34	53
Senhor do Bonfim	540	540	84	155	26
Mandioca					
Municípios	Área plantada (ha)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)	Valor (Mil Reais)
Estado da Bahia	259.941	249.018	2.884.443	11.583	368.097
Barra	160	90	900	10.000	108
Bom Jesus da Lapa	1.200	1.200	9.600	8.000	2.208
Itaberaba	450	450	5.400	12.000	837
Jacobina	1.900	1.900	15.200	8.000	3.040
Senhor do Bonfim	190	190	2.280	12.000	296
Milho (Em Grão)					
Municípios	Área plantada (ha)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)	Valor (Mil Reais)
Estado da Bahia	522.780	418.050	633.343	1.514	96.536
Barra	257	107	23	214	2
Bom Jesus da Lapa	8.815	8.815	1.378	156	275
Irecê	1.400	100	30	300	5
Itaberaba	315	239	419	1.753	46
Jacobina	1.273	91	129	1.417	16
Senhor do Bonfim	60	60	7	116	1

Figura 25 - Área plantada e colhida, rendimento médio e valor da cultura do feijão, da mandioca e do milho, segundo os municípios da Bahia – 1998. Fonte: PAM / IBGE apud SEI, adaptada pela autora.

Segundo dados de indicadores agropecuários 1996-2003 do IBGE, o indicador agrícola: “Índices de Perdas Agrícolas” avalia os índices de perdas do plantio à pré-colheita dos principais grãos cultivados no país das lavouras de arroz, feijão, milho, soja e trigo do País. O modelo de cálculo foi concebido com base nos resultados da pesquisa Produção Agrícola Municipal, executada pelo IBGE em todos os municípios brasileiros, desde 1973, e que, somente a partir de 1988, com a introdução da variável área plantada, propiciou elementos para a elaboração de estatísticas derivadas referentes a perdas agrícolas.

O estudo fornece informações das safras agrícolas mais recentes (1996 a 2002), tendo em vista os expressivos incrementos na produção de grãos do País, a partir da metade da década de 1990. As perdas do plantio à pré-colheita são as que ocorrem desde a semeadura até o momento imediato que antecede ao início da colheita do produto. Podem ser provocadas por adversidades abióticas, bióticas e por questões de ordem econômica. As adversidades abióticas são principalmente de ordem climática.

Conforme a intensidade e a amplitude de ocorrência, os eventos climáticos adversos podem destruir lavouras inteiras, atrasar a colheita, acarretando a deiscência dos frutos e a queda das sementes e, ainda, a germinação das mesmas no próprio fruto. As adversidades bióticas dizem respeito principalmente à incidência de doenças e pragas nas lavouras. Entre outros fatores de ordem econômica que podem determinar perdas nas lavouras, destaca-se o aviltamento dos preços dos produtos no momento da colheita, que, em muitos casos, pode levar o produtor a destruir sua lavoura.

A figura 26 apresenta a produção potencial e realizada, e as perdas na cultura de feijão no Brasil e para o estado da Bahia.

Ano	Produção		Perdas até a pré-colheita	
	Potencial (t)	Realizada (t)	Total (t)	Índice (%)
Brasil				
1996	2 758 769	2 449 396	309 373	11,21
1997	3 073 663	2 840 243	233 420	7,59
1998	2 634 598	2 191 153	443 445	16,83
1999	3 241 496	2 830 915	410 581	12,67
2000	3 208 625	3 061 964	146 661	4,57
2001	2 794 882	2 453 419	341 463	12,22
2002	3 273 211	3 064 228	208 983	6,38
Bahia				
1996	385 274	321 662	63 612	16,51
1997	513 641	472 929	40 712	7,93
1998	301 622	221 125	80 497	26,69
1999	450 745	348 873	101 872	22,60
2000	563 974	540 125	23 849	4,23
2001	376 015	246 434	129 581	34,46
2002	457 786	374 939	82 847	18,10

Figura 26 – Produção potencial e realizada, e perdas até a pré-colheita, da safra de feijão, no Brasil e no estado da Bahia – 1996 a 2002. Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 1996-2002. Adaptado pela autora.

A autora procurou relacionar as possíveis perdas nos anos de ocorrência de eventos climáticos extremos para as culturas de feijão e milho, culturas da base alimentar da população do semi-árido brasileiro.

Avaliando as perdas no ano de 1998, ano de ocorrência de seca severa no semi-árido nordestino, observa-se uma maior perda na produção realizada nas culturas de feijão e milho para o estado da Bahia, em relação demais anos referidos (Figuras 26 e 27).

Ano	Produção		Perdas até a pré-colheita	
	Potencial (t)	Realizada (t)	Total (t)	Índice (%)
Brasil				
1996	31 648 997	29 589 791	2 059 206	6,51
1997	34 673 829	32 948 044	1 725 785	4,98
1998	31 068 846	29 601 753	1 467 093	4,72
1999	34 232 147	32 239 479	1 992 668	5,82
2000	36 399 908	32 314 250	4 085 658	11,22
2001	43 105 634	41 955 265	1 150 369	2,67
2002	38 552 393	35 932 962	2 619 431	6,79
Bahia				
1996	827 240	740 214	87 026	10,52
1997	1 129 740	1 066 778	62 962	5,57
1998	743 165	633 343	109 822	14,78
1999	974 083	895 224	78 859	8,10
2000	1 344 814	1 321 569	23 245	1,73
2001	1 347 814	992 852	354 962	26,34
2002	985 936	849 743	136 193	13,81

Figura 27 – Produção potencial e realizada e perdas, até a pré-colheita, da safra de milho, no Brasil e no estado da Bahia – 1996 a 2002. Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 1996-2002. Adaptado pela autora.

Vale ressaltar que ainda no ano de 2007 ocorreu um aumento no preço do feijão que deve ser atribuído às perdas devido às secas e estiagens. De acordo com o Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE), o preço do feijão subiu em todas as capitais pesquisadas pelo órgão no mês de outubro de 2007. Este aumento deverá impactar a população do semi-árido baiano, que possui o feijão como item principal da cesta básica alimentar.

Com base nos dados do IBGE, IPEA e SEI, no item 6.2 será realizada uma avaliação sobre as vulnerabilidades socioambientais e econômicas, e os possíveis impactos na agricultura do semi-árido baiano, relacionados aos eventos extremos, como a seca de 1993, e

às mudanças climáticas estimadas com base nas projeções do IPCC e do INPE, descritas no capítulo 4.

