



Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) edita publicações sobre diversas temáticas que impactam a agenda do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

As edições são alinhadas à missão institucional do Centro de subsidiar os processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI.

As publicações trazem resultados de alguns dos principais trabalhos desenvolvidos pelo Centro, dentro de abordagens como produção de alimentos, formação de recursos humanos, sustentabilidade e energia. Todas estão disponíveis gratuitamente para *download*.

A instituição também produz, semestralmente, a revista Parcerias Estratégicas, que apresenta contribuições de atores do SNCTI para o fortalecimento da área no País.

Você está recebendo uma dessas publicações, mas pode ter acesso a todo o acervo do Centro pelo nosso site: <http://www.cgee.org.br>.

Boa leitura!



Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil



Brasília – DF
2016

© Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

Organização Social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)

Presidente

Mariano Francisco Laplane

Diretor Executivo

Marcio de Miranda Santos

Diretores

Antonio Carlos Filgueira Galvão

Gerson Gomes

José Messias de Souza

Edição / *Maisa Cardoso*

Diagramação / *Eduardo Oliveira*

Infográficos e capa / *Laryssa Ferreira*

Projeto Gráfico / *Núcleo de Design Gráfico do CGEE*

Catálogo na fonte

C389d

Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil – Brasília -
Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2016.

252 p.; il, 24 cm

ISBN 978-85-5569-111-9 (impresso)

ISBN 978-85-5569-112-6 (eletrônico)

1. Combate à desertificação. 2. Áreas degradadas. 3. Tecnologias.
I. CGEE. II. Título.

CDU – 504.123(81)

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), SCS Qd. 9, Torre C, 4º andar, Ed. Parque Cidade Corporate, CEP: 70308-200 - Brasília, DF, Telefone: (61) 3424.9600, www.cgee.org.br

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que seja citada a fonte.

Referência bibliográfica:

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil. Brasília, DF: 2016. 252p.

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do 2º Contrato de Gestão CGEE – 8º Termo Aditivo/Atividade - Inserção do CGEE em Agendas Internacionais/Projeto: Contribuições Brasileiras à Iniciativa de CT&I para o Desenvolvimento Sustentável das Terras Secas da América Latina e Caribe (Áridaslac) - 52.11.80.3/MCTI/2014.

Tiragem impressa: 250. Impresso em 2016. Coronário Editora Gráfica Ltda.



Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil

Supervisão

Antonio Carlos Filgueira Galvão

Coordenador

Antônio Rocha Magalhães

Equipe técnica do CGEE

José Roberto de Lima

Betina Ferraz Barbosa

Equipe técnica do estudo

Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins

(Presidente da Funceme/Coordenador do estudo)

Francisco Antônio Guimarães

(Presidente da FCPC)

Ana Maria Lebre Soares (Funceme)

Antônio Alisson Fernandes Simplício

(Funceme/Funcap)

Denis Barbosa Lima (Funceme)

Francisco de Assis Bezerra Leite (Funceme)

José Ademar Gondim Vasconcelos

(Conselho curador da FCPC)

Manuel Rodrigues de Freitas Filho

(Funceme)

Margareth Silvia Benício de Souza

Carvalho (Funceme)

Raimunda Neuma da Costa Barreto

(Funceme)

Rousilene Silva Nascimento (Funceme)

Sheila Cavalcante Pitombeira (MPCE/PGJ)

Sônia Barreto Perdigão de Oliveira

(Funceme)

Zilnice Maria Lebre Soares (Funceme)

Consultores

Marcos José Nogueira de Souza

Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima

Vlândia Pinto Vidal de Oliveira

Jader de Oliveira Santos

João Bosco de Oliveira

Colaboradores

Eisenhower Carvalho Braga Gomes (Funceme)
Francisco das Chagas Vasconcelos Júnior (Funceme)
Francisco Sérgio Rocha (Funceme)
José Maria Brabo Alves (UECE)
Manoel Messias Saraiva Barreto (Funceme)
Maria Dias Cavalcante (Sema)
Maria Ivoneide Vital Rodrigues (UFC)
Morgana Pinto Medeiros (Funceme /Funcap)
Raimundo José Reis Felix (Sema)
Raul Fritz Bechtel Teixeira (Funceme)
Robson Franklin Vieira Silva (Funceme)
Ticiane Rodrigues de Castro Torres (Funceme)
Viviane Gomes Monte (Sema)

Especialistas Estaduais

Alagoas		Paulo Lima Lopes (UFAL/Instituto Xingó)
Bahia		Heraldo Peixoto da Silva (UFBA)
Ceará		Margareth Sílvia Benício de Souza Carvalho (Funceme)
Ceará		Sônia Barreto Perdigão de Oliveira (Funceme)
Espírito Santo		Fabiana Gomes da Silva (Agerh/Seama)
Maranhão		Vera Lúcia Araújo Rodrigues Bezerra (UEMA)
Minas Gerais		Daniella Silva Ribeiro (Consultora/Sedinor)
Minas Gerais		Juliana Veríssimo Pacheco (Sedinor)
Paraíba		Jacob Silva Souto (UFCG)
Pernambuco		Iêdo Bezerra Sá (CPATSA/Embrapa)
Piauí		Adeodato Ari Cavalcante Salviano (UFPI)
Rio Grande do Norte		Elisângelo Fernandes da Silva (Programa RN Sustentável)
Sergipe		Overland Amaral Costa (Semarh/SE)

Sumário

Apresentação	9
--------------	---

Prólogo	11
---------	----

Introdução	15
------------	----

Capítulo 1

1. Revisão de literatura	21
--------------------------	----

2. Procedimentos metodológicos e operacionais	25
---	----

2.1. Procedimentos operacionais das informações socioeconômicas	26
---	----

2.2. Procedimentos operacionais das informações geoambientais	27
---	----

2.3. Workshop de validação	32
----------------------------	----

3. Região Semiárida e os programas de combate à desertificação no Brasil	33
--	----

3.1. Histórico da legislação de convivência com as secas	34
--	----

3.2. Delimitação do Semiárido brasileiro	37
--	----

3.3. Considerações sobre os programas de ação de combate à desertificação e mitigação dos efeitos de seca no Brasil e definição da Área Suscetível à Desertificação	42
---	----

4. Aspectos ambientais	48
------------------------	----

4.1. Localização da Área Suscetível à Desertificação no Brasil	48
--	----

4.2. Condições geomorfológicas e hidrogeológicas	49
--	----

4.3. Solos	50
------------	----

4.4. Vegetação	51
----------------	----

4.5. Domínios Naturais	52
------------------------	----

Capítulo 2

1. O estado da arte da desertificação na ASD no Brasil	59
1.1. Mapeamento das áreas fortemente degradadas em processo de desertificação na ASD no Brasil	59

Capítulo 3

1. Vulnerabilidade ambiental e mudanças globais	73
1.1. Causas e indicadores físico-bióticos	77
1.2. Componente socioeconômico	80
1.3. Vulnerabilidade socioeconômica	121

Capítulo 4

1. As secas	169
1.1. Um fenômeno histórico	169
1.2. Clima e previsibilidade de secas	173
1.3. Monitoramento e previsão de secas	175
1.4. Um olhar futuro	184

Capítulo 5

1. Tecnologias disponíveis e potencialmente aplicáveis	189
1.1. Tecnologias de uso sustentável dos recursos naturais e recuperação de áreas degradadas	191
1.2. Tecnologias de captação de água	209
1.3. Sistemas simplificados de abastecimento de água	217

Glossário	235
Lista de figuras	239
Lista de gráficos	242
Lista de tabelas	245
Lista de quadros	248
Siglas e abreviaturas encontradas nesta publicação	249



Apresentação

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) considera que o tema das terras secas, particularmente, do Semiárido brasileiro, é estratégico para o desenvolvimento sustentável do País. Enquanto existir no nosso território uma região tão ampla e com indicadores de desenvolvimento tão defasados das demais, o Brasil não poderá ser considerado uma nação desenvolvida. Ao trabalhar a questão do Semiárido e das terras secas, o CGEE espera ajudar a criar uma maior consciência a respeito desse desafio e fortalecer as iniciativas voltadas à sustentabilidade do crescimento econômico e social dessa importante região.

A situação do Semiárido brasileiro não é única no mundo. As terras secas, como são em geral conhecidas as terras áridas, semiáridas e subúmidas secas, cobrem cerca de 41% dos continentes e das ilhas do planeta e abrigam um terço da população do mundo. Aí também se localiza a maior parte da pobreza, especialmente na África, na Ásia e na América Latina. Não se trata, pois, de um problema apenas brasileiro, mas de um desafio global.

O CGEE vem empreendendo esforços e contribuindo com esse tema há algum tempo. Em 2010, juntamente com o Governo do Ceará e os ministérios do Meio Ambiente; da Ciência e Tecnologia; e da Integração Nacional, organizamos um grande evento sobre regiões semiáridas, a Conferência Internacional sobre Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas (ICID 2010), como subsídio para a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20). Ajudamos a organizar eventos semelhantes na Argentina e no Níger e a construir um programa tripartite Brasil-França-África para viabilizar pesquisas científicas na África e, agora, trabalhamos para fortalecer, na América Latina e no Caribe, a Iniciativa de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável das Terras Secas da América Latina e Caribe (AridasLAC), que objetiva produzir, organizar e difundir conhecimentos científicos sobre as terras secas dessa região. Nesse contexto, a I Conferência Científica da ILACCT, sobre a importância da Ciência e Tecnologia para o desenvolvimento das terras secas da América Latina e do Caribe, foi realizada juntamente com o Governo do Ceará e a Prefeitura de Sobral, município localizado no coração do Semiárido daquele Estado.

Produzir e divulgar o conhecimento sobre as regiões semiáridas da América Latina e do Caribe representam passos importantes para elevar o nível de priorização dessas áreas nas políticas públicas. A presente publicação, resultante do estudo sobre o estado da arte da degradação de terras e

desertificação no Nordeste brasileiro, é uma contribuição importante nesse sentido. Na verdade, há alguma confusão quando falamos de Nordeste, de Semiárido, de Área Sujeita à Desertificação. São três conceitos entrelaçados, mas não exatamente iguais. No Nordeste, composto pelos nove Estados que vão do Maranhão à Bahia, vivem 53 milhões de pessoas, segundo o Censo Demográfico de 2010. O Semiárido, que abriga quase 23 milhões de pessoas, é um subconjunto do Nordeste representado pela área mais seca, onde as estiagens são mais severas e com significativo déficit hídrico, sendo caracterizado pelo bioma da Caatinga. A região avança um pouco pelo Sudeste, incorporando o norte do Estado de Minas Gerais. A Área Suscetível a Desertificação (ASD), por sua vez, incorpora o Semiárido e áreas vizinhas, que também podem sofrer com os efeitos das secas, em especial o oeste da Bahia, sul do Piauí, leste do Maranhão e norte do Espírito Santo. Vivem aí 35 milhões de pessoas. As secas, que impactam mais o Semiárido, também têm efeitos sobre as demais regiões. Esse trabalho, portanto, traz informações adicionais sobre essas áreas, mas se concentra sobre a chamada ASD.

Para realizar este estudo, o CGEE fez uma parceria com a Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura (FCPC) e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme). A Funceme reuniu um grupo de especialistas, que prepararam as informações e análises agora disponibilizadas pelo CGEE em forma de livro. Merece destaque o esforço realizado para delimitar a ASD e as áreas em estado avançado de desertificação, com base em imagens de satélite e a colaboração de especialistas de todos os Estados.

Esperamos que este livro ajude os leitores a melhor entender o que está em jogo quando falamos do desenvolvimento sustentável do Nordeste, do Semiárido e da Área Suscetível à Desertificação no Brasil. A publicação também pretende ser uma contribuição brasileira para a Iniciativa AridasLAC, cumprindo o papel de guia metodológico para que outros países da nossa região também realizem trabalhos semelhantes, de modo que, ao final, possamos contar com um Panorama da Degradação de Terras e Desertificação na América Latina e no Caribe, uma base útil ao avanço das políticas para o desenvolvimento sustentável das nossas terras secas.

Antonio Carlos Filgueira Galvão
Diretor do CGEE

Mariano Francisco Laplane
Presidente do CGEE



Prólogo

Desertificação, degradação de terras e secas – ou DLDD, sigla da expressão em inglês *Desertification, Land Degradation and Droughts* - representam um grande problema para as terras secas do planeta. Este livro, que reúne contribuições de vários pesquisadores brasileiros, pretende lançar luzes sobre a situação particular do Semiárido brasileiro, uma região tradicionalmente sujeita a secas e a processos de degradação da terra e desertificação. Trata-se de um estudo pioneiro sobre essa área. Espera-se que conteúdo desta publicação dê início a uma série de estudos semelhantes em outras áreas e países da ALC e que, dentro de algum tempo, se possa ter um quadro consolidado da situação de DLDD em toda a região.

Os números globais são já bem conhecidos, graças ao trabalho de pesquisa e divulgação feito pela United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação, e por outros órgãos das Nações Unidas. A publicação *Global Drylands: a UN system-wide response*¹, disponível no site da UNCCD, informa que 41,3% das terras do planeta são consideradas secas (hiperáridas, áridas, semiáridas ou subúmidas secas). Aí vivem 35,5% da população mundial. Essas áreas concentram a maior parte da pobreza do mundo, mas são também locais importantes para a produção de alimentos e matérias primas (UNITED NATIONS, 2011).

No Nordeste do Brasil, não há áreas hiperáridas ou áridas, que são classificadas como aquelas onde a relação entre a chuva e a evapotranspiração (Índice de Aridez) é menor, respectivamente, do que 0,05 ou 0,20. Em compensação, há áreas semiáridas e subúmidas secas, com Índice de Aridez entre 0,21 e 0,50 e 0,50 e 0,65. Aliás, quando se fala de Nordeste, é preciso dizer exatamente o que se entende por isso, uma vez que o Nordeste político envolve vários ecossistemas. A região como um todo inclui nove Estados da Federação brasileira - Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia -, com 1,5 milhão de quilômetros quadrados (km²) e 53 milhões de habitantes, segundo o Censo Demográfico de 2010. O Semiárido, por sua vez, é uma ampla região com 982.563,3 km² e 22,6 milhões de habitantes, estendendo-se do Piauí à Bahia e penetrando pelo norte do Estado de Minas Gerais, que fica na região Sudeste. Essa é a extensão mais sujeita à degradação, desertificação e secas. Finalmente, a Área Suscetível à Desertificação (ASD), definida pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) do Brasil, envolve o Semiárido e áreas do seu entorno, penetrando nos biomas do Cerrado e do Agreste, consideradas áreas subúmidas secas

1 Terras secas globais: uma resposta do sistema das Nações Unidas [Tradução nossa].

(MMA, 2007). São, ao todo, 1494 municípios, com 1.323.975,4 km² e 34,8 milhões de habitantes, em 11 Estados da Federação. Essa é a principal área de estudo deste trabalho.

Com base em dados originais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em nível de município, este trabalho agrega dados para a ASD do Brasil e calcula indicadores sociais, econômicos e ambientais. Por exemplo, enquanto a população geral da ASD continua crescendo, tendo passado de 28,7 milhões para 34,8 milhões de pessoas, entre 1991 e 2010, a população rural tem diminuído, de 13 milhões para 11,4 milhões, no mesmo período. Em consequência, a população das cidades passou de 15,7 milhões para 23,4 milhões de pessoas. Aumentou a densidade demográfica, basicamente em virtude do crescimento das cidades. Embora persistam as condições de pobreza – a região concentrava ainda, em 2014, cerca de 40% dos pobres do Brasil –, os indicadores de condições de vida vêm melhorando sistematicamente. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) calculado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) passou de 0,300, em 1991, para 0,600, em 2010. Aumentou significativamente a frequência à escola, tanto no nível fundamental (de 76,9% para 117,6%) como no nível secundário (14,1% para 62,9%). O número superior a 100% em relação à escola fundamental reflete o fato de que alunos com distorção idade-série estão agora retornando a esse nível de ensino. A taxa de alfabetização, como um todo, pulou de 47,2% para 73,2%, no período.

Na área de saúde, os indicadores mostram a mesma direção. A expectativa de vida ao nascer, na ASD, passou de 59,3 anos para 70,8 anos, enquanto a taxa de mortalidade de crianças, durante o primeiro ano de vida, caiu de 71,4 por mil para 25,9 por mil.

No tocante às atividades econômicas, continuou a tendência de redução da dependência em relação à agricultura. A participação do setor primário no Produto Interno Bruto (PIB) regional caiu de 10,7%, em 2000, para 7,6%, em 2010. Ou seja, vem sendo reduzida a participação na economia de setores que dependem diretamente da variabilidade climática. Além disso, a produtividade de alimentos parece estagnada, ou declinante, o que denota o problema da DLDD e dos baixos níveis tecnológicos. Em 2000, produziu-se uma média de 491 quilogramas ou quilos (kg) de feijão por hectare (ha). Esse valor caiu para 425,8 kg por ha em 2010. No mesmo período, a produtividade do milho passou de 940 para 838,8 kg/ha e a da mandioca passou de 10.647 para 10.255 kg/ha. Ainda assim, a ASD continua sendo importante produtora de alimentos. A região também abriga 10,8% do rebanho bovino do País, 12,9% dos suínos, 53,9% dos ovinos e 87,5% dos caprinos.

O estudo também mostra alguns indicadores ambientais. Um grande problema no Semiárido e na ASD é a queima da vegetação da Caatinga para a produção de energia. A situação já atingiu um nível muito avançado e preocupante. Embora, em geral, tenha havido queda na produção de lenha, carvão e madeira, equivalente a -25,9% na ASD, isso reflete, na verdade, a escassez de vegetação em



muitos Estados. Apesar disso, continua aumentando o uso de lenha em Pernambuco e no Piauí. Só na última década, essa elevação foi de 112% e 21,7%, respectivamente.

Uma contribuição importante deste estudo é o mapeamento realizado, com base em dados de satélite e na experiência de especialistas locais, quanto à situação de degradação e desertificação. Foi produzido um novo mapa, disponível nesta publicação, onde são mostradas as áreas de cada Estado que estão com processo avançado de degradação e de desertificação. São 70,5 mil km² que já atingiram um nível em que não é mais possível ter uma produção agrícola e onde a produtividade dos recursos naturais é muito baixa, com profundo reflexo sobre a capacidade de suporte para a vida humana e animal.

O problema das secas também é tratado em uma seção dedicada ao tema. Além de indicadores históricos e atuais, é feita uma discussão sobre as causas climáticas e as possibilidades de previsão de secas no Nordeste, graças aos avanços realizados nas duas últimas décadas. Entretanto, esses avanços não têm impedido que as secas continuem sendo um flagelo significativo para a economia e a sociedade do Nordeste. O estudo também traz informações importantes sobre estratégias de enfrentamento e sobre tecnologias que foram desenvolvidas ou adaptadas para utilização no Semiárido e na ASD. Essas tecnologias estão disponíveis, mas não são utilizadas de forma abrangente pelas políticas públicas, provavelmente em razão de os gestores considerarem um grande risco investir na produção em uma região sujeita às secas periódicas e com limitações de recursos naturais, especialmente de água e solos. Porém, ainda há um espaço considerável para a utilização de políticas públicas voltadas à promoção do uso de tecnologias direcionadas ao uso sustentável dos recursos naturais da ASD.

Esta publicação mostra que o modo como os recursos naturais na ASD têm sido utilizados não é sustentável. É necessário evoluir para o uso racional desses recursos. A questão é como aumentar a produtividade dos recursos naturais, assegurando o seu uso sustentável para proveito das atuais e futuras gerações. Há tecnologias, mas elas não são utilizadas. Precisamos entender porque isso acontece e o que as políticas públicas podem fazer para mudar essa situação. Queremos avançar, em relação ao Nordeste do Brasil, ao Semiárido e à ASD brasileira, e esperamos que o conhecimento e a experiência que foram produzidos aqui possam inspirar outras regiões da ALC. No futuro próximo, esperamos contar com um Panorama da DLDD nas regiões secas da América Latina e do Caribe e com um sistema de intercâmbio de experiências e conhecimentos que nos faça avançar, como um conjunto, na direção de mais sustentabilidade no desenvolvimento das terras secas.

Antonio Rocha Magalhães
Coordenador do estudo pelo CGEE

Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins
Presidente da Funceme



Introdução

As terras secas, submetidas à influência de climas áridos, semiáridos e subúmidos secos, de acordo com a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD), concentram 41,3% da superfície emersa do planeta e 35,5% da população global (UNITED NATIONS, 2011). Essas terras, além de apresentarem os maiores índices de pobreza, também são afetadas pelos mais variados vetores de pressão sobre os seus recursos naturais, especialmente a água, o solo e a biodiversidade. É nesses ambientes que ocorre o processo de desertificação, resultante da degradação da terra por consequência de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas.

O Semiárido brasileiro, de modo particular, objeto central deste estudo, insere-se na categoria de terras secas, compondo, aproximadamente, 63% da Região Nordeste e 10% do território brasileiro. A referida área posiciona-se, segundo Ab'Sáber (1974), como um clima azonal de expressão regional, marcando exceção em relação aos climas zonais peculiares às faixas de latitudes similares da Terra.

É importante salientar que a região aqui estudada compreende todo o Semiárido e mais as áreas de entorno que também sofrem influências dos processos de desertificação, degradação e secas. Essa extensão é denominada, de acordo com estudos do Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2004, 2007), como Área Suscetível à Desertificação (ASD), representando cerca de 15% do território brasileiro.

Em 1951, Guimarães Duque alertava que o desmatamento e a consequente exposição do solo no Semiárido poderiam potencializar localmente os extremos meteorológicos, aumentando a insolação e o calor, o ressecamento e a erosão eólica, produzindo “cheias mais impetuosas e secas mais violentas” (Duque, 2004). Segundo o autor, esse quadro não conduziria o polígono da seca a um deserto físico como o Sahara, “mas poderá fazer minguar as fontes de produção, diminuindo a habitabilidade e o conforto, resultando, enfim, num deserto econômico”. Há cerca de duas décadas, o Projeto Áridas (BRASIL, 1995) alertava que o Semiárido brasileiro, além das vulnerabilidades climáticas, tem grande parte dos seus solos em estado de degradação e com indisponibilidades para o uso agrícola sustentável. A água, apesar de ser, por excelência, o fator limitante mais relevante do Semiárido, tanto para a ocupação humana como para as atividades rurais, caminha para a insuficiência ou possui níveis elevados de poluição. A biodiversidade, por outro lado, vem sofrendo a ação predatória do homem, que muitas vezes age de modo involuntário em busca da sobrevivência. O ambiente físico natural já não exhibe marcas evidentes de auto-organização da biosfera. Sem a devida proteção, a deterioração dos ecossistemas já fragilizados compromete a sobrevivência das

espécies, cria empecilhos à ocupação humana e contribui para intensificar os processos, em curso, de degradação das terras e de desertificação.

Na América Latina, um quarto da superfície da Região corresponde às terras secas e três quartos apresentam problemas de degradação, onde vivem aproximadamente 83 milhões de pessoas, grande parte em situação de pobreza e, conseqüentemente, vulneráveis a processos de mudanças climáticas e desertificação.

Os países da Região reconhecem que muitos fatores, tanto no âmbito global quanto regional, têm limitado a implementação da UNCCD, principal instrumento internacional de planejamento para o enfrentamento dos processos de desertificação, degradação da terra e mitigação dos efeitos de seca. Entre esses fatores, destacam-se o financiamento insuficiente, uma escassa base científica, uma insuficiente promoção e conscientização no âmbito dos setores interessados, as deficiências institucionais e as dificuldades para lograr consenso entre as Partes. Por outro lado, os países assumem a missão posta pela Estratégia Decenal (2008-2018) de “estabelecer um marco para apoiar a elaboração e execução de políticas, programas e medidas nacionais e regionais para prevenir, controlar e reverter a desertificação e a degradação da terra, assim como mitigar os efeitos de secas, mediante a promoção da excelência científica e tecnológica, a sensibilização do público e dos tomadores de decisão, o estabelecimento de normas e a promoção de ações e mobilização de recursos, visando a contribuir, dessa forma, para a redução da pobreza nas terras secas da Região” [UNCCD, 8.ª Conferência das Partes (COP 8), Madri, 2007].

O Plano Estratégico Decenal propõe cinco objetivos operacionais, um dos quais está diretamente associado à ciência, tecnologia e produção de conhecimento: “levar a UNCCD a ser uma autoridade mundial em matéria de conhecimentos científicos e tecnológicos sobre a desertificação e a degradação das terras e sobre a mitigação dos efeitos da seca”. A aplicação desse objetivo tem estado no centro das iniciativas desenvolvidas no marco da Convenção, desde a adoção da Estratégia Decenal, e foi determinante para a criação do Grupo de Trabalho *ad hoc* (AGSA, 2011)², que tem as tarefas de estudar opções e formular recomendações à Convenção e aos países Parte.

Em 2008, foi criada a “Iniciativa Latino-americana e Caribenha de Ciência e Tecnologia para Implementação da UNCCD (ILACCT)”, como uma plataforma de trabalho para ativar e melhorar processos participativos que facilitem o desenvolvimento e a integração de ações em ciência e tecnologia na América Latina e no Caribe.

2 A aprovação final da criação do AGSA se deu por meio da Decisão 20/COP 11 da UNCCD, em 2013, na Namíbia.



Cabe, todavia, mencionar a preocupação com as questões científicas e tecnológicas apresentadas em iniciativas de combate à desertificação e manejo sustentável das terras dos grandes blocos sub-regionais, que têm elaborado suas próprias estratégias. Destacam-se aqui a *Estratégia Mercosul de combate à desertificação, degradação da terra e aos efeitos de seca*; a *Estratégia Regional Agroambiental e de Saúde* (ERAS)³ da Comissão Centro-americana de Ambiente e Desenvolvimento (CCAD); e a *Iniciativa de Associação para o Manejo Sustentável das Terras* da Comunidade do Caribe (Caricom).

O Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento das Terras Secas da América Latina e do Caribe (AridasLAC) foi concebido para apoiar ações que subsidiem o processo de tomada de decisões políticas e institucionais, visando ao desenvolvimento sustentável e à superação da pobreza nessas áreas. Nesse contexto, o Comitê Gestor do AridasLAC decidiu construir “O Panorama das Terras Secas na América Latina e no Caribe (LAC Drylands Outlook)”.

Para isso, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), empreendeu a elaboração deste estudo, retratando o estado da arte da desertificação, degradação das terras e seca no Semiárido brasileiro e seu entorno, ou seja, na região identificada como Área Suscetível à Desertificação (ASD). A iniciativa foi realizada em parceria com a Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura (FCPC) – vinculada à Universidade Federal do Ceará (UFC) - e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) – órgão da Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. O documento mostra a situação socioeconômica e ambiental atual dessa região e é disponibilizado ao AridasLAC, como uma contribuição brasileira para compor o panorama para a América Latina e o Caribe.

Em síntese, o estudo está dividido em cinco capítulos. O primeiro contém uma análise bibliográfica referente aos trabalhos já publicados sobre o tema; a metodologia de construção para mostrar o estado atual dos conhecimentos sobre a desertificação, degradação e seca no Brasil, envolvendo, tanto informações socioeconômicas, como geoambientais; um registro da validação do trabalho feito em um workshop com a participação de especialistas e pesquisadores que trabalham com o tema e com a área do estudo; um histórico sobre a delimitação do Semiárido brasileiro; considerações sobre o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil) e os Programas ou Planos de Ações Estaduais de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAE); informações sobre a delimitação da ASD do Brasil; e uma caracterização dos aspectos ambientais da área. No Capítulo 2, é apresentado o mapa do Estado da Arte da Desertificação na ASD do Brasil, elaborado a partir da identificação, por meio de imagens

3 Resultado do esforço conjunto do Conselho Agropecuário Centro-americano (CAC), da CCAD e do Conselho de Ministros de Saúde da América Central (Comisca).

de satélites, das áreas mais fortemente degradadas em processo de desertificação dentro da ASD. O terceiro capítulo se refere às vulnerabilidades ambientais e socioeconômicas. O Capítulo 4, por sua vez, mostra o fenômeno e os impactos das secas na região e o Capítulo 5 expõe um levantamento de experiências e tecnologias disponíveis e potencialmente aplicáveis à recuperação, manejo e conservação dos solos, da biodiversidade e dos recursos hídricos, identificando práticas e técnicas de convivência com o Semiárido e de combate à desertificação.



Capítulo 1



Capítulo 1

1. Revisão de literatura

A degradação dos recursos naturais conduz ao empobrecimento dos ecossistemas, podendo culminar, nas áreas de climas áridos, semiáridos e subúmidos secos, com a incidência dos processos de desertificação. Desde a Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação, realizada em Nairóbi, no ano de 1977, a desertificação passou a ser considerada como uma sequência de modificações regressivas dos solos, da vegetação e do regime hídrico, conduzindo à deterioração biológica dos ecossistemas, em consequência de pressões criadas por fatores climáticos e pelas atividades do homem, em ações conjuntas ou separadas.

A produção acadêmica no Brasil acerca da desertificação compreende os mais variados aspectos. Os primeiros trabalhos nos quais aparece o conceito de desertificação como a degradação das terras produtivas no Semiárido foram conduzidos, na região Nordeste, pelo professor João de Vasconcellos Sobrinho, da Universidade Federal de Pernambuco. Em 1974, quando o fenômeno da desertificação entrava na pauta da comunidade científica internacional, ele publicou o artigo *O Deserto Brasileiro*, onde indicava as áreas relativas aos “núcleos de desertificação” como as localidades onde a degradação da cobertura vegetal e do solo alcançou uma condição de irreversibilidade, apresentando-se como pequenos desertos já definitivamente implantados dentro do ecossistema primitivo. Posteriormente, ele identifica os núcleos existentes no Nordeste: na microrregião do Sertão de Inhamuns, no Ceará; no município de Gilbués, no Piauí; na região do Seridó, no Rio Grande do Norte; na região dos Cariris Velhos, na Paraíba; no Sertão Central de Pernambuco; e no Sertão do São Francisco, na Bahia (VASCONCELLOS SOBRINHO, 1978). Os núcleos de Vasconcellos Sobrinho não resultaram de diagnósticos sobre a ocorrência da desertificação, mas foram proposições de metodologia (relaciona os indicadores a serem considerados na desertificação: físicos, biológicos-agrícolas, sociais-uso da terra, parâmetros biológicos-humanos, processos sociais, tipos de assentamentos) para pesquisar o fenômeno, já fazendo uso de tecnologias modernas para a época, como fotos aéreas, imagens

orbitais MSS/Landsat⁴-1, a valorização da caderneta de campo e a ênfase na interdisciplinaridade (MEUNIER, 2008).

Outro trabalho muito importante na temática relacionada à desertificação foi o intitulado *Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical*, elaborado pelo geógrafo paulista Aziz Nacib Ab'Saber, no ano de 1977, e que define, como “processos parciais de desertificação, todos aqueles fatos pontuais ou areolares, suficientemente radicais para criar degradações irreversíveis da paisagem e dos tecidos ecológicos naturais” (AB'SABER, 1977). Nesse trabalho, Ab'Saber indica as áreas nordestinas mais suscetíveis aos processos de desertificação (SALES, 2002).

Dando continuidade aos trabalhos sobre a desertificação no Nordeste brasileiro, vários outros autores também deram grande contribuição a partir de publicações realizadas nas décadas de 1980 e 1990.

Dentre esses trabalhos, podem ser citados os de Nimer (1980), como *Subsídio ao Plano de Ação Mundial para combater a Desertificação*, publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que mapeou para o Brasil as áreas mais predispostas à desertificação na escala de 1:5.000.000 (Zoneamento Sistemático de Áreas mais predispostas à Desertificação), a partir de critérios climatológicos (regime pluviométrico, duração da estação biologicamente seca e variabilidade pluviométrica ano a ano), com o objetivo de indicar as áreas potencialmente suscetíveis aos processos de desertificação. Em 1988, Nimer publica o trabalho *Desertificação: Realidade ou Mito?*, no qual apresenta as bases teóricas para as pesquisas sobre desertificação, propondo uma metodologia em três eixos: climatológico, geomorfológico e pedológico, para o estudo que chamou de *Potencialidade natural de semidesertificação no território Semiárido do Brasil*. O resultado seria a elaboração de cartas temáticas que, superpostas, permitiriam conhecer os diferentes níveis de riscos à desertificação (NIMER, 1988).

O Professor Valdemar Rodrigues (1992) também deixou grande contribuição, por meio do trabalho *Avaliação do Quadro da Desertificação no Nordeste do Brasil: Diagnóstico e Perspectiva*. Para ele, a desertificação deve ser entendida como um fenômeno integrador de processos econômicos, sociais e naturais que destroem o equilíbrio do solo, da vegetação, do ar e da água, bem como a qualidade da vida humana, nas áreas sujeitas à aridez edáfica e/ou climática. Partindo de uma metodologia baseada em indicadores socioeconômicos e suscetibilidade climática, esta última, determinada pelo

⁴ Landsat é a nomenclatura de um programa de satélites de observação da Terra de origem norte-americana. A série teve início na segunda metade da década de 1960, a partir de um projeto desenvolvido pela *National Aeronautics and Space Administration* (Nasa) [Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço], sendo dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. Esse programa foi inicialmente denominado *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS) [Pesquisa Tecnológica da Terra por Satélite] e, em 1975, passou a se denominar Landsat. Fonte: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Landsat>>.



Índice de Aridez (razão entre a precipitação e a evapotranspiração) proposto pelo PNUMA (1991), aponta as áreas do Nordeste já afetadas. Entre as causas frequentes desse fenômeno, podem ser mencionadas as atividades conduzidas pelo homem, como pecuária, irrigação, desmatamento, mineração e cultivo excessivo, além do sistema de propriedade da terra e da superpopulação.

Outro autor que merece destaque com relação à desertificação do Nordeste brasileiro é José Bueno Conti, que elaborou uma grande diversidade de trabalhos sobre essa temática na década de 1980, culminando na tese de livre docência *Desertificação nos Trópicos – Propostas de Metodologia de Estudo Aplicada ao Nordeste Brasileiro* (CONTI, 1995), defendida no departamento de geografia da Universidade de São Paulo. Esse trabalho, que se caracterizou como a mais completa e importante revisão bibliográfica sobre o tema, propõe a metodologia estatística de estudos das séries temporais, aplicada aos dados de precipitação pluviométrica, com o objetivo de encontrar tendências, ciclicidades e indicadores da variabilidade interanual (SALES, 2002).

Existe ainda uma considerável produção de trabalhos em escala local que contribuíram na análise dos processos de desertificação no Semiárido brasileiro, particularmente no tocante a aspectos metodológicos.

Pesquisadores do tema, como Sales (2002), destacam diversos estudos de áreas em processos de desertificação, sobretudo a partir da utilização de técnicas de geoprocessamento apoiadas em produtos de sensoriamento remoto. Em 1979, Carvalho e Lombardo publicaram a *Análise Preliminar das Potencialidades das Imagens Landsat para Estudo de Desertificação* (CARVALHO e LOMBARDO, 1979). O trabalho desenvolvido no Baixo e Médio São Francisco, na região de Xique-Xique (BA), cobriu uma extensão de aproximadamente 1.300 km². Com base em interpretação visual e digital de imagens de satélite, os autores apresentam mapas temáticos (geológico, morfológico, pedológico e da cobertura vegetal), que subsidiaram a análise do ambiente, na qual definem 11 unidades ambientais e seu grau de risco à desertificação. Foi o primeiro trabalho fundamentado em interpretação de imagens de satélite e integração dos dados geoecológicos.

Monteiro (1988) publicou os resultados de uma pesquisa realizada na Região do Alto Jaguaribe (CE). Um dos objetivos do trabalho foi experimentar a abordagem sistêmica como tratamento geográfico ao problema da desertificação. Além da caracterização geoecológica, o autor elabora, de forma muito original, um panorama das imbricadas relações socioeconômicas, com todas as implicações políticas envolvidas na questão da desertificação. Em última instância, trata-se de uma descrição da difícil relação homem-sociedade/sociedade-natureza, localizada espacialmente nos sertões nordestinos.

O trabalho realizado pela Funceme e apresentado por ocasião da primeira Conferência Internacional sobre Impactos de Variações Climáticas e Desenvolvimento Sustentável em Regiões Semiáridas (ICID 92), intitulado *Áreas Degradadas Suscetíveis aos Processos de Desertificação no Estado do Ceará - Brasil*, trata do mapeamento das áreas mais afetadas, indicando processos de desertificação, tendo como critério a aplicação do Índice de Aridez do PNUMA. Mostra, ainda, a ocorrência simultânea da degradação dos solos e da cobertura vegetal, detectadas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, que utilizam um Sistema de Informação Geografia (SIG). Essas informações indicaram que as áreas mais afetadas situam-se na região do município de Irauçuba e nas microrregiões Sertão de Inhamuns e Médio Jaguaribe. A propósito desses resultados, Conti (1995) registra a coincidência com os dados alcançados em seu trabalho. Aí reside um fato expressivo nos estudos da desertificação no Semiárido, porque, mais do que similaridade, são resultados concretos, com a indicação das áreas no Estado do Ceará já em processo de desertificação.

Sales (1998) faz uma reavaliação do Núcleo de Desertificação de Gilbués, no Piauí, e considera a área, do ponto de vista climático, fora das zonas suscetíveis ao fenômeno. Como contribuição pragmática, elabora o mapeamento das unidades de paisagem representativas das diferentes *fácies* da degradação ambiental local. Souza (1999) apresenta, por meio do estudo da desertificação da bacia do rio Taperoá (PB), uma contribuição metodológica importante para o estudo de áreas desertificadas, sobretudo quando relaciona dados de tendências de precipitação com o nível de degradação de vegetação nativa e o ritmo de sua recuperação. Lemos (1997) e Rodrigues e Viana (1997) apresentaram, para o Nordeste e o Ceará, respectivamente, estudos nos quais elegem algumas variáveis envolvidas no processo de degradação, compondo indicadores que, posteriormente submetidos a modelos estatísticos de análise fatorial, indicam os municípios afetados em diferentes intensidades pelos processos de desertificação.

Algumas instituições e alguns órgãos públicos federais e estaduais, entre as quais o Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio da coordenação do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil), conduziram os Estados a elaborar seus Programas ou Planos de Ações Estaduais de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. Nessas iniciativas, cada Estado trabalhou no diagnóstico das áreas desertificadas e no encaminhamento de soluções para a recuperação das áreas afetadas. A Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) tem realizado diversos estudos e projetos envolvendo identificação, mapeamento, zoneamento e monitoramento de áreas degradadas em processos de desertificação, a partir da aplicação de geotecnologias, como sensoriamento remoto e geoprocessamento, apoiadas em imagens de satélites de média e alta resolução espacial. Entre os trabalhos executados, está o mapeamento das *Áreas degradadas suscetíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará*, publicado em 1993, que identificou o município de Irauçuba



e regiões circunvizinhas, Inhamuns e Médio Jaguaribe, como as localidades mais suscetíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará. Mais recentemente, a Funceme concluiu o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) das Áreas Suscetíveis à Desertificação no Ceará, envolvendo os núcleos de desertificação de Irauçuba/Centro-Norte e Inhamuns. A atividade foi demandada pelo Departamento Nacional de Obras contra as Secas (Dnocs), visando à elaboração de um instrumento de ordenamento territorial.

Foram realizadas uma revisão geocartográfica para o embasamento dos mapeamentos temáticos e análises do PAN-Brasil do MMA; dos Panoramas Estaduais da Desertificação; do Atlas das Áreas Suscetíveis à Desertificação do Brasil (MMA, 2007); e dos Programas ou Planos de Ações Estaduais de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. A revisão e as análises ajudaram na caracterização e identificação de núcleos de desertificação em cada um dos 11 Estados brasileiros com áreas suscetíveis a esse processo.

2. Procedimentos metodológicos e operacionais

Este estudo pretende mostrar o estado atual dos conhecimentos e das informações sobre desertificação, degradação da terra e seca (DLDD) no Semiárido brasileiro, em nível regional e dos Estados que são suscetíveis a secas recorrentes e possuem territórios expostos aos processos de desertificação.

Com esse intuito, foram elaborados mapas na escala 1:500.000, abordando temas como Domínios Naturais, Vulnerabilidade Ambiental e Pluviometria Média Anual (1950 a 2012).

Para expressar o estado da arte da desertificação e degradação da terra no Brasil foi elaborado um mapeamento mais detalhado, na escala 1:250.000, identificando áreas com níveis avançados de degradação. O trabalho foi gerado por meio da interpretação de imagens de satélite feita por uma equipe de técnicos e consultores com vivência e conhecimentos sobre o Semiárido brasileiro. Foi, ainda, validado por especialistas dos Estados, durante as contribuições e discussões promovidas em um *workshop* realizado na cidade de Fortaleza, nos dias 30 e 31 de março de 2015.

2.1. Procedimentos operacionais das informações socioeconômicas

A análise socioeconômica da área de estudo buscou uma abordagem interdisciplinar e sistêmica, com vistas a entender os mecanismos e as inter-relações que explicam as características locais. Para isso, foram realizadas atividades envolvendo: definição de um sistema de indicadores socioeconômicos, coleta de dados, revisão bibliográfica, sistematização e análise dos dados.

Os dados foram coletados de forma secundária e em nível de município, de modo a tornar possível a análise de um maior número de indicadores. Foram obtidas informações para todos os 1.491 municípios que fazem parte da área de estudo.

A elaboração do diagnóstico socioeconômico é um processo complexo, pois envolve a análise de um grande número de informações. No caso do presente estudo, a complexidade foi intensificada em decorrência da extensão territorial da área de estudo, ou seja, 1.323.975,4 km², o que corresponde a 15,55% da superfície brasileira. Com o objetivo de reduzir os problemas de ordem operacional, optou-se por definir um sistema de indicadores que servisse de base para a caracterização socioeconômica e para a identificação das vulnerabilidades existentes nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil.

Os indicadores foram selecionados a partir dos seguintes critérios: pertinência quanto ao tema (condições econômicas, sociais e ambientais); clareza e objetividade; reconhecimento técnico e acadêmico; possibilidades técnicas de mensuração; disponibilidade de dados para os municípios estudados e facilidade de obtenção e confiabilidade dos dados disponíveis. A Tabela 1 mostra os indicadores selecionados, a fonte de coleta dos dados e o ano de referência.

A sistematização dos dados foi realizada por meio da agregação das informações obtidas em cada município, de modo que houvesse representação em nível de unidade Federativa e, em seguida, em termos da área total de estudo. Para tanto, foram adotados dois procedimentos estatísticos básicos, de acordo com o tipo de indicador. O primeiro consistiu em obter a soma dos valores do indicador em cada município, como o caso dos indicadores de produção agrícola, até que fosse obtido o valor representativo da unidade federativa e da área de estudo. O segundo consistiu em obter esse valor representativo a partir da média aritmética dos valores correspondentes aos municípios. Por exemplo, o valor referente ao indicador Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) no Maranhão é a média aritmética deste indicador, considerando os seus 27 municípios inseridos na área de estudo.