6.2 VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS E ECONÔMICAS

Conforme dados do Censo de 2000, 69% da população do semi-árido era pobre, embora nove anos antes a situação fosse ainda pior (81% eram classificados como pobres). Do mesmo modo, a despeito do patamar alarmante, a indigência também caiu, passando de 54% para 43% de 1991 a 2000 (SEI, 2006).

Nesse cenário de economia excessivamente dependente das aposentadorias, pensões e empregos públicos disponíveis, parte da população dedica-se à agricultura familiar para autoconsumo, mesclando-a com a busca por trabalho e renda fora do ambiente doméstico, em condições normalmente precárias. É o que se poderia definir como *novo mundo rural atrasado*, conforme COUTO FILHO (1999 apud SOUZA; PEDREIRA, 2002).

Embora essa situação esteja presente em boa parte do semi-árido, há locais em que viceja uma atividade econômica mais intensa, nos moldes de uma agricultura empresarial e, em muitos casos, ligada a agricultura familiar. São exemplos: o cultivo do abacaxi em Itaberaba, hoje já exportado, mas com maior volume da produção sendo consumido nos mercados próximos; e o plantio de feijão na região de Irecê, que atende os mercados locais e regionais (PAMPONET, 2007).

Alcoforado (2003) se refere ao semi-árido como possuindo uma agricultura com baixa produtividade, há poucas unidades industriais, e os setores de comércio e serviços são pouco dinâmicos em relação às demais regiões do estado. Isto reforça a questão da baixa diversificação econômica, devido aos municípios estudados apresentar sua base de produção basicamente agrícola, estando susceptíveis às condições climáticas e ambientais.

A ausência, escassez, irregularidade e má distribuição das precipitações pluviométricas na estação chuvosa, juntamente com a intensa evaporação durante o período de estiagem e o elevado escoamento superficial das águas, conjugam-se para conformar uma acentuada deficiência hídrica. O acesso à água em quantidade, qualidade e regularidade pela população rural constitui um importante fator limitante da sustentabilidade da vida no semi-árido (MI, 2005).

Os problemas sociais desta região, entretanto, não decorrem automaticamente de suas condições ambientais, mas principalmente de fatores de ordem socioeconômica e política, como a concentração fundiária e a histórica desigualdade econômica e social.

Com base nos dados socioeconômicos e ambientais apresentados no item 6.1.1.2. deste capítulo, foram selecionados quatro indicadores para avaliação de vulnerabilidades: Índice de Aridez (IA), calculado a partir do Déficit Hídrico (DEF) e da Evapotranspiração Potencial (ETP), sendo $IA = DEF / ETP$; Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M); Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) e o PIB Setor Agropecuária – ($PIB_{Agropec.}$), para montagem do Indicador de Vulnerabilidade Socioambiental, a partir da seguinte fórmula:

$$IVSA = (IA \times PIB \text{ Agropec.}) / (IDH-M \times IDEB)$$

O Índice de Aridez foi calculado a partir de dados das Normais Climatológicas (média de 1961 a 1990) (tabela 2). Para a seleção dos indicadores, considerou-se que quanto maior o Índice de Aridez de um município maior será a sua vulnerabilidade socioambiental. Assim como, quanto maior a dependência agrícola de um município, maior será a sua vulnerabilidade, desta forma, o PIB Setor Agropecuária foi escolhido como um indicador para avaliação da dependência econômica de um município à atividade agropecuária. Os anos de 2002 a 2005 foram selecionados para avaliação deste indicador (tabela 5).

Segundo o IBGE, a agropecuária aparece na pesquisa PIB dos Municípios 2005 como o setor com melhor distribuição do PIB entre os municípios brasileiros. Conforme comentado anteriormente, com o prosseguimento das mudanças climáticas, e de acordo com o IPCC

(2007), impactos poderão surgir em atividades agrícolas, devido a redução da disponibilidade hídrica, ao aumento da temperatura, com conseqüente aumento da evapotranspiração potencial.

Para os municípios que possuem uma alta dependência econômica da atividade agropecuária, impactos socioeconômicos poderão surgir e ser intensificados pelas alterações de clima, o que poderá os tornar mais vulneráveis e afetar a qualidade de vida da população do semi-árido.

O conceito de Desenvolvimento Humano é a base do Relatório de Desenvolvimento Humano (RDH), publicado anualmente, e também do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Ele parte do pressuposto de que para aferir o avanço de uma população não se deve considerar apenas a dimensão econômica, mas também outras características sociais, culturais e políticas que influenciam a qualidade da vida humana.

O objetivo da elaboração do Índice de Desenvolvimento Humano é oferecer um contraponto a outro indicador muito utilizado, o Produto Interno Bruto (PIB) per capita, que considera apenas a dimensão econômica do desenvolvimento. Para o indicador IDH-M foram utilizados dados dos anos de 1991 e 2001 (tabela 6).

Segundo o PNUD, além de computar o PIB per capita, depois de corrigi-lo pelo poder de compra da moeda de cada país, o IDH também considera dois outros componentes: a longevidade e a educação. Para aferir a longevidade, o indicador utiliza números de expectativa de vida ao nascer. O item educação é avaliado pelo índice de analfabetismo e pela taxa de matrícula em todos os níveis de ensino. A renda é mensurada pelo PIB per capita, em dólar PPC (paridade do poder de compra, que elimina as diferenças de custo de vida entre os países). Essas três dimensões têm a mesma importância no índice, que varia de zero a um.

Desta forma optou-se por incluir o IDEB como um indicador da qualidade do ensino oferecido nos municípios. O IDEB foi calculado a partir de dados dos anos de 2005 e 2007 (tabela 7).

Devido à dificuldade de dados dos indicadores para os mesmos anos, foi feita uma média dos dados disponíveis na busca de uma aproximação da real situação de cada município estudado. A Tabela 9 apresenta os indicadores de vulnerabilidade para os seis municípios estudados no semi-árido da Bahia. Como resultado, foi construído um Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) para cada município.

ÍNDICES DE VULNERABILIDADE					
Municípios	Índice de Aridez (IA)	IDH-M	IDEB	PIB Setor Agropecuária	IVSA (índice de vulnerabilidade socioambiental)
Barra	0,57	0,536	0,853	0,100	0,12
Bom Jesus da Lapa	0,42	0,606	0,882	0,260	0,20
Irecê	0,43	0,631	1,000	0,040	0,03
Itaberaba	0,42	0,583	0,882	0,120	0,10
Jacobina	0,30	0,596	0,853	0,100	0,06
Senhor do Bonfim	0,29	0,626	0,794	0,033	0,02

Tabela 9 – Indicadores de vulnerabilidades para os seis municípios estudados.