Tabela 1 – Indicadores socioeconômicos

Indicadores	Fonte de dados	Anos de referência
Indicadores dos Aspectos Demográficos	IBGE – Censos demográficos	1991-2000-2010
Indicadores de <i>Desenvolvimento Humano</i>	IBGE	1991-2000-2010
Indicadores de <i>Educação</i>	IBGE	1991-2000-2010
Indicadores de <i>Saúde</i>	IBGE	1991-2000-2010
Indicadores de <i>Emprego e Renda</i>	IBGE – Censo Agropecuário	2006
	PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) – Atlas Brasil 2013	1991 a 2010
Indicadores de <i>Gestão Ambiental</i>	IBGE – Pesquisa de Informações Básicas Municipais	2013
Indicadores Agrícolas	IBGE – Produção Agrícola Municipal	1990 a 2012
Indicadores Pecuários	IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal	1991 a 2012
Indicadores da Apicultura	IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal	1991 a 2012
Indicadores de Extrativismo Vegetal	IBGE – Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura	1990 a 2012

Fonte: Elaboração própria.

Sempre que possível, foi realizada uma análise da evolução temporal do comportamento do indicador, a partir do cálculo de taxas de crescimento.

Adicionalmente, foram confeccionados, a partir da base cartográfica utilizada no mapeamento temático, cartogramas dos indicadores socioeconômicos mais relevantes de modo a representar graficamente a distribuição absoluta ou relativa dos dados e uma melhor visualização e análise da distribuição espacial das informações.

2.2. Procedimentos operacionais das informações geoambientais

O levantamento bibliográfico e geocartográfico da análise de dados pluviométricos, do cruzamento de informações e da interpretação digital de imagens de satélite levou à elaboração de vários mapas temáticos envolvendo: domínios naturais; vulnerabilidade à desertificação; pluviometria média anual; e mapa das áreas mais visivelmente degradadas no Semiárido, ou seja, aquelas localidades em que as imagens de satélite apontavam como desflorestadas e fora do sistema produtivo. As condições de degradação destas áreas foram, posteriormente, confirmadas pelos especialistas estaduais que colaboraram com o estudo.

O conhecimento cartográfico evoluiu significativamente nos últimos tempos, principalmente no que tange aos seus aspectos técnicos, influenciados pelo rápido desenvolvimento tecnológico ocorrido em relação à cartografia. O advento das geotecnologias se enquadra nesse contexto,

destacando-se o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). A etapa inicial do mapeamento das áreas degradadas em processo de desertificação consistiu na elaboração e estruturação da base cartográfica no ArcGIS⁵ (licença disponível na Funceme), com detalhes cartográficos compatíveis com a escala de 1:250.000. Parte dos dados que integraram o mapeamento básico de toda área estudada foi adquirida no site do IBGE. Nesse sentido, foram realizados *downloads* de arquivos vetoriais, no formato *shapefile*⁶, das informações relacionadas à drenagem superficial, aos núcleos urbanos e limites municipais. No arquivo vetorial da rede de drenagem superficial, constam os principais cursos d'água e, nos núcleos urbanos, encontram-se as informações pontuais relacionadas à localização das capitais dos Estados. O arquivo vetorial referente aos limites municipais é datado de 2007 e, com base nele, verificou-se que, na área mapeada, encontram-se inseridos 1.491 municípios. As informações espaciais referentes aos espelhos d'água, mapeadas em 2008, foram disponibilizadas pela Funceme.

As imagens utilizadas no mapeamento são do satélite Landsat 8, sensor espectral Operational Land Imager (OLI), resolução espacial de 30 metros, bandas 4, 5 e 6, datadas de 2013 e 2014, disponibilizadas gratuitamente, por *download*, pelo *United States Geological Survey* (USGS) ou Serviço Geológico dos Estados Unidos. A área de estudo encontra-se recoberta por 73 órbitas Landsat, conforme ilustrado na Figura 1. Inicialmente, para cada órbita utilizada, foi realizada uma composição colorida com as bandas 6, no canal vermelho; 5, no preto; e 4, no salmão. Por meio dessa composição colorida, obteve-se uma melhor definição das formas geométricas, da textura e tonalidade dos alvos fotografados pelo satélite.

5 Grupo de programas de informática e que constitui um sistema de informação geográfica, produzido pela empresa ESRI, para trabalhar com mapas e informações georreferenciadas.

6 O *Esri Shapefile* ou simplesmente *shapefile* é um formato popular de arquivo que contém dados geoespaciais em forma de vetor. É usado por sistemas como o SIG. Fonte: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Shapefile>>.

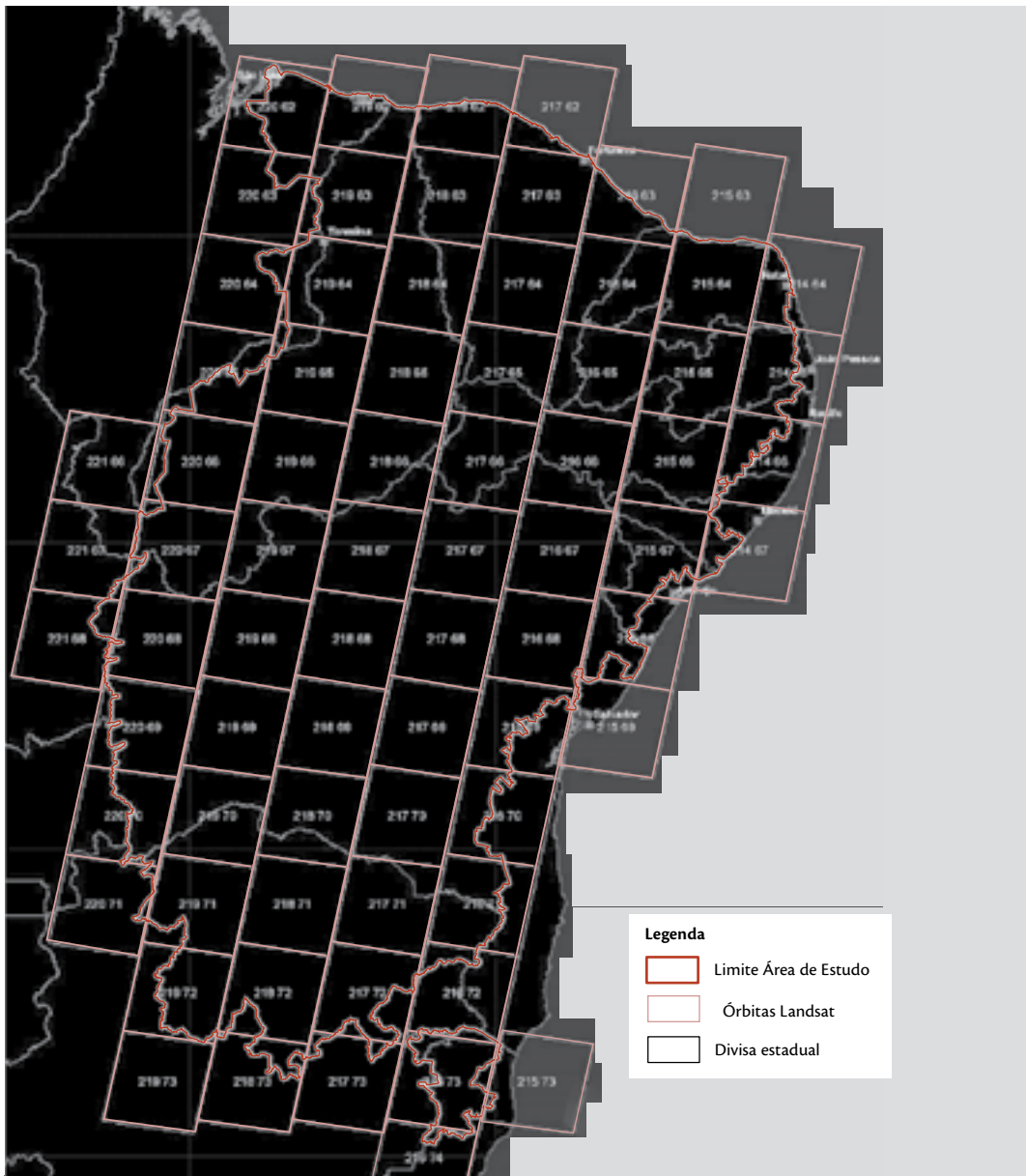


Figura 1 – Órbitas Landsat que recobrem a Área Suscetível à Desertificação do Brasil

Fonte: Funceme.

A Figura 2 mostra a composição das imagens Landsat 8 usadas no mapeamento deste estudo, indicando uma área intensamente utilizada pela atividade agrícola na região dos Chapadões do São Francisco (BA).

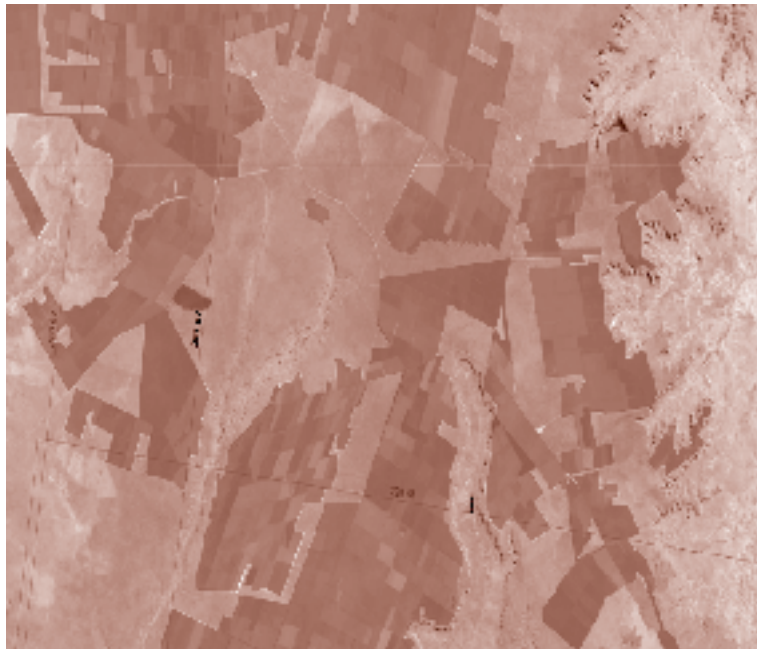


Figura 2 – Composição das imagens Landsat 8 (Bahia)

Fonte: <<https://lta.cr.usgs.gov/citation>>.

Todas as imagens Landsat 8 utilizadas na fase de mapeamento foram reprojetaadas para o *datum* *Sirgas 2000*⁷ e o processo de interpretação visual foi realizado com uso dos recursos de edição vetorial disponíveis no *software* ArcGIS 10.

Para a identificação das áreas com sinais mais visíveis de degradação, além dos critérios de interpretação baseados na resposta espectral das imagens, deve ser ressaltado que foram consideradas seleção e consulta de informações climáticas, socioeconômicas, de mapas do uso e da ocupação da terra, da cobertura vegetal, de sistemas ambientais e solos, para distinguir as características socioambientais de cada região.

7 Datum do latim dado, detalhe, pormenor em cartografia refere-se ao modelo matemático teórico da representação da superfície da Terra ao nível do mar, utilizado pelos cartógrafos numa dada carta ou mapa. Fonte: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Datum>>. Sirgas 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) é, atualmente, o sistema geodésico de referência oficial no Brasil, adotado na Cartográfico Nacional a partir de 25/02/2015.



A análise espacial das imagens de satélite possibilitou a obtenção de resultados na identificação e delimitação de ambientes com predisposição à expansão da desertificação como: solos bastante degradados, com evidentes restrições ao uso; cobertura vegetal fortemente degradada pelos desmatamentos contínuos; e atividades antrópicas resultantes da pecuária extensiva, do extrativismo (vegetal e mineral) e da agricultura itinerante. Todos esses fatores propiciam e intensificam a suscetibilidade aos riscos da degradação e da desertificação.

O mapeamento dos domínios naturais inseridos na área estudada foi realizado a partir de uma análise integrada dos temas Geologia, Relevo, Cobertura Vegetal, Solos e Uso da Terra, devidamente organizados e estruturados. As informações relacionadas aos temas Geologia e Relevo foram disponibilizadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), por meio do seu banco de dados Geobank. O relevo da área também foi analisado a partir do Modelo Digital de Elevação gerado pelo projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) [Missão Topográfica por Radar Shuttle] e disponibilizado gratuitamente pelo Serviço Geológico Americano. As informações sobre a Cobertura Vegetal e os Solos foram disponibilizadas pelo IBGE. As informações do Uso da Terra foram analisadas a partir das imagens do satélite americano Landsat 8. Os critérios utilizados na definição dos nomes dos domínios naturais mapeados buscaram agrupar principalmente as informações regionais do relevo.

A pluviometria média anual da área de estudo foi espacializada com base em uma grade regular de dados elaborados pela Unidade de Pesquisa Climática (Climatic Research Unit) da Universidade do Leste de Anglia, no Reino Unido. A partir dessa grade de pontos, foram aplicados métodos de interpolação de dados na geração do mapa, com pluviometria média anual referente ao período de 1950 a 2012. A interpolação de dados em ambiente SIG consiste na utilização de pontos com valores conhecidos para estimar valores em outros pontos desconhecidos, apresentando como resultado final os dados devidamente espacializados. O *software* ArcGIS disponibiliza aos seus usuários diversos métodos de interpolação, destacando-se o Inverso da Distância Ponderada (IDW) e a Krigagem. Na área mapeada, o método de interpolação que apresentou a melhor espacialização dos dados pluviométricos foi o da Krigagem⁸ (Figura 3). Cada triângulo representa uma estação pluviométrica. Para encontrar o valor de um ponto intermediário, utilizam-se os valores das estações vizinhas.

⁸ Kriging, muitas vezes traduzido como Krigagem, é um método de regressão usado em geoestatística para aproximar ou interpolar dados. Fonte: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Kriging>>.

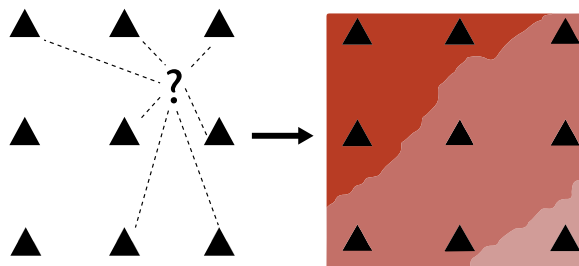


Figura 3 – Método de interpolação, em ambiente SIG, dos dados pluviométricos

Fonte: Funceme, 2015.

2.3. Workshop de validação

Com vistas a promover a avaliação e validação das informações apresentadas pelas imagens de satélite e pela bibliografia consultada, foi organizado um workshop com especialistas estaduais, de modo que a primeira versão do Estudo também pudesse ser submetida ao crivo desses profissionais. Eles ainda poderiam atualizar informações e indicar lacunas. Por isso, foram buscados pesquisadores que reconhecidamente desenvolvem trabalhos científicos nos temas afetos à DLDD ou ao desenvolvimento sustentável do Semiárido.

Participaram do *workshop* 37 pesquisadores, dos 11 Estados com territórios suscetíveis à desertificação. A maioria desses profissionais desenvolve suas atividades de pesquisa em universidades federais do Nordeste. Metodologicamente, o *workshop* foi organizado em dois momentos distintos: (i) a primeira parte foi dedicada à apresentação do estudo, por capítulo, e a um intenso debate com os especialistas estaduais a respeito das informações levantadas, buscando validação, ajustes e/ou complementação. Nessa etapa, os pesquisadores puderam indicar novas áreas nos Estados que deveriam ser incluídas, ou avaliadas pelo Estudo. Também complementaram e ajustaram as informações socioeconômicas; (ii) a segunda parte destinou-se a apresentações dos pesquisadores, sobre trabalhos que eles desenvolvem e que estão alinhados com os temas afetos à DLDD. Eles contribuíram, ainda, para a ampliação do capítulo sobre tecnologias e experiências de recuperação das áreas desertificadas e mitigação dos efeitos de seca.



3. Região Semiárida e os programas de combate à desertificação no Brasil

É importante observar que este estudo compreende uma área onde domina o clima Semiárido no Brasil. O Atlas das Áreas Suscetíveis à Desertificação no Brasil (MMA, 2007) aponta que a Região Semiárida brasileira possui diversas sub-regionalizações, assim definidas para atender a finalidades específicas. Todas, porém, têm algo em comum: buscam delimitar as áreas mais vulneráveis à escassez hídrica.

Sob o ponto de vista estritamente climático e considerando critérios estabelecidos por Thornthwaite (1941), por meio do Índice de Aridez, admite-se que, nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, a razão entre a precipitação anual e a evapotranspiração potencial está compreendida entre 0,05 e 0,65 (Tabela 2).

Tabela 2 – Classificação climática de acordo com o Índice de Aridez

Classe climática	Índice de Aridez (*)
Hiperárido	< 0,05
Árido	0,05 < 0,20
Semiárido	0,21 < 0,50
Subúmido seco	0,51 < 0,65
Subúmido úmido	> 0,65

Fonte: Elaboração própria, considerando critérios estabelecidos por Thornthwaite.

Nota: (*) Razão entre a precipitação anual e a evapotranspiração potencial.

No Semiárido nordestino, as temperaturas mantêm evidente regularidade. As médias térmicas são sempre superiores a 23°C e a temperatura média do mês mais quente é pouco superior à do mês mais frio. Há, assim, baixos valores de amplitudes térmicas e altas taxas de evaporação e de evapotranspiração, com valores em torno de 2.000 mm. A umidade relativa do ar tem médias de 50%.

A marca característica do Semiárido é a irregularidade do regime pluviométrico durante a estação chuvosa, que se prolonga por 3 a 5 meses no ano. A estação seca tem período de variação de 7 a 9 meses. No regime pluviométrico, além da grande variação das chuvas no período, há variações nos totais anuais entre diferentes anos, em uma mesma localidade. Desse modo, a expressiva irregularidade das chuvas no tempo e no espaço é muito própria do Semiárido. Há assim, além da irregularidade ou ausência, a incerteza das chuvas com antecipações ou retardamentos. O clima é, às vezes, seco, às vezes, úmido, ou o intermediário entre tais condições. Numa série histórica, há anos

em que as chuvas tendem a se concentrar em um período curto durante a estação. Em outros anos, caem torrencialmente, provocando cheias catastróficas. Em casos extremos, as chuvas têm valores muito abaixo das médias normais. Instalam-se, então, os anos de seca. No Semiárido brasileiro, a seca exerce o mais forte impacto sobre o ambiente e sobre o contexto social e econômico.

Quanto à desertificação, a UNCCD admite o Índice de Aridez (IA) da classificação de Thornthwaite (*op. cit*) como critério capaz de delimitar as Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD). Considerando que o Nordeste brasileiro não possui climas áridos ou hiperáridos, fica evidente que as ASD estarão associadas aos climas semiáridos e subúmidos secos, com índices variando, respectivamente, entre 0,21 e 0,50 e entre 0,51 e 0,65. Consensualmente, chegou-se a admitir uma terceira categoria de ASD situada nas chamadas áreas de entorno. Elas representam faixas de transição que contornam os espaços semiáridos e subúmidos secos e têm características ambientais similares àqueles espaços. Em algum momento, também estiveram em situação de emergência, em razão de secas graves.

3.1. Histórico da legislação de convivência com as secas

A Seca no Nordeste do Brasil tem seu primeiro registro na "História da Companhia de Jesus no Brasil", quando o padre Serafim Leite, em 1559, faz referência sobre a Seca na Bahia. Posteriormente, o jesuíta Fernão Cardim fez registro da Seca em 1587, nas províncias da Bahia e de Pernambuco. Entretanto, se tomarmos como marco referencial jurídico a proclamação da independência do Brasil, vamos observar que a temática das secas e estiagens tem sido acolhida no texto constitucional brasileiro desde o período do Império, com a Constituição de 1824, que previu a garantia dos socorros públicos à população em situações de emergência, nessas incluídas o chamado "flagelo da seca", com previsão orçamentária anual e possibilidade de suplementação ou, nos casos emergenciais, se houvesse necessidade e inexistisse a respectiva previsão, a permissão para abrir crédito extraordinário (PITOMBEIRA, 2013).

Dez anos depois, o Ato Adicional de 1834 atribuiu às Assembleias competência para legislar sobre casos de socorros públicos (art. 10, § 10), descentralizando o poder de deliberações em torno de questões emergenciais regionais (PITOMBEIRA, 2013).

Assim, a estrutura jurídico-institucional iniciada com a Constituição do Império aborda as questões relacionadas às secas, descrevendo os socorros públicos que eram distribuídos aos flagelados dessas intempéries, em postos e colônias coordenados por uma comissão específica, sendo o comissário distribuidor desses socorros indicado pelo Presidente da Província. Outras atividades vinculadas a essa comissão eram as obras emergenciais com o objetivo de oferecer trabalho às vítimas da seca.



No regime constitucional inaugurado com a proclamação da República, um dos primeiros documentos abordando a problemática das secas e estiagens foi o Decreto Federal n.º 1.396, de 1905, dispondo sobre obras preventivas aos efeitos das secas. Outro documento legal igualmente importante foi o Decreto Federal n.º 7.619, de 1909, criando a Inspetoria de Obras contra as Secas (Ilocs) que, em 1919, passou a ser chamada de Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (Ifocs).

Durante a seca de 1932, foi instituído, pelo interventor Federal no Ceará, um Programa de Campos de Concentração para os retirantes da seca, local onde os indivíduos eram incentivados a entrar e impedidos de sair. Diante da impopularidade dessa medida, em etapa posterior, o interventor Federal criou a Comissão de Abastecimento Público, com vistas a coibir a elevação dos preços dos gêneros alimentícios e, assim, minimizar os custos das perdas econômicas por parte dos atores afetados pela seca (NEVES, 2001).

A Constituição de 1934 abordou os efeitos das secas nos Estados do Norte, definindo como competência da União a organização da defesa permanente contra os efeitos desses fenômenos, dispondo sobre um plano sistemático ao enfrentamento dos problemas das secas e estiagens, com definição de previsão orçamentária (não inferior a 4%) para as obras de assistência. Isso porque, até janeiro de 1942, os documentos oficiais brasileiros consideravam os Estados nordestinos como Estados do Norte, pois assim eram identificados desde 1913. Somente em 1942 foi criada a Região Nordeste, de acordo com os registros do IBGE (2013).

Em 1936, foi estabelecida, pelo Governo Federal, a poligonal sobre a qual atuaria esse plano sistemático, que deveria compreender obras e serviços de execução normal e permanente, bem como de execução emergencial. Em 1945, o Ifocs passou a denominar-se Departamento Nacional de Obras contra as Secas (Dnocs).

O Dnocs deveria centralizar e unificar todos os serviços governamentais relacionados ao combate às secas e as prioridades de ação eram as construções de estradas, açudes, barragens e poços, com o objetivo de viabilizar suporte às atividades econômicas nos períodos de estiagem, notadamente na oferta de água para o consumo humano e a agricultura.

Diferentemente da Constituição de 1934, a de 1937 não aborda a temática das secas e estiagens. A Constituição de 1946, por sua vez, estabeleceu a execução de um plano de defesa contra as secas do Nordeste, destinando o mínimo de 3% do orçamento federal para as obras e serviços de assistência econômica e social. É desse período o redirecionamento da política voltada ao aproveitamento racional dos recursos públicos, ao invés da prioridade na construção dos açudes, bem como a

alteração do perímetro do polígono da seca, como se deu por meio da Lei n.º 1.348, de 1951, que dispõe sobre a revisão dos limites de tal área.

Alguns eventos relevantes demonstram esse redirecionamento conduzido de forma institucional, como a criação da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf), fundada em 1945, viabilizando o uso do potencial de geração de energia do Rio São Francisco, como também a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (Codevasf), fundada em 1948, e o Banco do Nordeste do Brasil (BNB), instituição financeira de fomento ao desenvolvimento da região Nordeste, criada em 1952. Também concorreram nesse sentido os resultados do Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste (GTDN), criado em 1959 e coordenado pelo economista Celso Furtado, sobre a realidade do Semiárido e as alternativas ao desenvolvimento (Duarte, 2012).

Como pode ser observado no período compreendido entre 1909 e 1959, coube aos locs e, posteriormente, aos Dnocs, a execução das diversas obras na região Nordeste, fosse de caráter normal, permanente ou emergencial, independentemente de serem ou não obras hídricas, como a construção de grandes açudes no Ceará – Orós, Banabuiú e Araras. Além disso, nos anos 60, a região Nordeste receberia o apoio da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), criada em 1959. As Constituições de 1967 e de 1969 atribuem à União competência para organizar a defesa contra a seca e delegam à lei infraconstitucional a regulamentação do aproveitamento agrícola das terras sujeitas a intempéries e calamidades públicas. Na década de 70, foram criados programas governamentais estimulando o desenvolvimento do Nordeste brasileiro, a exemplo dos programas listados a seguir:

- Programa de Redistribuição de Terra e de Estímulo à Agroindústria do Norte e Nordeste (Proterra), com o objetivo de viabilizar o acesso à terra, por meio da compra de fazendas para fins de reforma agrária;
- Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste (Polonordeste), com a finalidade de promover o desenvolvimento e a modernização das atividades agropecuárias de áreas prioritárias do nordeste brasileiro, com foco em polos agrícolas ou agropecuários; e o
- Programa Especial de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semiárida do Nordeste (Projeto Sertanejo), com a finalidade de fortalecer a economia das unidades de produção agropecuária, de pequeno e médio porte do Semiárido nordestino, com prioridade para as áreas mais afetadas periodicamente pelas secas.

Além disso, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), instituída em 1972, criou o Centro de Pesquisa Agropecuário do Trópico Semiárido (CPATSA), atual Embrapa Semiárido, a partir



de pesquisas voltadas a abordar o inventário dos recursos naturais, o desenvolvimento de sistemas de produção para áreas irrigadas e de sequeiro e o manejo do bioma Caatinga.

Nos anos 80, o destaque institucional foi o Programa de Apoio ao Pequeno Produtor Rural (PAPP), no âmbito do Projeto Nordeste, que também tinha por objetivo definir uma estratégia de desenvolvimento rural para pequenos produtores, com vistas a promover a melhoria geral das condições de vida da população no campo.

No início da década de 1990, a estratégia do PAPP evoluiu para um amplo programa de desenvolvimento rural comunitário, a cargo dos Estados, com o apoio técnico e de financiamento do Banco Mundial. Basicamente, os projetos que tinham o seu planejamento definido de cima para baixo passaram a ser realizados de forma participativa e executados pelas comunidades beneficiárias.

No cenário jurídico atual, inaugurado sob a Constituição de 1988, foi incluído o trato jurídico específico em torno do problema das secas e do Semiárido. Foi criado o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE), com a finalidade de contribuir para o desenvolvimento econômico e social daquela Região, reforçando atividades no Semiárido compatíveis com as peculiaridades da área, segundo orientações do Programa Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR) e do programa do próprio FNE.

Em 2015, foi aprovada no Congresso Nacional a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas, por meio da Lei n.º 13.153.

3.2. Delimitação do Semiárido brasileiro

A primeira tentativa para estabelecer a configuração oficial do Semiárido brasileiro remonta à delimitação do chamado Polígono das Secas. Essa denominação já presume o vínculo estreito entre o Semiárido e o fenômeno das secas. Esse Polígono foi criado, inicialmente, pela Lei n.º 175, de 7 de janeiro de 1936 que, posteriormente, foi revisada pelo Decreto Lei n.º 9.857, de 13 de setembro de 1946. O presente estudo, por sua vez, faz referência a três propostas de delimitação do Semiárido que ainda merecem as devidas avaliações.

Em 11 de dezembro de 1968, o Decreto-Lei n.º 63.778 delegou-se à Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) a competência de declarar, observada a legislação específica, quais seriam os municípios considerados como pertencentes ao Polígono da Secas. Admitia-se, então, que a delimitação deveria atender à precipitação pluvial média anual igual ou inferior a 800

mm, na área identificada como Polígono das Secas (Figura 4). No entanto, tratava-se de um critério pouco flexível e de caráter eminentemente meteorológico.

Em 1993, a Funceme, em convênio com o BNB, apresentou uma proposta de dimensionamento do Semiárido brasileiro em função da análise climatológica, com base no valor modal de 800 mm e do exame das condições geoecológicas, tendo sido essa exposição atualizada em 2005 (Figura 5). Essa proposta foi uma contribuição para a nova delimitação da área geográfica de abrangência do Semiárido brasileiro. No presente estudo, procedeu-se à delimitação, usando a isoietas⁹ modal anual inferior a 800 mm. Na plotagem dos valores modais, foram consideradas todas as localidades do Nordeste com isoietas modais anuais inferiores a 800 mm, considerando dados históricos com série superior a 30 anos. De modo complementar, foram consideradas as condições geoambientais, cuja interação entre os componentes abióticos e bióticos conduzem ao espaço geográfico ocupado pelo bioma Caatinga e pelas faixas de transição com outros domínios fitoecológicos ou geobotânicos. O Semiárido é inteiramente sobreposto pela província das caatingas e por suas faixas de transição.



Figura 4 – Polígono das Secas

Fonte: Sudene (Lei n.º 7.827/89).

⁹ Isoietas são curvas que delimitam regiões de mesma pluviosidade (quantidade de chuva, em mm, que cai em determinada região e período). Fonte: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Isoieta>>.

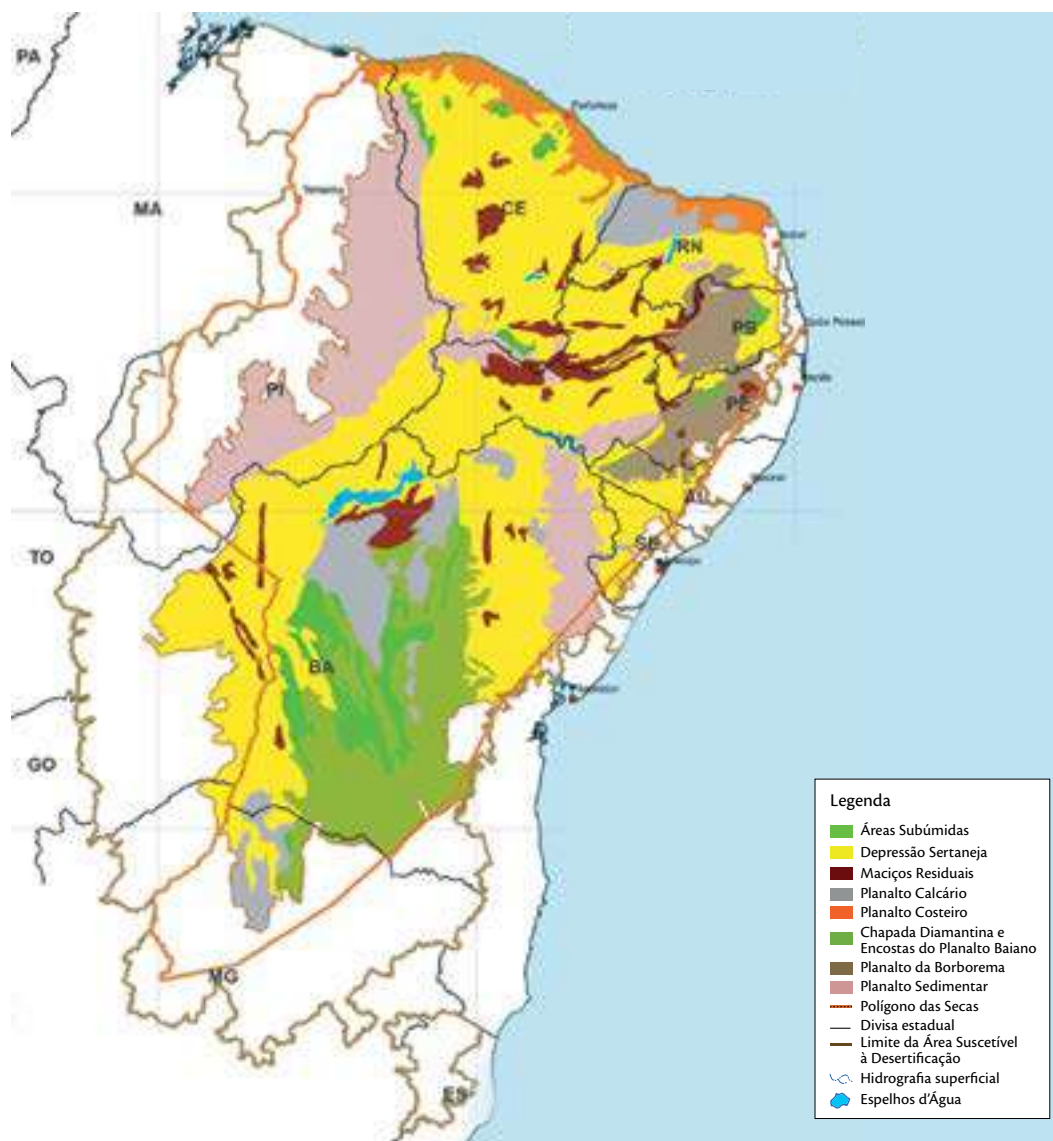


Figura 5 – Região Semiárida do Brasil e as grandes unidades geossistêmicas

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005; da Proposta de Dimensionamento do Semiárido Brasileiro, BNB/Funceme, 2005; e da Sudene (Polígono das Secas, Lei n.º 7.827/89).

A **Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro** foi oficializada em 2005, pelo Ministério da Integração Nacional (MI).

Foram utilizados para a nova delimitação os seguintes critérios técnicos sobrepostos:

- 1. Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm (isoieta de 800 mm);
- 2. Índice de Aridez de até 0,5 calculado pelo índice que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990;
- 3. Risco de seca maior do que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

Como resultado da aplicação desses critérios, a área oficialmente classificada como semiárida aumentou de 892.309 km² para 982.563,30 km² (Figura 6). A nova área envolve 1.133 municípios e abriga uma população de 22.581.687 (Tabela 3).

Tabela 3 – Quantidade de municípios e habitantes inseridos na Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro

Estados do Semiárido	Nº total de municípios/ Estado	Nº de municípios no Semiárido /Estado	Área semiárida por Estado		População inserida no Semiárido por Estado	
			Km²	%	Nº de habitantes	%
Piauí	221	127	150.454,25	59,87	1.043.107	4,62
Ceará	184	150	126.514,87	85,47	4.724.705	20,92
Rio Grande do Norte	166	147	49.589,87	93,27	1.764.735	7,81
Paraíba	223	170	48.785,32	86,54	2.092.400	9,27
Pernambuco	185	122	86.710,44	85,83	3.655.822	16,19
Alagoas	101	38	12.686,86	45,81	900.549	3,99
Sergipe	75	29	11.175,64	51,11	441.474	1,96
Bahia	415	265	393.056,09	69,32	6.726.506	29,79
Minas Gerais	165	85	103.589,96	17,60	1.232.389	5,46
Total	1.735	1.133	982.563,30	-	22.581.687	-

Fonte: Censo Demográfico, IBGE (2010).

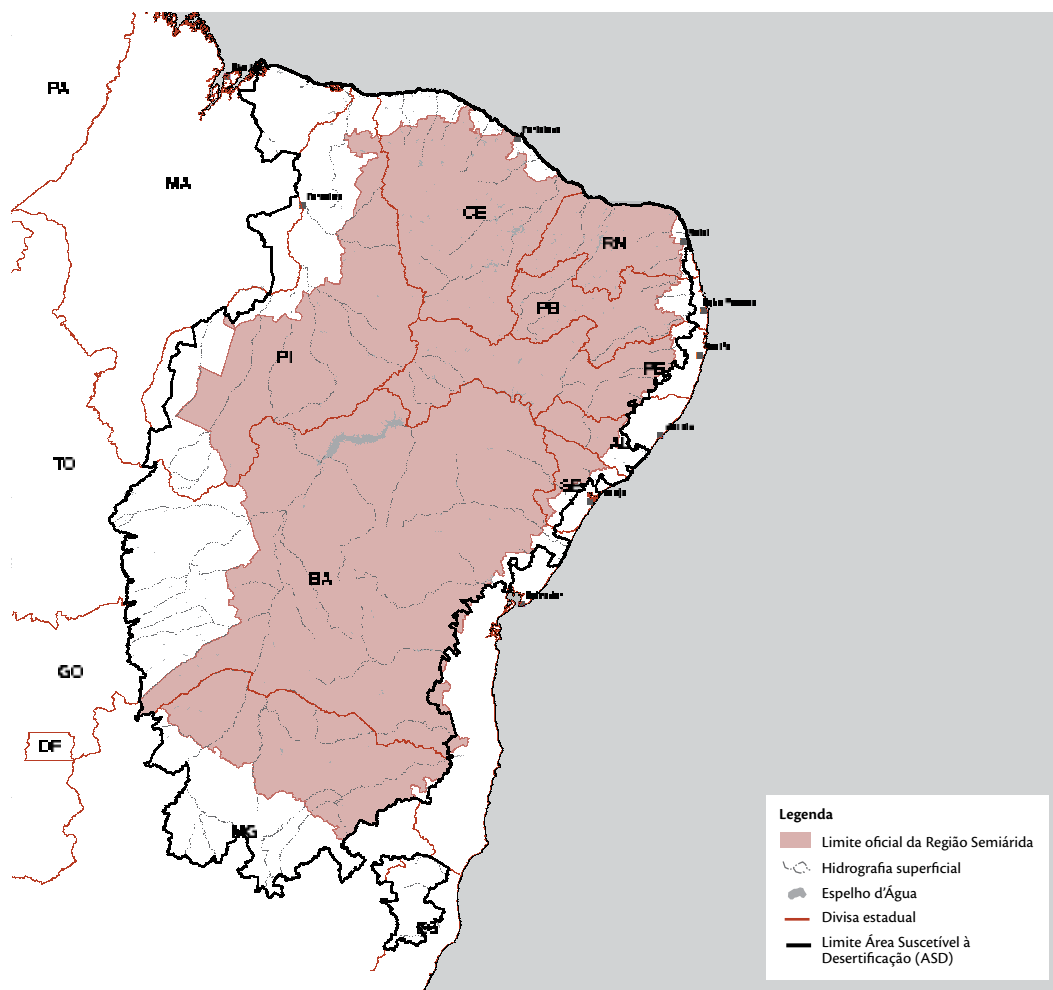


Figura 6 – Nova delimitação do Semiárido brasileiro

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações MI, 2005 e do limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

Os conhecimentos acumulados sobre o clima permitiram 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, resultando no fenômeno da seca que, periodicamente, assola a população da região.

Mesmo com esses critérios, muitos municípios que têm parte dos seus territórios com características semiáridas sofrem deficiência hídrica, ficando fora da delimitação e, consequentemente, sem direito

aos benefícios de algumas políticas governamentais, tais como os recursos do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE).

O principal motivo da não inclusão desses municípios é a falta de dados pluviométricos para estabelecer uma série histórica de, no mínimo, 30 anos. Assim, municípios que não tinham pluviômetro nas áreas semiáridas de seu território, com tempo suficiente para gerar uma série histórica que confirmasse essa condição, não foram incluídos.

Espera-se, no entanto, que no futuro seja feita uma nova atualização desses dados e que essas distorções possam ser corrigidas.

As previsões ainda mostram que, mesmo que os totais pluviométricos permaneçam estáveis, um pequeno aumento da temperatura tende a elevar as taxas de evaporação, o que desencadearia menor retenção de umidade no solo, contribuindo para afetar negativamente o balanço hídrico. Os modelos que analisam o balanço hídrico para a região apontam para uma ampliação da deficiência hídrica, o que configuraria uma tendência de transformar partes do Semiárido em uma zona de aridez até o final do século 21.

3.3. Considerações sobre os programas de ação de combate à desertificação e mitigação dos efeitos de seca no Brasil e definição da Área Suscetível à Desertificação

A elaboração do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos de Seca (PAN-Brasil) foi iniciada em 2003 e concluída em 2004, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente (MMA), seguindo uma metodologia participativa. Seu processo de elaboração foi apoiado em uma articulação institucional que envolveu órgãos federais, estaduais, organizações da sociedade civil e parlamentos das esferas Federal e estadual, por meio de fóruns como: (i) o Grupo de Trabalho Interministerial (GTIM), com representação dos ministérios e demais órgãos federais voltados ao desenvolvimento sustentável da região Nordeste; (ii) o Grupo de Trabalho Parlamentar, liderado pela Comissão de Meio Ambiente da Câmara Federal e com a participação de parlamentares estaduais, formalmente indicados por suas respectivas Assembleias Legislativas e; (iii) o Grupo de Trabalho da Sociedade Civil Organizada, liderado pela Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), instituição que congrega mais de mil organizações da sociedade civil no Nordeste.



O documento foi concebido em quatro eixos, correspondentes aos macroobjetivos do governo federal, definidos como:

- Combate à Pobreza e à Desigualdade;
- Ampliação Sustentável da Capacidade Produtiva;
- Preservação, Conservação e Manejo Sustentável de Recursos Naturais; e
- Gestão Democrática e Fortalecimento Institucional.

Com base nesses eixos, foi determinado um conjunto de ações e propostas para implementação do programa.

O documento ressalta as dimensões e os fatores responsáveis pelo processo de desertificação, aponta os espaços mais afetados pelas secas recorrentes na região Nordeste e define a Área Suscetível à Desertificação (ASD) e suas características. O documento destaca: (i) os Núcleos Desertificados, como áreas já reconhecidas pelo poder público como sendo de alto grau de degradação; (ii) as áreas semiáridas, definidas pelo governo federal a partir da isoieta de 800 mm; (iii) as áreas subúmidas secas, seguindo o Índice de Aridez definido pela UNCCD; (iv) as localidades do entorno das áreas semiáridas e subúmidas secas que, em algum momento, estiveram em estado de calamidade devido à estiagem prolongada, e; (v) as novas áreas em processo de desertificação, indicadas pelos diagnósticos estaduais, elaborados a partir de 2004; vi) a relação das ASD com o bioma Caatinga, o Polígono das Secas e a Região Semiárida. Portanto, a ASD cobre uma área superior à Região Semiárida.

A área de cada Estado suscetível à desertificação, ou seja, a ASD, foi calculada pela Funceme, por meio do software ArcMap, usando a malha digital municipal de 2007 disponibilizada pelo IBGE. Sua extensão territorial é de 1.344.766,64 km², aproximadamente 15% do território nacional, abrangendo 1.491 municípios (Tabela 4) em nove Estados da região Nordeste, no norte de Minas Gerais e norte do Espírito Santo. A Figura 7 mostra a ASD, juntamente com o Polígono das Secas e a Região Semiárida.

Tabela 4 – Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Estado	Área total por Estado (km²) ^(*)	Área de cada Estado Suscetível à Desertificação – (ASD) (km²) ^(**)	Proporção da Área Suscetível à Desertificação em relação à área total dos Estados
Alagoas	27.774,993	17.670,4	63,62
Bahia	564.733,081	491.741,4	87,07
Ceará	148.886,308	148.886,31	100,00
Espírito Santo	46.096,925	16.724,3	36,28
Maranhão	331.936,948	40.809,6	12,29
Minas Gerais	586.519,727	178.850,93	30,49
Paraíba	56.469,744	53.421,9	94,60
Pernambuco	98.149,119	89.571,7	91,26
Piauí	251.611,932	238.901,5	94,94
Rio Grande do Norte	52.811,126	51.977,2	98,42
Sergipe	21.918,493	16.211,4	73,96
Área de estudo	2.186.908,40	1.344.766,64	61,49

Fonte: ^(*) Área dos Estados – site IBGE (consultado em 2015);
^(**) ASD dos Estados calculada pela Funceme, por meio do ArcMap, usando os limites dos municípios da base do IBGE (2007).

O PAN-Brasil indica ações concretas a serem desenvolvidas pelos poderes públicos e as providências imediatas para a sua implementação, destacando a necessidade de um arcabouço político.

A ação mais atual nesse sentido foi a aprovação da Lei n.º 13.153, em 30 de julho de 2015, que institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca no Brasil e prevê a criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação. O objetivo número 1 da Lei é prevenir e combater a desertificação e recuperar as áreas em processo de degradação da terra em todo o território nacional. Para cumprir esse objetivo, é fundamental o conhecimento da realidade atual do problema.

Com a finalização do PAN-Brasil, em 2004, os governos dos Estados iniciaram a elaboração dos Programas ou Planos de Ações Estaduais de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAE), como instrumentos detalhadores das ações públicas e privadas no nível local.

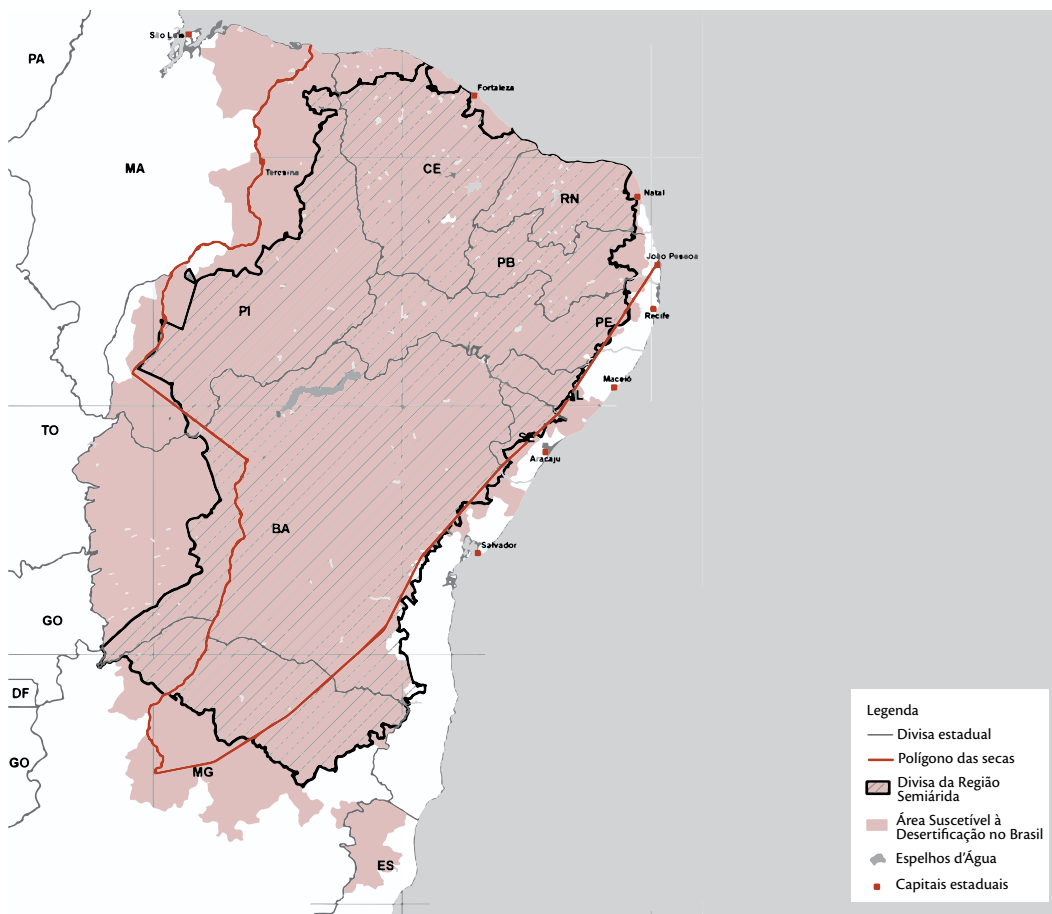


Figura 7 – Mapa da Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do Atlas Nacional do Brasil, Região Nordeste, IBGE, 1985; do limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005; e da Proposta de Dimensionamento do Semiárido Brasileiro, BNB/Funceme, 2005.

Por meio da análise dos documentos referentes aos PAE e/ou Panoramas estaduais, é possível estabelecer algumas considerações, apresentadas de forma sucinta na Tabela 5.

Tabela 5 – Síntese das principais informações sobre a ASD no Brasil de acordo com dados dos PAE

Estado	N.º de municípios por Estado na ASD	Dados dos PAE
Alagoas	65	No Estado de Alagoas, a Área Suscetível à Desertificação envolve 65 municípios. A desertificação ocorre principalmente nos municípios de Ouro Branco, Maravilha, Inhapi, Senador Rui Palmeira, Carneiros, Pariconha, Água Branca e Delmiro Gouveia. Isso é muito significativo, se considerado que os problemas se ampliam e se agravam, sobretudo, nos seus aspectos ambientais, sociais e econômicos. O PAE/AL apresenta dados para que o Estado e a sociedade possam desenvolver instrumentos conjuntos que combatam a grave situação diagnosticada.
Bahia	289	A ASD do Estado da Bahia compreende 289 municípios. Na Área Piloto para estudos de desertificação, foram identificados 12 municípios com níveis de degradação variando de severo a moderado. São eles: Abaré, Canudos, Chorrochó, Curaçá, Glória, Jeremoabo, Macururé, Paulo Afonso, Pedro Alexandre, Rodelas, Santa Brígida e Uauá. O PAE/BA sinaliza o empenho contra a desertificação no Estado, pois confirma o comprometimento com políticas redutoras das desigualdades sub-regionais e sociais nas áreas de alta suscetibilidade à desertificação.
Ceará	184	No Estado do Ceará, que tem todo o seu território suscetível à desertificação, foram delimitados três núcleos com níveis de ocorrência muito graves. São eles: I – Irauçuba/ Centro-Norte, que abriga os municípios de Canindé, Irauçuba, Miraíma e Santa Quitéria; II – Inhamuns, que abriga os municípios de Arneiroz, Independência e Tauá; e III – Médio Jaguaribe, que abriga os municípios de Jaguaretama, Jaguaribe, Alto Santo e Morada Nova. O PAE/CE teve como objetivo contribuir para a convivência com o Semiárido, por meio da sustentabilidade ambiental do bioma Caatinga, a partir de políticas ambientais, sociais e econômicas, focadas na redução da pobreza. Estabelece que as ações prioritárias de combate à desertificação estejam articuladas, quando possível, aos programas, às políticas ou aos planos dos órgãos e instituições competentes para o enfrentamento do problema.
Espírito Santo	24	A ASD do Espírito Santo envolve 24 municípios do centro-norte do Estado. São áreas com baixa incidência de secas, incluídas no entorno do subúmido seco e do Semiárido que, por definição, são as localidades mais propensas à degradação. Como Área Piloto, é indicada a Bacia do Rio São José, que abriga os municípios de: Pancas, Alto Rio Novo, Mantenópolis, Águia Branca, Vila Valério, Sooretama, São Domingos do Norte, Rio Bananal, São Gabriel da Palha e Linhares. A discussão sobre a desertificação no Espírito Santo é recente. O documento utilizado como referência na elaboração desse estudo para o Estado foi o <i>Panorama da Desertificação-ES</i>, que mostra a caracterização socioambiental do território, permitindo indicar tendências à vulnerabilidade, materializadas por meio das relações homem-natureza.
Maranhão	60	Para o Estado do Maranhão, o PAE indica que a ASD foi estabelecida em três subáreas: Subárea I – Chapadinha e Barreirinhas, com 27 municípios; Subárea II – Região de Caxias e Pastos Bons, com 32 municípios; e Subárea III – compreendendo o município de Grajaú. O PAE/MA disponibiliza importante estudo sobre a temática da semiaridez no território maranhense e identifica a ASD a partir dos municípios inseridos nas regiões de clima semiárido, subúmido seco e áreas de entorno. Tem como responsabilidade a criação de políticas públicas voltadas às questões de semiaridez, para combater o processo de desertificação no Estado.



Estado	N.º de municípios por Estado na ASD	Dados dos PAE
Minas Gerais	142	O Estado de Minas Gerais classificou a ASD em três subgrupos: do semiárido, do subúmido e do entorno. A ASD do grupo semiárido abrange 22 municípios no norte de Minas Gerais. A ASD do grupo subúmido envolve 61 municípios do norte de Minas e Vale do Jequitinhonha. E a ASD do entorno abrange 59 municípios do norte de Minas e dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. O PAE/MG estabelece que as ações prioritárias de convivência com a seca e combate à desertificação estejam articuladas, quando possível, aos programas, às políticas ou aos planos já existentes.
Paraíba	209	O PAE do Estado da Paraíba admite que os maiores níveis de degradação estejam localizados na mesorregião da Borborema (Cariri Oriental e Ocidental; Seridó Oriental e Ocidental) e na mesorregião do Sertão (principalmente nos municípios de Patos, Catolê do Rocha, Piancó, Sousa, Itaporanga e Cajazeiras). Nas microrregiões de Piancó, Cajazeiras e Sousa, as áreas com elevado nível de degradação estão concentradas ao longo do Vale Piancó, no entorno da cidade de Cajazeiras e na bacia sedimentar de Sousa. O PAE da Paraíba é apontado como um instrumento que pode alavancar uma nova fase na relação sociedade/natureza, nas áreas fortemente afetadas pelos processos de desertificação.
Pernambuco	136	O Estado de Pernambuco possui 136 municípios inseridos na ASD. Conforme o documento, a maior parte da área corresponde ao domínio do Semiárido com alta suscetibilidade à desertificação. O restante corresponde a áreas subúmidas secas e áreas do entorno. Os índices mais avançados de desertificação estão no Núcleo de Desertificação de Cabrobó (municípios de Belém do São Francisco, Cabrobó e Floresta). O PAE/PE demonstra claramente a vontade política do governo de traçar caminhos para combater à desertificação e mitigação dos efeitos da seca.
Piauí	173	No Estado do Piauí, a ASD abrange 173 municípios, dos quais, 150 estão sob o domínio do Semiárido e 23, sob o domínio da zona subúmida seca. As regiões subúmidas secas e semiáridas, por definição, são as mais propensas à desertificação. Essas evidências e a possibilidade de expansão da desertificação são particularmente notáveis no Núcleo de Desertificação de Gilbués, onde as vulnerabilidades ambientais, aliadas à histórica ocupação desordenada do solo e à realização de atividades antrópicas degradantes, contribuíram para o processo de degradação ambiental da região. O Núcleo de Desertificação Gilbués compreende os municípios de Gilbués, Monte Alegre do Piauí, Riacho Frio, São Gonçalo do Gurguéia, Redenção do Gurguéia, Corrente e Barreiras do Piauí. O PAE/PI estabelece diretrizes e instrumentos legais e institucionais que permitem otimizar a formulação e execução de políticas públicas e investimentos privados na ASD, no contexto das ações de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca e de promoção do desenvolvimento sustentável.
Rio Grande do Norte	159	Conforme o PAE/RN, o Estado apresenta 159 municípios incluídos na ASD. Na área referida, o nível de degradação é mais intenso no Núcleo de Desertificação do Seridó (municípios de Acari, Carnaúba dos Dantas, Cruzeta, Currais Novos, Equador e Parelhas). Segundo se afirma no PAE, a localização do Núcleo corresponde ao Centro do Polígono das Secas. O PAE/RN busca atender a todos os aspectos técnicos, científicos, políticos, econômicos, ambientais e sociais envolvidos no processo de desertificação.

Estado	N.º de municípios por Estado na ASD	Dados dos PAE
		O PAE de Sergipe classifica e indica a ASD como os territórios semiáridos, subúmidos secos e de entorno. Esses territórios abrangem, respectivamente, 6, 28 e 14 municípios. O Semiárido, onde é maior a suscetibilidade à desertificação, abrange o Território do Alto Sertão Sergipano com sete municípios: Canindé de São Francisco, Gararu, Monte Alegre de Sergipe, Nossa Senhora de Lourdes, Nossa Senhora da Glória, Poço Redondo e Porto da Folha.
Sergipe	48	O Território do Alto Sertão corresponde à microrregião do Sertão do São Francisco, sendo englobado, segundo indicadores do PAN-Brasil, em Estado muito grave, sob o ponto de vista da degradação ambiental ou da desertificação. O PAE/SE, elaborado de forma participativa, mostra as necessidades ambientais e demandas sociais para o combate a desertificação e mitigação dos efeitos da seca no Estado e, especificamente, na sua ASD.

Fonte: PAE dos Estados.

4. Aspectos ambientais

Os aspectos ambientais das áreas susceptíveis à desertificação no território brasileiro não encontram paralelos em nenhuma parte do globo, não somente em função das questões de clima, uso e ocupação dos solos, mas, principalmente, pela cobertura vegetal única, como podemos observar nos itens a seguir.

4.1. Localização da Área Suscetível à Desertificação no Brasil

A área de estudo (ASD) fica na região Nordeste do Brasil, incluindo todo o Semiárido e áreas de entorno, conforme mostrado anteriormente. Está localizada entre os paralelos 02°20'00" e 19°50'00" de latitude S e 44°05'00" e 35°00'00" a oeste de Greenwich, cobrindo uma superfície de 1.323.975,4 km² do território brasileiro. Compreende parte dos Estados de Alagoas, da Bahia, do Espírito Santo, do Maranhão, de Minas Gerais, da Paraíba, de Pernambuco, do Piauí, do Rio Grande do Norte e de Sergipe, além de todo o Estado do Ceará (Figura 8).

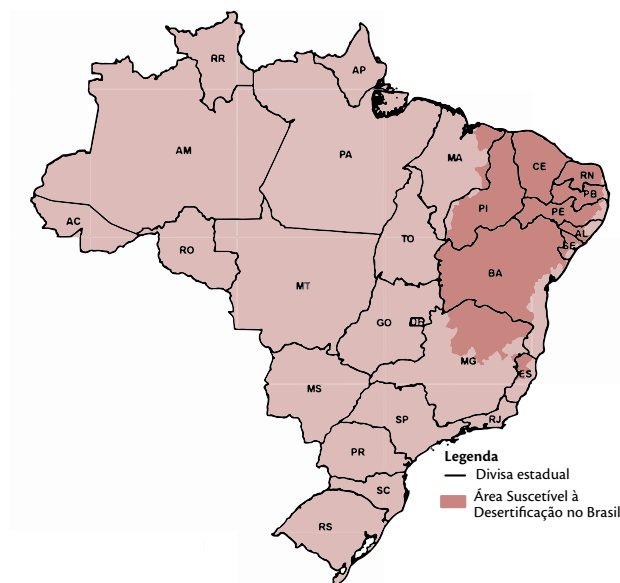


Figura 8 – Localização da Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações dos limites estaduais IBGE, 2007 e do limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

4.2. Condições geomorfológicas e hidrogeológicas

Trata-se de uma área com condições geoambientais diversificadas, onde as potencialidades e limitações dos seus recursos naturais se apresentam muito variadas, sendo uma das características mais marcantes da região. Além disso, encontra-se fortemente impactada pelo processo de antropismo.

O Semiárido nordestino tem os sertões como área geográfica típica. Apresenta-se como um vasto compartimento de relevo embutido entre níveis de planaltos cristalinos ou sedimentares. Expõe-se como uma superfície praticamente contínua, que se alarga nos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, da Paraíba e de Pernambuco. Ao sul, no Estado da Bahia, os sertões se bifurcam entre os níveis elevados da Chapada Diamantina e os Planaltos com coberturas calcárias. Em Sergipe e Alagoas, eles se estendem a leste dos Planaltos sedimentares e ao sul da Serra de Borborema, abrangendo, igualmente, grandes parcelas desses Estados. No Maranhão, em transição para a Amazônia, os sertões semiáridos com os quadros de seca não se instalam (SOUZA e OLIVEIRA, 2003).

Nos sertões, as superfícies de erosão se desenvolvem em rochas do embasamento cristalino Pré-Cambriano e, de modo eventual, em pequenas bacias intracratônicas. Prevalecem as superfícies em formas de rampas (pedimentos) que se inclinam com declives suaves na direção dos vales abertos sertanejos. Esses pedimentos, ora rochosos ou constituídos pelos detritos de outras rochas já existentes, se unem em vastos segmentos pediplanados, em pelo menos duas superfícies de aplainamento.

A rede de drenagem superficial é muito ramificada, possuindo rios com regime intermitente sazonal. A exceção fica configurada pelos rios São Francisco e Parnaíba, que possuem características alóctonas e drenam grandes parcelas do Semiárido nordestino.

Apesar da intermitência sazonal dos cursos d'água, toda a drenagem tem escoamento, aberto para o mar, em função de paleoclimas úmidos responsáveis pela esculturação prévia dos vales de grandes rios sertanejos, como o Jaguaribe, o Açu-Piranhas e o Acaraú. O potencial hidrogeológico do Semiárido é baixo em função da acentuada preponderância de rochas do embasamento cristalino. Esse potencial só adquire maior significado nos setores de bacias sedimentares intracratônicas, nas superfícies com coberturas de neoformação e nos aluviões ribeirinhos.

4.3. Solos

Sob o aspecto edáfico, há primazia de solos rasos a medianamente profundos e acentuada frequência de chãos pedregosos e de afloramentos rochosos. As topossequências mais comuns têm argissolos (pouco profundos a profundos, bem drenados, texturas arenosa/argilosa ou média/argilosa, cascalhentos e fertilidade natural média) e luvisolos (pouco profundos, moderadamente a bem drenados, texturas média/argilosa e fertilidade natural alta) nos topos das colinas rasas dos sertões e nas altas vertentes. Ambas as classes de solos referidas se apresentam, em sua maioria, degradadas em função de usos centenários com a adoção de técnicas muito rudimentares e sem que fossem praticados sistemas de manejo capazes de manter a capacidade de uso desses solos.

Nos setores de maiores declives ou de forte incidência das ações erosivas hídricas superficiais, predominam Neossolos Litólicos (rasos, textura arenosa, pedregosos e fertilidade natural média) e os afloramentos rochosos.

Nas baixas vertentes, à jusante das superfícies pedimentadas, há maior ocorrência de Planossolos (pouco profundos, mal drenados, texturas arenosa/argilosa, média a baixa fertilidade natural, com problemas de salinização) e Vertissolos (rasos, mal drenados, textura argilosa e fertilidade natural alta).



Nos fundos de vales, especialmente nas áreas de planícies fluviais, dominam Neossolos Flúvicos normalmente profundos, mal drenados, textura indiscriminada e fertilidade natural média a alta. Essas planícies, dotadas de melhores condições de recursos naturais, diversificam a paisagem sertaneja por possuírem solos mais férteis e de água em subsuperfície. Por tais razões, elas são densamente povoadas e possibilitam uma intensificação da vida agrária. Por suas condições potenciais, também as planícies fluviais (várzeas) têm uma estrutura fundiária marcada pelo predomínio de pequenas propriedades (minifúndios) dispostas perpendicularmente aos rios e onde se pratica uma agricultura de subsistência, fundamental para a sobrevivência do sertanejo, mesmo durante as estiagens prolongadas ou nos anos de seca.

4.4. Vegetação

A cobertura vegetal típica do Semiárido é constituída pelas caatingas, que ostentam variados padrões fisionômicos e florísticos. Trata-se de vegetação xerófita aberta, do tipo mata espinhosa tropical. Comumente, é constituída por um extrato herbáceo graminoso, ao lado de árvores e arbustos, cuja densidade depende das condições edafoclimáticas, do estado de conservação do solo e da própria vegetação em fase de regeneração. O contato das caatingas com outras províncias fitoecológicas configura áreas de tensão ecológica, onde, nas faixas de contato, ocorrem misturas de espécies e mesmo endemismo.

Nas várzeas, também cabe registro à presença da palmácia Carnaúba (*Copernicia prunifera*) que permite uma atividade extrativa e tem importância inquestionável em função de um aproveitamento muito variado.

De acordo com estudos desenvolvidos pelo Projeto Radambrasil (BRASIL, 1981) as caatingas são admitidas como estepes. Consideraram-se as caatingas do Semiárido brasileiro como formações homólogas às estepes africanas, em função de uma uniformização fitogeográfica das latitudes intertropicais. O mesmo projeto considerou as caatingas do Semiárido como formações xerófitas lenhosas decíduas, em geral espinhosas, entremeadas de plantas suculentas, com tapete herbáceo estacional. Têm como características dominantes as folhas pequenas, providas de espinhos e algumas poucas plantas com órgãos de reserva subterrâneos.

Desse modo, o quadro geoambiental, que é palco de secas extremas e onde os núcleos de desertificação se expandem, tem sido considerado como fator de vulnerabilidade do Semiárido nordestino.

4.5. Domínios Naturais

Numa tentativa de demonstrar que o Semiárido é marcado pela diversidade geoambiental, foi feita a análise integrada dos temas geologia, relevo, cobertura vegetal, solos, uso da terra e, a partir daí, foram delimitados os domínios naturais (Figura 9). A Tabela 6 configura os macrocompartimentos identificados na área de estudo, por meio da descrição das características naturais predominantes e dos problemas ambientais de cada domínio natural.

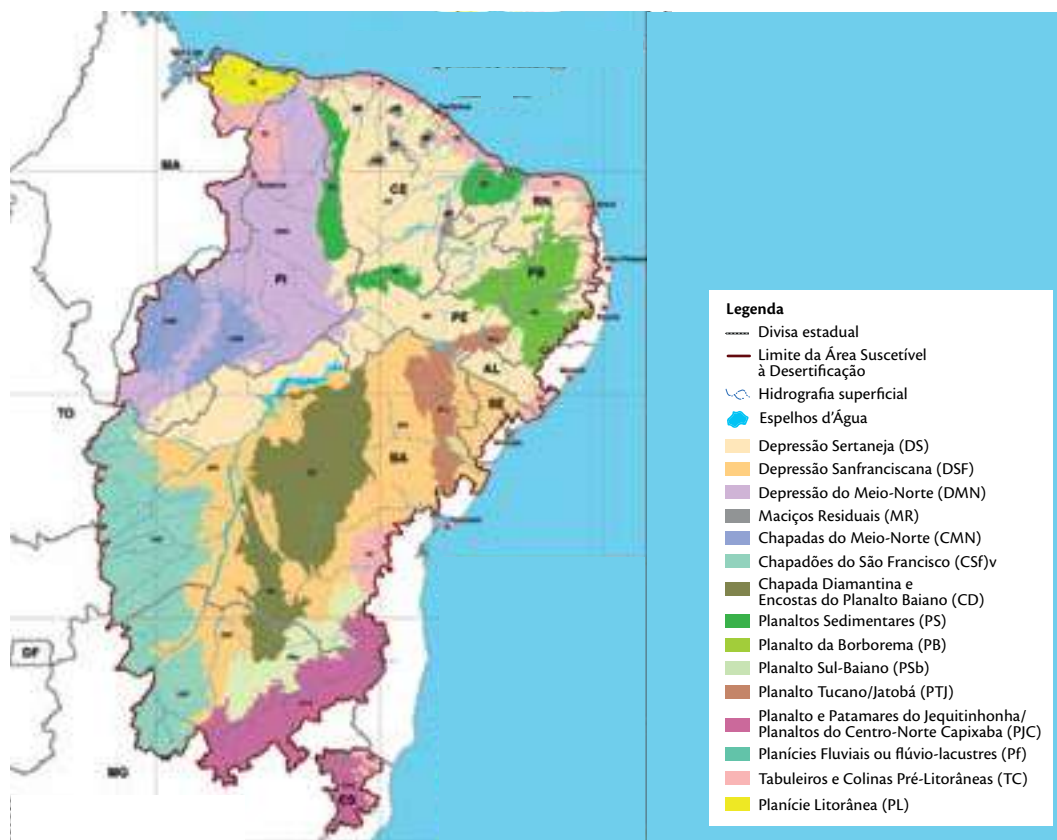


Figura 9 – Domínios naturais da Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do Modelo Digital de Elevação gerado pelo SRTM/Nasa, 2001; do Mapa Geodiversidade do Brasil, CPRM, 2006; do Mapa de Unidades de Relevo do Brasil, IBGE, 2006; do Atlas Nacional do Brasil, Região Nordeste, IBGE, 1985; do Atlas das ASD do Brasil, MMA, 2007; e do Redimensionamento da Região Semiárida do Brasil Funceme/BNB, 2005.



Tabela 6 – Características dos domínios naturais

Domínios naturais	Características naturais predominantes	Problemas ambientais
Depressão Sertaneja (DS)	Depressão interplanáltica semiárida (100 e 400 m de altitude) em rochas do embasamento cristalino, com superfícies pediplanadas nas porções centro-norte da Região, envolvendo os Sertões do Ceará, Rio Grande do Norte, da Paraíba, de Pernambuco e Alagoas. Rede hidrográfica muito densa, com rios intermitentes sazonais e com baixo poder de entalhe. Solos rasos com associações variadas e revestidos por caatingas que ostentam padrões fisionômicos e florísticos diversificados e com enclaves dispersos de cerrados e de matas úmidas.	Regime pluviométrico muito irregular e com secas recorrentes; taxas elevadas de evaporação e de evapotranspiração com balanço hídrico deficitário; baixo potencial de recursos hídricos superficiais e subterrâneos; solos rasos e pedregosos; biodiversidade muito degradada; alta vulnerabilidade à expansão da desertificação em função de processos erosivos muito ativos.
Depressão Sanfranciscana (DSf)	Depressão interplanáltica semiárida/subúmida (200 a 500 m de altitude) em rochas cristalinas e sedimentares, com superfícies pediplanadas a moderadamente dissecadas em colinas rasas, abrangendo o vão do Médio São Francisco na Bahia e em Sergipe. Rede hidrográfica densa, com rios intermitentes sazonais, exceto o rio São Francisco, e com médio a baixo poder de entalhe. Solos rasos a medianamente profundos, com variadas associações de solos revestidos por caatingas e matas secas e com enclaves dispersos de cerrados.	Regime pluviométrico irregular e com secas recorrentes; taxas elevadas de evaporação e de evapotranspiração, com balanço hídrico deficitário; médio potencial de recursos hídricos superficiais e médio a baixo de águas subterrâneas; solos rasos a medianamente profundos, com eventuais ocorrências de chãos pedregosos; vulnerabilidade moderada a alta à expansão da desertificação em função de processos erosivos muito ativos.
Depressão do Meio Norte (DMN)	Depressões monoclinais em litotipos Paleomesozoicos da bacia do Parnaíba, com superfícies planas a medianamente dissecadas nos vales do Guruguéia e Parnaíba, Estado do Piauí (50 a 200 m de altitude). Rede hidrográfica com baixa densidade e poder de entalhe mediano. Solos profundos e com associações pouco variadas, revestidos por floresta subperenifólia e cerrados. Bom potencial de águas subterrâneas em altas profundidades.	Solos dotados de fertilidade natural baixa a muito baixa e fortemente ácidos; baixa vulnerabilidade à expansão da desertificação.
Maciços Residuais (MR)	Maciços serranos, médio a fortemente dissecados em colinas e cristas intercaladas por vales profundos e com eventuais ocorrências de planícies alveolares, com maior dispersão no Estado do Ceará (300 a 900 m de altitude). Rede hidrográfica muito densa e com médio a alto poder de entalhe. Solos profundos a rasos e com associações pouco variadas, revestidos por floresta subcaducifólia e caatinga arbórea.	Superfícies degradadas com poucos remanescentes de recobrimento vegetal primário; exploração agrícola em áreas incompatíveis com esse tipo de uso; processos erosivos ativos; empobrecimento da biodiversidade; nascentes fluviais comprometidas e matas ciliares degradadas; paisagens serranas descaracterizadas; baixa vulnerabilidade à expansão da desertificação.

Domínios naturais	Características naturais predominantes	Problemas ambientais
Tabuleiros e Colinas pré-litorâneas (TC)	Superfície de topo plano ou suavemente ondulado e com larguras variadas, compostas por material sedimentar arenoso ou areno-argiloso da Formação Barreiras, ao longo das áreas pré-litorâneas do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, da Paraíba, de Pernambuco e Alagoas. Superfície seccionada por vales abertos e diferentemente entalhados (50 a 200 m) ou seccionada por relevos colinosos dos mares de morros, em rochas cristalinas na Zona da Mata oriental do Nordeste e a sudoeste de Salvador (BA). Rede hidrográfica variando em função das condições geológicas e com baixo poder de entalhe nos tabuleiros setentrionais da Formação Barreiras e forte poder de entalhe nas áreas úmidas do Nordeste oriental. Solos profundos revestidos pela Mata Atlântica, na faixa úmida, ou por vegetação subcaducifólia dos tabuleiros.	Poluição dos recursos hídricos; permoporosidade dos sedimentos favorece a lixiviação; superfícies com recobrimento vegetal primário suprimido e com poucos remanescentes; vulnerabilidade baixa à expansão da desertificação.
Planalto Tucano/Jatobá (PTJ)	Superfícies tabulares ou suaves onduladas da bacia sedimentar Tucano-Jatobá no centro-norte da Bahia e sudoeste de Pernambuco (350 – 700 m de altitude). Rede hidrográfica com baixa a média densidade e com muito baixo poder de entalhe. Solos rasos com associações pouco variadas revestidas por caatinga arbustiva hiperxerófila.	Regime pluviométrico muito irregular e com secas recorrentes; taxas elevadas de evaporação e de evapotranspiração com balanço hídrico deficitário; solos rasos e pedregosos; biodiversidade muito degradada; alta vulnerabilidade à expansão da desertificação em função de processos erosivos muito ativos.
Planalto Sul-baiano (PSb)	Superfície com coberturas consolidadas detrítico-lateríticas e carbonáticas em feições tabulares ou suavemente onduladas no sul e sudeste do Estado da Bahia (200 – 700 m de altitude). Rede hidrográfica com densidade variando entre médio e baixo poder de entalhe. Solos rasos a medianamente profundos, com associações variadas e recobertos por cerrados e matas secas.	Regime pluviométrico irregular e com secas recorrentes; taxas elevadas de evaporação e de evapotranspiração, com balanço hídrico deficitário; solos rasos e biodiversidade degradada; moderada suscetibilidade à expansão da desertificação.
Planalto da Borborema (PB)	Extenso bloco estrutural de maciços e blocos falhados modelados em rochas cristalinas, com superfície dissecada nos setores orientais dos Estados da Paraíba, de Pernambuco e Alagoas (400 a 700 m de altitude). Rede hidrográfica densa a mediana e com médio poder de entalhe. Solos rasos a medianamente profundos nos setores ocidentais do planalto, em contato com a depressão sertaneja semiárida, revestidos por floresta estacional e caatinga.	Superfícies degradadas com poucos remanescentes do recobrimento vegetal primário; exploração agrícola em áreas incompatíveis com esse tipo de uso; processos erosivos ativos; empobrecimento da biodiversidade; vulnerabilidade moderada à expansão da desertificação.
Planaltos Sedimentares (PS)	Chapadas e cuevas em áreas de bacias sedimentares Paleomesozoicas dos planaltos da Ibiapaba, Araripe e Apodi, com superfícies planas ou sub-horizontais nos Estados do Ceará, Piauí, Pernambuco e Rio Grande do Norte (100 a 900 m de altitude). Rede hidrográfica ausente na chapada do Araripe ou escassa e de padrão paralelo no Planalto da Ibiapaba onde há baixo poder de entalhe. Solos profundos a medianamente profundos, com associações pouco variadas e revestidos por floresta subperenifólia, cerrados, cerradões e caatingas.	Superfícies degradadas com poucos remanescentes de recobrimento vegetal primário; baixo potencial de recursos hídricos superficiais, apesar do bom potencial hidrogeológico; alta permoporosidade dos solos e vulnerabilidade moderada à expansão da desertificação.



Domínios naturais	Características naturais predominantes	Problemas ambientais
Planaltos e Patamares do Jequitinhonha/ Planaltos do Centro-Norte Capixaba (PJC)	Superfícies dissecadas em rochas do embasamento cristalino, com eventuais coberturas vegetais no nordeste de Minas Gerais (200 a 500 m de altitude). Rede hidrográfica densa, com alto poder de entalhe, fundos de vales chatos e planícies fluviais. Solos com associações variadas, recobertos por floresta subcaducifólia, floresta estacional e cerrado; planaltos fortemente dissecados em colinas e vales encaixados com planícies alveolares; argissolos vermelho-amarelos revestidos por matas perenifólias e subperenifólias degradadas no centro-norte do Espírito Santo. Bom potencial de recursos hídricos superficiais.	Superfícies degradadas com poucos remanescentes de recobrimento vegetal primário; baixa vulnerabilidade à expansão da desertificação; evidentes efeitos da degradação ambiental nas matas perenifólias e subperenifólias.
Chapada Diamantina e encostas do Planalto Baiano (CD)	Superfícies planas a moderadamente dissecadas, em coberturas sedimentares proterozoicas espessas e extensas camadas de sedimentos muito pouco deformados por tectonismo, eventualmente com ocorrências de metamorfismo no norte de Minas Gerais e centro-sul da Bahia (500 a 1.100 m de altitude). Rede hidrográfica densa a esparsa, com aprofundamento mediano de drenagem em vales estreitos. Bom potencial de recursos hídricos superficiais. Associações variadas de solos revestidos por florestas caducifólia estacionais e cerrados.	Superfícies degradadas com poucos remanescentes do recobrimento vegetal primário; moderada vulnerabilidade à expansão da desertificação.
Chapadas do Meio Norte (CMN)	Superfícies planas a parcialmente dissecadas em litotipos da bacia sedimentar do Parnaíba (Paleomesozoica) no centro-sul do Piauí (700 m de altitude). Rede hidrográfica esparsa e com baixo poder de entalhe, com destaque para o rio Parnaíba, a oeste da área. Associações de solos variadas e com evidente predominância de material concrecionário nas áreas rebaixadas. Recobrimento vegetal de floresta subcaducifólia com babaçual.	Superfícies parcialmente degradadas; baixo potencial de recursos hídricos superficiais, apesar do bom potencial hidrogeológico; baixa vulnerabilidade à expansão da desertificação.
Chapadões do São Francisco (CSf)	Coberturas sedimentares proterozoicas em superfícies tabuliformes a medianamente dissecadas, com ocorrências frequentes de calcários, em toda a porção sul-ocidental da região nos Estados de Minas Gerais e da Bahia (550 – 900 m de altitude). Rede hidrográfica esparsa e com médio a baixo poder de entalhe, com destaque para os rios que fluem para leste em direção à calha do São Francisco. Associações de solos muito variadas, recobertos por florestas caducifólias e subperenifólias. Bom potencial hidrogeológico.	Superfícies fortemente degradadas; médio a baixo potencial de águas superficiais; baixa vulnerabilidade à expansão da desertificação.

Domínios naturais	Características naturais predominantes	Problemas ambientais
Planície Litorânea (PL)	Superfície de acumulação composta por sedimentos holocênicos (neógeno), que incluem depósitos litorâneos de praias, de dunas e paleodunas e clásticos flúvio-marinhos. É submetida à influência de processos muito variados, que enriquece a geodiversidade local, especialmente no litoral dos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte (0 e 50 m de altitude). No nordeste do Maranhão, cabe destaque à área de abrangência dos Lençóis Maranhenses. Expressiva frequência de rios que demandam a linha de costa, expondo bom potencial de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Solos pouco desenvolvidos são recobertos pelo complexo vegetacional do litoral.	Degradação extensiva de manguezais e comprometimento da produtividade biológica; eliminação e diminuição progressiva de espécies piscícolas; despejo de efluentes; desmonte de dunas; erosão costeira intensificada; perda de atrativos turísticos e paisagísticos; baixa vulnerabilidade à expansão da desertificação.
Planícies fluviais e Flúvio-Lacustres (Pf)	Superfícies planas oriundas da acumulação de sedimentos fluviais holocênicos (neógeno), sujeitas a inundações sazonais, destacando-se as grandes planícies dos rios São Francisco, Parnaíba, Jaguaribe, Piranhas-Açu, Jequitinhonha, dentre outros em todos os Estados nordestinos (20 a 200 m de altitude). Rico potencial de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, com predominância de neossolos flúvicos recobertos por matas ciliares.	Degradação das matas ciliares; desencadeamento de processos erosivos; assoreamento do leito dos rios e dos lagos e agravamento de inundações; dificuldade de recuperação de matas ciliares; baixa vulnerabilidade à expansão da desertificação.

Fonte: Elaboração própria.



Capítulo 2



Capítulo 2

1. O estado da arte da desertificação na ASD no Brasil

A intensa exploração dos recursos naturais e o uso inadequado das terras, sem considerar suas potencialidades e limitações, são os principais fatores que estão conduzindo à degradação ambiental na Área Suscetível à Desertificação do Brasil. A essa realidade somam-se os impactos da variabilidade e da mudança climática.

Para um melhor conhecimento do estado da arte da desertificação na ASD do Brasil, foi elaborado um mapeamento mostrando as regiões mais críticas do ponto de vista físico, que precisam e merecem atenção especial para a implementação de políticas e ações que possam estancar ou mesmo reverter tal processo.

1.1. Mapeamento das áreas fortemente degradadas em processo de desertificação na ASD no Brasil

As modificações ocasionadas pelo processo de desertificação que sofrem as terras semiáridas, subúmidas secas e localidades de entorno da Área Suscetível à Desertificação no Brasil atingem diferentes níveis de degradação.

O mapeamento elaborado indica as áreas em níveis avançados de degradação, ou seja, fortemente degradadas em processo de desertificação.

Para a execução dessa etapa, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, com resolução espacial de 15 metros, tornando possível a geração de um mapa bem próximo da realidade terrestre, evidenciando regiões já bastante degradadas, ou seja, ambientes inteiramente transformados com modificações severas a irreversíveis, expondo evidências de desertificação.

O nível de detalhe da interpretação digital das imagens neste trabalho foi compatível com a escala de 1:250.000 e consistiu na identificação e delimitação das áreas com escassez ou ausência de vegetação, onde não eram percebidos sinais de terras produtivas. Utilizou-se como chave de interpretação o

maior grau de refletância das áreas, ocasionado pela redução da biomassa, perceptível nos trechos desflorestados e que não apresentavam contornos definidos (Figuras 10a e 10b). Como apoio a essa interpretação, utilizou-se também os mapas do levantamento exploratório-reconhecimento de solos de cada Estado do Nordeste, ou seja, Alagoas (Brasil, 1975), Bahia (Brasil 1976; 1977), Ceará (Brasil, 1973), Maranhão (Brasil, 1986), Paraíba (Brasil, 1972), Pernambuco (Brasil, 1972); Piauí (Brasil, 1986), Rio Grande do Norte (Brasil, 1971) e Sergipe, (Brasil, 1975), visto que, a partir das vulnerabilidades e características dos solos, são melhor identificadas as áreas fortemente degradadas.

Solos como os luvisolos, neossolos litólicos e planossolos, por serem muito suscetíveis aos processos erosivos, são mais facilmente degradados. Nos solos mais profundos e com textura arenosa e/ou média, a incidência desse fenômeno só é maior quando a sua utilização se dá de forma intensa e sem os devidos cuidados conservacionistas. As imagens do *Google Earth* também serviram de apoio, por apresentarem escala de alta resolução espacial, permitindo maior visibilidade do alvo a ser interpretado.

Embora seja evidente que os processos de exploração agrícola, tanto em regime de agricultura irrigada como em sequeiro, têm contribuído para produzir impactos ambientais capazes de desencadear os processos de desertificação, teve-se o cuidado de não incluir áreas com utilização agrícola, ou seja, áreas produtivas, com um nível ainda não avançado de degradação, identificadas pelos contornos, com formas bem definidas, indicando algum tipo de cultivo (Figura 11). Esse cuidado foi importante porque todo o trabalho foi feito sem checagens de campo.

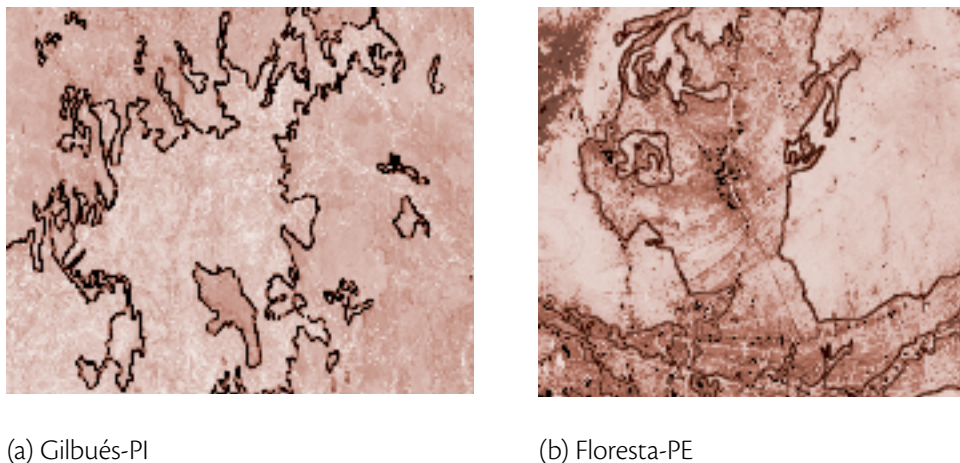


Figura 10 – Imagens do satélite Landsat 8, composição datada de 2014, identificando áreas com sinais de degradação

Fonte: <<https://lta.cr.usgs.gov/citation>>.

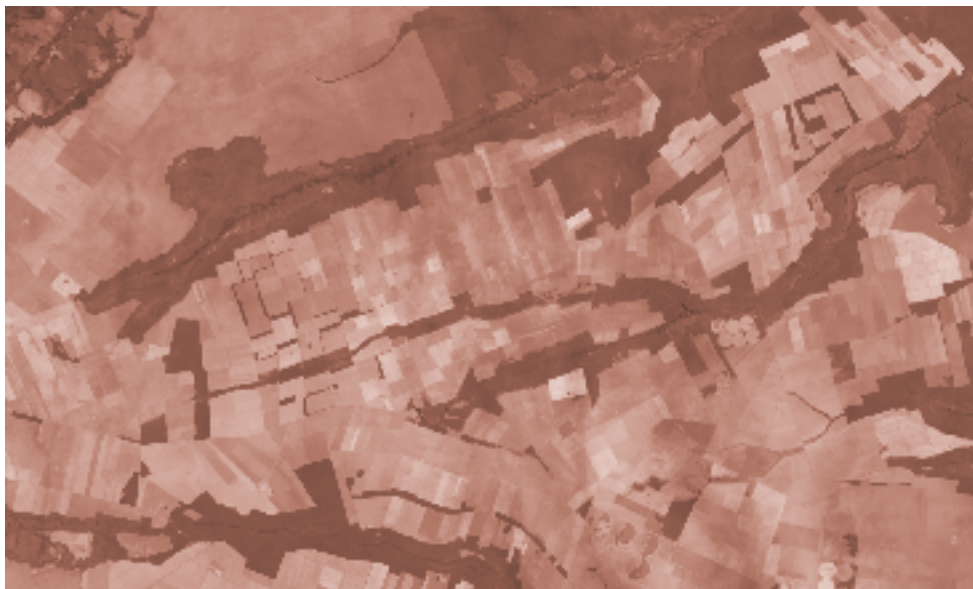


Figura 11 – Imagem do satélite Landsat 8 - composição datada de 2014, mostrando áreas de uso agrícola na Bahia (ainda não degradadas)

Fonte: <<https://lta.cr.usgs.gov/citation>>.