De acordo com o resultado do cálculo do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental, pode-se concluir que o município de Bom Jesus da Lapa é o município mais vulnerável em relação aos demais municípios estudados, ocupando a primeira posição, com um IVSA igual a 0,20.

O município de Barra foi o segundo município mais vulnerável, com um IVSA de 0,12; Itaberaba aparece como o terceiro mais vulnerável, com IVSA de 0,10, seguido do município de Jacobina, ocupando a quarta posição, com o IVSA de 0,06. Os municípios de Irecê e Senhor do Bonfim aparecem em quinto e sexto lugar, com IVSA de 0,03 e 0,02 respectivamente.

6.2.1 Possíveis impactos na agricultura do semi-árido baiano

As conclusões do IPCC 2007 afirmam que o aumento do aquecimento global ampliará a ocorrência de estiagens e de enchentes, elevará o nível do mar, levará à extinção milhares de espécies animais e vegetais, e aumentará a subnutrição e as doenças entre os seres humanos. No nordeste brasileiro, as temperaturas irão de elevar, podendo passar de uma região semi-árida para árida e comprometendo a recarga dos lençóis freáticos.

Com o prosseguimento das mudanças climáticas esperadas para o nordeste brasileiro supõe-se que maiores serão as dificuldades na agricultura do semi-árido baiano, bem como muitos deverão ser os impactos socioeconômicos na região. Contudo os potenciais impactos das mudanças climáticas globais sobre o Brasil ainda são relativamente pouco conhecido, e a necessidade do conhecimento das vulnerabilidades existentes deverá ser tornar prioritária.

Segundo IPCC (2007), a tendência de eventos climáticos mais intensos, decorrentes do aquecimento global, pode colocar em sério risco a agricultura e a segurança alimentar na América Latina, o que torna urgente o planejamento nacional e regional em torno de medidas de adaptação, ao lado da necessária mitigação.

Em relação à produtividade agrícola, o Grupo II do IPCC informa que a tendência é de ligeiro aumento na produtividade das colheitas nas latitudes médias a altas, com uma elevação local da temperatura entre 1° C e 3° C, dependendo da colheita. Nas latitudes mais baixas, e em particular nas zonas secas e tropicais, a produtividade de algumas colheitas pode declinar mesmo com aumentos médios de temperatura entre 1° C e 2° C.

Estima-se que, se a taxa atual de aumento de gases de efeito estufa continuar pelo próximo século no Planeta, as temperaturas médias globais subirão 0,2°C por década, com uma incerteza de 0,2°C a 0,5°C por década (COTTON & PIELKE, 1995 apud LIMA, 2002).

Para o IPCC (2007) é muito provável que a temperatura média global se eleve em torno de 2,0°C a 4,0°C até o ano de 2100.

Para o ano 2050, o aquecimento global seria estimado em 1.5°C (European Commission, 1997), e no ano de 2100, estaria compreendido na faixa de 1,0 a 3,5°C. Ainda que existam incertezas sobre a dimensão desse fenômeno, para as quais ainda deverão ser dirigidos muitos estudos com modelos climáticos e análise de dados, existem cada vez mais evidências sobre a influência das emissões de gases de efeito estufa por atividades antrópicas, sobre o clima global.

A contribuição total da agricultura mundial para as mudanças climáticas, incluindo desmatamento para plantações e outros usos, é estimado em algo entre 8,5 bilhões e 16,5 bilhões de toneladas de dióxido de carbono, ou entre 17% e 32% de todas as emissões de gases do efeito estufa provocadas pelo ser humano (GREENPEACE, 2008).

A agricultura é a atividade pela qual os seres humanos obtêm seus alimentos e sobrevivem na terra. Tanto nos países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento, a influência do clima sobre colheitas e pecuária persiste apesar de mecanismos como a irrigação, melhoramento de plantas e o aumento da utilização de fertilizantes químicos.

Avaliar os possíveis impactos da mudança climática sobre as atividades humanas e recursos naturais e, particularmente, sobre a agricultura do semi-árido brasileiro, região conhecida por suas vulnerabilidades climáticas e socioambientais faz-se necessário.

Da mesma forma que as mudanças climáticas impactam na agricultura, a produção agrícola também contribui para as emissões antrópicas de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e óxido nitroso (N₂O), importantes gases de efeito estufa. Estima-se que 20% do aumento do poder radioativo global é atribuído ao setor agrícola (IPCC, 1996a).

A agricultura é uma atividade altamente dependente de fatores climáticos, tais como temperatura, pluviosidade, umidade do solo e radiação solar. Os principais efeitos das alterações desses fatores sobre a agricultura certamente incidiriam na produtividade e no

manejo das culturas, como irrigação, controle de pragas e doenças, etc., bem como nos sistemas sociais e econômicos (LIMA, 2002).

A disponibilidade hídrica do solo é influenciada pelas condições térmicas e pela distribuição espaço-temporal das precipitações, influenciando os processos de evapotranspiração e absorção dos nutrientes e, conseqüentemente, a produtividade das plantas. O balanço hídrico pode ser entendido como a contabilização dos ganhos e perdas de água, em determinado volume de solo. Os ganhos são constituídos, basicamente, pela precipitação pluvial, enquanto as perdas ocorrem por evapotranspiração, percolação profunda e escoamentos superficial e subsuperficial de saída (SOUZA et al., 2006)

Siqueira et al. (1994) apresentam projeções sobre os efeitos potenciais da mudança climática global na agricultura brasileira, tomando como referência 13 diferentes locais do País e as culturas de trigo, milho e soja. Segundo os autores, o impacto na produção de grãos seria relativamente grande, de forma a serem previstas reduções na produção de trigo e de milho. Segundo as projeções, a Região Nordeste seria especialmente vulnerável aos decréscimos de produções de milho e as Regiões Central e Centro- Sul às reduções na produção de trigo. A Região Sul seria vulnerável às reduções de trigo e de milho e a Região Norte às reduções de milho.

Mendelsohn (1996), usando vários cenários climáticos e projeções a partir de um modelo de circulação global (GCM), estima que o impacto da mudança do clima global na economia brasileira seria significativo, com grandes danos nos setores de agricultura, florestas e energia.

Para Marengo, alguns modelos climáticos já projetam um processo de aridização para o futuro, com a possível transformação de partes do sertão nordestino em semi-deserto. Com relação aos impactos na agricultura, o principal impacto seria na agricultura de subsistência, que é em sua maioria, do tipo de sequeiro. As altas temperaturas e menores índices pluviométricos, acompanhados de um ar mais seco, podem favorecer uma alta taxa de evaporação, o que basicamente tira a água armazenada do solo, gerando maior déficit hídrico e seca.

Alguns modelos climáticos projetam para o futuro um processo de aridização, em que a vegetação nativa caatinga pode ser substituída por cactáceas, e o ecossistema atual de semi-árido pode virar semi-deserto ou ainda deserto, na área que atualmente corresponde ao sertão.

Para amenizar os efeitos das mudanças do clima no semi-árido brasileiro, o monitoramento climático de longo prazo, quando feito durante longos períodos de tempo sem interrupção, permite uma melhor identificação do clima e hidrologia, neste caso no semi-árido. É possível identificar impactos da variabilidade do clima e estudar os seus impactos na agricultura e população e avaliar os impactos econômicos.

Com este conhecimento advindo do monitoramento, é possível quantificar os impactos dos extremos de clima gerados pelos modelos climáticos para o futuro até final do Século XXI. Por outro lado, o monitoramento de curto prazo pode ajudar a avaliar os efeitos da variabilidade climática, mas não as mudanças de clima.

As mudanças projetadas pelo AR4 (quarto relatório do IPCC) apresentam como novidade a possibilidade de maior frequência de eventos extremos de clima, entre eles as frequências de dias secos consecutivos ou veranicos, que podem atingir o Nordeste, sugerindo impactos na agricultura e população. Tanto este relatório como o terceiro relatório liberado em 2001, mostram reduções de chuva no Nordeste.

As estiagens e secas prolongadas têm ocasionado perdas nas culturas agrícolas, e sendo a agricultura a principal atividade econômica dos municípios estudados, é possível de se estimar os impactos nestas populações. O aumento da temperatura, bem como a evapotranspiração ocasiona um maior déficit hídrico na região, dificultando a produção agrícola de sequeiro.

Políticas de adaptação e mitigação aos efeitos da seca são de extrema prioridade para o semi-árido baiano. Com o prosseguimento do aquecimento global muitos deverão ser os impactos nesta região, como escassez de água, perdas nas produções agrícolas, escassez de

alimento, maior incidência de doenças, principalmente doenças de veiculação hídrica, migração de populações (refugiados ambientais), dentre outros.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitos são os efeitos do aquecimento global: secas, inundações, desertificação de algumas áreas, a redução da produção agrícola, aumento do nível dos oceanos, perda de biodiversidade, invernos e verões mais rigorosos, mudanças nos padrões de chuvas e muitos outros previstos pelos cientistas do IPCC. Os países em desenvolvimento são os mais vulneráveis à mudança do clima, em função de terem historicamente menor capacidade de adaptação à variabilidade natural do clima.

As projeções do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), consideradas como uma aproximação das características dos climas futuros no Brasil, indicam que para o Nordeste Brasileiro deverá ocorrer redução de chuvas como consequência do aquecimento global, e as temperaturas médias poderão chegar a 4°C no cenário pessimista, e de 2 a 3°C no cenário mais otimista. Cenários climáticos prevêem que a temperatura aumente, com consequente aumento da evaporação, que a vegetação do semi-árido, a caatinga, ficará mais pobre e a agricultura será ainda mais difícil.

Entre os possíveis impactos na agricultura do semi-árido, a agricultura de subsistência seria a mais afetada, que é em sua maioria, do tipo de sequeiro. As altas temperaturas e os reduzidos índices pluviométricos, acompanhados de um ar mais seco, podem favorecer uma alta taxa de evaporação, gerando um déficit hídrico. Alguns modelos climáticos projetam para o futuro um processo de aridização, e o sertão do semi-árido poderá se transformar em semi-deserto ou ainda deserto.

Como pressuposto adotado neste trabalho, considera-se que as mudanças climáticas que podem ser hoje observadas, tendem a aumentar a temperatura e, conseqüentemente, a

evaporação, com provável redução da disponibilidade hídrica (déficit hídrico), impactando na agricultura e, provavelmente, na qualidade de vida da população do semi-árido baiano.

Sendo o semi-árido da Bahia uma região conhecida por suas fragilidades climáticas e socioambientais, e por concentrar um grande potencial agro-econômico do estado, necessita de pesquisas que identifiquem as vulnerabilidades e os possíveis impactos socioambientais ocorrentes nesta região.

Diante das mudanças climáticas projetadas para a região, espera-se que, com o conhecimento das vulnerabilidades existentes, seja possível a elaboração medidas de adaptação à mudança do clima.

As secas são fenômenos naturais freqüentes nas áreas de clima semi-árido do Nordeste Brasileiro, trazendo geralmente graves conseqüências para as populações envolvidas. As secas prolongadas e a desertificação ocasionam mudanças do regime hidrológico, perdas na agricultura, ameaça à biodiversidade e gera impactos sociais, econômicos e ambientais no semi-árido, região conhecida por suas vulnerabilidades climáticas. A questão é saber se as mudanças climáticas agravam este quadro.

A pesquisa foi realizada em seis municípios do semi-árido baiano: Barra, Bom Jesus da Lapa, Irecê, Itaberaba, Jacobina e Senhor do Bonfim, escolhidos por apresentarem uma tipologia climática variando de clima subúmido a seco, e semi-árido, e por possuírem dados referentes às normais climatológicas de 1961 a 1990.

Inicialmente foram selecionados alguns indicadores climatológicos e socioeconômicos, objetivando identificar vulnerabilidades socioambientais existentes. De acordo com a pesquisa, observou-se que os municípios estudados apresentam um Déficit Hídrico elevado.

O percentual de pessoas pobres, segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), variou de 52,05 a 79,29% no ano de 2000. O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) variou de 2,6 a 3,4 nos anos de 2005 e 2007, demonstrando estar

abaixo da média brasileira. Estes indicadores são importantes para identificação de vulnerabilidades sociais.

Segundo o IBGE, a escassez de água foi a principal restrição ambiental observada nos municípios brasileiros, que impactou na agropecuária no período de 2001 a 2003, e entre as alterações ambientais que tenham afetado as condições de vida da população, o desmatamento foi a mais observada pelos gestores ambientais.

Do ponto de vista do uso dos recursos hídricos, o acesso à água é de vital importância para as comunidades, tanto para o abastecimento como para a irrigação, sendo fundamental para a qualidade de vida da população do semi-árido baiano.