O mapeamento resultante foi revisado, discutido e validado em um workshop que contou com participação multi-institucional, incluindo especialistas nacionais e internacionais e, no mínimo, um representante de cada Estado que compõe a Área Suscetível à Desertificação no Brasil.

O mapa final da ASD, na escala de 1:3.000.000, encontra-se no Anexo, ao final desta publicação, e os mapas por Estado são apresentados a seguir.

Em Alagoas, as manchas que representam as localidades fortemente degradadas concentram-se ao noroeste do Estado e representam uma área de 425,16 km², ou seja, 2,41% da ASD estadual (Figura 12).

Na Bahia, de acordo com o mapa, essas áreas aparecem em maior concentração ao norte e no centro do Estado e, em menor proporção, na região sul. Essas áreas totalizam 26.751,59 km², o que representa um percentual de 5,44% da ASD local (Figura 13). Observa-se, nas localidades com solos mais profundos, uma grande utilização agrícola, necessitando de manejo adequado e que respeite as características do solo, para que não sejam acometidas por problemas de erosão no futuro.



Figura 12 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado de Alagoas

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015.

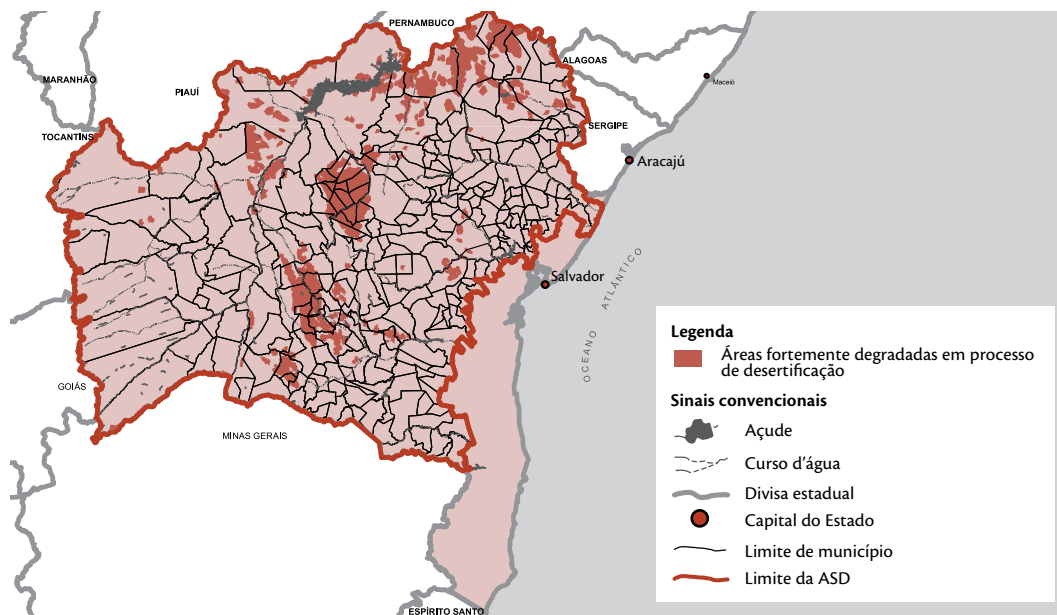


Figura 13 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado da Bahia

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015.



No Estado do Ceará, os resultados indicam a ocorrência de três áreas que se apresentam muito comprometidas quanto à preservação dos recursos naturais: a região dos Inhamuns/Sertões de Crateús; o município de Irauçuba e regiões circunvizinhas; e o Médio Jaguaribe. Pode-se estimar, de acordo com o referido estudo, que 17.042,16 km², equivalentes a 11,45% de sua ASD, estão associados a processos de degradação suscetíveis à desertificação (Figura 14). O município de Irauçuba representa, segundo o PAN-Brasil, um dos núcleos de desertificação do País.

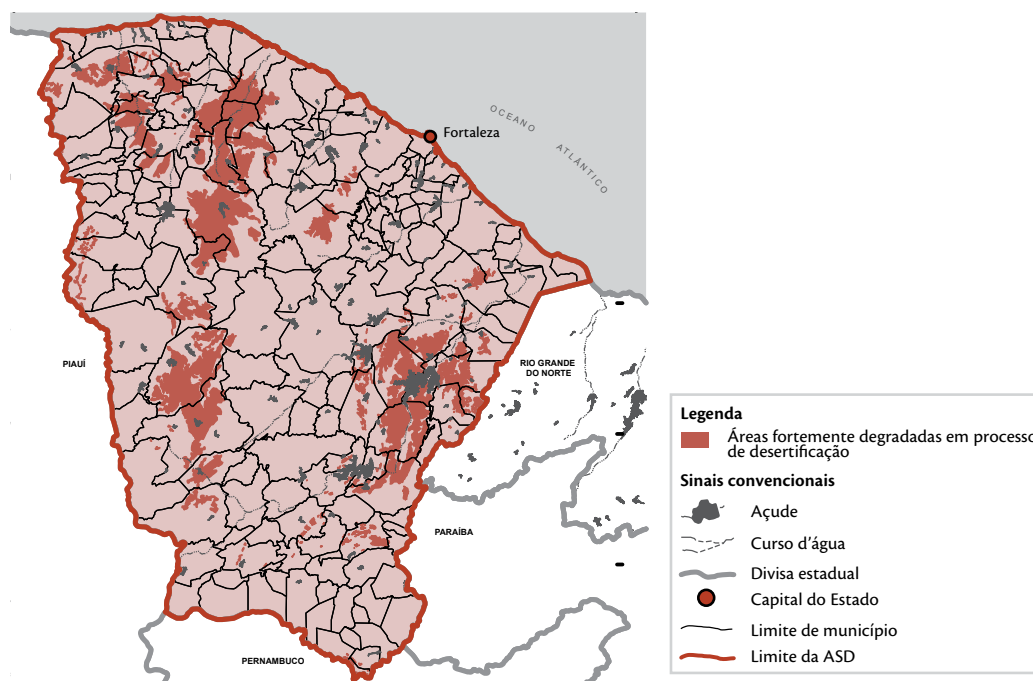


Figura 14 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado do Ceará

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015.

No Espírito Santo, a concentração das manchas de degradação apresenta-se ao norte e noroeste e, em menor proporção, nas regiões central e sul da ASD, que se localiza ao norte daquela unidade da Federação. Essas áreas perfazem um total de 216,59 km². Isso significa 1,3% da ASD capixaba (Figura 15). A mineração tem grande influência na degradação ambiental do Estado.

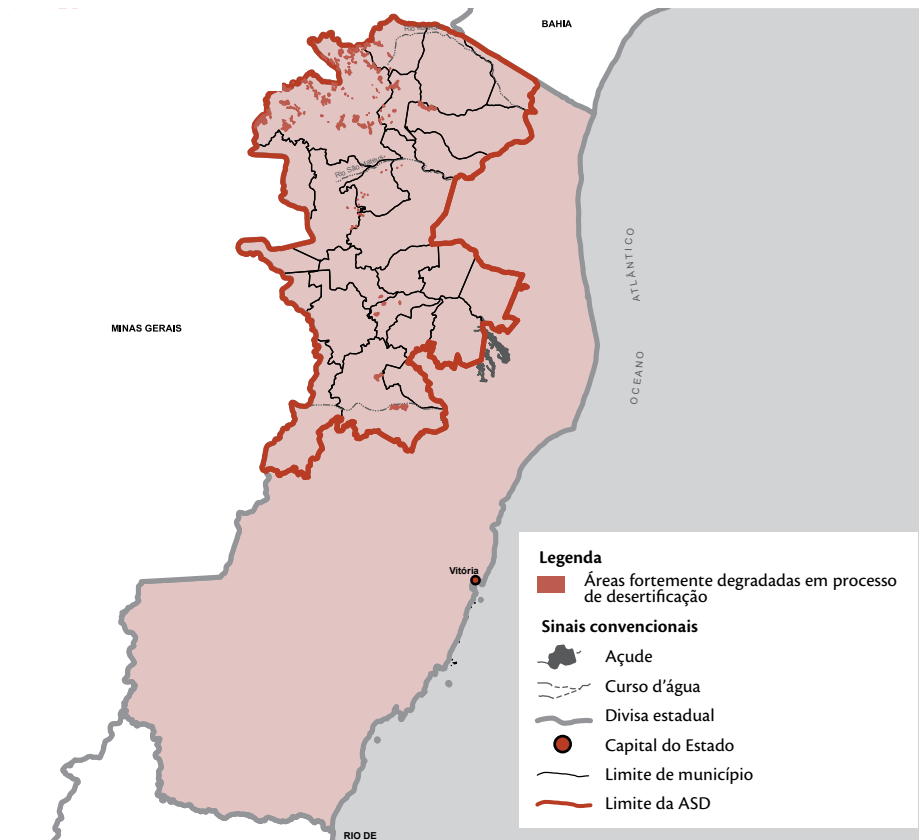


Figura 15 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado do Espírito Santo

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015.



No Maranhão, apenas 40.809,6 km² da sua área total fazem parte da ASD do Brasil. Essa área localiza-se na região nordeste do Estado e apresenta manchas esparsas de degradação, totalizando 360,05 km², equivalendo a 0,88% da ASD maranhense. (Figura 16).

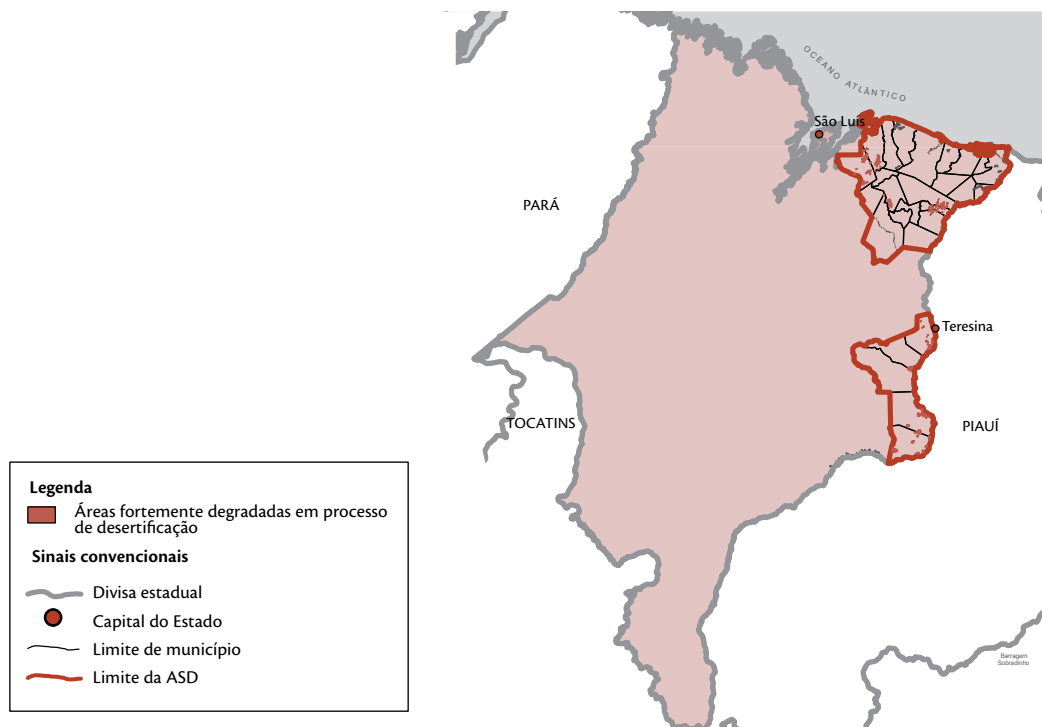


Figura 16 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado do Maranhão

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015.

Minas Gerais apresenta clima de semiáridade na região norte do Estado, área considerada, portanto, como suscetível aos processos de desertificação. O mapeamento dessa localidade apresenta manchas de degradação com uma concentração maior no centro, no sul e a oeste da ASD local e, de forma mais esparsa, no restante da área, totalizando 2.741,61 km², com um percentual de 1,53% em relação à ASD mineira (Figura 17).



Figura 17 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado de Minas Gerais

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015.

A Paraíba também se apresenta muito comprometida em relação ao fenômeno da desertificação. São perceptíveis as manchas de degradação espalhadas por todo o Estado. As áreas fortemente degradadas mapeadas perfazem um total de 4.339,09 km², equivalendo a 8,12% da ASD daquela unidade da Federação (Figura 18).

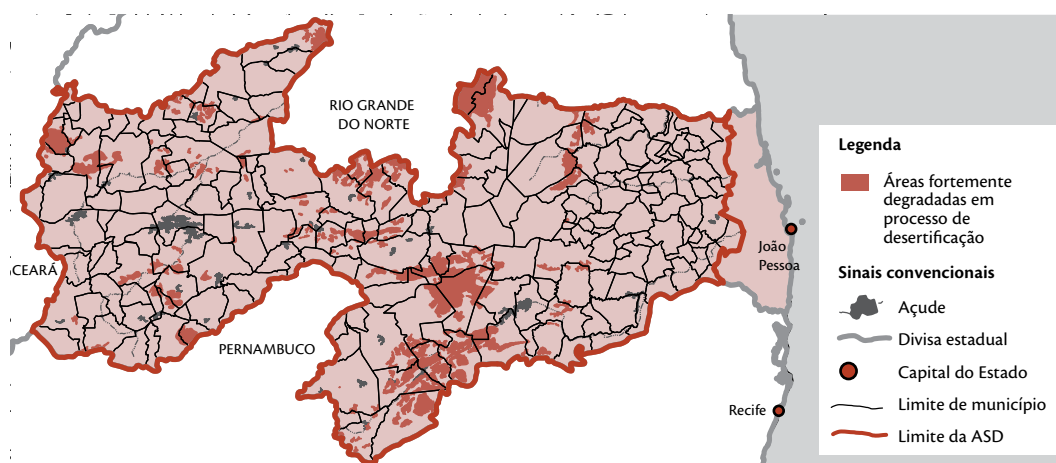


Figura 18 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado da Paraíba

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015.



Em Pernambuco, a concentração das áreas degradadas situa-se na região centro sul do Estado. Manchas esparsas se encontram distribuídas por toda a área. O total de área degradada mapeada atinge 3.286,42 km², que representam 3,67% de sua ASD (Figura 19). No Estado, encontra-se o Núcleo de Desertificação de Cabrobó, indicado por Vasconcelos Sobrinho e confirmado pelo PAN-Brasil.



Figura 19 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado de Pernambuco

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015.

No Piauí, as manchas de degradação encontram-se espalhadas por toda a sua extensão. As manchas observadas ao sudoeste do Estado correspondem a localidades muito afetadas pelo processo de desertificação e representam, de acordo com o PAN-Brasil, o Núcleo de Desertificação de Gilbués. O total dessas áreas atinge 7.592,90 km², equivalentes a 3,18% da ASD piauiense (Figura 20).

O Rio Grande do Norte apresenta o maior percentual de áreas degradadas, de acordo com os resultados do mapeamento. As manchas situam-se nas regiões central e sul do Estado, totalizando 6.689,14 km², equivalendo a 12,87% da sua área mapeada (Figura 21). Nesta unidade da Federação, está inserido o Núcleo de Desertificação do Seridó, de acordo com o PAN-Brasil.

Sergipe apresenta uma maior concentração das áreas degradadas ao noroeste e sudoeste da ASD do Estado e, em proporção menor, na região central. Perfazem um total de 834,75 km², que equivalem a 5,15% da ASD sergipana (Figura 22).

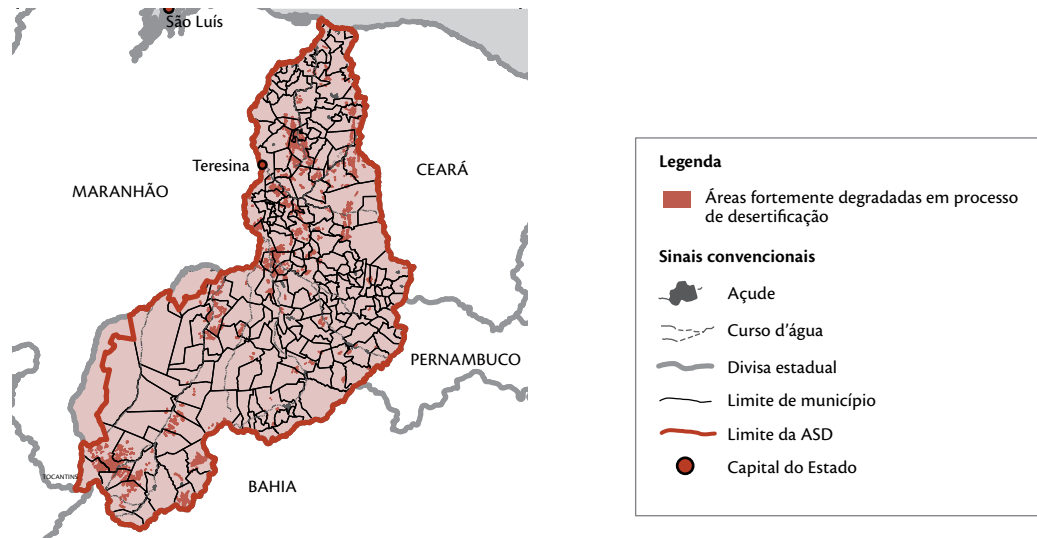


Figura 20 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado do Piauí

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015.

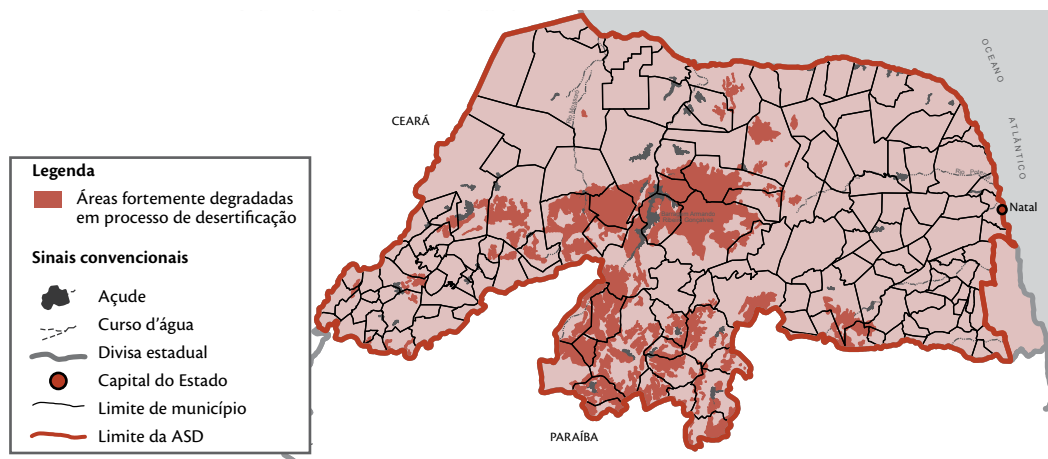


Figura 21 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado do Rio Grande do Norte

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015.

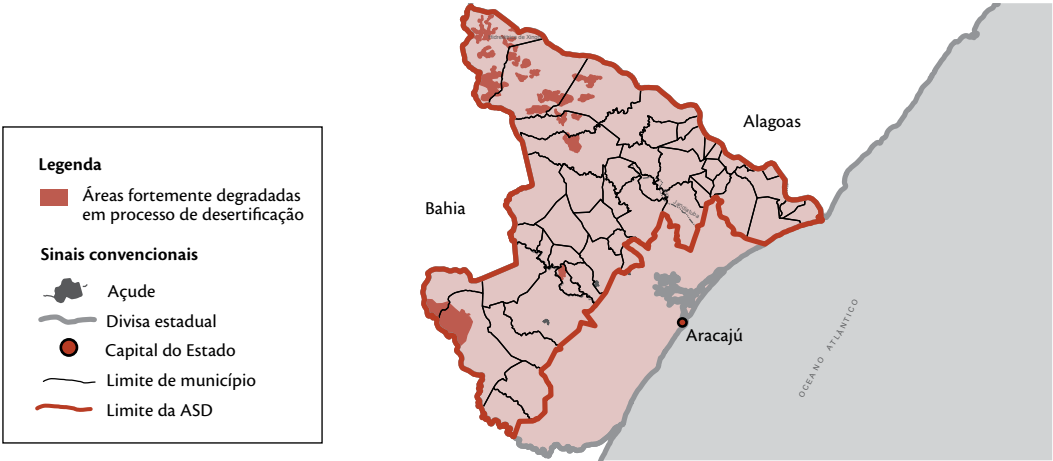


Figura 22 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado de Sergipe

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015.

A Tabela 7 apresenta a quantificação das áreas fortemente degradadas em processo de desertificação, mapeadas neste estudo.

Tabela 7 – Quantificação das áreas fortemente degradadas

Estado	Área Suscetível à Desertificação (ASD) por estado (km ²) ^(*)	Proporção de ASD em relação à área total do estado (%)	Áreas fortemente degradadas na ASD (Km ²) ^(**)	Proporção de áreas fortemente degradadas em relação à ASD (%)
Alagoas	17.670,4	63,62	425,16	2,41
Bahia	491.741,4	87,07	26.751,59	5,44
Ceará	148.886,31	100,00	17.042,16	11,45
Espírito Santo	16.724,3	36,28	216,59	1,30
Maranhão	40.809,6	12,29	360,05	0,88
Minas Gerais	178.850,93	30,49	2.741,61	1,53
Paraíba	53.421,9	94,60	4.339,09	8,12
Pernambuco	89.571,7	91,26	3.286,42	3,67
Piauí	238.901,5	94,94	7.592,90	3,18
Rio Grande do Norte	51.977,2	98,42	6.689,14	12,87
Sergipe	16.211,4	73,96	834,75	5,15
Resultado	1.344.766,64	61,37	70.279,46	5,23

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015.

Notas: ^(*) Áreas calculadas por meio do ArcMap usando como base os limites municipais do IBGE, 2007 ;

^(**) Áreas mapeadas pela Funceme, 2015.

Considerando-se os 11 Estados, a soma dessas áreas fortemente degradadas em processo de desertificação perfaz um total de 70.279,46 Km², o que representa 5,23% da área total da ASD no Brasil (Figura 23).

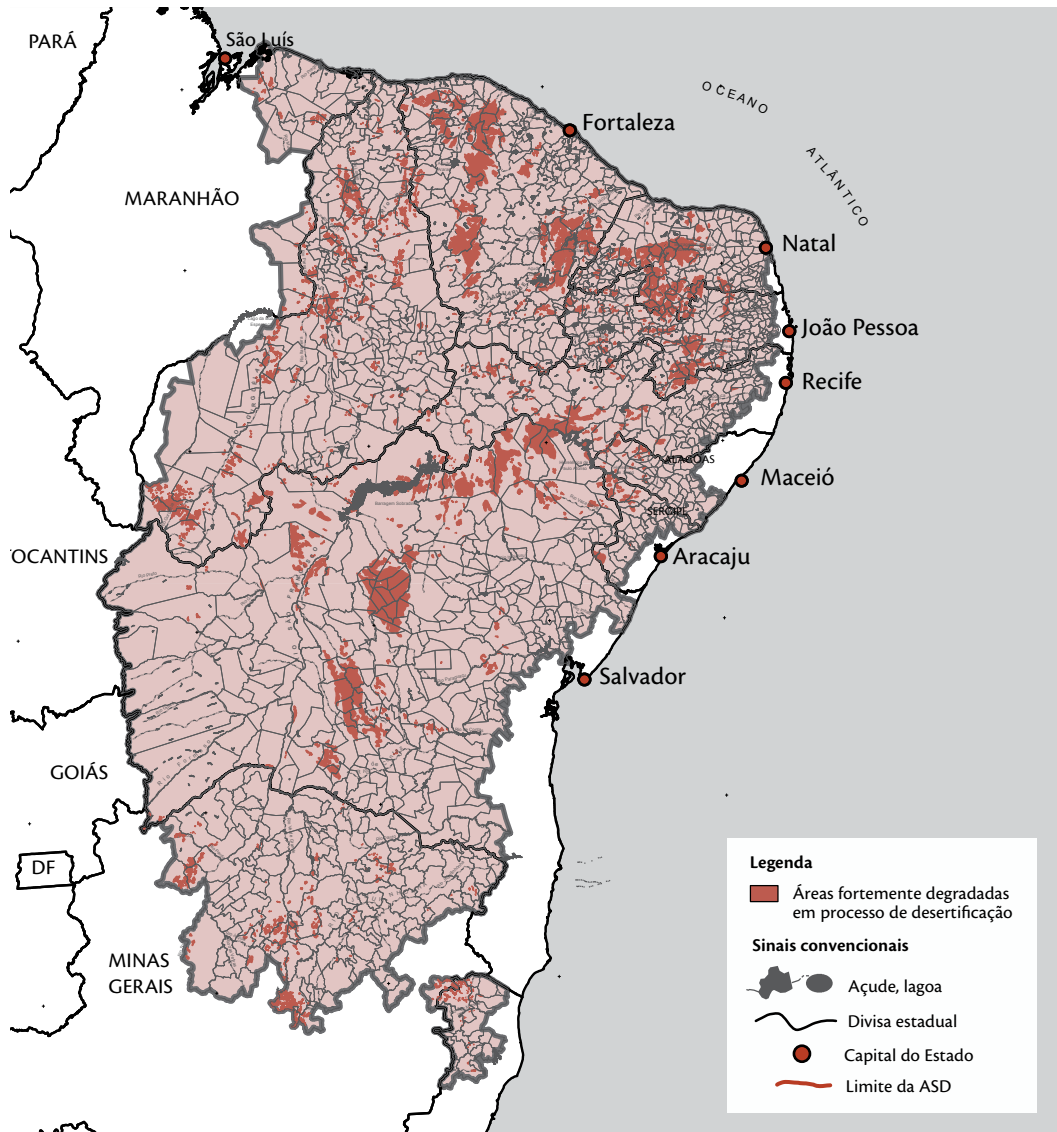


Figura 23 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação nas Áreas Suscetíveis à Desertificação do Brasil

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, 2015.



Capítulo 3



Capítulo 3

1. Vulnerabilidade ambiental e mudanças globais

A percepção da vulnerabilidade ambiental (Figura 24) decorre das condições que propiciam a incidência de fatores ou processos naturais, capazes de agudizar a suscetibilidade aos riscos da degradação e da desertificação. A concepção de risco refere-se à probabilidade de ocorrência do evento no espaço/tempo. Por via de consequência, vulnerabilidades e riscos são empregados em associação, pressupondo a possibilidade de ocorrência ou de expansão dos processos de degradação e/ou de desertificação.

Admitiu-se, em discussões anteriores, que o Nordeste seco é a área que apresenta as maiores vulnerabilidades ambientais aos riscos de incidência da desertificação no Brasil. Trata-se, conforme Ab'Sáber (1974), de um complexo fisiográfico – climático, hidrológico e ecológico – tipicamente semiárido. Não há desertos, nem mesmo eolização atual ou arreísmo marcante. Não existem nem mesmo feições endorreicas, peculiares a outras regiões semiáridas rústicas do globo. O contexto fisiográfico e ecológico do Nordeste sertanejo, segundo o mesmo autor, é certamente semiárido, pelo fato de possuir uma estação chuvosa relativamente longa; pelo caráter intermitente sazonal de seus cursos d'água autóctones (permanecem secos por 5 a 7 meses durante o ano); pela ausência de áreas de drenagem esporádicas típicas; pela biomassa global da vegetação das caatingas e pelas condições mínimas ofertadas por seus solos para atividades agrícolas nas áreas interfluviais.

As paisagens e condições ecológicas mais evidentes da vulnerabilidade ambiental à desertificação estão associadas aos terrenos do embasamento cristalino, com rochas plutônicas e metamórficas, com muito baixa permoporosidade e essencialmente impermeáveis. Extensas superfícies de erosão ou de pediplanação truncam, indistintamente, a grande variedade de litotipos do embasamento cristalino, incluindo setores de bacias sedimentares intracratônicas. As superfícies de erosão têm formas de rampas ou pedimentos que se inclinam de modo suave e com baixos declives na direção dos vales abertos dos sertões. É muito baixo o poder de entalhe proporcionado pela densa rede hidrográfica dotada de intermitência sazonal. A ocorrência eventual de algumas gargantas epigênicas (boqueirões) deriva de paleoclimas úmidos. Os solos se apresentam em grande parte degradados, com evidentes restrições ao uso agrícola. Mesmo os que têm maior capacidade de uso se exibem fortemente erodidos, a exemplo dos luvisolos crômicos, argissolos vermelho amarelos

e cambissolos, todos com características eutróficas. A flora e a fauna têm sofrido, fortemente, a ação predatória do homem. A matriz energética do Semiárido é ainda muito dependente do uso indiscriminado de plantas da Caatinga.

Criam-se, então, condições de predisposição ambiental para a expansão dos processos de degradação e/ou desertificação, em face de ações erosivas muito ativas. O escoamento superficial decorrente das chuvas é intensificado em razão da concentração das precipitações e da baixa capacidade de proteção exercida pelas plantas caducifolias da Caatinga. Dessas condições, emergem algumas das principais particularidades que exacerbam a vulnerabilidade ambiental à degradação das terras e desertificação no Semiárido do Brasil, incluindo:

- clima semiárido a subúmido seco, afetando grandes extensões de terras, com secas recorrentes; regime pluviométrico muito irregular e com chuvas repentinas e de caráter torrencial; coeficientes térmicos elevados influenciando nas altas taxas de evaporação e de evapotranspiração, além de balanço hídrico deficitário por longo tempo (pelo menos 09 meses);
- solos rasos ou muito pouco espessos, altamente suscetíveis à erosão;
- impermeabilidade do substrato rochoso, limitando a capacidade de infiltração, de retenção de umidade e de reserva de água no solo;
- supressão da cobertura vegetal para a prática de atividades não compatíveis com a capacidade de suporte da terra;
- exploração inadequada dos recursos hídricos, motivando contaminação das águas, salinização e esgotamento do potencial hidrogeológico;
- dissecação do relevo em colinas rasas, intensificando os efeitos das enxurradas, provocando a ablação dos horizontes superficiais dos solos, colmatando fundo de vales e baixadas sertanejas, comprometendo a qualidade das terras mais férteis;
- declínio de produtividade biológica das terras, com degradação dos solos e da vegetação; e
- descompasso progressivo entre a capacidade produtiva dos recursos naturais e a capacidade de resiliência dos sistemas ambientais.

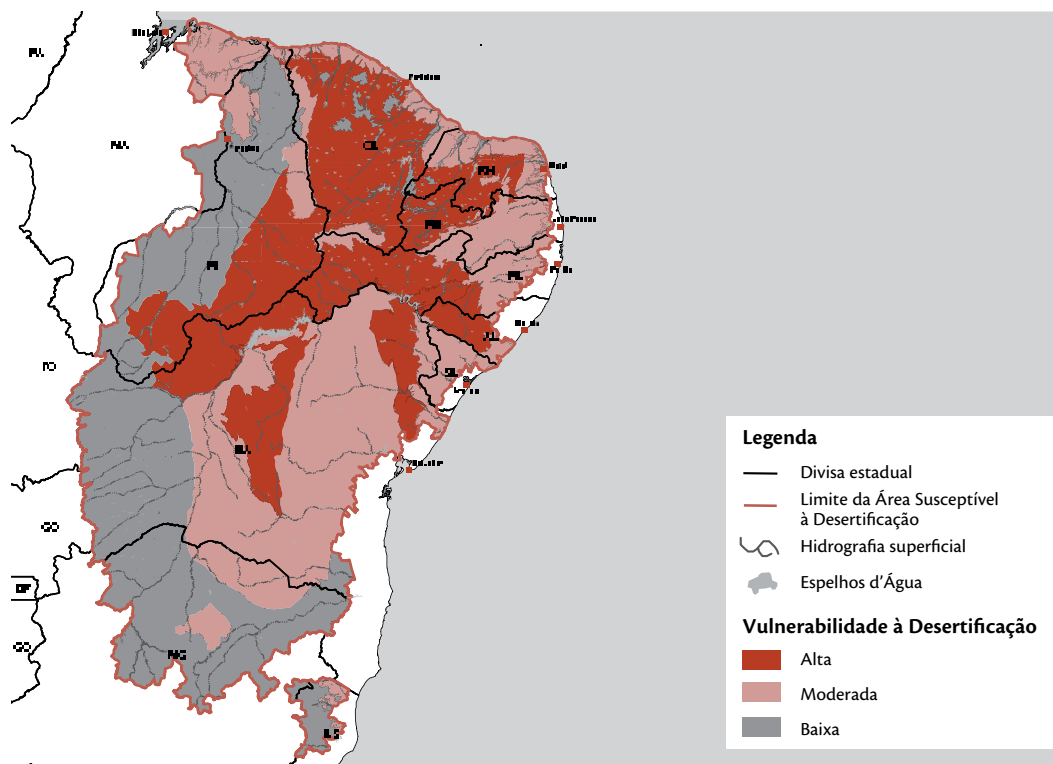


Figura 24 – Vulnerabilidade ambiental envolvendo a Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do Modelo Digital de Elevação gerado pelo SRTM/Nasa, 2001; do Mapa Geodiversidade do Brasil, CPRM, 2006; do Mapa de Unidades de Relevô do Brasil, IBGE, 2006; do Atlas Nacional do Brasil, Região Nordeste, IBGE, 1985; do limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005; e a Proposta de Dimensionamento do Semiárido Brasileiro, BNB/Funceme, 2005.

A Figura 25 mostra a pluviometria média anual do período de 1950 a 2012 e expõe as áreas de incidência de secas, evidenciando que a porção norte do Nordeste brasileiro abriga as extensões com 60 a 100% de ocorrência do fenômeno. Isso significa, havendo uma seca no Nordeste, entre 60 e 100% de chance de que o norte da Região seja afetado. Abrange a parte centro-leste do Piauí, a quase totalidade do Ceará, o centro-oeste do Rio Grande do Norte, da Paraíba, de Pernambuco e o norte da Bahia. Essa área é circundada pelo norte da Bahia, oeste do Piauí, oeste de Alagoas, centro de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Áreas com baixa incidência de secas ocorrem em toda a porção oriental do Nordeste, desde o sul de Natal (RN) até o sudeste da Bahia, o norte de Minas Gerais e a quase totalidade do Maranhão.

Percebe-se que as áreas que têm maior suscetibilidade à expansão da desertificação são as que possuem índices de incidência de secas oscilando de 60 a 100%. Compreendem espaços semiáridos de abrangência da área nuclear das caatingas e das faixas de transição imediata.

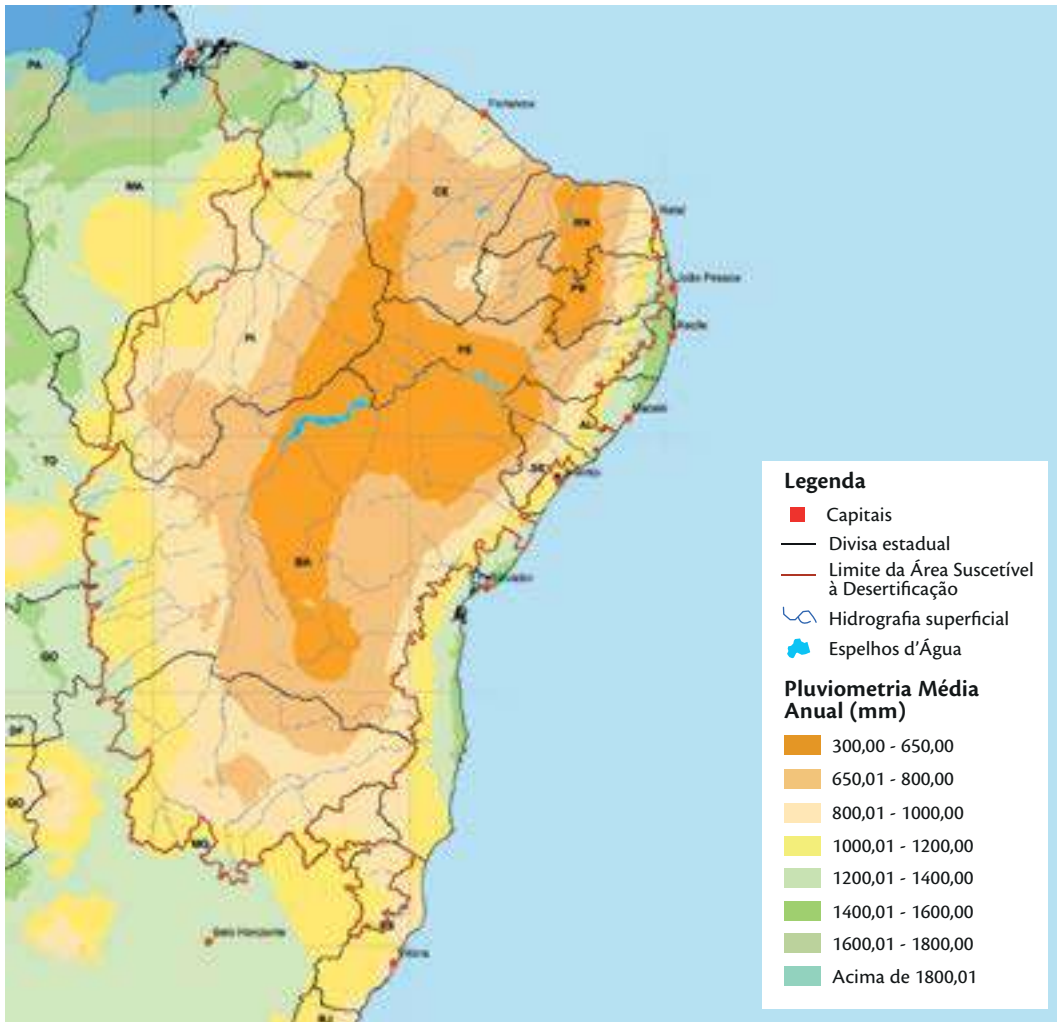


Figura 25 – Pluviometria média anual – 1950-2012 da Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do Limite Estadual, IBGE, 2007; do Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005; do Aplicativo Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWEB) da Agência Nacional de Águas (ANA), 2013; da Grade regular de pontos referente a séries temporais de dados climáticos – pluviometria média anual (1950 a 2012) do Brasil – University of East Anglia, Climatic Research Unit (CRU) [Unidade de Pesquisa Climática da Universidade do Leste de Anglia, no Reino Unido], 2012.



1.1. Causas e indicadores físico-bióticos

Os fatores envolvidos com a instalação dos processos de desertificação são muito variados, incluindo condicionamentos naturais e atividades antrópicas. Nos diversos domínios naturais anteriormente apontados e que compõem a ASD do Brasil, ficam evidentes algumas características mais ou menos comuns quanto aos processos morfodinâmicos e sua atuação. Eles são subordinados à generalizada desagregação mecânica das rochas e aos efeitos produzidos pelo escoamento superficial. Este, de modo muito especial, detém maior competência após as primeiras chuvas, quando as plantas ainda não têm folhas. Há então, maior eficácia energética do escoamento (difuso e em lençol), que remove os detritos finos e materiais que compõem os horizontes superficiais dos solos. Com os desmatamentos contínuos ao longo do tempo histórico de ocupação do Semiárido – provocados pela pecuária extensiva, a agricultura rudimentar e pelo extrativismo vegetal –, os processos erosivos foram intensificados. A expansão da ocupação deu-se sempre em decorrência da incorporação de novas terras e da devastação indiscriminada da fitomassa. Em secas extremas, a capacidade de resiliência do ambiente era fortemente afetada pelo impacto negativo produzido na dinâmica dos processos pedogenéticos. Por consequência, as ações morfodinâmicas se acentuaram, operando desequilíbrios ecológicos, configurando níveis diferenciados de degradação e expandindo os núcleos iniciais da desertificação.

O quadro atual de parcelas significativas do Semiárido brasileiro expõe um estado de fragilidade e de vulnerabilidade à degradação ambiental e à desertificação. Os solos estão fortemente erodidos e destituídos dos seus horizontes superficiais em face de sistemas de manejo rudimentares que têm sido empregados na agropecuária e no extrativismo vegetal. A degradação se amplia em razão da exposição quase direta dos solos aos efeitos de condições climáticas muito agressivas. Os recursos hídricos, em parcelas muito significativas do Semiárido, têm diminuído. Isso é devido às altas taxas de evaporação, assoreamento de rios e açudes, aterramento de diáclases e ressecamento de fontes. A caça e a pesca predatórias têm repercussões negativas na conservação da biodiversidade.

Com esse quadro fortemente impactado e associado a uma forte pressão da população sobre as disponibilidades ambientais, agravam-se os problemas que, durante as secas, têm proporções maiores. Há, por consequência, exaustão dos recursos naturais e empobrecimento generalizado da biodiversidade, abrindo-se caminho para a expansão dos núcleos desertificados (Figura 26).

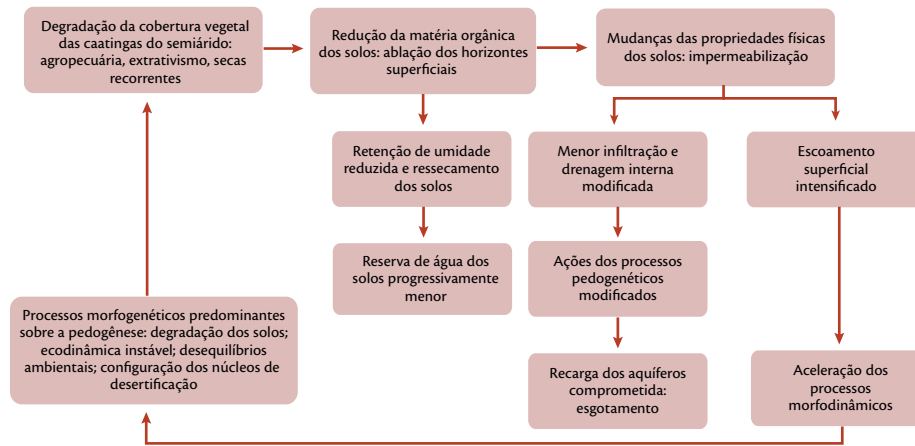


Figura 26 – Sistema de degradação ambiental e configuração de núcleos de desertificação no Semiárido.

Fonte: Elaboração própria.

As principais causas da desertificação na ASD do Brasil podem ser assim apontadas:

- supressão indiscriminada da cobertura vegetal e redução progressiva de biomassa;
- solos rasos, frequentes afloramentos rochosos e chãos pedregosos;
- efeitos incisivos do escoamento superficial (difuso e em lençol) com erosão e ravinamento dos solos;
- incapacidade dos solos de reter umidade;
- substrato rochoso impermeável;
- profundidade das águas subterrâneas;
- redução do volume dos corpos hídricos;
- colmatagem dos fundos de vales inundando planícies aluviais e terraços com solos férteis;
- mudanças na cadeia trófica;
- sucessões ecológicas com alta frequência de cactáceas e outras plantas espinhentas da Caatinga;
- pressões das atividades humanas sobre os sistemas ambientais, especialmente o sobrepastoreio e o extrativismo vegetal.
- baixa capacidade de resiliência dos sistemas ambientais;



As principais consequências são:

- ablação dos horizontes superficiais dos solos;
- encrostamentos superficiais;
- redução da fertilidade natural dos solos;
- salinização e alcalinização dos solos e das águas;
- processos localizados de deflação eólica;
- aumento das áreas de afloramentos;
- disponibilidade hídrica diminuída;
- mudanças no albedo - razão entre a quantidade de luz refletida pela superfície e a quantidade de luz recebida;
- efeitos do escoamento superficial ampliado;
- biodiversidade empobrecida e fortemente impactada;
- baixa capacidade de resiliência;
- sucessões ecológicas com tendências regressivas.

Os indicadores biofísicos apontados a seguir estão em consonância com as vulnerabilidades das ASD do Brasil.

- acesso à água de qualidade nas áreas afetadas;
- cobertura vegetal da terra;
- perda da produtividade;
- estoque de carbono no solo;
- perda física e erosão dos solos;
- salinização e alcalinização dos solos;
- perda de matéria orgânica dos solos;
- perda de fertilidade dos solos;
- contaminação dos solos;
- espessura dos solos, encrostamentos e afloramentos rochosos;
- capacidade de retenção de água nos solos;
- compactação dos solos;

- erosão provocada por processos lineares e areolares;
- ecoamento superficial;
- albedo;
- salinização das águas;
- profundidade do lençol freático;
- volume dos corpos d'água;
- permoporosidade do substrato;
- deflação eólica;
- biomassa;
- espécies indicadoras de degradação das terras e desertificação;
- resiliência;
- padrão fisionômico da vegetação;
- atividades humanas.

1.2. Componente socioeconômico

Nesta seção, são apresentados os principais indicadores socioeconômicos das áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil. Buscou-se, conforme a disponibilidade de dados, a sistematização de informações capazes de: i) apontar as vulnerabilidades às quais está exposta a população dessas áreas; e ii) proporcionar visão das mudanças ocorridas desde a Rio 92, quando os problemas ambientais adquiriram maior notoriedade e passaram a ser vistos como questão de interesse global.

Nesse contexto, vale ressaltar os indicadores globais estabelecidos pela UNCCD, mostrando a preocupação com a situação da população que vive abaixo da linha de pobreza, conforme Metodologia da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).



1.2.1. Aspectos demográficos da ASD

Segundo dados censitários, a população residente nas áreas degradadas, desertificadas e de incidência de secas no Brasil chegou a 34.819.874 pessoas. Esse grande contingente, em um ambiente vulnerável, tende a provocar sérios impactos sobre os ecossistemas locais, pois amplia a demanda por bens e serviços produzidos a partir de recursos naturais nem sempre disponíveis. Como colocado por Ehrlich e Ehrlich (1990), uma população muito grande em uma determinada área tende a criar um desequilíbrio em relação aos recursos disponíveis, o que pode levar ao seu esgotamento. Quando isso acontece, a capacidade de suporte do ambiente para sustentar as atividades humanas está sendo degradada e a biodiversidade ameaçada.

Adicionalmente às questões ambientais, ressaltam-se, ainda, as pressões da população por serviços básicos (educação, saúde, moradia, transporte) e emprego. Assim, no contexto apresentado, os Estados do Ceará, da Bahia e de Pernambuco merecem destaque por concentrarem mais da metade da população da área de estudo (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8 – População residente na Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Estado	População rural			População urbana			População total		
	1991	2000	2010	1991	2000	2010	1991	2000	2010
Alagoas	607.156	608.137	576.674	491.116	58.4491	700.705	1.098.272	1.192.628	12.77.379
Bahia	3.660.919	3.336.119	3.057.592	3.061.888	3.880.904	4.569.544	6.722.807	7.217.021	7.627.136
Ceará	2.204.651	2.115.347	2.105.824	4.162.009	5.315.321	6.346.557	6.366.659	7.430.667	8.452.381
Espírito Santo	210.513	182.952	163.937	254.178	311.329	368.673	464.691	494.281	532.610
Maranhão	354.037	342.683	383.298	228.973	318.563	420.559	583.010	661.246	803.857
Minas Gerais	998.633	859.435	785.317	1.085.531	1.378.750	1.583.772	2.084.164	2.238.185	2.369.089
Paraíba	1.070.248	918.746	845.771	1.304.580	1.531.260	1.747.451	2.374.828	2.450.005	2.593.222
Pernambuco	1.616.697	1.503.778	1.413.637	1.805.937	2.239.621	2.765.187	3.422.634	3.743.399	4.178.824
Piauí	1.194.735	1.036.893	1.053.428	1.349.638	1.767.312	2.023.601	2.544.373	2.804.205	3.077.029
Rio Grande do Norte	707.272	699.001	659.992	1.623.273	1.979.618	2.391.176	2.330.544	2.678.619	3.051.168
Sergipe	361.354	374.812	379.219	314.158	400.890	477.960	675.512	775.702	857.179
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	12.986.215	11.977.903	11.424.689	15.681.281	19.708.059	23.395.185	28.667.494	31.685.958	34.819.874

Fonte: IBGE (1991 - 2010).

Tabela 9 – Proporção da população residente na Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Estado	População rural			População urbana			População total		
	1991	2000	2010	1991	2000	2010	1991	2000	2010
Alagoas	4,7	5,1	5,0	3,1	3,0	3,0	3,8	3,8	3,7
Bahia	28,2	27,9	26,8	19,5	19,7	19,5	23,5	22,8	21,9
Ceará	17,0	17,7	18,4	26,5	27,0	27,1	22,2	23,5	24,3
Espírito Santo	1,6	1,5	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5
Maranhão	2,7	2,9	3,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3
Minas Gerais	7,7	7,2	6,9	6,9	7,0	6,8	7,3	7,1	6,8
Paraíba	8,2	7,7	7,4	8,3	7,8	7,5	8,3	7,7	7,4
Pernambuco	12,4	12,6	12,4	11,5	11,4	11,8	11,9	11,8	12,0
Piauí	9,2	8,7	9,2	8,6	9,0	8,6	8,9	8,8	8,8
Rio Grande do Norte	5,4	5,8	5,8	10,4	10,0	10,2	8,1	8,5	8,8
Sergipe	2,8	3,1	3,3	2,0	2,0	2,0	2,4	2,4	2,5
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: IBGE (1991 - 2010).

À medida que os meios de sobrevivência vão sendo exauridos, intensificam-se os deslocamentos populacionais, especialmente das áreas rurais para as áreas urbanas. Esse comportamento foi estudado por Westing (1994). O autor argumenta que a principal causa do aumento contínuo nos deslocamentos é a redução na relação recursos naturais/habitante. As taxas de crescimento ilustradas no Gráfico 1 reforçam as inferências quanto ao processo de migração interna ocorrido na área de estudo, no período 1991 a 2010, com a consequente degradação da terra que se agrava até a desertificação.

Os deslocamentos populacionais referidos por Westing são observados na área de estudo. Enquanto a população urbana cresceu 49,2%, a população rural se reduziu em 12,0%, sugerindo o deslocamento, dado que o crescimento populacional total correspondeu a 21,5%.

Apesar da tendência de redução da população rural, existem exceções em todas as unidades federativas estudadas. Em municípios como Marizópolis (PB), Pacatuba (CE), Tibau (RN) e Telha (SE), a população rural cresceu 229,0%, 190,0%, 160,6% e 114,5%, respectivamente. Esses dados suscitam, naturalmente, o questionamento sobre o motivo de cidades próximas, com características ambientais e socioeconômicas relativamente semelhantes, apresentarem indicadores tão distintos, caso de Itaitinga (- 91,6%) e Pacatuba (190,0%) localizadas na região metropolitana de Fortaleza, Ceará.

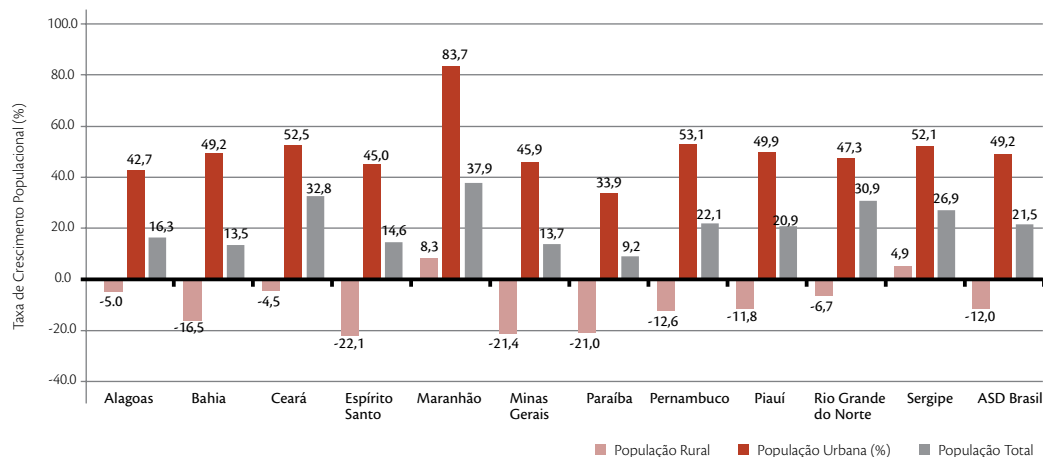


Gráfico 1 – Taxa de crescimento populacional, rural e urbana, na Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Fonte: IBGE, 1991-2010.

A Figura 27 permite uma visualização da distribuição dos municípios estudados, segundo a taxa de crescimento da população rural no período 1991 a 2010. O grande número de municípios com taxas negativas pode ser decorrência de processos migratórios e redução de taxas de natalidade. As duas causas parecem ocorrer simultaneamente na área de estudo.

Ao contrário da população rural, nota-se que o número de pessoas nas áreas urbanas cresceu no período 1991-2010. No entanto, percebe-se uma tendência para redução do crescimento populacional no médio ou longo prazo, haja vista o comportamento dos indicadores populacionais referentes às crianças e jovens. Conforme análise dos gráficos 2 e 3, há uma tendência de queda da participação desses grupos na população total da área de estudo.

Essa característica é resultado de um processo de mudança nos padrões familiares, típico de sociedades que passam por momentos de urbanização, que acarreta a queda do número de filhos em decorrência dos maiores gastos com educação e da intensa jornada de trabalho das mulheres. Além disso, considerando-se as áreas rurais, nos últimos anos, vem perdendo espaço o costume de ter uma grande família para garantir a execução das tarefas do campo.

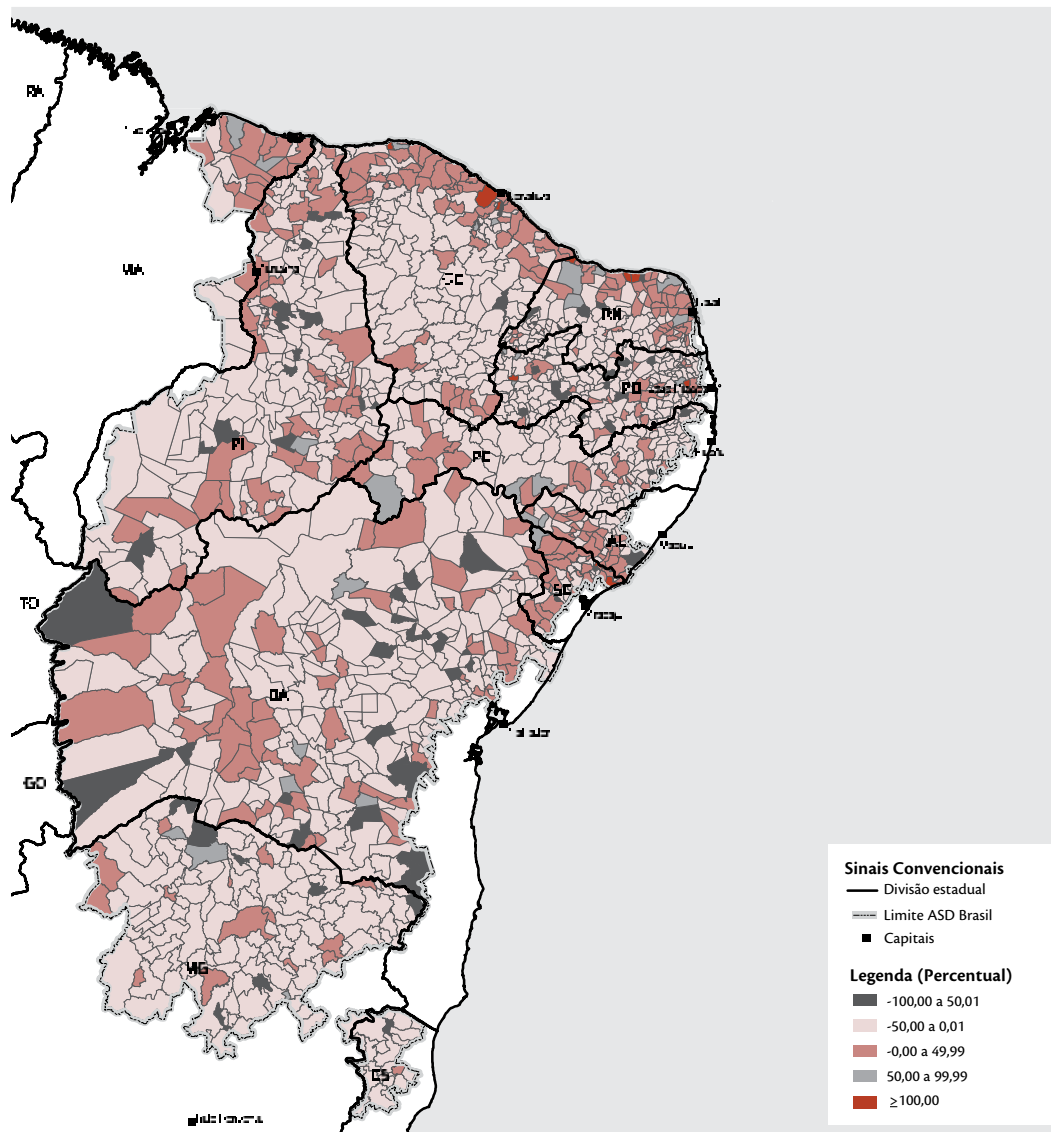


Figura 27 – Taxa de crescimento populacional rural na Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do Censo Demográfico do IBGE, 2010 e do Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

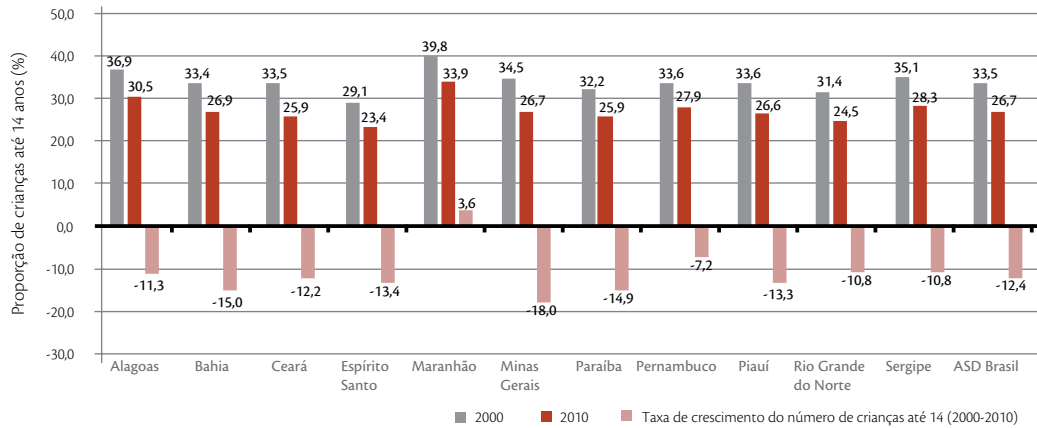


Gráfico 2 – Proporção de crianças até 14 anos na população total na Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Fonte: IBGE, 2000-2010.

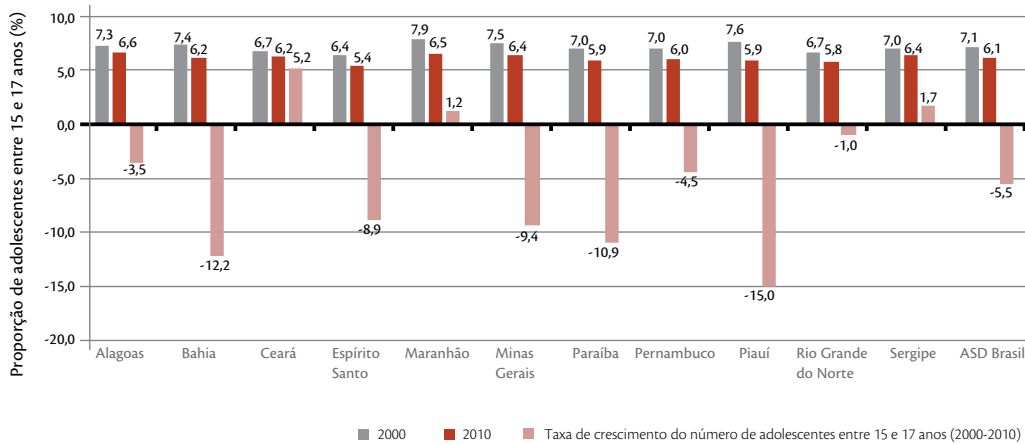


Gráfico 3 – Proporção de adolescentes, entre 15 e 17 anos, na população da Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Fonte: IBGE, 2000-2010.

Considerando-se a estrutura etária apresentada, o aumento na expectativa de vida também pode ser apontado como uma das causas do crescimento populacional nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil. Em 2010, a taxa de envelhecimento na região indicava que 8,2% da população encontrava-se na faixa etária de 65 anos ou mais. Observando-se os gráficos 4a,

4b, 4c e 5, nota-se que a probabilidade de um indivíduo chegar aos 60 anos cresceu entre 1991, 2000 e 2010, chegando a quase 80%. Essa tendência pode ser atribuída à queda nos níveis de mortalidade, seja em consequência de um melhor padrão de vida, seja em decorrência de contribuições de inovações médicas e políticas públicas na área de saúde (ALVES, 2014).

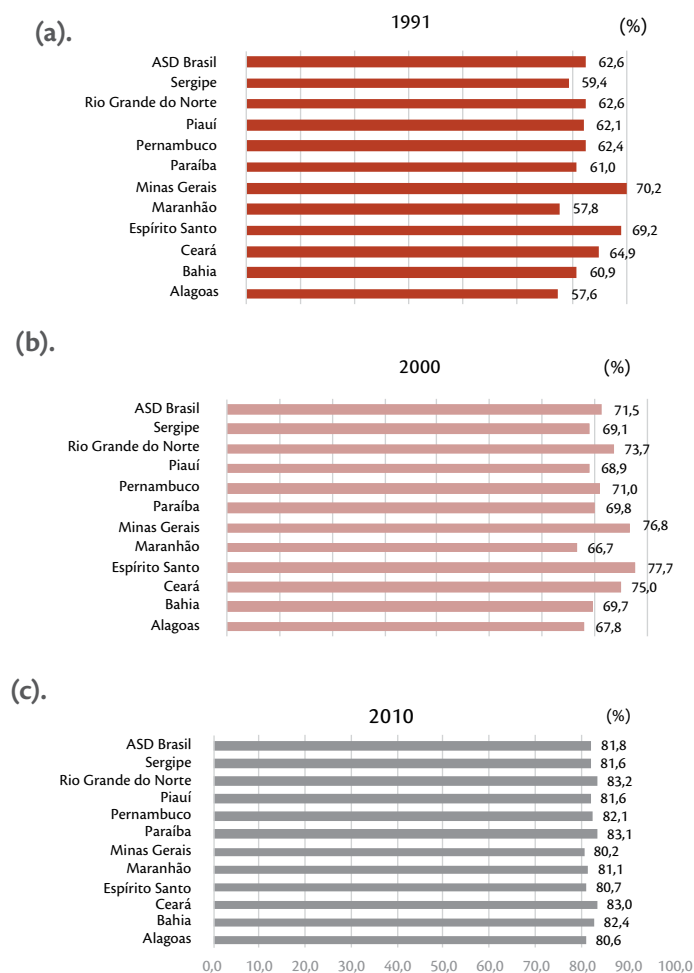


Gráfico 4 – Probabilidade de sobrevivência até 60 anos na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)

Fonte: IBGE, 10091-2010.

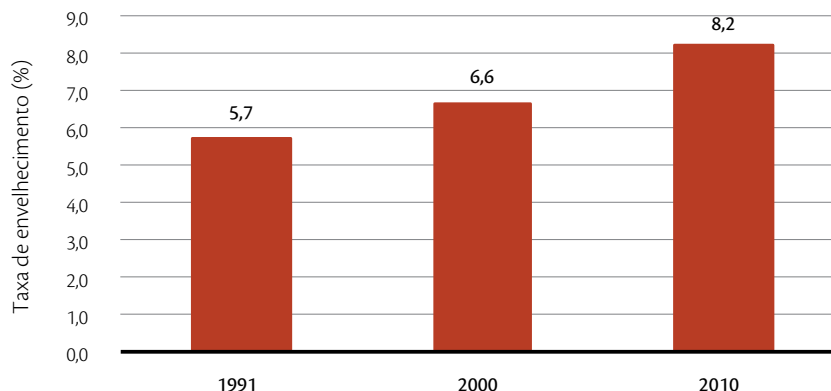


Gráfico 5 – Taxa de envelhecimento da população residente na Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Fonte: IBGE, 1991-2010.

Em muitos domicílios, os idosos, por meio dos benefícios da previdência social, contribuem para a redução da situação de pobreza (DUARTE, 2001). Além disso, as aposentadorias dinamizam a economia de muitos municípios do Semiárido e contribuem para a redução do êxodo rural (SANDI e HERINGER, 2001).

A razão de dependência - medida pela razão entre o número de pessoas com 14 anos ou menos e de 65 anos ou mais de idade (população dependente) e o número de pessoas com idade de 15 a 64 anos (população potencialmente ativa) multiplicada por 100 (PNUD) - é um indicador para entender a transição demográfica de uma região. Segundo Alves (2008), a queda na razão de dependência é conhecida como “janela de oportunidades”, só acontece uma vez e pode ser um fator de desenvolvimento econômico. Apesar de encontrar-se em queda, esse indicador é bastante elevado na área de estudo. Como se observa na Tabela 10 existia, em média, 57 pessoas inativas para cada cem pessoas em idade produtiva no ano de 2010. Essa relação traz implícito um custo elevado, pois está associada a medidas de seguridade social, serviços de saúde e previdência. Os municípios da Paraíba apresentaram as maiores taxas de envelhecimento da população. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, municípios suscetíveis às secas tendem a apresentar elevadas taxas de envelhecimento em decorrência de processos migratórios, comuns entre os jovens que saem de sua terra em busca de oportunidades em outras regiões (MMA, 2007).

Tabela 10 – Taxa de envelhecimento e razão de dependência da população residente na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)

Unidade da Federação	Taxa de envelhecimento				Razão de dependência			
	1991	2000	2010	Taxa de crescimento (1991-2010)	1991	2000	2010	Taxa de crescimento (1991-2010)
Alagoas	5,1	5,6	6,8	33,7	94,3	78,5	62,3	-33,9
Bahia	5,7	6,7	8,6	51,2	89,7	69,2	55,6	-38,0
Ceará	6,1	7,1	8,6	40,8	88,8	74,5	56,8	-36,0
Espírito Santo	4,7	6,4	8,2	72,4	70,4	56,0	47,2	-32,9
Maranhão	5,0	5,4	6,2	25,9	108,3	86,8	70,0	-35,3
Minas Gerais	5,1	6,6	8,9	75,6	79,1	65,6	52,7	-33,3
Paraíba	7,3	8,2	10,1	37,1	87,5	67,9	55,9	-36,2
Pernambuco	6,4	7,1	8,2	28,5	87,2	70,3	57,4	-34,2
Piauí	5,0	6,2	8,3	66,5	91,4	70,7	57,3	-37,3
Rio Grande do Norte	6,8	7,5	8,9	30,0	86,0	68,8	54,0	-37,2
Sergipe	6,0	6,2	7,3	22,3	87,6	70,9	55,7	-36,4
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	5,7	6,6	8,2	42,6	88,2	70,8	56,8	-35,6

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano Municipal (2013).

A elevada densidade demográfica é apontada como fator de degradação ambiental, por expor os ecossistemas a uma maior pressão antrópica (Rodrigues, 2006; Lima *et al.*, 2009). Segundo Matallo Junior (2001), em áreas suscetíveis à desertificação, a densidade não deveria ultrapassar 20 habitantes por quilômetro quadrado (hab/km²). No entanto, não é o que se observa nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil (Gráfico 6). A região como um todo apresenta 26 hab/km² (o Brasil, por sua vez, apresenta 23 hab/km²).

A proporção sugerida por Matallo Junior (2001) só é verificada no Piauí, em Minas Gerais, na Bahia e no Maranhão (em termos médios). As áreas inseridas nos Estados de Alagoas, do Rio Grande do Norte, do Ceará e de Sergipe são as mais densamente povoadas. Os dados de Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte incluem suas respectivas capitais, o que eleva os valores da densidade demográfica. As densidades dos nesses três Estados, excluindo-se as capitais são: 40,4 hab/km², 9,5 hab/km² e 38,3 hab/km², respectivamente.

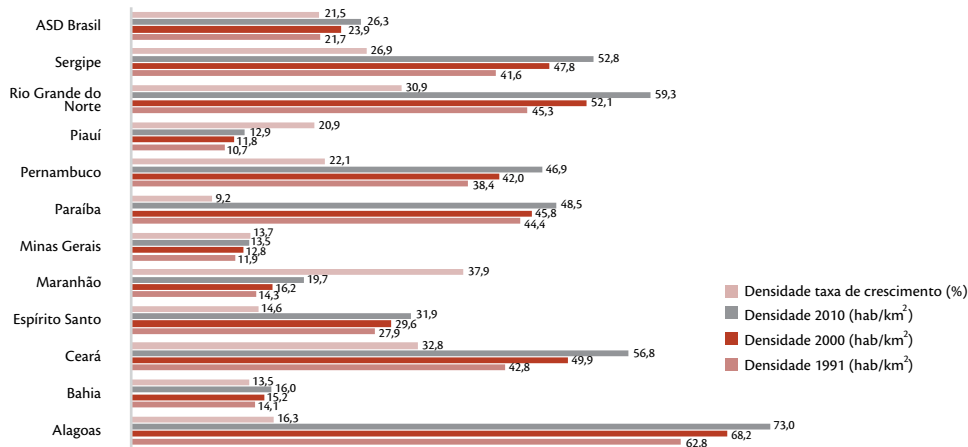


Gráfico 6 – Densidade demográfica na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)

Fonte: IBGE, 1991-2010.

A análise desagregada dos dados, em nível municipal, mostra a grande heterogeneidade entre os municípios da ASD. Existem municípios com densidade demográfica em torno de 1 hab/km² (Jaborandi, na Bahia = 0,94 hab/km²) e outros acima de 1.600 hab/km² (Parnamirim, no Rio Grande do Norte = 1.610 hab/km²), excluindo-se as capitais estaduais (Figura 28).

Nota-se que os municípios com densidades mais elevadas tendem a apresentar taxas de crescimento positivas do indicador, o que sugere o agravamento do problema nos próximos anos e a necessidade de um planejamento voltado para o controle dos impactos ambientais decorrentes de um cenário em que os recursos naturais tendem à superexploração.

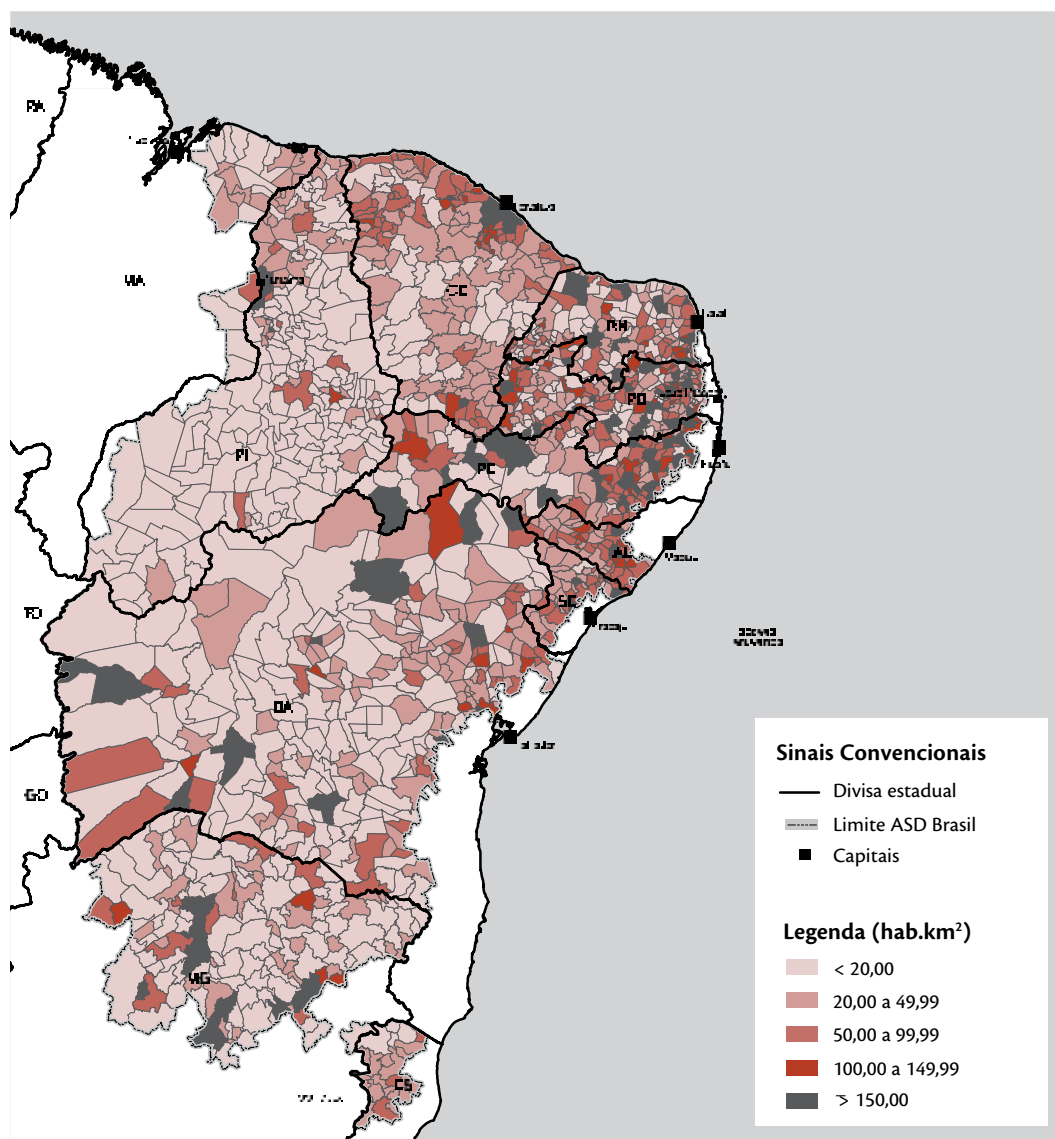


Figura 28 – Densidade demográfica na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2010)

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do Censo Demográfico IBGE, 2010 e do Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.



Complementando a análise dos indicadores populacionais da área de estudo, nota-se o processo de urbanização intensificado a partir da segunda metade do século 20 (MONTE-MOR, 2011). Em 1991, a população rural prevalecia nas áreas inseridas nos Estados de Alagoas, da Bahia, do Maranhão e de Sergipe. Em 2010, essa proporção foi invertida em todas as unidades federativas. A população urbana aumentou de 54,7%, em 1991, para 67,2%, em 2010 (Gráfico 7). Pode-se inferir que, atualmente, a região é predominantemente urbana.

A urbanização observada na área em estudo pode ser analisada na perspectiva do avanço da degradação ambiental, que restringe as opções de emprego e renda para parte da população, mas é importante ressaltar que, em algumas regiões, como os vales úmidos (São Francisco, Açu, Jaguaribe), associados à fruticultura, e os cerrados (sul do Maranhão, do Piauí e oeste da Bahia), associados à expansão da produção de soja e eucalipto, houve uma reestruturação produtiva da agropecuária com a expansão do agronegócio (ELIAS e PEQUENO, 2011). Essa expansão do agronegócio estimula o surgimento de “cidades do campo” ou cidades próximas às áreas de agronegócio, as quais fornecem os insumos necessários à atividade, incluindo mão de obra (SANTOS, 2000).

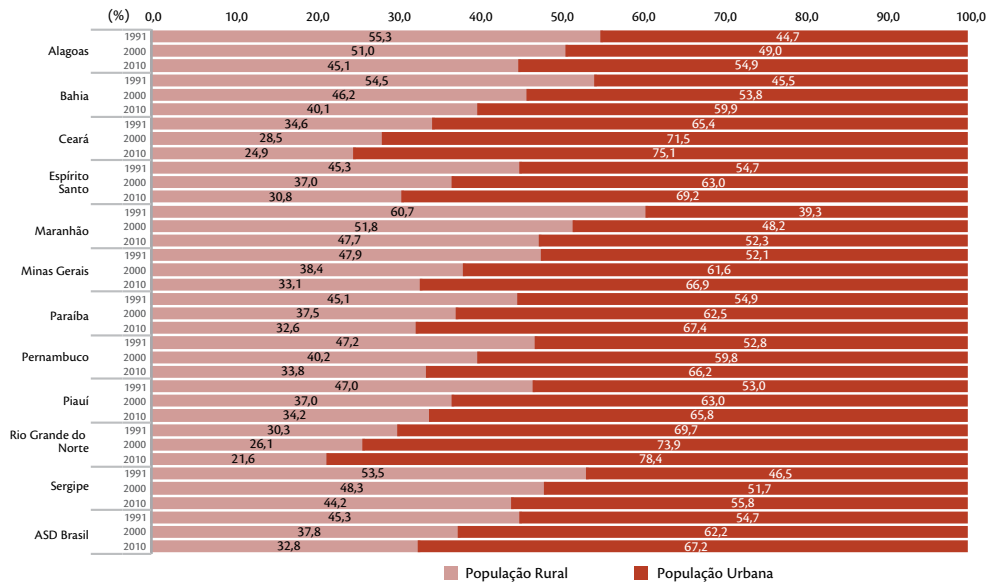


Gráfico 7 – População por situação do domicílio na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)

Fonte: IBGE, 1991-2010.

O aumento na densidade demográfica vem sendo acompanhado do crescimento da taxa de urbanização nos municípios da área de estudo (Gráfico 8). Essa combinação potencializa uma série de problemas socioeconômicos e ambientais, haja vista que, na maioria dos municípios brasileiros, não há planejamento urbano e os novos núcleos vão sendo criados em regiões periféricas, que originalmente eram áreas verdes, onde inexistem sistemas de abastecimento d'água, esgotamento sanitário e coleta de lixo. A disposição dos resíduos sólidos é apontada como um problema em muitos municípios. A consequência da falta de aterros sanitários é a proliferação de lixões que potencializam a transmissão de doenças e contaminam o lençol freático. Esse é um problema que também afeta as áreas rurais.

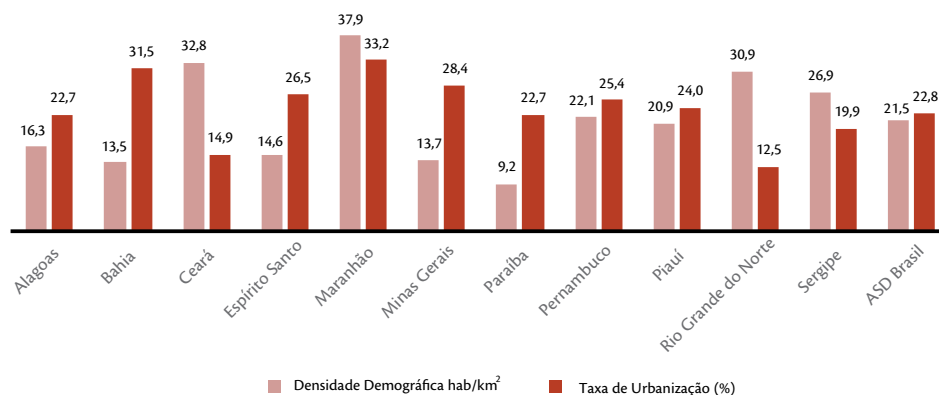


Gráfico 8 – Indicadores densidade demográfica e taxa de urbanização na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991-2010)

Fonte: IBGE, 1991-2012.

Os aspectos demográficos da Área Suscetível à Desertificação no Brasil podem ser sintetizados em três pontos principais (Figura 29):

- i) a população está crescendo, o que tem tornado a região cada vez mais povoada;
- ii) a população rural está se reduzindo e contribuindo para acentuar o processo de urbanização; e
- iii) a população está envelhecendo.

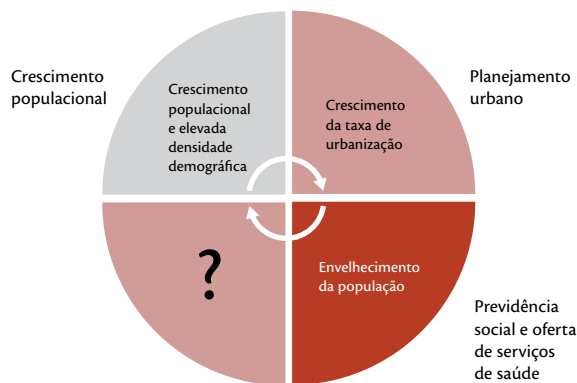


Figura 29 – Pontos centrais dos aspectos demográficos na Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Fonte: Elaboração própria.

Os dois primeiros tópicos apontam para a necessidade de políticas públicas de planejamento familiar e urbano, respectivamente. O envelhecimento da população deve ser visto sob uma ótica cautelosa, pois alimenta a chamada “Economia sem Produção”, termo utilizado por Gustavo Maia Gomes (GOMES, 2001), o qual representa os que não produzem, mas se apropriam de uma parte da renda nacional. A “Economia sem Produção”, na visão de Araújo e Lima (2010), contribui para a manutenção dos péssimos indicadores de desenvolvimento do Semiárido brasileiro.

1.2.2. Desenvolvimento humano

1.2.2.1. Índice de Desenvolvimento Humano

As áreas mais suscetíveis à degradação ambiental apresentam os mais baixos níveis de desenvolvimento. De fato, os municípios inseridos na área de estudo apresentam Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) abaixo da média do Brasil, que foi de 0,727 em 2010, apesar das elevadas taxas de crescimento observadas em todas as unidades federativas no período 1991-2010 (Gráfico 9). O IDH retrata a situação dos municípios a partir de três dimensões: educação, longevidade e renda.

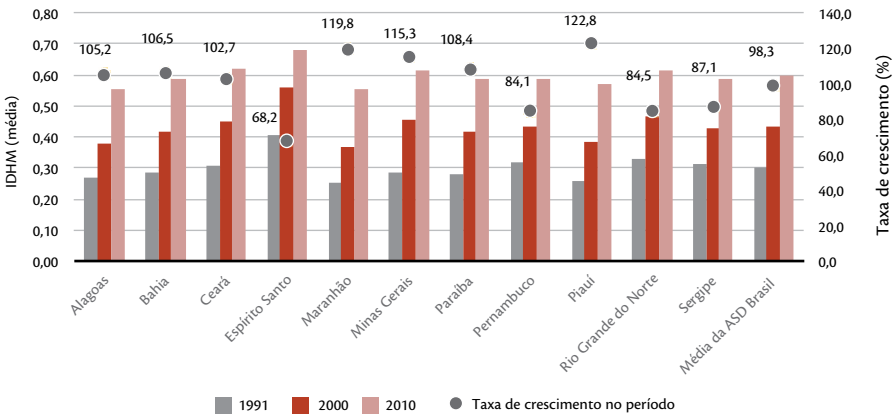


Gráfico 9 – Evolução do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)

Fonte: PNUD, 1991-2010.

Tabela 11 – Estatísticas descritivas do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2010)

Unidade da Federação	Média da área de estudo	Mínimo	Máximo	Coefficiente de variação
Alagoas	0,555	0,484 (Inhapi)	0,649 (Arapiraca)	6,47
Bahia	0,588	0,486 (Itapicuru)	0,721 (Barreiras)	6,24
Ceará	0,617	0,540 (Salitre)	0,754 (Fortaleza)	5,14
Espírito Santo	0,680	0,652 (Água Doce do Norte)	0,746 (Colatina)	3,19
Maranhão	0,553	0,500 (Água Doce do Maranhão)	0,649 (Timon)	5,91
Minas Gerais	0,614	0,529 (São João das Missões)	0,770 (Montes Claros)	6,1
Paraíba	0,586	0,513 (Gado Bravo)	0,720 (Campina Grande)	5,89
Pernambuco	0,587	0,487 (Manari)	0,697 (Petrolina)	6,65
Piauí	0,570	0,485 (São Francisco de Assis do Piauí)	0,751 (Teresina)	7,00
Rio Grande do Norte	0,611	0,530 (João Dias)	0,766 (Parnamirim)	6,26
Sergipe	0,586	0,529 (Poço Redondo)	0,661 (Propriá)	4,66

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano Municipal (2013).

A Tabela 11 aponta os municípios menos e mais desenvolvidos de cada Estado, segundo o IDH. Maranhão, Alagoas, Piauí, Paraíba, Sergipe, Pernambuco e Bahia apresentam IDH médio abaixo



da média da área de estudo (0,595). O município menos desenvolvido é Inhapi (AL), com IDHM igual a 0,484 (ocupando a 14ª posição no Brasil). A análise do coeficiente de variação mostra que a heterogeneidade entre os municípios é pequena quanto aos níveis de desenvolvimento, ou seja, pode-se adotar uma generalização e classificar a região como de médio desenvolvimento. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2013), as classes de IDH são: baixo (entre 0 e 0,499), médio (entre 0,500 e 0,799) e alto (0,800 e 1,000). No Brasil, os valores extremos são 0,418 (Melgaço, no Pará) e 0,862 (São Caetano do Sul, em São Paulo).

A Figura 30 apresenta um maior detalhamento dos municípios da área de estudo, conforme o valor de IDH. Não há município na classe 0,801 a 1,000. Ceará, Minas Gerais e Espírito Santo apresentam maior extensão de municípios na classe seguinte (0,604 – 0,800).