A atividade agrícola é a que mais se destaca entre as atividades econômicas dos seis municípios, entretanto, segundo dados da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais (SEI), houve uma redução de 7% na produção de grãos em relação ao ano de 1996 e 2006. No ano de 2006, praticamente todos os grãos apresentaram resultados negativos, e entre os fatores, as alterações climáticas, contribuíram para esta redução.

Desse modo, verifica-se que a ocorrência de anos de secas, provoca a desestruturação da agricultura comercial de sequeiro, principalmente, da produção de feijão e milho. Com o prosseguimento do aquecimento global, eventos de secas poderão se tornar mais frequentes, evidenciando-se a necessidade de planos e programas governamentais voltados para a adaptação à mudança do clima e mitigação dos efeitos adversos da seca.

Conforme a intensidade e a amplitude de ocorrência, os eventos climáticos adversos podem destruir lavouras inteiras, impactando assim na agricultura da região de ocorrência. Avaliando as perdas no ano de 1998, ano de ocorrência de seca severa no semi-árido nordestino, observou-se uma maior perda na produção realizada nas culturas de feijão e milho para o estado da Bahia, em relação demais anos referidos.

Na busca de se avaliar os municípios quanto às vulnerabilidades socioambientais existentes, foram selecionados quatro indicadores de vulnerabilidades para construção de um

Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA): Índice de Aridez, IDEB, IDH-M e o PIB Municipal Setor Agropecuária.

Devido à dificuldade de dados para o mesmo período, para todos os indicadores de vulnerabilidades, foi realizada uma média a partir dos dados disponíveis, buscando realizar uma aproximação da real situação para cada município.

Como resultado, a partir do cálculo do IVSA foi possível identificar entre os seis municípios estudados, quais os mais vulneráveis às mudanças climáticas. O município de Bom Jesus da Lapa apresentou um maior índice de vulnerabilidade socioambiental, determinado pelo PIB setor agropecuária, indicando que este município possui uma maior dependência agrícola em relação aos demais municípios estudados.

Com o desenvolvimento deste trabalho, e com a elaboração do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental, espera-se contribuir com pesquisas futuras, e que governos possam considerar a questão das vulnerabilidades no planejamento e gestão nas esferas municipal, estadual e federal.

O conhecimento e informação sobre as vulnerabilidades existentes possibilitarão melhores ações em medidas de adaptação, que são fundamentais em áreas que possuem elevada vulnerabilidade socioambiental como o semi-árido da Bahia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. **Problemática da desertificação e da sanilização no Brasil intertropical**. Geomorfologia. São Paulo: USP/Instituto de Geografia. 1977. 19 p.

ALCOFORADO, F. **Os condicionantes do desenvolvimento do Estado da Bahia**. 2003. Tese (Doutorado em Planificación Territorial e Desarrollo Regional). Universidade de Barcelona. Disponível em: <http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UB>. Acesso em: 12 jan. 2006.

AMBRIZZI, T.; DA ROCHA, R. P.; MARENGO, J. A.; PISNITCHENKO, I.; ALVES, L. M.; FERNANDEZ, J. P. R. Cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório N°3. Ministério do Meio Ambiente. 2007. 112 p.

ARAÚJO, O.; BAÊTA da SILVA, N. M.; SANTOS, R. L. **Geoprocessamento como suporte para análise agrícola e agrária: o caso da região econômica do Paraguaçu (BA)**. Disponível em < http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc/091-SG27.pdf>. Acesso em: nov. 2007.

BARBOSA, D. V. N. **Os impactos da seca de 1993 no Semi-Árido Baiano: caso de Irecê**. Salvador: SEI, 2000. (Série estudos e pesquisa, 51). Disponível em: <www.sei.ba.gov.br/publicacoes/publicacoes_sei/bahia_analise/sep/pdf/sep_51/episodios_sec_a_irece.pdf>. Acesso em: jul. 2007.

BLAIKIE, P. et al. *At risk. Natural hazards, peoples vulnerability and disasters* London: **Routledge**, 1994. 284p.

BURSZTYN, Marcel. **Armadilhas do progresso: Contradições entre economia e ecologia**. In: Revista Economia e Sociedade. Brasília, jan./ jun. 1995. 97-124 p.

CARVALHO, O. **O impacto social da seca no Nordeste**. In: Conferência Nacional Latino-americana da Desertificação. Anais. Fortaleza, 1994, 23 p.

CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES DA BAHIA (CEI). **Risco de Seca na Bahia**. Salvador, 1991. 110 p. (Séries Especiais, n. 2).

CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES DA BAHIA (CEI). **Informações Básicas dos Municípios da Bahia: Região Paraguaçu**. Centro de Estatística e Informações da Bahia. Salvador, Bahia, 1994.

CONTI, J.B. **Clima e meio ambiente**. São Paulo. Editora Atual. 1998.

CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE A MUDANÇA DO CLIMA. Nações Unidas no Brasil, 1992. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br/doc_clima.php>. Acesso em: jul. de 2007.

CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO. **Formulação de uma Estratégia e Plano Nacional para o Combate à Desertificação e Efeitos da Seca.** Disponível em: <<http://desertificacao.cnrh-srh.gov.br/arquivos/Ccd.doc>>. Acesso em: jul. de 2007.

COWIE, J. *Climate Change: Biological and Human Aspects* - Jonathan Cowie, 2007.

DUARTE, L. M. G., WEHRMANN, M. *Desenvolvimento e Sustentabilidade: Desafios para o Século XXI*, Salvador: CAR, 2002.

EMBRAPA. Banco de Dados Climáticos do Brasil. Mapas de Balanços Hídricos Climatológicos para Municípios Brasileiros. Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/index.php>>. Acesso em: ago. de 2007.

EMBRAPA – Anais. II Simpósio regional de geoprocessamento e sensoriamento remoto Aracaju/SE, 10 a 12 de novembro de 2004. **Semi-árido da Bahia, limites físico ou sócio-político? Uma abordagem geotecnológica para a delimitação oficial.** Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr2/pdfs/poster15.pdf>>. Acesso em: nov. 2007.

EMBRAPA Semi-árido. Dados Agrometeorológicos da Embrapa Semi-Árido. 2007 Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/index.php?op=dadosmet>>. Acesso em nov. de 2007.

EMBRAPA. Rede Nacional de Agrometeorologia. *Precipitação média do semi-árido baiano.* Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 15 dez. 2003.

ESPARTA, A. R. J; MOREIRA, J. R. *Principais Conclusões do Terceiro Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima.* Apresentado no IX Congresso Brasileiro de Energia, 20 a 22 de maio de 2002, Rio de Janeiro- RJ, 2002.