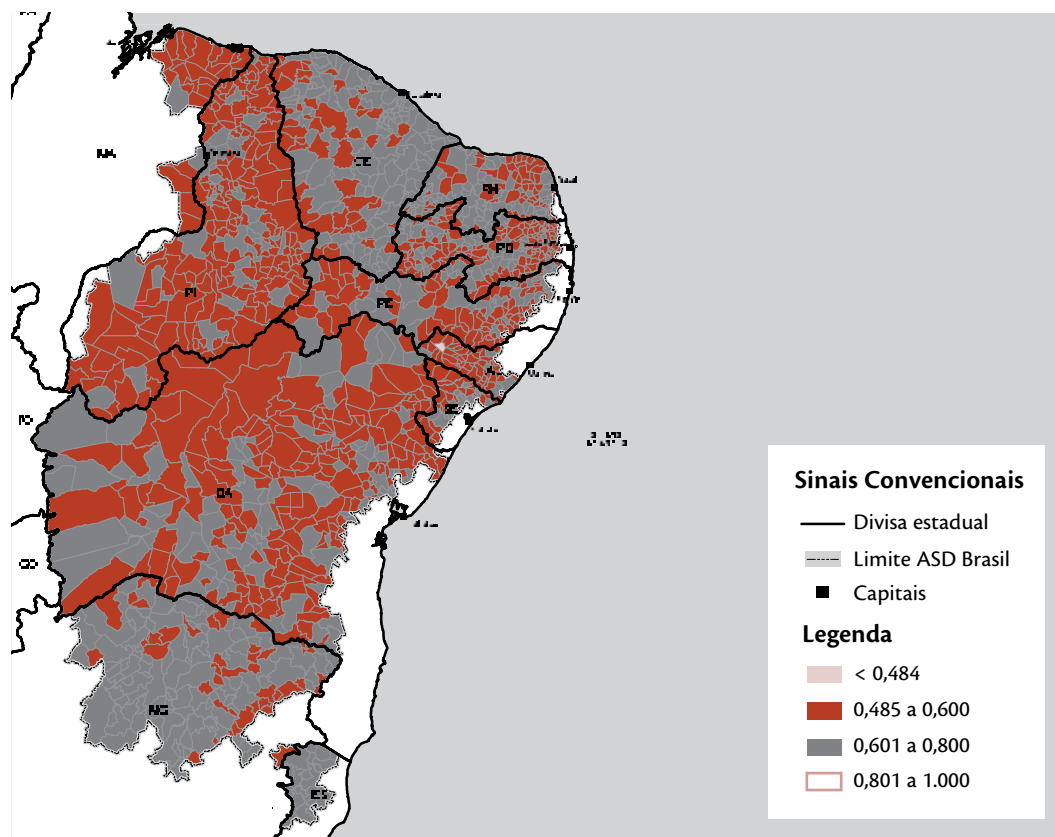


Figura 30 – Distribuição dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo o IDH no ano 2010

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013); e Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

1.2.2.2. Indicadores de educação

Embora a relação entre vulnerabilidade climática de uma região e seus indicadores educacionais não tenha sido suficientemente estudada, conforme o United Nations Children's Fund (Unicef, 2011), ou Fundo das Nações Unidas para a Infância, as famílias que perdem seus meios de subsistência em decorrência da seca dificilmente têm condições de manter seus filhos na escola.

Nesse contexto, é natural supor que os indicadores educacionais na área de estudo sejam relativamente menos favoráveis que em outras regiões menos vulneráveis. É o caso, por exemplo, dos indicadores de frequência à escola (Tabela 12). Considerando o período avaliado, foram alcançados ganhos significativos no indicador. No entanto, ainda não há a universalização do ensino. Os valores inferiores a 100 indicam que existem crianças em idade pré-escolar que não estão frequentando a escola. Nos municípios da área de estudo localizados em Minas Gerais, uma média de apenas 52,5% das crianças está tendo acesso à educação nesse nível escolar.

Quando se analisa o ensino fundamental, nota-se que os valores ultrapassam 100%, significando que o número de alunos cursando esse nível de ensino é maior que a população na faixa etária ideal (6 a 14 anos). Ressalta-se que os valores elevados não significam que todas as pessoas na faixa etária correspondente estejam frequentando a escola e cursando os anos devidos. Significam que existem pessoas fora de sua faixa etária cursando o ensino fundamental. Nota-se, nesse caso, outro tipo de deficiência na educação: a distorção existente entre a idade e a série cursada, que pode ser atribuída a reprovações ou abandono da escola em anos passados, e o retorno à unidades de ensino em anos posteriores.

Os valores observados na última coluna alertam que muitos jovens deixam de frequentar a escola após a conclusão do ensino fundamental. Em média, a proporção de pessoas cursando o ensino médio, na região tratada no presente estudo, corresponde a 62,9% dos jovens entre 15 e 17 anos. Sem o ensino médio, as chances de melhores empregos e salários são reduzidas e o quadro de pobreza tende a ser mantido naquela região.



Tabela 12 – Taxa bruta de frequência à escola, por níveis de ensino na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)

Unidade da Federação	Taxa de frequência bruta à pré-escola ^a			Taxa de frequência bruta ao ensino fundamental ^b			Taxa de frequência bruta ao ensino médio ^c		
	1991	2000	2010	1991	2000	2010	1991	2000	2010
Alagoas	13,9	37,0	60,0	65,4	123,1	122,6	11,7	24,7	59,4
Bahia	15,8	36,8	63,3	73,8	131,2	122,4	12,4	36,1	63,4
Ceará	25,5	44,9	71,9	79,4	123,2	112,9	12,7	36,0	65,4
Espírito Santo	13,1	36,7	61,6	89,7	104,8	106,3	26,9	62,0	67,9
Maranhão	11,1	34,9	77,9	62,4	120,3	122,4	11,1	24,5	66,2
Minas Gerais	8,4	22,5	52,5	74,1	111,5	110,4	9,0	42,9	61,3
Paraíba	18,3	42,8	69,9	76,9	128,6	120,5	11,6	30,2	58,7
Pernambuco	16,7	38,9	66,3	78,4	120,5	116,0	16,1	38,4	58,0
Piauí	16,0	34,3	67,4	73,5	128,9	121,5	8,9	26,4	69,7
Rio Grande do Norte	25,5	45,8	66,3	87,8	121,1	118,2	21,1	48,2	65,2
Sergipe	27,7	68,2	86,3	84,2	120,8	120,7	12,9	36,3	56,8
Média da área do estudo	17,4	40,3	67,6	76,9	121,3	117,6	14,1	36,9	62,9

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano Municipal (2013).

Notas:

- a. Razão, entre o número total de crianças de até 5 anos de idade (somente 5 anos em 1991) frequentando a pré-escola e a população nessa mesma faixa etária, multiplicada por 100. As pessoas de 6 anos ou mais frequentando a pré-escola foram consideradas como se estivessem no 1º ano do ensino fundamental.
- b. Razão, entre o número total de pessoas de qualquer idade frequentando o ensino fundamental regular seriado e a população na faixa etária de 6 a 14 anos, multiplicada por 100. As pessoas de 6 anos ou mais frequentando a pré-escola foram consideradas como se estivessem no 1º ano do ensino fundamental.
- c. Razão, entre o número total de pessoas de qualquer idade frequentando o ensino médio regular seriado e a população na faixa etária de 15 a 17 anos, multiplicada por 100. As pessoas frequentando a 4ª série do ensino médio foram consideradas como tendo concluído esse nível de ensino.

Entre 1991 e 2010, houve um aumento de 46,9% na expectativa de anos de estudo na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (Gráfico 10). Em 2010, esse número correspondeu a 9 anos, em média. Os alunos estão passando mais tempo na escola, mas é um número ainda pequeno, se comparado com a média nacional, que corresponde a 14,2 anos.

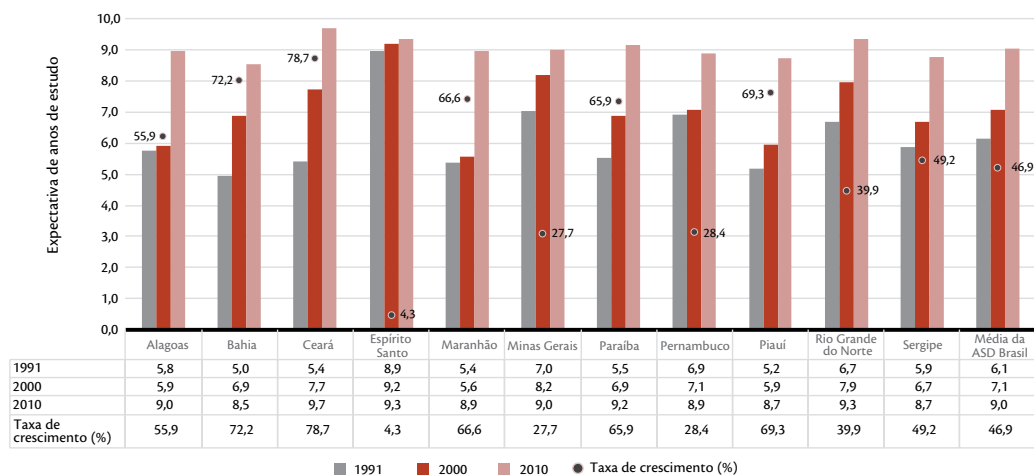


Gráfico 10 – Evolução da expectativa de anos de estudo, aos 18 anos de idade, na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)

Fonte: Elaboração própria, com dados de IBGE/PNUD/Unicef.

As mudanças nos indicadores de educação começam a ser percebidas mesmo naquelas dimensões cujos resultados demandam um tempo maior. É o caso das taxas de analfabetismo e de alfabetização (gráficos 11a, 11b e 12). Houve redução significativa no número de pessoas analfabetas entre aquelas com 15 anos ou mais, embora tenha se mantido constante a mesma estrutura de desigualdade entre as regiões.

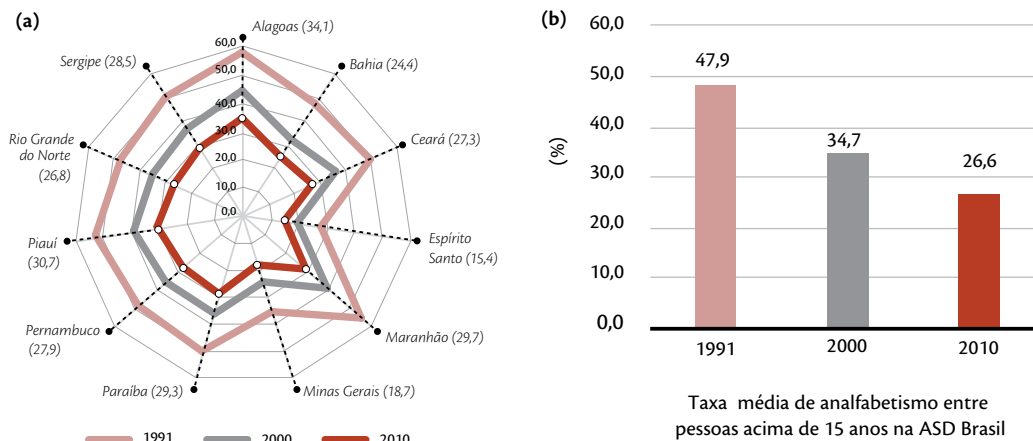


Gráfico 11 – Comportamento da taxa de analfabetismo entre pessoas com 15 anos ou mais de idade na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)

Fonte: Elaboração própria, com dados de IBGE/PNUD/Unicef.



Como se observa no Gráfico 12, a taxa de alfabetização entre pessoas acima de 5 anos era de 47,2%, em 1991, e passou para 73,2%, em 2010. Alagoas, Maranhão e Piauí apresentam os índices mais baixos.

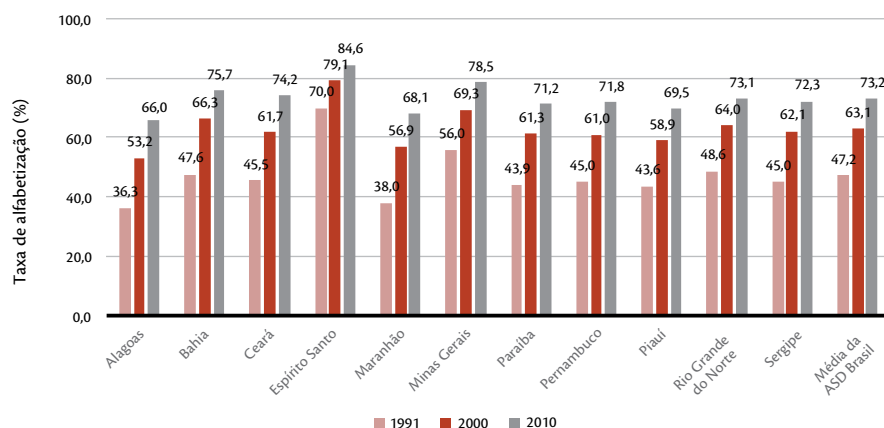


Gráfico 12 – Evolução da taxa de alfabetização (% de pessoas acima de 5 anos alfabetizadas) na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)

Fonte: Elaboração própria, com dados de IBGE/PNUD/Unicef.

Uma análise mais desagregada da área de estudo (Figura 31) mostra que a maior parte dos municípios apresenta taxa de alfabetização entre 60% e 80%. Caxingó, no Piauí, mostrou o pior índice em 2010 (54,43%) e o maior ocorreu em Montes Claros, Minas Gerais (92,77%).

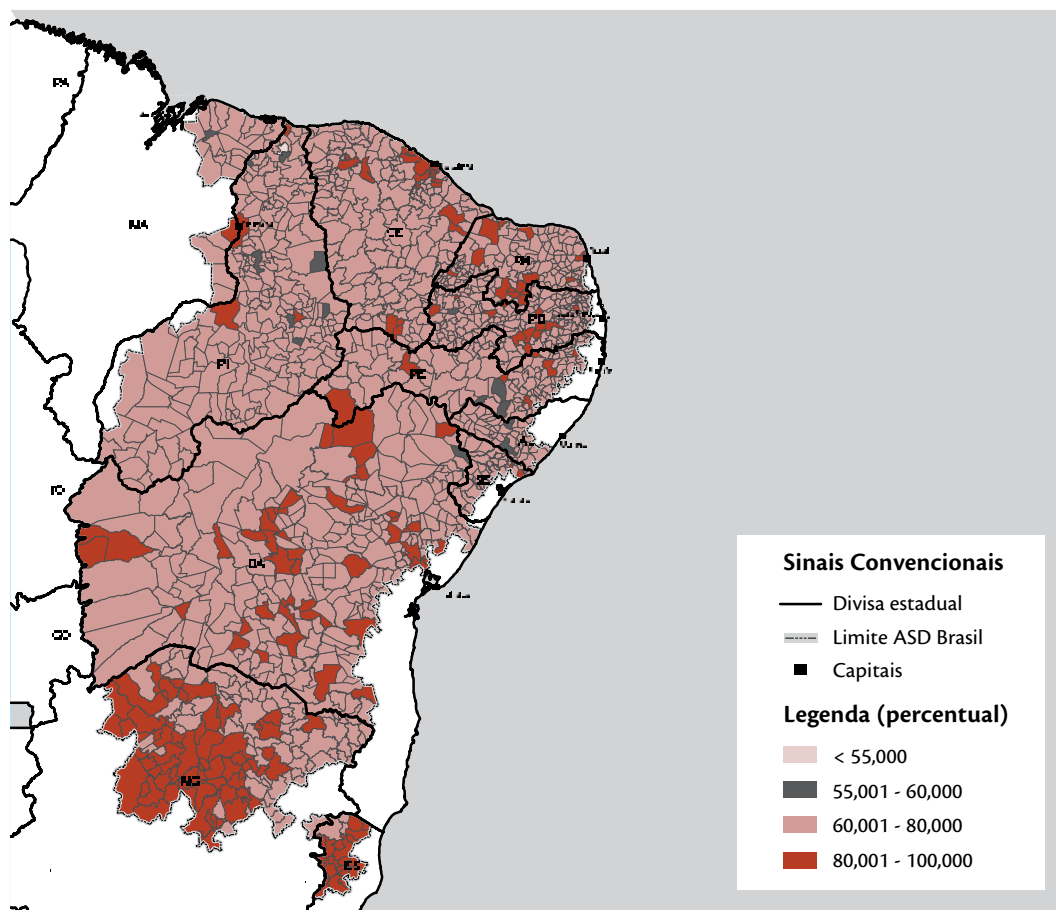


Figura 31 – Distribuição dos municípios com Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil, segundo a taxa de alfabetização no ano 2010

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013); e Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

1.2.2.3. Indicadores de saúde

No âmbito da mortalidade infantil, a região vem apresentando avanços consideráveis. No entanto, o alto percentual de queda do indicador não atinge os dois terços adotados como meta dos objetivos do milênio. Além disso, em 2010, morreram, em média, 25,9 crianças a cada mil nascimentos (Gráfico 13). Esse dado corresponde a um número muito elevado de crianças que não conseguiram sobreviver ao primeiro ano de vida, especialmente se comparado ao Brasil, cujo valor foi de 16,7 mortes para cada mil nascidos vivos no mesmo ano.



Elevados índices de mortalidade infantil refletem as condições de pobreza e desamparo da população, haja vista que estão associados à falta de serviços básicos de saúde, infraestrutura básica (principalmente o saneamento) e desnutrição.

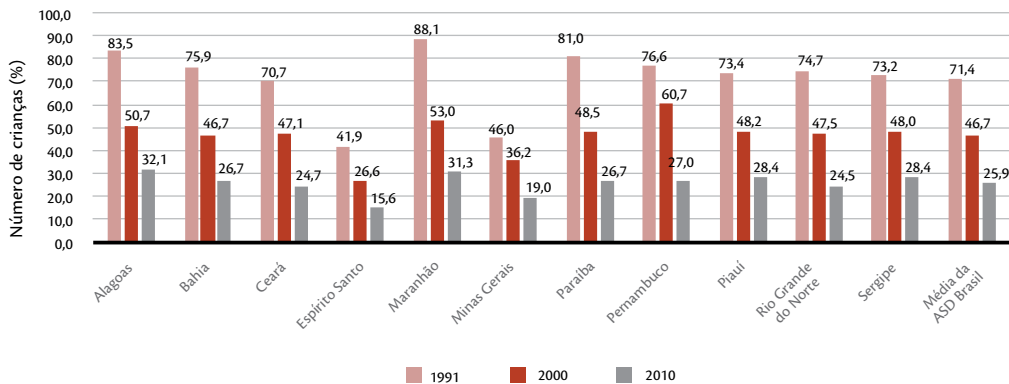
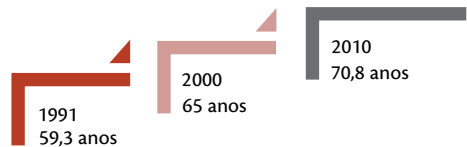


Gráfico 13 – Número de crianças que poderiam não ter sobrevivido ao primeiro ano de vida, em cada 1000 crianças nascidas vivas na Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE.

A esperança de vida ao nascer (o número médio de anos que as pessoas deverão viver a partir do nascimento, se permanecerem constantes, ao longo da vida, o nível e o padrão de mortalidade por idade prevalecente no ano do Censo) cresceu 11,5 anos entre 1991 e 2010, o que corrobora o alargamento da parte superior da pirâmide etária da região. No Brasil, a esperança de vida ao nascer é de 73,9 anos (Figura 32).



Esperança de vida ao nascer

Figura 32 – Esperança de vida ao nascer na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)

Fonte: Elaboração própria.

Nota-se que, apesar dos avanços na saúde, as áreas degradadas suscetíveis à desertificação apresentam indicadores abaixo da média nacional, o que ressalta a vulnerabilidade da região. Como agravante, o estudo Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde: Cenários para o Nordeste Brasileiro, 2000-2050 (CEDEPLAR; FIOCRUZ, 2008) alerta que fatores como o crescimento lento da economia e a redução do trabalho em áreas afetadas pela seca podem desencadear ondas migratórias e novos arranjos urbanos, que favorecem a disseminação de doenças endêmicas como mal de Chagas, dengue, leptospirose e esquistossomose, além da leishmaniose visceral e da leishmaniose tegumentar.

Nesse contexto, Barcellos *et al.* (2009) destacam que “A possível expansão de áreas de transmissão de doenças não pode ser compreendida como um regresso de doenças como a malária, febre amarela, dengue, leptospirose, esquistossomose entre outras. Ou melhor, a possibilidade de retorno dessas doenças se dá sobre bases históricas completamente distintas daquelas existentes no século 19. As transformações sociais e tecnológicas ocorridas no mundo nas últimas décadas permitem antever que essas doenças adquiriram, ao longo dessas décadas, outras características, além dos fatores biológicos intrínsecos. A possibilidade de prevenir, diagnosticar e tratar algumas pessoas e excluir outras desses sistemas aprofundou as diferenças regionais e sociais de vulnerabilidades e transformou as desigualdades sociais num importante diferencial de riscos ambientais”.

1.2.2.4. Indicadores de emprego e renda

A área suscetível aos processos de desertificação no Brasil compõe a região com mais baixos níveis de renda *per capita* do País. Conforme observado na Tabela 13, a renda *per capita* da população local era, em média, R\$287,53, em 2010, o correspondente a 36,2% da média brasileira, que foi de R\$793,87 no mesmo ano. Comparando-se a renda média das áreas vulneráveis com a renda média da unidade federativa na qual estão inseridas, também se percebe a maior suscetibilidade à pobreza. Em Minas Gerais, por exemplo, a diferença de renda entre os municípios vulneráveis e a média estadual ultrapassa 50%.

A renda *per capita* é, portanto, um fator que acentua as desigualdades sociais entre a área de estudo e o restante do Brasil. Apesar das taxas positivas de crescimento, o indicador é muito baixo, o que torna a população mais vulnerável aos impactos da seca.



Tabela 13 – Renda *per capita* na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)

Unidade da Federação	1991 (Cr\$)	2000 (R\$)	2010 (R\$)	Variação no período (%)	Renda na unidade Federativa (2010) (R\$)
Alagoas	109,30	142,90	230,80	111,2	432,56
Bahia	122,21	175,32	276,98	126,6	496,73
Ceará	113,29	163,46	267,64	136,2	460,63
Espírito Santo	218,75	345,75	504,34	130,6	815,43
Maranhão	88,41	109,72	183,64	107,7	360,34
Minas Gerais	129,39	190,10	307,31	137,5	749,69
Paraíba	98,01	159,30	270,84	176,3	474,94
Pernambuco	135,13	184,67	282,01	108,7	525,64
Piauí	91,61	141,06	248,34	171,1	416,93
Rio Grande do Norte	122,66	186,52	306,50	149,9	545,42
Sergipe	131,63	168,32	284,41	116,1	523,53
Média da Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	123,67	178,83	287,53	132,5	-

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano Municipal (2013).

A Figura 33 apresenta os municípios da ASD por classes de renda *per capita*. A população dos municípios do Espírito Santo apresenta uma situação mais favorável em relação aos demais Estados. Por outro lado, a maior parte da população dos municípios do Maranhão e de Alagoas encontra-se na classe com os menores níveis do indicador.

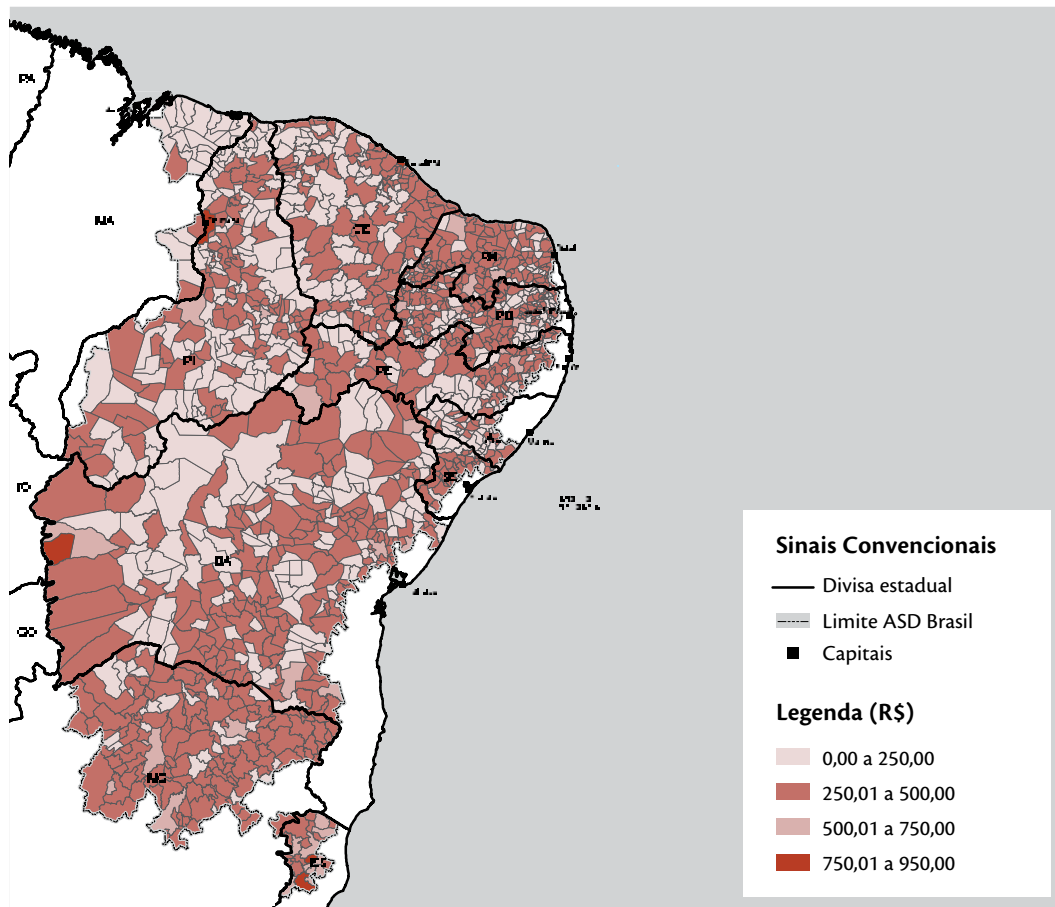


Figura 33 – Distribuição dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo a renda *per capita* (2010)

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013); e Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

Uma das formas de mensurar a desigualdade de renda é por meio do Índice de Gini¹⁰ (Tabela 14). Como se observa, a análise restrita a um período mais recente (2000 a 2010) aponta a redução da desigualdade na área de estudo a taxas maiores que aquela verificada no Brasil como um todo.

¹⁰ O Índice de Gini mede o grau de desigualdade existente na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar per capita. Seu valor varia de 0, quando não há desigualdade (a renda domiciliar per capita de todos os indivíduos tem o mesmo valor), a 1, quando a desigualdade é máxima (apenas um indivíduo detém toda a renda).



Apenas as áreas inseridas nos Estados do Maranhão, do Piauí e da Paraíba apresentaram queda menor que a verificada em nível nacional.

No entanto, os valores do Índice de Gini são muito elevados e o fato de o índice médio da área de estudo ser inferior ao nacional não deve mascarar a baixíssima renda *per capita* verificada na região. Deve-se atentar que as estratégias de redução de pobreza não conseguiram reduzir as desigualdades de modo a tornar a distribuição de renda mais equitativa.

Tabela 14 – Índice de Gini na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)

Unidade da Federação	1991	2000	2010	Variação 1991 - 2000	Variação 2000 - 2010	Variação 1991 - 2010
Alagoas	0,504	0,612	0,558	21,3	-8,8	10,6
Bahia	0,533	0,566	0,525	6,2	-7,3	-1,5
Ceará	0,525	0,590	0,528	12,3	-10,5	0,5
Espírito Santo	0,569	0,560	0,493	-1,6	-11,9	-13,3
Maranhão	0,483	0,601	0,583	24,6	-3,1	20,7
Minas Gerais	0,519	0,572	0,495	10,2	-13,5	-4,7
Paraíba	0,509	0,528	0,498	3,6	-5,6	-2,2
Pernambuco	0,534	0,582	0,525	9,0	-9,8	-1,7
Piauí	0,506	0,555	0,540	9,7	-2,8	6,6
Rio Grande do Norte	0,521	0,554	0,501	6,4	-9,7	-3,8
Sergipe	0,485	0,542	0,508	11,6	-6,3	4,5
Média da Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	0,517	0,569	0,523	10,1	-8,1	1,1
Brasil	0,630	0,640	0,600	1,6	-6,3	-4,8

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano Municipal (2013).

De um modo geral, há uma homogeneidade entre os municípios da área de estudo quanto à distribuição da renda *per capita*. A maioria se encontra na classe entre 0,501 e 0,750 (Figura 34).

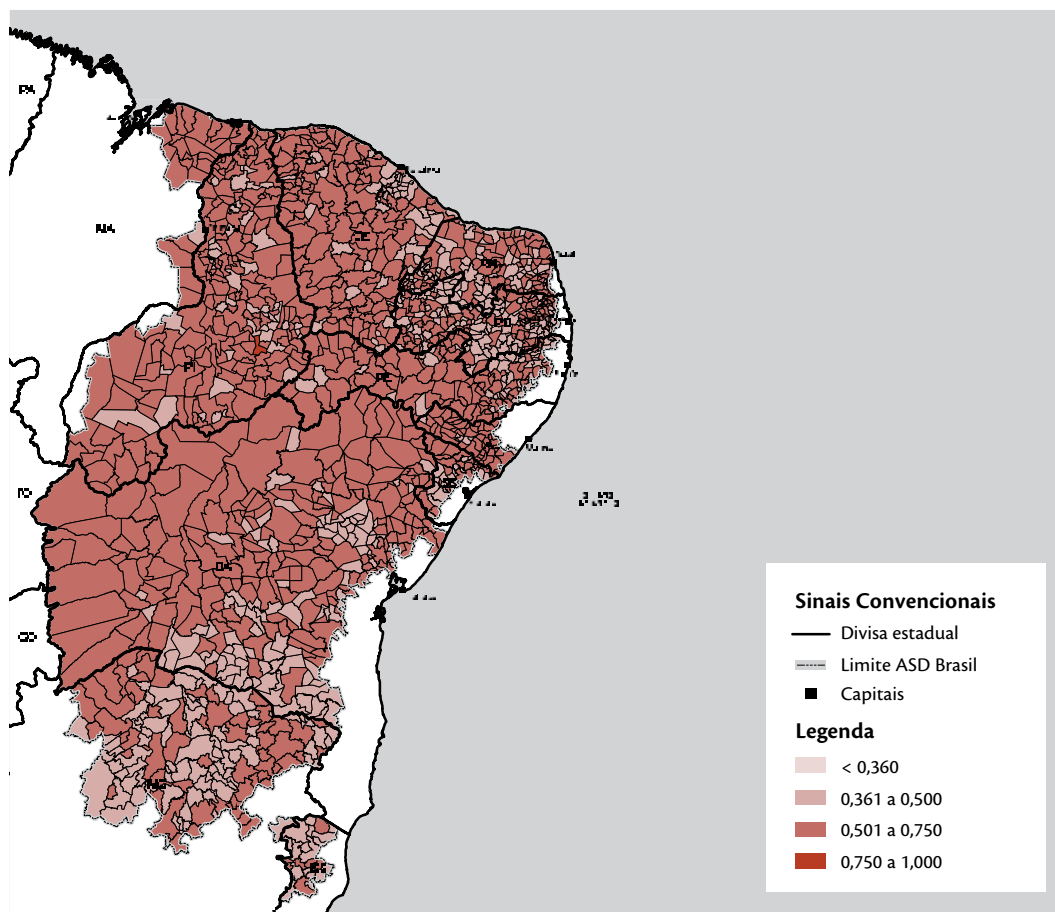


Figura 34 – Distribuição dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo o Índice de Gini (2010)

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013); e Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

Segundo Mariano e Neder (2006), dois importantes fatores que contribuem para explicar a desigualdade de renda na região Nordeste são as atividades não agrícolas e agrícolas. Para os autores, as atividades não agrícolas geram uma renda adicional para as famílias e deveriam ser priorizadas como instrumento de redução da pobreza rural.

A desigualdade quanto ao acesso à terra também é observada na área de estudo (Tabela 15). Considerando a região total de estudo, observa-se que 0,3% dos estabelecimentos agropecuários concentravam 24,6% da área em 2006. Nos municípios inseridos na Bahia, mais de 1/3 da área estava destinado ao uso de apenas 0,5% dos estabelecimentos agropecuários.



Tabela 15 – Estrutura fundiária na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2006)

Unidade da Federação	Percentual da área dos estabelecimentos agropecuários que correspondem a propriedades com 1000 ou mais <i>ha</i>	Percentual do número de estabelecimentos agropecuários que correspondem a propriedades com 1000 ou mais <i>ha</i>
Alagoas	13,2	0,1
Bahia	34,8	0,5
Ceará	13,9	0,2
Espírito Santo	10,9	0,3
Maranhão	19,4	0,2
Minas Gerais	30,5	0,8
Paraíba	7,2	0,2
Pernambuco	10,8	0,1
Piauí	26,4	0,4
Rio Grande do Norte	12,6	0,5
Sergipe	2,7	0,1
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	24,6	0,3

Fonte: IBGE.

Nesse contexto, os baixos níveis de desenvolvimento nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil não podem ser atribuídos apenas às características ambientais da região. A base da persistência das desigualdades está na situação de pobreza que fragiliza as famílias rurais (SILVA, 2008).

Conforme apresentado na Tabela 16, mais da metade da população encontra-se vulnerável à pobreza. As crianças são as mais expostas. No Maranhão, 88,6% delas estavam em situação de vulnerabilidade e, em Alagoas, 86,6%, no ano de 2010. Em relação à população total, esses percentuais foram de 79,4% e 74,0%, respectivamente. Esses dois Estados concentram a maior proporção de pobres na região estudada.

Tabela 16 – Indicadores de pobreza na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2010)

Unidade da Federação	Proporção de domicílios com renda <i>per capita</i> de até 70 reais	Proporção de extremamente pobres ^a	Proporção de pobres ^b	Proporção de vulneráveis à pobreza ^c	Proporção de crianças extremamente pobres	Proporção de crianças pobres	Proporção de crianças vulneráveis à pobreza
Alagoas	26,4	29,5	50,6	74,0	39,3	65,9	86,6
Bahia	20,1	22,2	41,0	66,3	31,5	56,9	81,8
Ceará	21,0	23,5	42,7	67,9	33,4	58,6	82,7
Espírito Santo	5,2	5,9	16,5	39,6	9,2	27,4	57,7
Maranhão	36,3	39,6	58,2	79,4	50,0	71,0	88,6
Minas Gerais	13,5	16,4	35,1	62,3	23,3	50,2	78,7
Paraíba	18,1	20,6	39,4	65,4	30,5	56,6	82,0
Pernambuco	18,2	21,7	40,7	65,7	31,1	56,9	81,4
Piauí	26,5	28,7	45,9	69,6	39,0	60,9	83,2
Rio Grande do Norte	15,9	17,5	35,1	61,9	25,6	50,0	77,6
Sergipe	15,9	17,9	39,3	66,0	26,1	76,2	81,5
Média da Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	19,7	22,1	40,4	65,3	30,8	57,3	80,2

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano Municipal (2013).

Nota:

- a. Proporção dos indivíduos com renda domiciliar *per capita* igual ou inferior a R\$ 70,00 mensais, em valores de agosto de 2010.
- b. Proporção dos indivíduos com renda domiciliar *per capita* igual ou inferior a R\$ 140,00 mensais, em valores de agosto de 2010. O universo de indivíduos é limitado àqueles que vivem em domicílios particulares permanentes.
- c. Proporção dos indivíduos com renda domiciliar *per capita* igual ou inferior a R\$ 255,00 mensais, em reais de agosto de 2010, equivalente a 1/2 salário mínimo naquela data. O universo de indivíduos é limitado àqueles que vivem em domicílios particulares permanentes.

Considerando a distribuição da pobreza na área de estudo como um todo, identifica-se que, na maioria dos casos, os municípios com maior proporção de pobres estão próximos uns dos outros (Figura 35). É o caso da porção oeste do Ceará - onde estão localizados os municípios com maior suscetibilidade à desertificação - e de Alagoas.

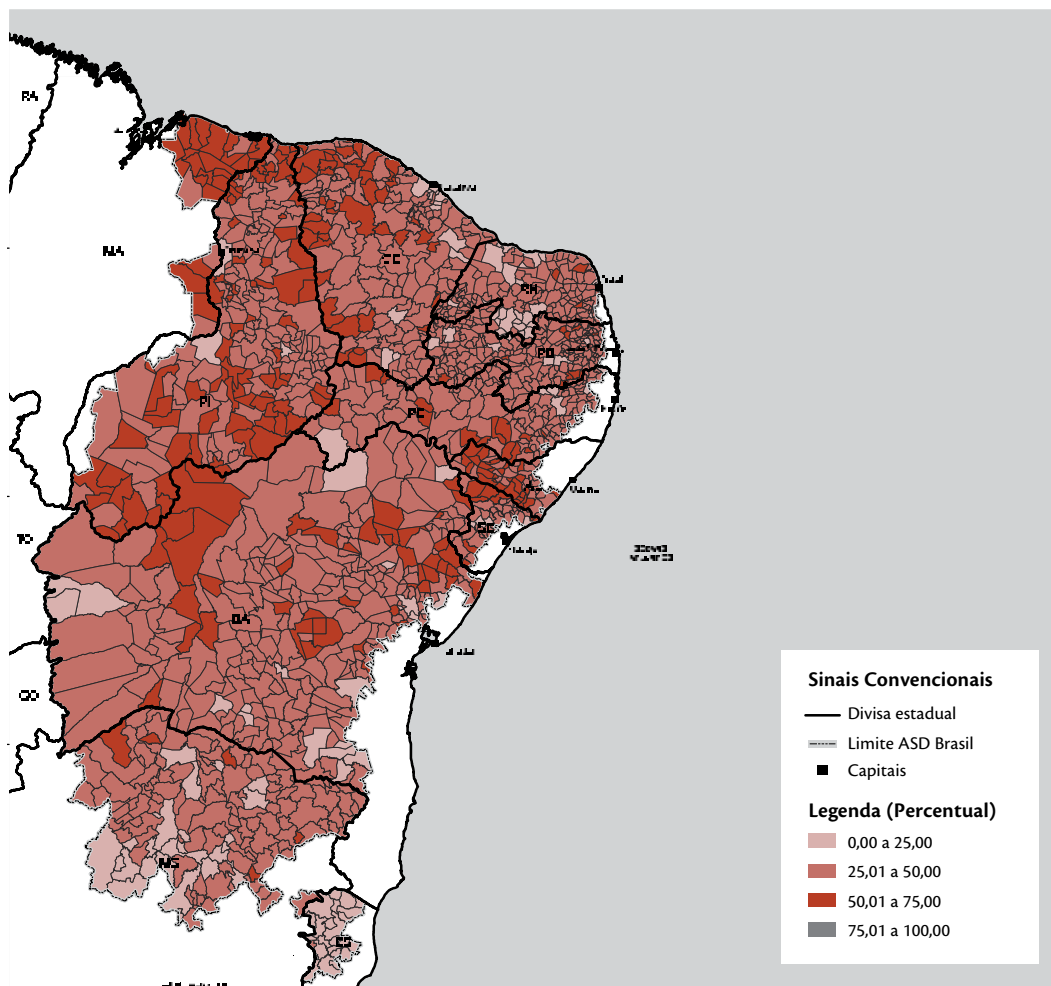


Figura 35 – Distribuição dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo a proporção de pobres (2010)

Fonte: PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013); e Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

Apesar de ainda existirem elevados níveis de pobreza na área de estudo, existe uma tendência de redução do problema (Gráficos 14 e 15). As taxas negativas mostram que o número de pessoas extremamente pobres caiu 56% entre 1991 e 2010. No entanto, considerando o grupo de pessoas vulneráveis à pobreza, a redução ocorreu em uma proporção menor (28,5%).

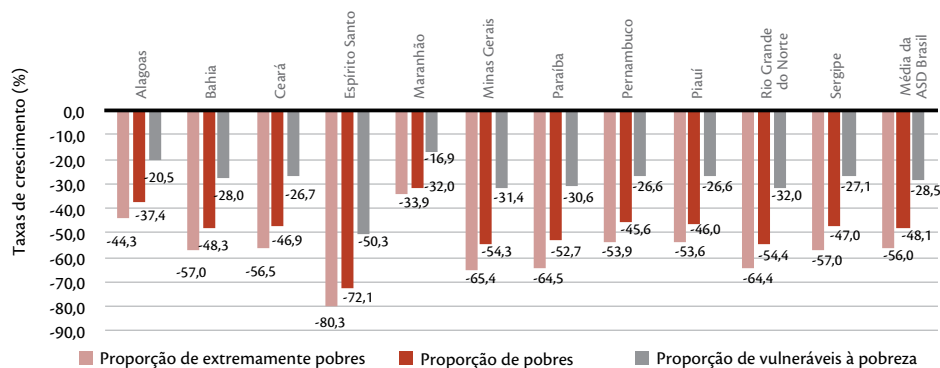


Gráfico 14 – Taxa de crescimento dos indicadores de pobreza na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991 a 2010)

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com dados do PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013); e do Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

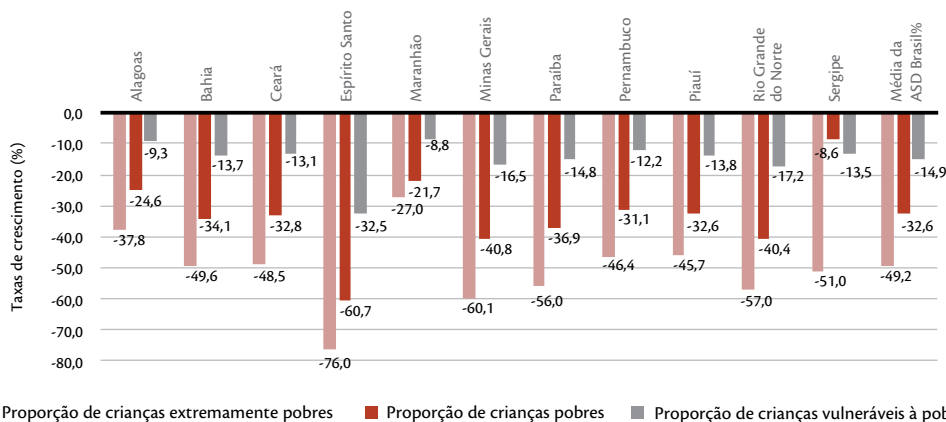


Gráfico 15 – Evolução dos indicadores de pobreza entre as crianças da Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991 a 2010)

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com dados do PNUD – Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013); e do Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

A redução da pobreza verificada nos últimos anos é atribuída em grande parte aos programas de transferência de renda, especialmente o Bolsa Família. Esse programa assiste às famílias com renda familiar *per capita* inferior a R\$77,00 mensais.



Segundo o Relatório de Desenvolvimento Humano do PNUD (2014), o Programa Bolsa Família trouxe benefícios para grande parte da população carente e foi responsável pela redução da desigualdade no Brasil. A sua presença nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas é ilustrada no Gráfico 16 e na Figura 36. Naturalmente, quanto maior a proporção de pobres, maior a proporção de domicílios beneficiados pelo programa. Essa tendência também se verifica nos municípios de menor porte. Assim, a maioria dos domicílios localizados nas áreas degradadas do Maranhão (51,5%) era composta por beneficiários do Programa Bolsa Família em 2010, enquanto esse percentual era de 22,4% no Espírito Santo.

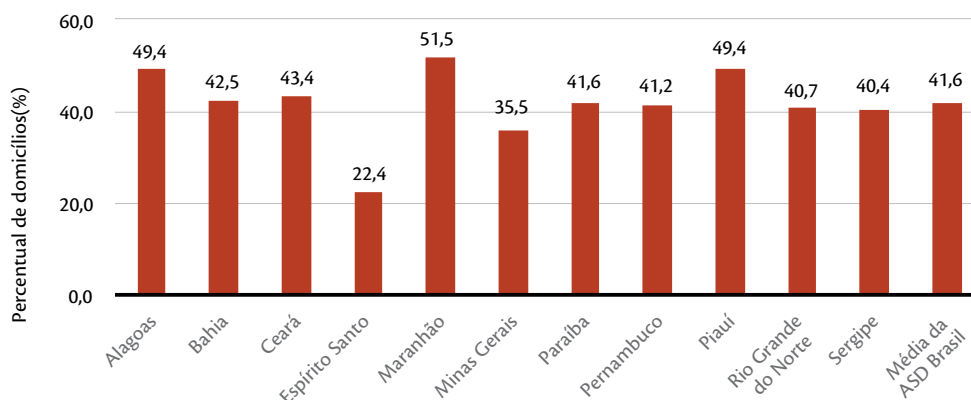


Gráfico 16 – Percentual de domicílios particulares permanentes beneficiários do Programa Bolsa Família na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2010)

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com dados do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) e do PNUD.