FAO. A new framework for: Conservation-effective land management and desertification control in Latin America and the Caribbean. *Guidelines for the Preparation and Implementation of National Action Programmes.* 1998. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/W9298E/W9298E00.htm>>. Acesso em nov. 2007.

GIRALDI, C.; TEIXEIRA L. **Prognóstico do Tempo a Longo Prazo** - Relatório Técnico, 1978.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**, 3ª edição, Rio de Janeiro, 2000.

GORE Jr., A. A. **Uma verdade inconveniente - o que você precisa saber (e fazer) sobre o aquecimento global.** [tradução Isa Mara Lando] - Barueri, SP: Editora Manole, 2006. 328p.

GOUVEIA, A. P.; DOS SANTOS, R. C.; ALVALÁ, J. T. **Balanço Hídrico na Região Nordeste durante Episódio ENSO 1982- 1983.** XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002.

GREENPEACE. **Relatório Mudança do Clima, Mudanças no Campo. Impactos Climáticos da Agricultura e Potencial de Mitigação**. Sumário Executivo. 2008.

Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/raw/content/brasil/greenpeace-brasil-clima/documentos/relat-rio-mudan-as-do-clima-m.pdf>>. Acesso em: jan. 2008.

HADLEY CENTER. *Climate Change and the Greenhouse Effect – A briefing from the Hadley Center*. Governo do Reino Unido, 2005. Disponível em: <http://www.metoffice.gov.uk/research/hadleycentre/pubs/brochures/2005/climate_greenhouse.pdf>. Acesso em: 29/10/07.

HOUGHTON, J. T. *Global Warming: The Complete Briefing*, Third Edition, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de Informações Básicas Municipais. Perfil dos Municípios Brasileiros, Meio Ambiente 2002**. Rio de Janeiro, 2005.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change**, Contribution of working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge, 1996.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 1996a. **Climate change 1995. Impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific-technical analysis**. Cambridge: University Press, 1996a. 878 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Special Report Emission Scenarios. Summary for Policymakers. A Special Report of IPCC Working Group III**. 2000. Cambridge University Press, UK.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC): 2001a: **Climate Change 2001: The Scientific Basis-Contribution of Working Group I to the IPCC Third Assessment Report**. Cambridge Univ. Press. 2001.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) 2001b: **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability- Contribution of Working Group II to the IPCC Third Assessment Report**. Cambridge Univ. Press. 2001.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) 2001c. **Climate Change 2001: Mitigation – Contribution of Working Group III to the IPCC Third Assessment Report Mitigation**, Cambridge University Press, UK.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2007a: **The Physical Science Basis. Working Group I Contributions to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers, Technical Summary and Frequently Asked Questions**. 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2007b: **Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contributions to the Fourth Assessment**

Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers and Technical Summary. 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2007c: **Mitigation of Climate Change**. Working Group III Contributions to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers and Technical Summary. 2007.

KANE, R. P. **Limited effectiveness of El Niños in causing droughts in ne Brazil and the prominent role of Atlantic parameters**. *Rev. Bras. Geof.*, Aug 2001, vol.19, no.2, p.231-236. ISSN 0102-261X

KANE, R. P., 1992. **El Nino and La Nina events and rainfall in NE and south Brazil**. *Rev. Brasileira Geof.* **10(2)**: 49-59.

KOUSKY, V. E.; CHU, P.S. **Flutuations in annual rainfall for Northeast Brazil**. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1978. 56, 457- 465 p.

KROL, M. S.; Jaeger, A.; BRONSTERT, A.; KRYWKOW, J. **The Semi-Arid Integrated Model (SIM), a Regional Integrated Model Assessing Water Availability, Vulnerability of Ecosystems and Society in NE-Brazil**. *Phys. Chem. Earth (B)*. Vol. 26, No. 7-8, pp. 529-533, 2001.

LEGGETT, J. **Aquecimento global: o relatório do Greenpeace**. Editor responsável: Jeremy Leggett; tradutores Alexandre Lissovsky et al. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1992.

LIMA, M. A de. **Agropecuária Brasileira e as Mudanças Climáticas Globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios**. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v.19, n. 3, p.451-472, set./dez. 2002

LOBÃO, J. S. B. et al. **Semi-Árido da Bahia: A Delimitação da SUDENE**. In: II Feira do Semi-Árido. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2004, Feira de Santana BA: UEFS, 2004.

LOPES, I. V. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL: Guia de Orientação**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002.

MAGALHÃES, A. R., e M. H. GLANTZ, 1992: **Socioeconomic impacts of climate variations and policy responses in Brazil**, United Nations Environment Program (UNEP), Secretariat for Planning and Coordination State of Ceara (SEPLAN), Esquel Brasil Foundation, 155 pp.

MAGALHÃES, A. R. **Projeto ÁRIDAS**. Brasília, Resumo executivo, 1994.

MANZONI, M. **Critérios de Sustentabilidade para projetos de MDL no Brasil**. 2004.

MARENGO J, A. 2007: **Caracterização do clima no Século XX e Cenários Climáticos no Brasil e na América do Sul para o Século XXI** derivados dos Modelos Globais de Clima do

IPCC, **Relatório 1**, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-MMA, SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS – SBF, DIRETORIA DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, Fevereiro 2007.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SALATI, E.; AMBRIZZI, T. Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. **Sumário Técnico**. 2007. 54p.

MARENGO, J. A., Alves, L., VALVERDE, M., Rocha, R., LABORBE, R., 2007: Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. **Relatório 5**, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS – SBF, DIRETORIA DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, Fevereiro 2007.

MARENGO, J. **Alerta Ambiental: Semi-árido pode virar deserto**. Boletim NAE – Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. 25/03/2007. Disponível em: <http://www.nae.gov.br/doc/sala_de_imprensa/boletim_digital_25_03_07.pdf>. Acesso em out. de 2007.

MARENGO, J. A. Boletim do Projeto: **Uso de Cenários de Mudanças Climáticas Regionais em Estudos de Vulnerabilidade e Adaptação no Brasil e na América do Sul (GOF-UK-CPTEC)**. CPTEC, NewsLetter Ano 2 - #4 - Abril de 2007.

MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; ALVES, L.; NOBRE, C.; PISNITCHENKO, I. Atlas de Cenários Climáticos Futuros para o Brasil. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. INPE. 2007

MAY, Peter; BOYD, Emily; Chang, MANYU; VEIGA NETO, Fernando C. ***Incorporating sustainable development into carbon forest projects in Brazil and Bolivia***. Estudos Sociedade e Agricultura, 2005, vol.1, n. se, ISSN 1413-0580.