Em muitos municípios do Semiárido, os benefícios pagos pelo Programa Bolsa Família, acrescidos das aposentadorias, são a principal fonte de renda (ARAÚJO e LIMA, 2009; BUAINAIN e GARCIA, 2013a, GOMES, 2001). Estudos de Campanhola e Graziano (2000) e Delgado e Cardoso (2000) concluíram que as aposentadorias e pensões chegam a representar de 1/3 a 1/2 da renda familiar. Assim, pode-se inferir que a participação da renda do trabalho na renda domiciliar total é pequena na região (CACCIAMALI e BARBOSA, 2014).

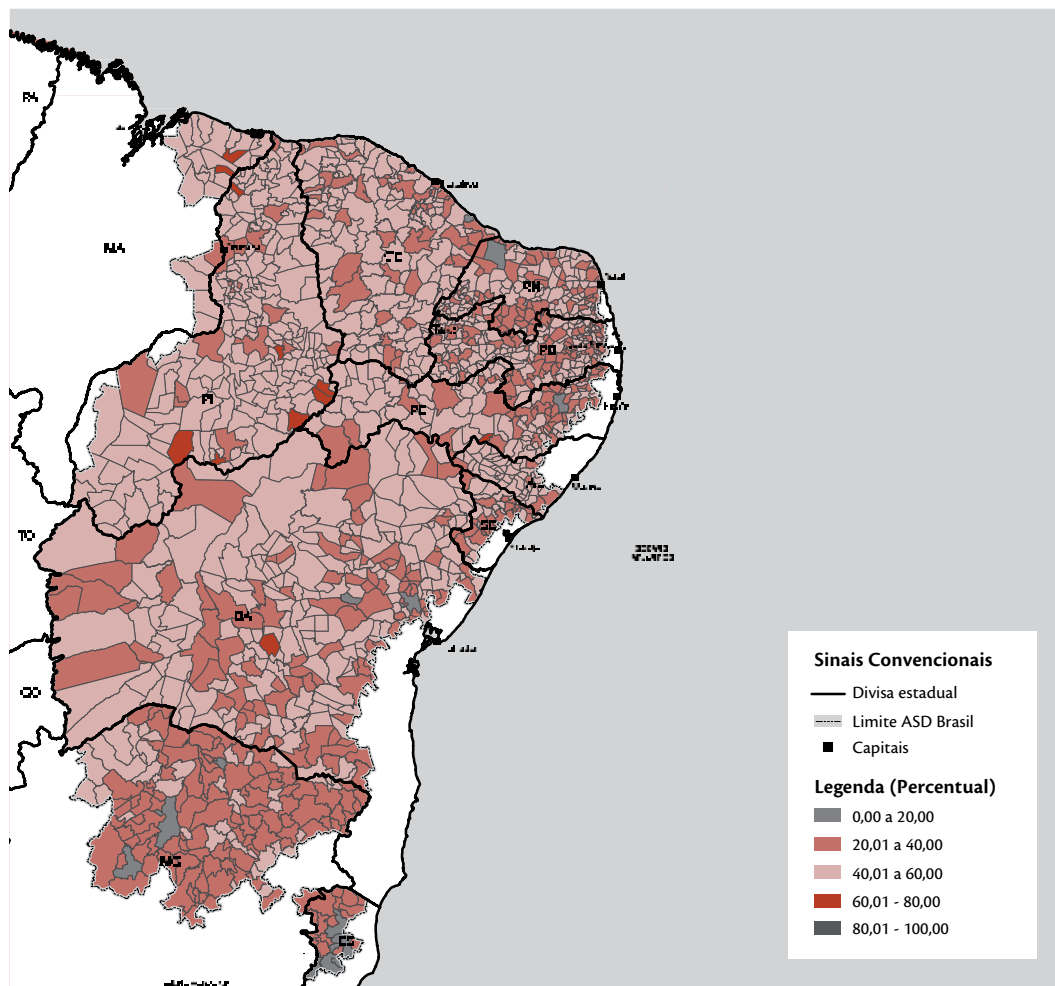


Figura 36 – Distribuição dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo os beneficiários do Programa Bolsa Família (2010)

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do MDS e do Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

A economia na região é pouco produtiva e com pouca capacidade de gerar empregos. Apesar de toda vulnerabilidade, a agropecuária é o setor que gera maior número de empregos (Figura 37). O emprego no setor, no entanto, é marcado por uma série de problemas. De acordo com Buainain e Garcia (2013), a elevada absorção de mão de obra pela agricultura e pecuária no Semiárido é um reflexo das distorções estruturais e do atraso relativo do setor, com sistemas com baixa produtividade do trabalho.

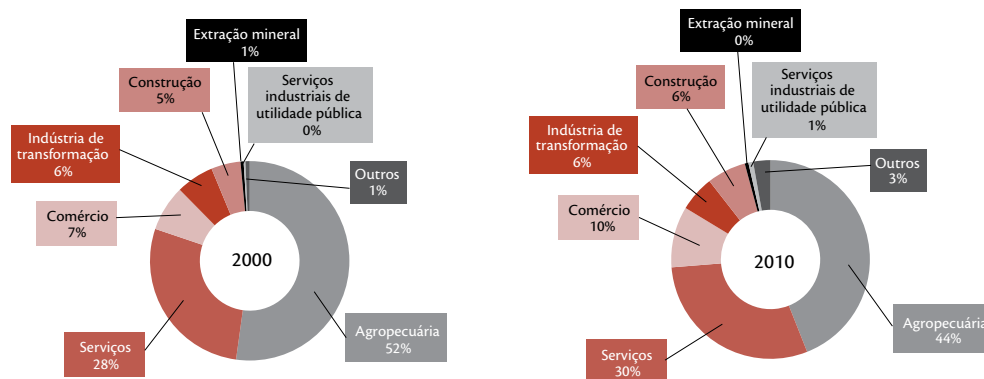


Figura 37 – Distribuição percentual de ocupados por setor econômico na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2000 e 2010)

Fonte: Elaboração própria.

As altas taxas de informalidade apresentadas (Gráfico 17) corroboram a análise sobre a precariedade do emprego na área de estudo, sejam no setor agropecuário ou no setor serviços, principais empregadores. Tomando como base o ano de 2010, uma média de 69,2% da população ocupada, de 16 anos ou mais, se encontrava em situação de informalidade na ASD, sendo que, nos Estados do Maranhão e de Alagoas, esse valor chegou a 75,8% e 75,3%, respectivamente.

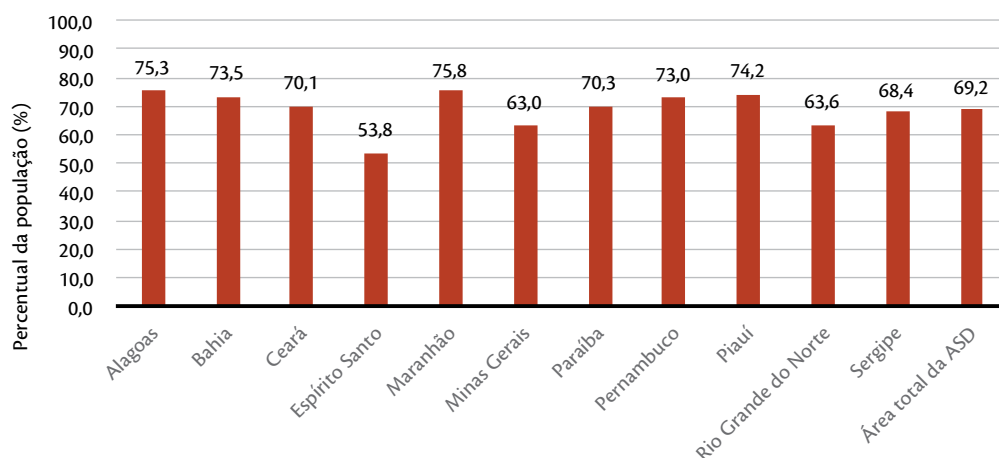


Gráfico 17 – Percentual da população acima de 16 anos ocupada, que se encontrava em situação de informalidade, nos municípios inseridos na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2010)

Fonte: IBGE.

A taxa de desocupação da população de 18 anos de idade ou mais apresentou tendência de queda entre 2000 e 2010, o que sinaliza de forma favorável para a criação de novos empregos (Gráfico 18). No entanto, existem grupos populacionais que enfrentam dificuldade de inserção no mercado de trabalho, em decorrência da pouca experiência profissional e baixa escolaridade.

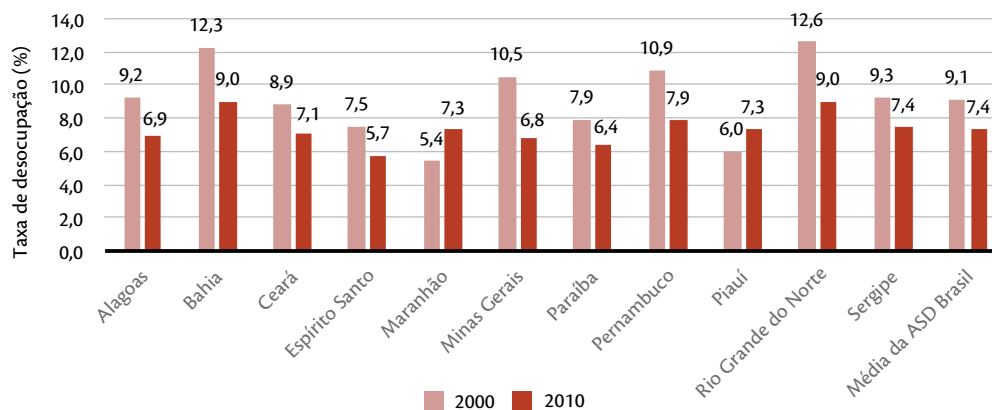


Gráfico 18 – Taxa de desocupação da população de 18 anos de idade ou mais, nos municípios inseridos na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2000 e 2010)

Fonte: IBGE.

A ASD apresenta um elevado percentual de jovens entre 15 e 29 anos em inatividade, ou seja, não trabalham e nem estudam. Os dados apontam que 25,2% dos jovens encontram-se nessa situação (gráficos 19 a e b). Há que se ressaltar, ainda, o problema do trabalho infantil nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil. Um percentual de 9,1% da população entre 10 e 13 anos encontra-se ocupada, quando deveria estar na escola e envolvida em atividades de formação.

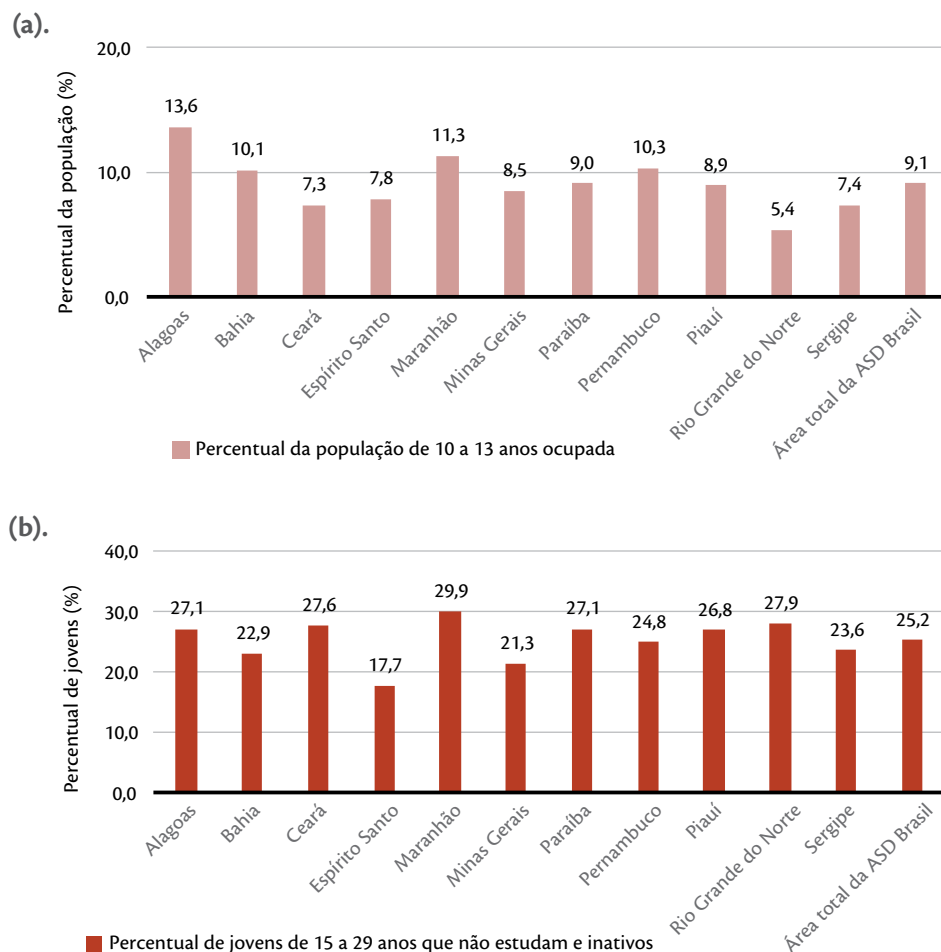


Gráfico 19 – Percentual da população de 10 a 13 anos ocupada e percentual de jovens de 15 a 29 anos que não estudavam e estavam inativos na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2010)

Fonte: IBGE.

1.2.3. Município e a gestão ambiental

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) foi instituída pela Lei n.º 6.938/81. De acordo com o caput do art. 2º, o seu objetivo é a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. A proteção e a recuperação de áreas degradadas e a proteção de áreas ameaçadas de degradação fazem parte dos princípios que norteiam as ações da citada política. A PNMA estabeleceu como arranjo institucional para lidar com as questões ambientais o Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama). Segundo Leme (2011), os atores mais frágeis nesse sistema são os municípios.

Os municípios são responsáveis pelo controle e fiscalização das atividades que provocam degradação e, por estar mais perto da população e de seus problemas, o agente mais indicado para atender a suas necessidades. No entanto, a capacidade instalada para promover a gestão ambiental é muito reduzida. Como se observa, em muitos municípios não há sequer Plano Diretor (Gráfico 20) o que compromete qualquer intenção de planejamento de políticas públicas no âmbito local (VILLAÇA, 1999).

Em termos de estruturas de gestão do meio ambiente (Figura 38), apenas 47,4% dos municípios da área total de estudo possuem Conselho Municipal de Meio Ambiente. Para Leme (2011), os conselhos são “espaços privilegiados para a negociação das demandas e conflitos, bem como a mediação dos interesses locais”. A autora argumenta que a sua existência não assegura seu bom desempenho. No entanto, é uma condição importante para a definição de estratégias para o atendimento das demandas ambientais locais. Ainda segundo Leme (2011), o baixo interesse na implementação de conselhos ambientais nos municípios está associado ao fato de não haver transferência de recursos condicionada a sua existência (como no caso dos conselhos de saúde). Além disso, conforme Arretche (2001), os conselhos ambientais tendem a ter poucos resultados devido ao fato de a União não assumir a responsabilidade de financiadora da política ambiental.

Nesse contexto, o Fundo Municipal de Meio Ambiente reveste-se de maior relevância, pois os recursos para o financiamento das políticas ambientais são ainda mais escassos em nível municipal e é por meio desse instrumento que a prefeitura obtém dotações específicas para a implementação de ações de preservação e conservação ambiental (via administração pública, setor privado, organizações não governamentais nacionais e internacionais). O instrumento tem o propósito principal de “apoiar projetos destinados ao uso racional e sustentável dos recursos naturais de seu território, bem como à manutenção e à recuperação da qualidade ambiental, de acordo com as prioridades da Política Nacional do Meio Ambiente” (Carvalho *et al.*, 2005). No entanto, a existência de Fundo Municipal de Meio Ambiente é rara na área de estudo, estando presente em apenas 25,5% dos municípios.

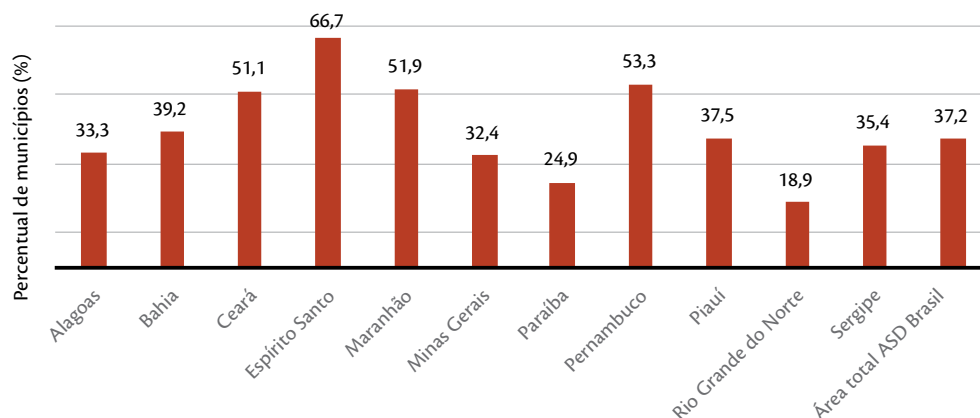


Gráfico 20 – Percentual de municípios com Plano Diretor na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2013)

Fonte: IBGE - Pesquisa de Informações Básicas Municipais (2013).

Outro instrumento auxiliador da gestão municipal é uma legislação específica para tratar das questões ambientais. Essa possibilidade encontra-se determinada na PNMA e permite que o município estabeleça as regras para controle e fiscalização das atividades que degradam o meio ambiente. Nesse escopo, percebe-se um interesse e um compromisso maior por parte das prefeituras, haja vista que em 49,9% dos municípios foi identificada a existência do mecanismo. A Figura 38 mostra o percentual de municípios, segundo a existência de instrumentos de gestão municipal do meio ambiente, na área de estudo.

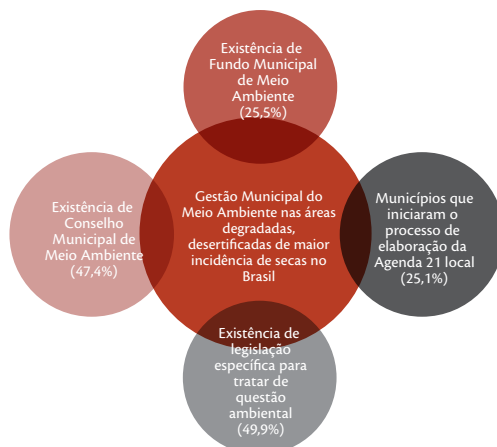


Figura 38 – Percentual de municípios segundo a existência de instrumentos de gestão municipal do meio ambiente, na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2013)

Fonte: Elaboração própria.

Existem comportamentos distintos entre as regiões, sem que se conclua sobre uma maior frequência de um ou outro instrumento de gestão (Tabela 17). Em termos relativos, o Estado do Ceará destaca-se como o mais aparelhado para uma melhor gestão municipal do meio ambiente. No entanto, assim como nas demais unidades da Federação, o grau de implementação de Agenda 21 é muito baixo.

Por outro lado, apesar de possuírem áreas vulneráveis e com elevadas taxas de degradação ambiental, nos Estados da Paraíba, do Piauí e de Sergipe, menos de 20% dos municípios dispõem de Conselhos de Meio Ambiente. Dado o caráter deliberativo e de participação social nos processos decisórios, presume-se a omissão da população e a sua baixa capacidade de mobilização para resolução de problemas ambientais. Essa configuração tende a ser mais forte nas áreas rurais, justamente onde ocorre o maior número de pessoas afetadas pela vulnerabilidade socioeconômica e ambiental. A prestação de serviços nessas áreas, inclusive públicos, tende a ser mais difícil, conforme argumenta Reynolds *et al.* (2007).

Tabela 17 – Frequência de instrumentos de gestão municipal do meio ambiente na Área Suscetível à Desertificação no Brasil - proporção de municípios por unidade da Federação (2013)

Unidade da Federação	Existência de Conselho Municipal de Meio Ambiente	Existência de Fundo Municipal de Meio Ambiente	Existência de legislação específica para tratar de questão ambiental	Existência de legislação sobre zoneamento ou uso e ocupação do solo	Iniciou o processo de elaboração da Agenda 21 local
Alagoas	24,1	11,1	37,0	42,2	32,7
Bahia	67,7	52,2	67,0	41,2	29,4
Ceará	83,2	37,0	82,1	56,5	43,9
Espírito Santo	83,3	41,7	83,3	66,7	15,0
Maranhão	37,0	33,3	48,1	37,0	16,0
Minas Gerais	84,5	40,8	67,6	33,1	17,3
Paraíba	15,3	4,3	31,1	21,5	24,1
Pernambuco	35,8	14,6	43,1	50,4	29,3
Piauí	17,1	8,8	28,6	22,7	19,3
Rio Grande do Norte	42,1	15,1	30,8	24,5	26,3
Sergipe	18,8	10,4	29,2	35,4	25,0

Fonte: IBGE - Pesquisa de Informações Básicas Municipais (2013).



Como forma de estimular a conservação e preservação ambiental, o governo municipal pode adotar o instrumento de pagamento por serviços ambientais àqueles que se dispõem a adotar alguma prática em favor do meio ambiente. Conforme IBGE (2013), trata-se de “uma retribuição, monetária ou não, às atividades humanas de restabelecimento, recuperação, manutenção e melhoria dos ecossistemas que geram serviços ambientais e que estejam amparados por planos e programas específicos”. Para Muradian *et al.* (2010) apud Eloy *et al.* (2013), são arranjos institucionais que visam à “promoção de transferências de recursos entre atores sociais, objetivando a criação de incentivos econômicos e a compatibilização das decisões de uso de terras de indivíduos e/ou comunidades aos interesses sociais de promoção do capital natural”.

Como pontos positivos dos pagamentos por serviços ambientais, Engel *et al.* (2008) apontam a redução da pobreza, enquanto Kosoy *et al.* (2008) ressaltam a inclusão dos agricultores como participantes da gestão dos recursos naturais. Na Tabela 18, constam alguns exemplos de pagamento por serviços ambientais passíveis de serem adotados pelos municípios da área de estudo e seus respectivos percentuais de implementação. Como se observa, a implementação desse instrumento é quase inexistente, assim como de outros instrumentos, a exemplo da avaliação de impactos ambientais, do licenciamento ambiental e da criação de áreas protegidas.

Os mecanismos de gestão colegiada atuantes no âmbito dos governos federal e estaduais, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) e conselhos de meio ambiente estaduais, respectivamente, também poderiam contribuir para a gestão ambiental na região. No entanto, nos diversos municípios, nota-se a precariedade de atuação dessas esferas, ou por falta de recursos financeiros ou de pessoal qualificado, para lidar com questões ambientais.

No que diz respeito aos arranjos institucionais de combate à desertificação, a manifestação mais concreta pode ser a elaboração, por parte dos Estados com áreas suscetíveis ao fenômeno, dos Programas Estaduais de Combate à Desertificação (PAE). Dentre aqueles selecionados para este estudo, apenas o Espírito Santo não concluiu o seu programa. A elaboração dos PAE segue as recomendações colocadas no PAN-Brasil, com vistas a subsidiar intervenções e políticas públicas que atendam às especificidades locais. Os Estados do Ceará e de Pernambuco aprofundaram a organização institucional ao aprovarem suas respectivas políticas sobre o tema. Do ponto de vista da gestão municipal, Irauçuba, no Ceará, elaborou um Plano Municipal de Combate à Desertificação e criou o Fundo Municipal de Combate à Desertificação.

Tabela 18 – Frequência de instrumentos de gestão municipal para o pagamento de serviços prestados ao meio ambiente na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (proporção de municípios por unidade da Federação) 2012

Unidade da Federação	Porcentagem de municípios que pagam por serviços ambientais prestados por entidades ou pessoas físicas residentes no município	Porcentagem de pagamento por ações/iniciativas que promovam a conservação e o melhoramento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos	Porcentagem de pagamento por ações/iniciativas de conservação e preservação da vegetação nativa e da vida silvestre	Porcentagem de pagamento por ações/iniciativas que promovam a conservação, recuperação ou preservação do ambiente natural nas áreas de unidades de conservação, em suas respectivas zonas de amortecimento e nas terras indígenas	Porcentagem de pagamento por ações/iniciativas de recuperação e conservação dos solos e recomposição da cobertura vegetal de áreas degradadas, por meio do plantio de espécies nativas ou em sistema agroflorestal	Porcentagem de pagamento por ações/iniciativas de conservação de remanescentes vegetais em áreas urbanas, de importância para a manutenção e o melhoramento da qualidade do ar, dos recursos hídricos e da qualidade de vida da população
Alagoas	1,9	1,9	0,0	0,0	0,0	1,9
Bahia	4,8	1,7	2,1	0,7	2,4	1,4
Ceará	10,3	3,8	0,5	1,6	2,2	1,6
Espírito Santo	4,2	4,2	0,0	0,0	4,2	0,0
Maranhão	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Minas Gerais	5,6	3,5	2,8	0,0	1,4	1,4
Paraíba	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Pernambuco	9,5	2,2	1,5	1,5	2,9	5,1
Piauí	3,2	1,8	0,0	0,0	0,0	0,9
Rio Grande do Norte	3,8	1,3	0,6	1,3	0,6	0,6
Sergipe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil.	4,8	1,9	0,9	0,6	1,4	1,3

Fonte: IBGE - Pesquisa de Informações Básicas Municipais (2012).



1.3. Vulnerabilidade socioeconômica

A economia da maioria dos municípios da área de estudo era constituída por três elementos principais: pecuária, culturas de subsistência e algodão. No entanto, com o passar dos anos, as condições climáticas e o avanço da degradação da terra têm reduzido a produção agropecuária e acentuado as desigualdades regionais.

Atualmente, destacam-se algumas iniciativas para dinamizar a economia da região, distribuídas em várias partes do território. É o caso de polos industriais de calçados, alimentos e couros (Ceará, Paraíba e Bahia); polos de confecção (Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará); e polos de agricultura irrigada (Pernambuco, Ceará, Bahia, Rio Grande do Norte, Minas Gerais e Sergipe).

As transformações econômicas em uma região são lentas. Apesar dos exemplos citados, a economia nos municípios inseridos nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil se ampara no setor de serviços (Tabela 19). A participação do setor industrial é ainda pequena e cresceu apenas 0,8% em dez anos (2000 a 2010), considerando-se a área total de estudo. Quanto à agricultura, nota-se que, de um modo geral, o setor perdeu importância econômica, especialmente em algumas regiões dos Estados de Alagoas e do Espírito Santo. Ressalta-se, no entanto, que, embora de forma tímida, o setor aumentou sua importância econômica em Pernambuco e no Rio Grande do Norte.

Conforme se pode observar na Tabela 20, houve uma expansão em todos os setores econômicos entre 2000 e 2010. A indústria foi o setor que mais cresceu, provavelmente impulsionado pelo componente construção civil. Ainda como consequência de intervenções governamentais, como programas de transferências de renda, nota-se que o setor de serviços, o qual inclui o comércio, também apresentou considerável crescimento. Por fim, a agricultura conseguiu ganhos de crescimento, com destaque para o Rio Grande do Norte. Como Estados que ainda apresentam retração no setor primário, são apontados Alagoas, Ceará, Espírito Santo, Paraíba e Piauí.

Tabela 19 – Distribuição percentual do Produto Interno Bruto (PIB) (valor adicionado - preços básicos), por setor econômico, na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2000 e 2010)

Unidade da Federação	2000			2010		
	Indústria	Serviços	Agropecuária	Indústria	Serviços	Agropecuária
Alagoas	16,9	60,9	22,2	16,6	72,2	11,2
Bahia	20,3	62,6	17,2	22,2	65,6	12,2
Ceará	24,2	68,1	7,7	23,7	72,1	4,2
Espírito Santo	13,5	49,7	36,8	17,5	58,6	23,9
Maranhão	10,5	64,7	24,8	11,4	66,1	22,5
Minas Gerais	22,8	60,0	17,2	21,3	63,5	15,2
Paraíba	15,1	72,7	12,2	19,2	74,7	6,1
Pernambuco	17,6	77,8	4,6	18,7	76,3	5,0
Piauí	13,9	75,1	11,0	18,1	75,9	6,0
Rio Grande do Norte	26,4	71,0	2,7	21,3	74,6	4,0
Sergipe	16,3	72,2	11,5	30,1	60,0	9,9
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	20,3	69,0	10,7	21,1	71,3	7,6

Fonte: IBGE, em parceria com os órgãos estaduais de estatística, secretarias estaduais de governo.

O crescimento da agricultura na área de estudo estimula uma reflexão de caráter dual. Por um lado, por se tratar do setor que mais gera emprego, cria-se a expectativa de redução da vulnerabilidade econômica de parte dos moradores rurais. Ressalta-se, ainda, que o crescimento da produção de alimentos, essencial à segurança alimentar, está atrelado ao crescimento da agricultura. Por outro lado, dada à ocorrência de secas periódicas e seus impactos, é aceitável a indagação sobre a possibilidade de a expansão da produção agrícola implicar em maior dependência e exposição da população em relação às mudanças climáticas.

Essa reflexão direciona para a necessidade de fortalecer atividades não agrícolas na região, de modo a torná-las significativas fontes de emprego e renda, a fim de reduzir a vulnerabilidade local. Mas deve conduzir, também, ao entendimento de que não se trata de substituir atividades econômicas e sim de criar opções de desenvolvimento regional.



Tabela 20 – Taxa de crescimento do PIB (valor adicionado - preços básicos), por setor da economia, na Área Suscetível à Desertificação no Brasil. (2000 a 2010)

Unidade da Federação	Indústria	Serviços	Agropecuária
Alagoas	30,3	57,6	-32,7
Bahia	79,1	72,0	16,8
Ceará	49,8	61,6	-17,5
Espírito Santo	62,6	48,3	-18,4
Maranhão	98,0	86,5	66,3
Minas Gerais	39,7	58,0	31,5
Paraíba	85,9	49,7	-26,9
Pernambuco	66,7	52,9	69,3
Piauí	107,5	60,9	-13,3
Rio Grande do Norte	26,8	64,9	137,0
Sergipe	255,7	59,9	66,8
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	61,8	60,4	11,0

Fonte: IBGE, em parceria com os órgãos estaduais de estatística, secretarias estaduais de governo.

A agricultura, quando recebe políticas adequadas, oferece oportunidades para a redução da pobreza rural. Conforme Banco Mundial (2007), a atividade surge como um instrumento fundamental para o desenvolvimento sustentável e a redução da pobreza no século 21. No caso da área de estudo, é o setor que mais gera empregos, sendo, também, uma das principais causas dos danos ambientais. A atividade, seguindo a sequência cronológica lavoura de cana-de-açúcar, bovinocultura e cultivo de algodão, foi o primeiro agente de transformação da paisagem do Nordeste brasileiro. Por um lado, esse tripé foi a principal fonte de riqueza local, por outro, desencadeou os processos que agravaram os desequilíbrios ambientais já existentes (SILVA, 2008a).

Rodrigues (2006) destaca, como causas da degradação no meio rural do Ceará, o superpastejo resultante do manejo inadequado de ovinos e caprinos; as técnicas inadequadas de manejo do solo para fins agrícolas; as práticas adotadas na agricultura de subsistência; as mudanças na organização da produção, com substituição de culturas tradicionais como o algodão; e a expansão do agronegócio e da agricultura irrigada centrada na fruticultura, que, embora tenha gerado renda e emprego, trouxe também fortes impactos ambientais. Essas causas podem ser estendidas a todo o Semiárido e são decorrentes de um processo histórico em que predominou a pobreza, a desigualdade, o baixo nível de escolaridade dos agricultores familiares e a ineficiência da maioria das políticas de desenvolvimento rural (FURTADO, 1964). Os agricultores familiares, responsáveis pela produção de alimentos, são desprovidos de capital, conhecimento técnico e outros fatores produtivos e isso os

leva ao uso intensivo e inadequado dos recursos naturais que, certamente, expande a desertificação. As consequências começam a ser observadas nas terras de baixa fertilidade e reduzidas condições de uso, que impedem a produção de alimentos na quantidade e na qualidade necessárias para atender às necessidades da população rural e urbana.

É incontestável, portanto, o papel da agropecuária como fator de vulnerabilidade social nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil. Sob essa premissa é apresentado, a seguir, um diagnóstico dos principais indicadores socioeconômicos da região.

1.3.1. Indicadores de vulnerabilidade socioeconômica

1.3.1.1. Indicadores agrícolas

A atividade agrícola nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil ocupa apenas uma pequena parcela da área total da região, conforme pode ser observado no Gráfico 21.

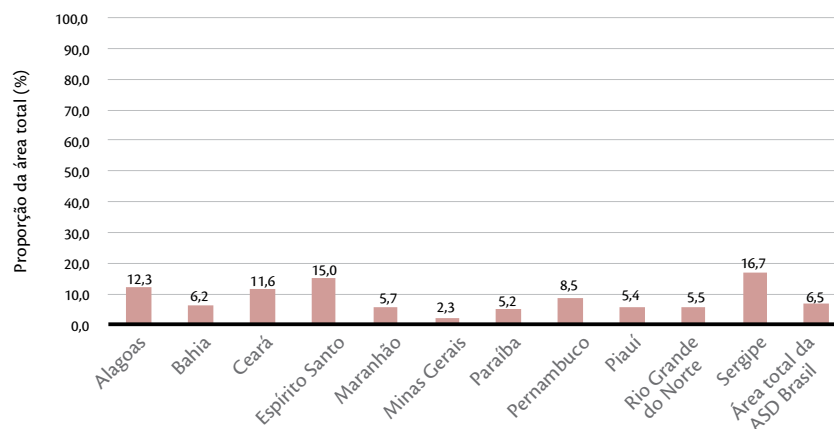


Gráfico 21 – Proporção da Área Suscetível à Desertificação destinada ao plantio de lavouras temporárias e permanentes, por unidade da Federação e área total da ASD (2012)

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.

Uma análise da dinâmica da área plantada com lavouras temporárias e permanentes nas duas últimas décadas aponta que, após um período de retração (1990 a 2000), houve um aumento de 4,0% entre



2000 e 2010, em decorrência principalmente da expansão verificada nos municípios inseridos no Maranhão, no Piauí e em Sergipe (Tabela 21).

Tabela 21 – Taxa de crescimento da proporção da área plantada com lavouras (temporárias e permanentes) na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990 a 2000, 2000 a 2010 e 2010-2012)

Unidade da Federação	Taxa de crescimento no período 1990 – 2000 (%)	Taxa de crescimento no período 2000 - 2010 (%)	Taxa de crescimento no período 2010 - 2012 (%)
Alagoas	-5,0	-6,7	-25,4
Bahia	25,0	13,5	-12,5
Ceará	-16,2	-8,4	-2,1
Espírito Santo	-12,9	-9,0	3,1
Maranhão	-26,0	67,5	-8,2
Minas Gerais	-20,4	-7,0	-2,4
Paraíba	-48,8	-35,3	-21,1
Pernambuco	-11,6	4,3	-11,3
Piauí	-38,3	32,7	9,8
Rio Grande do Norte	-13,5	-31,0	-5,7
Sergipe	22,4	43,1	-17,9
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	-11,8	4,0	-7,3

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.

As lavouras temporárias predominam na região de estudo (Gráfico 22) e geralmente são cultivadas por pequenos agricultores ou agricultores familiares com capital reduzido para investir em tecnologias modernas e sistemas de irrigação, com dificuldade de acesso a crédito, baixa assistência técnica e pouca capacidade de inserção no mercado. Esses produtores enfrentam o desafio de produzir os alimentos básicos para a segurança alimentar de suas famílias e da população em geral, em uma terra cada vez menos fértil e sob condições climáticas adversas, com recorrentes períodos de estiagem.

Essa análise é corroborada por Vianna *et al.* (2013), quando concluem que a agricultura familiar no Semiárido apresenta características diferenciadas em relação a outras regiões do Brasil. O segmento tem papel preponderante na geração de emprego, renda e produção de alimentos básicos. No entanto, tem pouca eficiência econômica, em decorrência de um conjunto de fatores socioeconômicos, dentre os quais, condições edafoclimáticas, tamanho da propriedade e vulnerabilidade às mudanças climáticas.

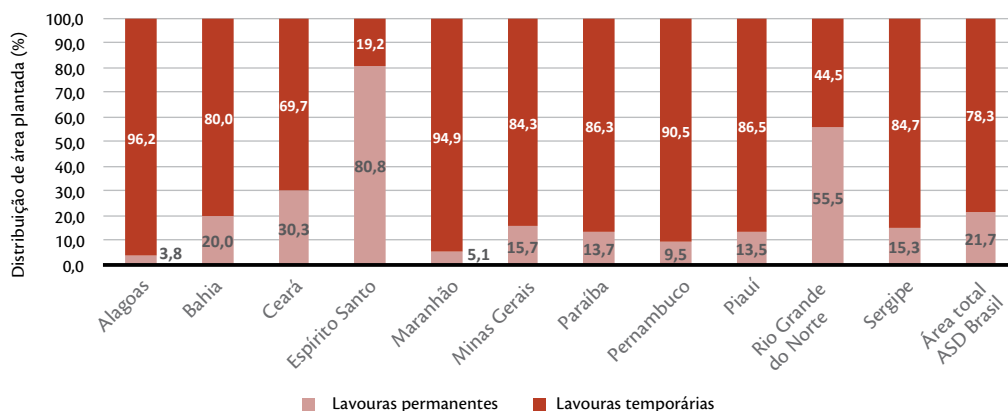


Gráfico 22 – Distribuição da área plantada com lavouras temporárias e permanentes na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2012)

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.

a) Principais lavouras temporárias

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) [da sigla em Inglês, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*] (2009), o mundo precisa produzir pelo menos 50% mais alimentos até 2050, para alimentar uma população estimada em 9 bilhões de pessoas.

As lavouras temporárias geralmente são cultivadas em sistemas de sequeiro. Nessa condição, a ocorrência de chuvas é condição determinante para uma boa colheita. A escassez de chuvas acarreta perda de safra e agrava a situação de pobreza dos pequenos agricultores nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil. Esse quadro não é recente e tampouco raro (DUARTE, 2001). Uma análise da dinâmica das áreas plantadas e colhidas com lavouras temporárias ao longo do tempo ilustra essa vulnerabilidade (gráficos 23 a, b e c). Anos de seca, como 1993, 1998 e 2012, estão associados a um maior percentual de perda de área plantada (até cinco vezes maiores que a média de anos normais). Percebe-se, assim, a necessidade de medidas que aumentem efetivamente a capacidade adaptativa dos produtores agrícolas.

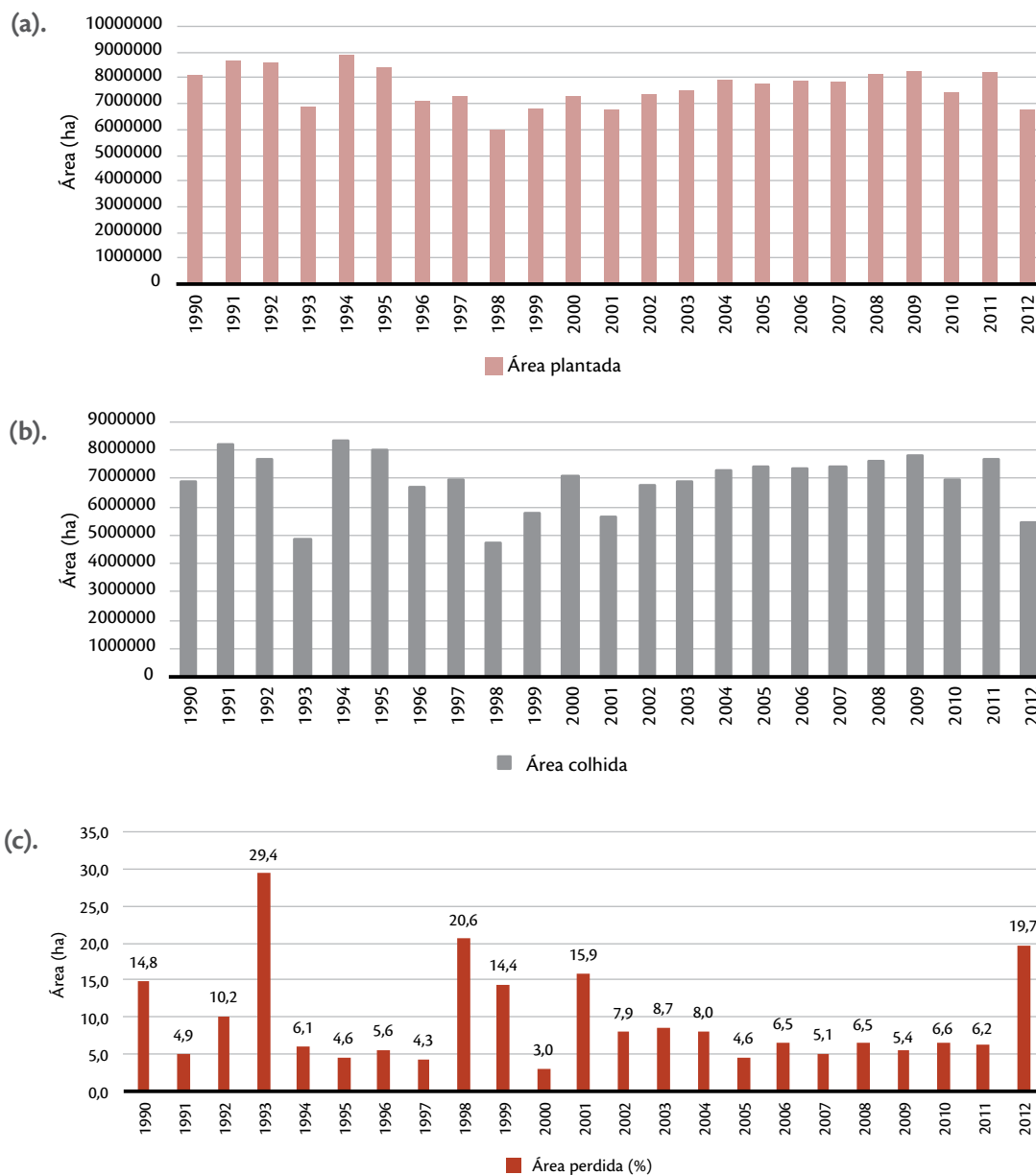


Gráfico 23 – Área plantada, área colhida e percentual de área perdida na Área Suscetível à Desertificação no Brasil de lavouras temporárias (1990 a 2012)

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.

A Figura 39 mostra os municípios da área de estudo onde foram observadas as maiores perdas na área plantada no ano seco de 2012. Maiores perdas estão associadas à menor capacidade adaptativa às mudanças climáticas e são mais observadas na região central em direção ao nordeste do mapa.