MELO FILHO, J. F. de; SOUZA, A. L. V. **O manejo e a conservação do solo no Semi-árido baiano: desafios para a sustentabilidade**. Bahia Agríc., v.7, n.3, nov. 2006. Disponível em:< http://www.seagri.ba.gov.br/pdf/socioeconomia04_v7n3.pdf>. Acesso em jul. 2007.

MENDELSON, R.; NORDHAUS, W.; SHAW, D. ***Climate Impacts on Aggregate Farm Values: Accounting for Adaptation***", J. Agricultural & Forest Meteorology, 1996. 80, 55-67p.

MENDELSON, R. **Estimating the market impacts of global warming in Brazil**. In: CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL METRICS IN BRAZIL, 1996, São Paulo, SP. **Abstracts...** São Paulo: IME-USP, 1996. p. 63.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 82 p.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. **Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. – Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo**. Última compilação do site da CQNUMC: 23 de janeiro de 2008. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0023/23010.pdf>.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). Fundação Joaquim Nabuco. **Caracterização do Semi-árido Brasileiro**, 2007. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br/noticia/servlet/newstorm.ns.presentation>>. Acesso em: ago. 2007.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL (MI). **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro**. Brasília, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Avaliações e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da CAATINGA**. Brasília, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca: PAN-Brasil**. Brasília, 2005.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (MME). Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL, Folha SC 24/25, Aracaju/Recife. **Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1983. 856 p. (Levantamento de Recursos Naturais).

MOREIRA, A. G.; SCHWARTZMAN, S. **As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros**. Brasília, 2000.

MOUTINHO, P.; SCHWARTZMAN, S. ed. (2005). **Tropical deforestation and climate change. Belém - Pará - Brazil**: IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia ; Washington DC - USA : Environmental Defense. 2005

MUYLAERT, M. S. **Análise dos Acordos Internacionais sobre Mudanças Climáticas sob o ponto de vista do uso do conceito de Ética**. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2000, 250p

NAE 2005a: Mudança de Clima, Vol. I: Negociações internacionais sobre a mudança de clima; vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança de clima. *Cadernos NAE*, Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, NAE-SECOM 2005. Brasília, 250 pp.

NAE 2005b: Mudança de Clima, Vol. II: Mercado de Carbono. *Cadernos NAE*, Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, NAE-SECOM 2005. Brasília, 500 pp.

NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL. Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br/doc_clima1.php>. Acesso em: Nov./2007

NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D.; OLIVEIRA, G. S.; MARENGO, J. A.; SALATI, E. *Impact of climate change scenarios for 2100 on the biomes of South América. First International CLIVAR Conference, Baltimore, USA, 21-25 June, 2004.*

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. **Mudanças climáticas e Amazônia.** *Cienc. Cult.*, jul./sep. 2007, vol.59, no. 3, p.22-27. ISSN 0009-6725.

NOBRE, C. A, SALAZAR, L. F. OYAMA, M., E., 2007: **Mudanças Climáticas e Alterações nos Biomas da América do Sul até 2100, Relatório 6**, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS – SBF, DIRETORIA DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, Fevereiro 2007.

NOBRE, P.; MELO, A. B. C. de. Variabilidade Climática Intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. 2001. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Disponível em: <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista/pdf/artigo_variabilidade_dez01.pdf>. Acesso em: jul. de 2007.

NOGUEIRA, M. **Redimensionamento da região semi-árida do Nordeste do Brasil.** Conferência Nacional e Seminário Latino-americano da Desertificação. Fortaleza: 1994. p. 7.

OBREGON, G., MARENGO J, A. 2007: Caracterização do clima do Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas. **Relatório 2**, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS – SBF, DIRETORIA DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, Fevereiro 2007.

OCAÑA, Carlos Lopez (Coord.). *Programa de lucha contra la desertificación en América del Sur*; TC-01-01-07-2-RG); Plan de Operaciones – Regional. s.l. BID, 2003. 19 p.

OYAMA, M. D; NOBRE, C. A. *Climate Consequences of a Large-Scale Desertification in Northeast Brazil: A GCM Simulation Study.* J Clim 17 n° 16 Ag 15, 2004.

PAMPONET, A. **Importância da Logística no desenvolvimento da agricultura familiar no semi-árido baiano.** Conjuntura e Planejamento, Salvador: SEI, n.153, p.16-20, Fevereiro, 2007.

PATROCÍNIO, S. F. do. Previsão de Secas Prolongadas para o Nordeste Brasileiro (Ciclos de 26 anos). Severino Ferreira do Patrocínio. 2003. Disponível em: <http://www.secasdonordeste.com/pdf/prognostico_de_seca_para_o_nordeste_brasileiro.pdf>.

PEREIRA, A. S. **Do Fundo ao Mecanismo: Gênese, características e perspectivas para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo; ao Encontro ou de Encontro à Equidade?** Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, Rio de Janeiro, 2002, 192p.

PEREIRA, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. **Agrometeorologia**. Porto Alegre: Editora Agropecuária, 2002. 190p.

PINTO, Hilton Silveira; ASSAD, Eduardo Delgado; JÚNIOR, Jurandir Zullo; ÁVILA, Ana M. H. de. **Água, Agricultura e Meio Ambiente no Estado de São Paulo: Avanços e Desafios**. Variabilidade Climática. 2003. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/prod_cc/trabalhos-em-anais-de-eventos/tema1_2.pdf/download.pdf>.

QUEIROZ, A. M. **O papel da pesquisa agropecuária como suporte ao desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro**. EMBRAPA-CPATSA, 4a Reunião Especial da SBPC, *Anais*, p 99-102, 1996.

RAYA, A. M. *Degradación de tierras en regiones semiáridas*. In. CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIENCIA DO SOLO. 13., 1996. Águas de Lindóia, Anais... Águas de Lindóia: EMBRAPA, 1996. CD-ROM.

REBOUÇAS, A. C. *Le problème de l'eau dans la zone semi-aride du Brésil- Evaluation des ressources, orientation pour la mise en valeur*: Strasbourg, 1973. Thèse (doctorat D'État), Université de Strasbourg, France, 285 p.

REBOUÇAS, Aldo da C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. *Estud. av.*, Jan./Apr. 1997, vol.11, no.29, p.127-154. ISSN 0103-4014.

REPORTER BRASIL. **Secas e desertos no Brasil: velhos dilemas e novos desafios**. Migrações relacionadas à seca é realidade histórica do semi-árido brasileiro. 29/12/2006. Disponível em: <<http://www.reporterbrasil.org.br/exibe.php?id=839>>. Acesso em 09/10/07.

ROCHA, C. Y.; MERINO; S. E; NEVES, A. D. Auto – avaliação das capacidades nacionais para a gestão global ambiental (NCSA – GEM). **Relatório da Transversalidade e Sinergia entre as três Convenções Internacionais: CCD, CBD, CCC**. 2007. 101p.

RODRIGUES, A. M. Meio Ambiente & Sociedade, **A utopia da sociedade sustentável**, 1998.

SACHS, I. **Desenvolvimento numa economia mundial liberalizada e globalizante: um desafio impossível**. ESTUDOS AVANÇADOS 11 (30), 1997.

SACHS I. **Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond; 2004.

SALATI, Eneas; SANTOS, Ângelo Augusto dos; KLABIN, Israel. **Temas ambientais relevantes**. *Estud. av.*, São Paulo, v. 20, n. 56, 2006.

SALATI, E., SALATI, E, CAMPANHOL, T., VILLA NOVA, N., 2007: **Tendências das Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários**

Climáticos para o Século XXI. Relatório 4, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS – SBF, DIRETORIA DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, Fevereiro 2007.

SALATI, E.; SCHINDLER, W. Alternativas para controle das variações climáticas. Com Ciência. 2007. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=22&id=239>>. Acesso em: jul. de 2007.

SAMPAIO, E.V.S. B.; SALCEDO, I. H. **Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semi-árida**. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO. 26. 1997. Anais... Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. CD-ROM.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R; ZILIOOTTO, M. A. B. **Fixação de carbono: Atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba, Brasil; 2004.

SILVA, W.L.C. **Irrigação para a produção de alimentos no semi-árido brasileiro**. EMBRAPA-CPATSA . Brasília, 4a Reunião Especial da SBPC, *Anais*, p103-105, 1996.

SILVA, F. B. R.; RICÉ, G. R.; TONNEAU, J. P.; SOUSA NETO, N. C.; BRITO, L.T.; CORREIA, R. C.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; SILVA, A. B.; ARAÚJO FILHO, J. C. **Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e grossocioeconômico**, 2 v. Brasília, EMBRAPA-CPATSA, 1993.

SIQUEIRA, O. J. F. de; FARIAS, J. R. B; SANS, L. M. A. Potential effects of global climate change for brazilian agriculture: applied simulation studies for wheat, maize and soybeans. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 115- 129, 1994.

SOBRINHO, V. As Regiões Naturais do Nordeste, o Meio Ambiente e a Civilização. Condepe. Recife, 2005. 273 p.

SOUZA, Bartolomeu I. de; SILANS, Alain M. B. P. de; SANTOS, José B. dos. **Contribuição ao estudo de desertificação na Bacia do Taperoá**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2004. vol.8, n. 2-3, ISSN 1415-4366.

SOUZA, Dorací; PEDREIRA, Márcia. **O Pronaf e as perspectivas para a agricultura familiar baiana**. In: AVENA, Armando. (Org.). *Bahia Século XXI*. Salvador: SEPLANTEC. 2002. p. 305-342.

SOUZA, M. J. H. de; RIBEIRO, A.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; MINUZZI, R. B. **Relação entre disponibilidade hídrica e produtividade do eucalipto em diferentes idades, em Guanhães, Minas Gerais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.3, p.629–638, 2006. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em: jan. de 2008.

SOUSA, P. S de. Uma Abordagem Histórica das Secas no Semi-Árido. João Pessoa (PB). 2006. Disponível em: < <http://mailman.ufsc.br/pipermail/grh/2006-August/000075.html>>. Acesso em: jun. de 2007.

STERN REVIEW 2006. Disponível em: <www.sternreview.org.uk>. Acesso em julho de 2006.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). Impactos da Seca de 1993 no semi-árido baiano: O caso Irecê. Salvador: SEI, 2000. 98 p. il., graf., map., tabs. (Estudos e pesquisas, 51). ISBN 8585976306. 2000.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Parâmetros que definem a Tipologia Climática para o clima Subúmido a Seco e para o clima Semi-árido, no Semi-árido da Bahia.** Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia – SEI, 1997.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Balço hídrico do Estado da Bahia.** Salvador: SEI, 1999. 250 p. (Série estudos e pesquisas, 45).

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Identificação e análise da evolução temporal das manchas de pobreza na Bahia.** Banco de Dados dos Municípios da Bahia. Produzido pela Diretoria de Estudos (DIREST). Salvador, 2006.

SUPERINTENDENCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Índices de Desenvolvimento Econômico e Social dos Municípios Baianos:** Salvador, SEI, 2000. Disponível em < www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr2/pdfs/poster15.pdf >. Acesso: nov. 2007.

SUPERINTENDENCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA (SEI). **Dados Sócio-Econômicos do Estado da Bahia.** Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Salvador, Bahia. 2001

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). SUDENE/CPE/EEP/SRU; LINS, Carlos Caldas in: Região Semi-árida. SUDENE, 1989.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). Projeto Áridas. **Variabilidade Climática e Desenvolvimento Sustentável no Nordeste Semi-Árido.** Pesquisa de Estratégias, Políticas e Projetos. Recife, 1992. 33 p. (Documento de trabalho preliminar).

THORNTHWAITE, C.W.; HOLZMAN, B. **Evaporation and transpiration.** In: *Climate and Man: Yearbook of Agriculture*, Washington: U.S. Department of Agriculture, 1941. 545-550 p.

VIANA, G., SILVA, M. & DINIZ, N. **O desafio da Sustentabilidade: um debate socioambiental no Brasil.** São Paulo. Ed. Abramo. 2001.

VIEIRA, V.P.P.B. Desenvolvimento sustentável e gestão de recursos hídricos no Nordeste semi-árido. Fortaleza, II Simp. de Rec. Hidr. do Nordeste, *Anais*, p 1-10, 1994.

VIOLA, Eduardo. **O regime internacional de mudança climática e o Brasil.** *Rev. bras. Ci. Soc.*, Oct. 2002, vol.17, no.50, p.25-46. ISSN 0102-6909.

XAVIER, T. de Ma. B. S. & XAVIER, A. F. S. Classificação e monitoração de períodos secos ou chuvosos e cálculos de índices pluviométricos para a Região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia, vol. 5, no 2, p. 7-31, 1987.