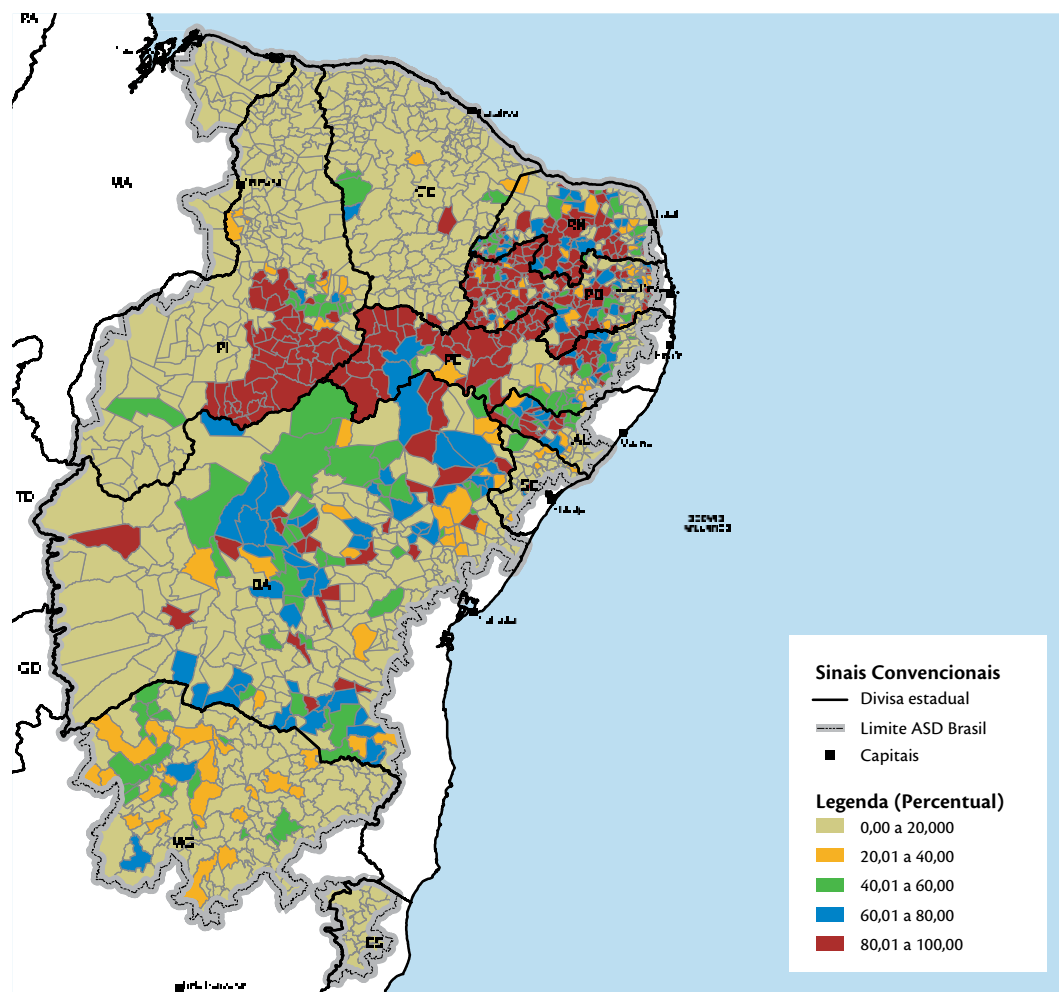


Figura 39 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo o percentual de perda da área plantada com lavouras temporárias (2012)

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do IBGE - Produção Agrícola Municipal; e do Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.



Uma análise da dinâmica da área plantada com lavouras temporárias nas duas últimas décadas aponta que, após um período de retração (1990 a 2000), houve um aumento de 2,0% entre 2000 e 2010, em decorrência principalmente da expansão verificada nos municípios inseridos no Maranhão (especialmente devido ao agronegócio da soja), no Piauí e em Sergipe (Tabela 22). O Estado da Bahia continuou aumentando a área destinada às lavouras, mas percebe-se uma queda nesse incremento. Uma análise de um período mais recente (2010 a 2012) mostra uma nova redução na área plantada. As oscilações no indicador demonstram a instabilidade do setor agrícola na região e as diferenças regionais. Esse comportamento ressalta o quanto a agricultura é vulnerável na área de estudo.

Tabela 22 – Taxa de crescimento da área plantada com lavouras temporárias na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2000, 2000 -2010 e 2010-2012)

Unidade da Federação	Taxa de crescimento no período 1990-2000	Taxa de crescimento no período 2000-2010	Taxa de crescimento no período 2010-2012
Alagoas	-5,4	-7,0	-35,0
Bahia	26,8	11,1	19,7
Ceará	-15,1	-15,1	-30,4
Espírito Santo	-67,2	25,0	-58,4
Maranhão	-26,4	70,8	14,7
Minas Gerais	-25,7	-8,5	-33,5
Paraíba	-43,2	-39,0	-72,8
Pernambuco	-8,2	1,8	-17,2
Piauí	-35,5	35,5	-2,4
Rio Grande do Norte	11,2	-48,6	-51,7
Sergipe	19,8	52,9	46,5
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	-9,9	2,0	-16,5

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.

A Figura 40 mostra os municípios da área de estudo segundo a taxa de crescimento da área plantada com lavouras temporárias entre 2000 e 2010. Em grande parte da região, ocorreu retração do indicador, sendo que, no Rio Grande do Norte e na Paraíba, esse comportamento foi observado em quase todos os municípios.

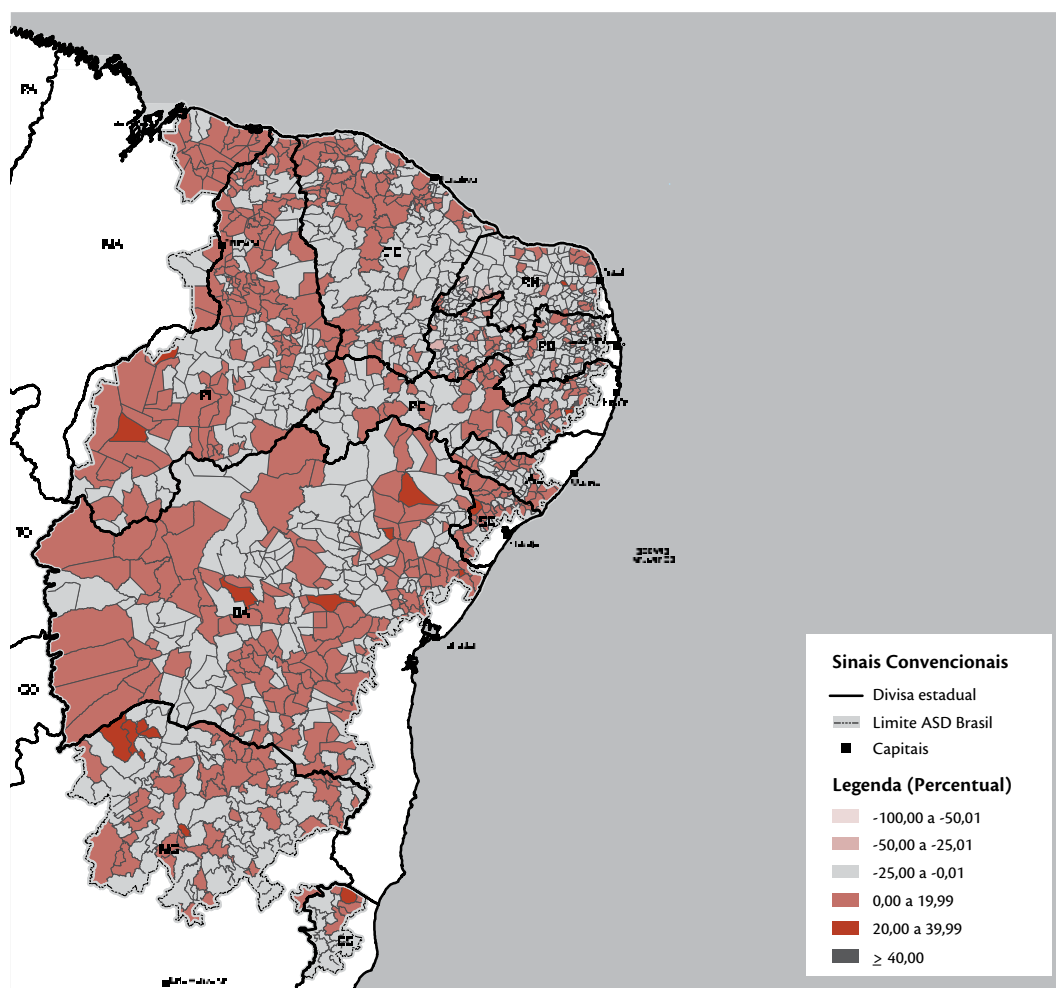


Figura 40 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo a taxa média de crescimento anual da área plantada com lavouras temporárias (2000 – 2010)

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do IBGE - Produção Agrícola Municipal; e do Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.



As lavouras temporárias são responsáveis pela oferta dos principais produtos que compõem a base da alimentação da região. Nessa perspectiva, a sua instabilidade adquire dimensões sociais e econômicas, dado que a redução na sua produção tende a acarretar:

- *déficit* na oferta de alimentos, pondo em risco a segurança alimentar da população;
- elevação nos preços dos alimentos;
- agravamento da condição de pobreza da população rural.

Considerando-se os três principais produtos da região, feijão, milho e mandioca, observa-se tendência de queda na produção de feijão a partir do ano 2000. Essa tendência é observada nos municípios de todas as unidades federativas que compõem a área de estudo, com exceção do Espírito Santo (gráficos 24 a, b e c).

Em relação ao milho, nota-se que a taxa de crescimento entre 2000 e 2010 foi positiva, porém, aumentou em uma proporção menor relativamente ao período 1990-2000, o que pode indicar a redução da produção em médio prazo. Acrescente-se, ainda, que essa retração já ocorre em Alagoas, no Ceará, no Espírito Santo, no Maranhão, em Minas Gerais, na Paraíba, em Pernambuco e no Rio Grande do Norte.

A mandioca apresentou crescimento da produção no Maranhão, em Pernambuco e no Rio Grande do Norte, mas não o suficiente para caracterizar o seu crescimento. Nota-se, no entanto, que as taxas de crescimento se reduziram, comparando-se os períodos 1990-2000 e 2000-2010.

Em Alagoas, no Ceará, em Minas Gerais, na Paraíba e no Rio Grande do Norte, observou-se a queda na produção das três culturas avaliadas entre 2000 e 2010. A Paraíba apresentou as maiores quedas na produção de feijão e milho, enquanto o Rio Grande do Norte na produção de milho. Por outro lado, o maior crescimento da produção de milho ocorreu em Sergipe e de mandioca em Pernambuco. A lavoura de feijão apresentou taxas positivas de crescimento apenas em Espírito Santo, Maranhão e Sergipe, no referido período.

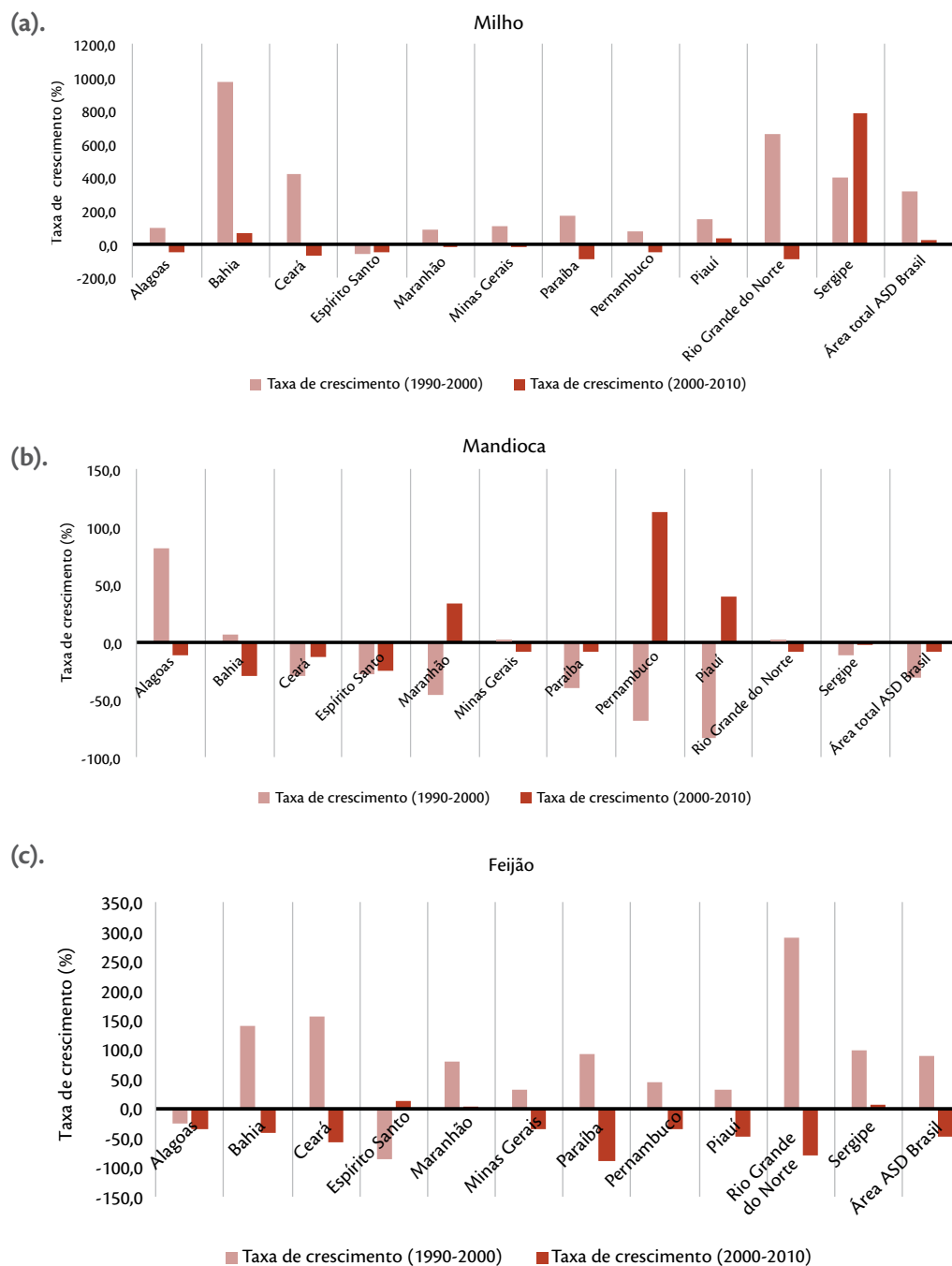


Gráfico 24 – Taxa de crescimento da produção de feijão, milho e mandioca na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2000 e 2000 -2010)



As tabelas 23, 24 e 25 permitem inferências quanto à importância da região de estudo na produção de feijão, milho e mandioca. São apresentados dados referentes ao ano de 2010 e ao ano de 2012.

Uma primeira observação aponta que as áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas do Brasil não apresentam uma participação significativa na produção nacional de feijão e milho, apenas 19,7% e 6,8%, respectivamente, em 2010. A mandioca possui uma importância maior na produção nacional, o equivalente a 24,0% em 2010 e 17,8% em 2012. No âmbito estadual, nota-se que a área em estudo apresenta papel importante na produção dessas lavouras.

Tabela 23 – Participação percentual dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, na produção de lavouras de feijão (2010 e 2012)

Unidades Federativas	2010			2012		
	Participação da ASD estadual na produção total do estado	Participação da ASD estadual na produção total da área de estudo	Participação da ASD estadual na produção total do Brasil	Participação da ASD estadual na produção total do estado	Participação da ASD estadual na produção total da área de estudo	Participação da ASD estadual na produção total do Brasil
Alagoas	95,6	3,5	0,7	83,5	1,0	0,1
Bahia	97,8	49,7	9,8	94,7	39,9	3,6
Ceará	100,0	13,4	2,6	100,0	20,8	1,9
Espírito Santo	28,0	0,6	0,1	22,0	1,3	0,1
Maranhão	19,1	1,2	0,2	12,0	1,6	0,1
Minas Gerais	8,0	8,0	1,6	5,7	14,4	1,3
Paraíba	97,5	1,6	0,3	96,7	1,2	0,1
Pernambuco	97,8	10,8	2,1	99,5	7,2	0,6
Piauí	97,0	5,1	1,0	95,1	10,0	0,9
Rio Grande do Norte	89,8	1,5	0,3	99,8	0,7	0,1
Sergipe	94,3	4,7	0,9	78,9	2,0	0,2
Participação ASD na produção total do Brasil		19,7			9,1	

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.

Tabela 24 – Participação percentual dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil na produção de lavouras de milho (2010 e 2012)

Unidades Federativas	2010			2012		
	Participação da ASD estadual na produção total do estado	Participação da ASD estadual na produção total da área de estudo	Participação da ASD estadual na produção total do Brasil	Participação da ASD estadual na produção total do estado	Participação da ASD estadual na produção total da área de estudo	Participação da ASD estadual na produção total do Brasil
Alagoas	97,0	0,6	0,0	82,8	0,0	0,0
Bahia	99,7	58,6	4,0	99,6	59,5	2,6
Ceará	100,0	4,6	0,3	100,0	3,9	0,2
Espírito Santo	17,8	0,3	0,0	15,3	0,4	0,0
Maranhão	3,2	0,4	0,0	1,0	0,2	0,0
Minas Gerais	3,4	5,5	0,4	2,0	5,0	0,2
Paraíba	99,8	0,3	0,0	98,2	0,2	0,0
Pernambuco	97,6	1,8	0,1	99,5	0,7	0,0
Piauí	86,8	7,9	0,5	86,1	21,0	0,9
Rio Grande do Norte	91,8	0,2	0,0	99,4	0,1	0,0
Sergipe	99,5	19,8	1,3	97,4	9,0	0,4
Participação ASD na produção total do Brasil		6,8			4,4	

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.

Tabela 25 – Participação percentual dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, na produção de lavouras de mandioca (2010 e 2012)

Unidades Federativas	2010			2012		
	Participação da ASD estadual na produção total do estado	Participação da ASD estadual na produção total da área de estudo	Participação da ASD estadual na produção total do Brasil	Participação da ASD estadual na produção total do estado	Participação da ASD estadual na produção total da área de estudo	Participação da ASD estadual na produção total do Brasil
Alagoas	91,7	4,9	1,2	93,4	7,2	1,3
Bahia	67,9	36,5	8,7	58,8	31,5	5,6
Ceará	100,0	10,4	2,5	100,0	11,4	2,0
Espírito Santo	38,0	1,5	0,4	30,3	1,5	0,3
Maranhão	19,3	5,0	1,2	20,0	7,5	1,3
Minas Gerais	46,3	6,1	1,5	40,5	8,1	1,4
Paraíba	84,4	3,2	0,8	77,2	3,0	0,5
Pernambuco	93,0	11,6	2,8	96,1	8,0	1,4
Piauí	98,9	9,4	2,2	98,1	7,6	1,4
Rio Grande do Norte	94,6	5,4	1,3	95,1	5,5	1,0
Sergipe	75,4	6,1	1,5	78,8	8,6	1,5
Participação da ASD na produção total do Brasil		24,0			17,8	

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.



Em muitas áreas rurais, o uso do solo pela agricultura ocorreu a partir de práticas agrícolas inadequadas, como o uso de pesticidas, as queimadas e a retirada da cobertura original do solo, que favoreceram a erosão, levaram à perda gradual da fertilidade e afetaram a biodiversidade. A consequência desse processo é percebida na perda de produtividade da terra.

A Tabela 26 mostra o comportamento da produtividade da terra para as lavouras de feijão, milho e mandioca no período 1990 a 2012, considerando-se a área total de estudo. Uma melhor visualização, por meio do Gráfico 25, permite notar que o indicador apresenta instabilidade, com tendência decrescente a partir do ano 2000, o que pode ser uma consequência do avanço da degradação ambiental na região.

Tabela 26 – Comportamento da produtividade média de feijão, milho e mandioca na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2012)

Ano	Feijão (Kg/ha)	Milho (Kg/ha)	Mandioca (Kg/ha)
1990	381.2	524.3	10513.5
1991	453.6	799.4	10851.9
1992	341.8	597.1	10088.4
1993	363.9	616.5	8609.1
1994	466.7	812.1	10401.9
1995	445.7	690.4	10703.7
1996	404.9	802.5	8697.7
1997	429.2	798.6	9834.0
1998	383.1	646.1	8723.3
1999	405.3	726.7	9290.2
2000	491.0	940.9	10647.3
2001	421.4	676.2	10332.5
2002	458.1	843.4	10407.7
2003	455.7	843.4	10524.3
2004	474.2	852.7	10965.8
2005	492.3	885.3	10868.9
2006	515.3	868.7	11006.4
2007	469.9	838.6	10679.8
2008	528.6	1053.9	10954.4
2009	491.8	1044.5	10551.8
2010	425.8	838.8	10255.7
2011	483.1	1051.7	11256.5
2012	388.3	804.5	8974.4

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.

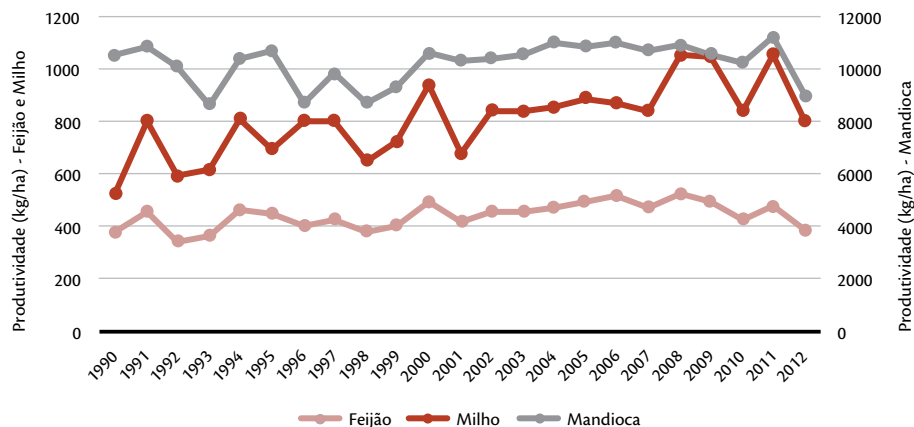


Gráfico 25 – Comportamento da produtividade média (kg/ha) de feijão, milho e mandioca na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2012)

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE – Produção Agrícola Municipal.

As perdas de produtividade se agravaram na última década, em quase todas as unidades federativas (Tabela 27). No caso do feijão e do milho, mesmo nas regiões onde a produtividade continua crescendo, nota-se que a produção por hectares se dá a taxas decrescentes, caso do Espírito Santo e de Sergipe. Considerando-se o período 2000-2010, as maiores perdas de produtividade para essas culturas ocorreram no Ceará, enquanto em Sergipe os ganhos foram de 1,5% e 60,6%, respectivamente. Apesar do aumento na produção de mandioca em Pernambuco entre 2000 e 2010, o Estado apresentou elevada perda de produtividade no período (22,8%), atrás apenas do Piauí, Ceará e Bahia. A comparação entre o comportamento das produtividades da área de estudo e do Brasil mostra a fragilidade dos sistemas produtivos nas áreas vulneráveis brasileiras, as quais não incorporam os avanços tecnológicos ocorridos no restante do País.

As regiões apresentaram comportamentos diferenciados quanto ao rendimento médio das lavouras analisadas, o que mostra padrões distintos de evolução do uso da terra, seja em decorrência de diferentes graus de degradação ambiental e fertilidade do solo, seja pelo uso de insumos ou adoção de tecnologias.



Tabela 27 – Taxas de crescimento do rendimento médio das lavouras de feijão, milho e mandioca na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2000 e 2000-2010)

Unidade da Federação	Feijão		Milho		Mandioca	
	Taxa de crescimento no período 1990 – 2000 (%)	Taxa de crescimento no período 2000 – 2010 (%)	Taxa de crescimento no período 1990 – 2000 (%)	Taxa de crescimento no período 2000 – 2010 (%)	Taxa de crescimento no período 1990 – 2000 (%)	Taxa de crescimento no período 2000 – 2010 (%)
Alagoas	-21,1	-24,6	15,5	-41,2	24,5	-6,1
Bahia	40,1	-34,7	115,8	-12,2	8,9	-37,1
Ceará	50,2	-57,6	170,6	-66,9	2,9	-47,2
Espírito Santo	21,2	18,5	30,6	16,9	-7,2	14,9
Maranhão	36,4	-36,0	149,2	-53,1	-1,9	0,1
Minas Gerais	14,6	-1,5	72,6	-21,7	8,3	-6,4
Paraíba	78,9	-55,5	131,4	-52,8	4,2	-13,8
Pernambuco	23,8	-20,6	33,8	-55,9	-1,5	-22,8
Piauí	84,5	-44,0	236,3	-15,3	-12,3	-62,5
Rio Grande do Norte	63,5	-27,6	122,7	-12,1	-1,1	6,5
Sergipe	18,8	1,5	77,9	60,6	-0,5	1,9
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	28,8	-20,9	79,5	-14,5	1,3	-15,7
Brasil	47,8	30,8	45,1	60,6	7,4	3,5

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.

b) Principais lavouras permanentes

As lavouras permanentes na área de estudo geralmente estão inseridas em grandes propriedades vinculadas à agroindústria e voltadas para a exportação, com o emprego de capital na forma de máquinas e equipamentos. Algumas delas fazem parte de perímetros irrigados. Nessa conjuntura, como se observa nos gráficos 26a, 26b e 26c, diferentemente das lavouras temporárias, são, em geral, pouco vulneráveis às condições climáticas, ou seja, não há diferença significativa entre a área plantada e a área colhida, considerando-se que essa diferença na região costuma ser acentuada em anos de seca.

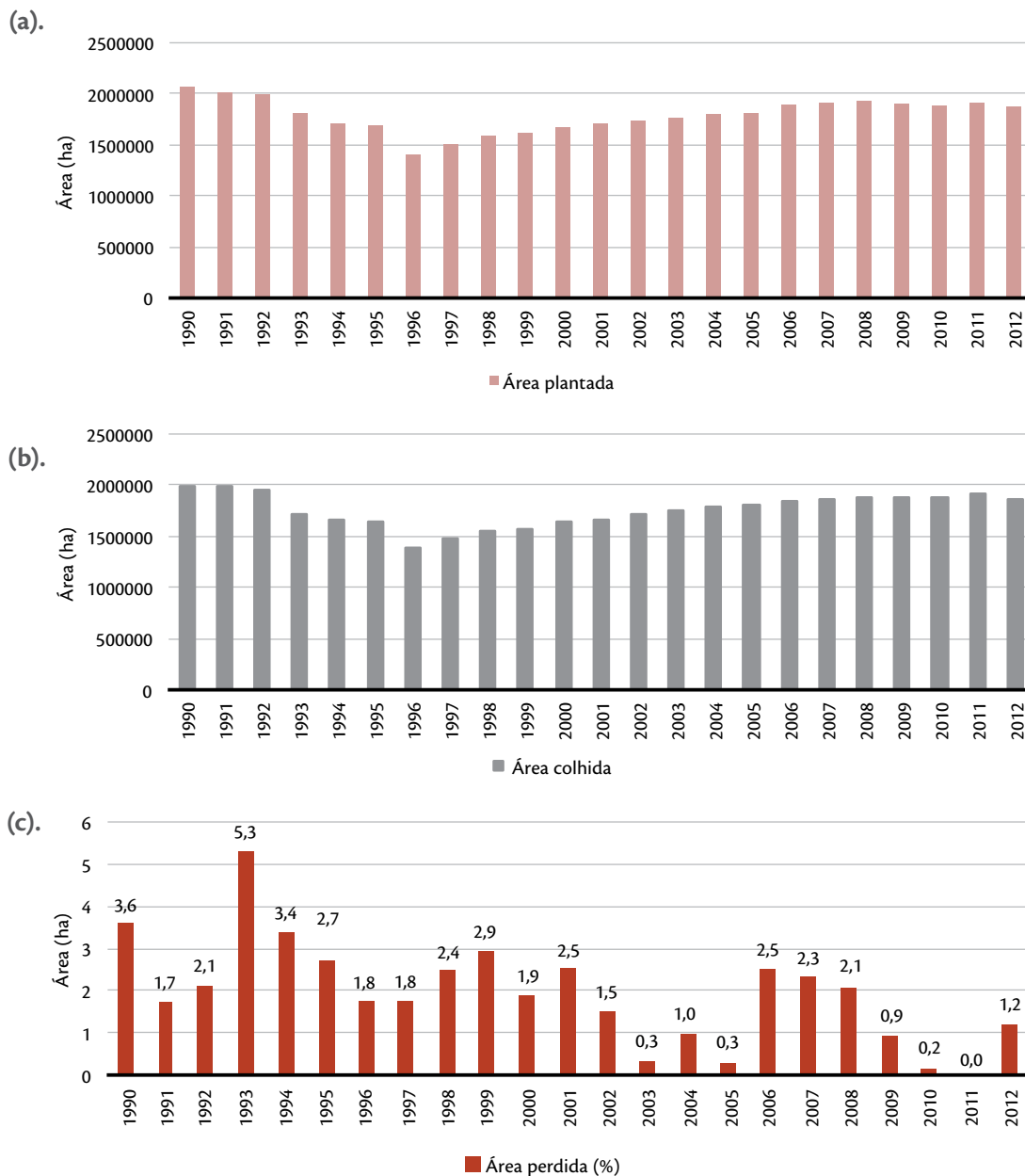


Gráfico 26 – Área plantada, área colhida e percentual de área perdida na Área Suscetível à Desertificação no Brasil - Lavouras permanentes (1990 a 2012)

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.



A Figura 41 mostra que, na maior parte dos municípios, as perdas não ultrapassam 20%. Perdas maiores costumam ocorrer nas propriedades em que os plantios são realizados em sistema de sequeiro, geralmente estabelecimentos da agricultura familiar.

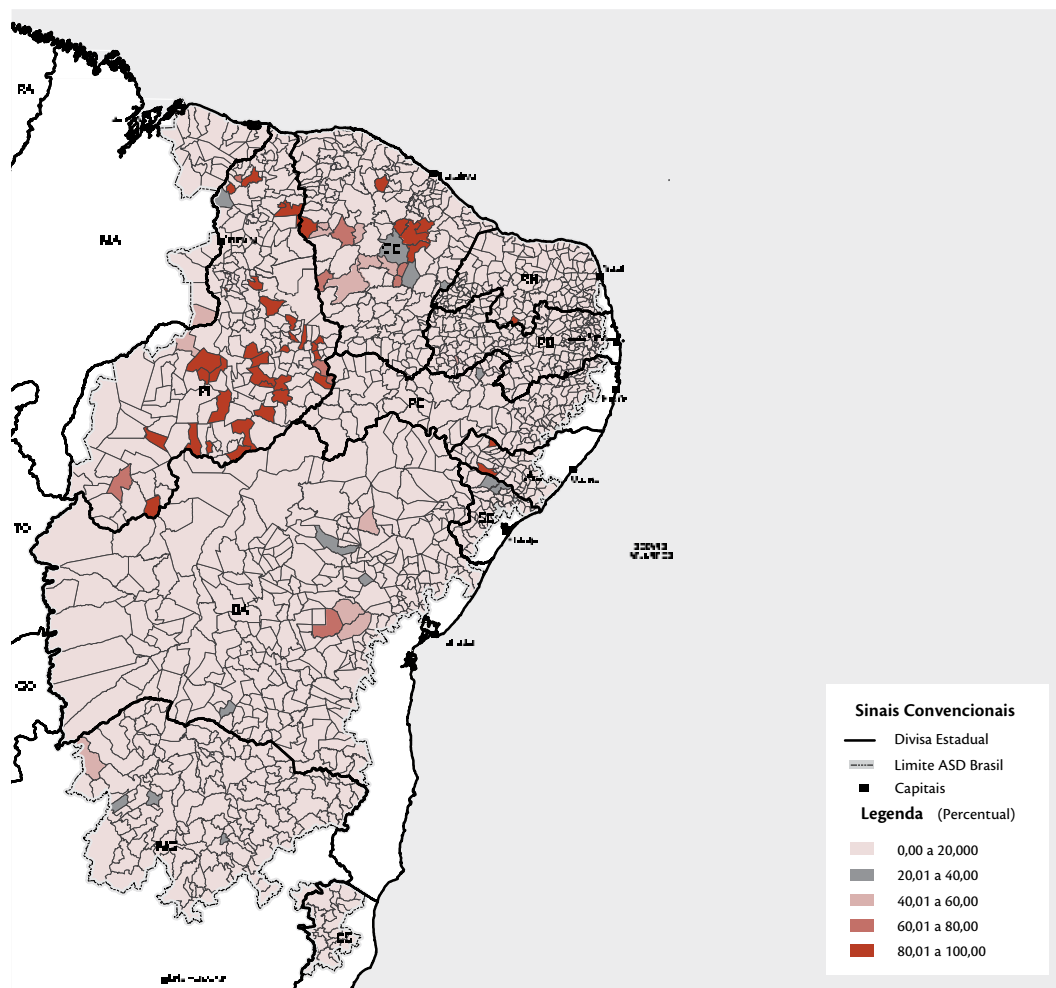


Figura 41 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo o percentual de perda na área plantada com lavouras permanentes (2012)

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do IBGE - Produção Agrícola Municipal; e do Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

Como apresentado anteriormente, a proporção da área destinada às lavouras permanentes é relativamente pequena nas regiões degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil. No entanto, observa-se que, nos últimos anos, novos hectares foram incorporados, haja vista as taxas positivas de crescimento apresentadas na Tabela 28. Considerando-se os anos mais recentes (2000 a 2010), percebe-se uma expansão de 12,8% na área plantada, sendo que na Bahia e em Pernambuco esse percentual chegou a 26,8% e 36,9%, respectivamente.

Tabela 28 – Taxa de crescimento da área plantada com lavouras permanentes na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2000, 2000-2010 e 2010-2012)

Unidade da Federação	Taxa de crescimento no período 1990-2000	Taxa de crescimento no período 2000-2010	Taxa de crescimento no período 2010-2012
Alagoas	11,0	4,5	11,6
Bahia	16,0	26,8	46,5
Ceará	-19,5	13,4	-7,7
Espírito Santo	19,9	-14,7	6,0
Maranhão	-20,2	18,5	-1,6
Minas Gerais	36,4	1,8	33,9
Paraíba	-76,0	6,5	-79,1
Pernambuco	-40,6	36,9	-26,9
Piauí	-49,1	18,8	-40,1
Rio Grande do Norte	-40,0	4,1	-35,1
Sergipe	35,0	0,1	30,1
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	-19,3	12,8	-9,3

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.

As lavouras permanentes representam, em sua essência, um modelo de desenvolvimento baseado na modernização agrícola, o qual está associado ao agronegócio e à agricultura irrigada.

A pressão antrópica decorrente da atividade está se expandindo na área de estudo, como se observa na Figura 42.

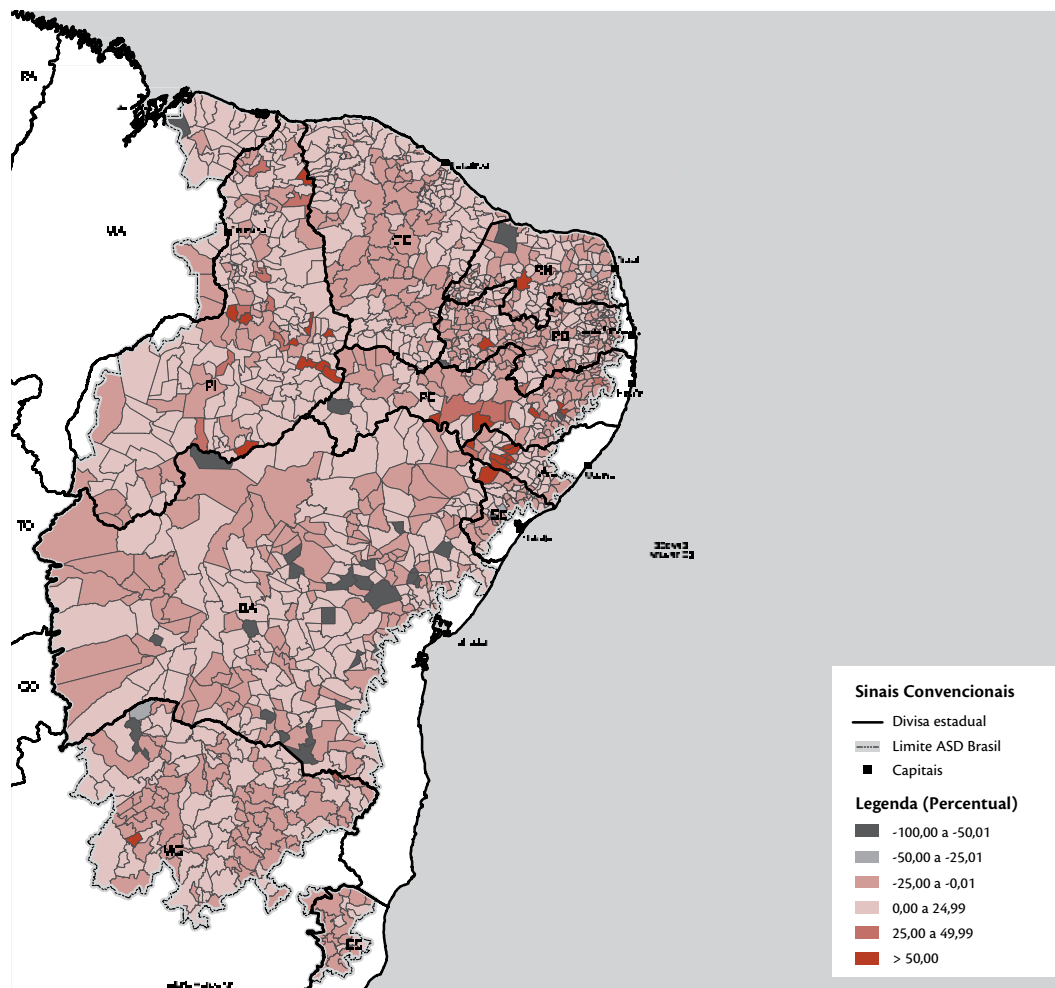


Figura 42 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo a taxa média de crescimento anual da área plantada com lavouras permanentes (2000 – 2010)

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do IBGE - Produção Agrícola Municipal; e do Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

No Atlas das Áreas Suscetíveis à Desertificação do Brasil, as lavouras da banana e do café foram citadas entre aquelas de maior importância econômica. A lavoura da banana, por sua importância nos estabelecimentos da agricultura familiar e interesse despertado no agronegócio. O café, por sua tradição no Espírito Santo e em Minas Gerais, além de ser um importante produto da pauta de

exportação brasileira (MMA, 2007). O comportamento das duas lavouras pode ser analisado por meio dos gráficos 27 e 28.

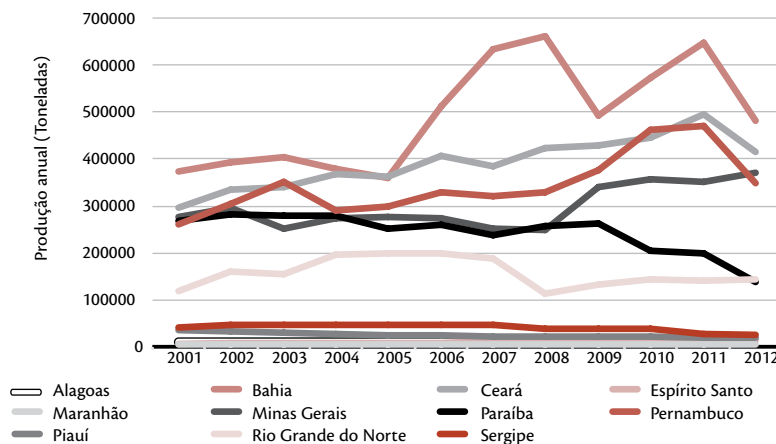


Gráfico 27 – Comportamento da produção de banana na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, por unidade da Federação (2001-2012)

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.

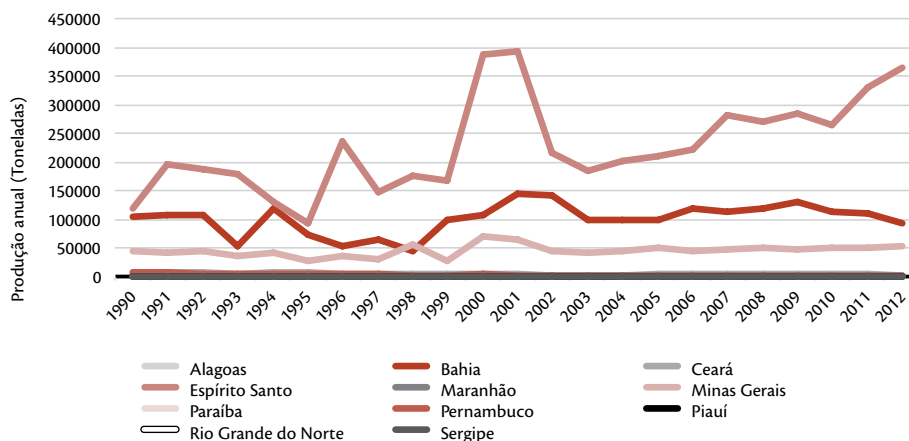


Gráfico 28 – Comportamento da produção de café na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, por unidade da Federação (1991-2012)

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.



A banana é cultivada em todas as unidades federativas estudadas. No entanto, a maior parte da produção está concentrada nos municípios inseridos na Bahia, no Ceará e em Pernambuco. A região correspondente ao Estado de Minas Gerais vem despontando como um importante polo produtor da fruta. Quanto ao café, apenas três Estados se destacam como produtores: Espírito Santo, Bahia e Minas Gerais.

A cajucultura tem significativa importância socioeconômica em grande parte da área de estudo, uma vez que ocupa a mão de obra rural e gera renda para a população mais pobre em um período do ano no qual a maioria das culturas encontra-se na entressafra (agosto a dezembro). A atividade também resulta em fornecimento de matéria-prima para várias indústrias de alimentos e pequenas fábricas de processamento, além de gerar divisas por meio da exportação de castanha-de-caju (FIGUEIRÊDO JUNIOR, 2006). Conforme se observa no Gráfico 29, Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí se destacam como os principais produtores de castanha-de-caju, mas nota-se que a produção nesses Estados apresenta-se instável ao longo das últimas décadas. Esse comportamento é atribuído à idade avançada dos pomares, ao atraso tecnológico dos sistemas de produção, onde prevalece a exploração extrativista (LIMA *et al.*, 2009), e aos baixos níveis de produtividade. O aumento relativo da produção a partir do ano 2000 é resultado de um conjunto de intervenções que incluem a adoção de novas tecnologias, como cajueiro anão, irrigação, adubação, melhores tratamentos culturais, dentre outras (GUANZIROLI *et al.*, 2009). Os autores ressaltam, porém, que os problemas climáticos ainda são frequentemente apontados como causas de oscilações na produção (GUANZIROLI *et al.*, 2009). Durante todo o ano, os pomares dependem das condições naturais do Semiárido e encontram-se vulneráveis às secas recorrentes na região.

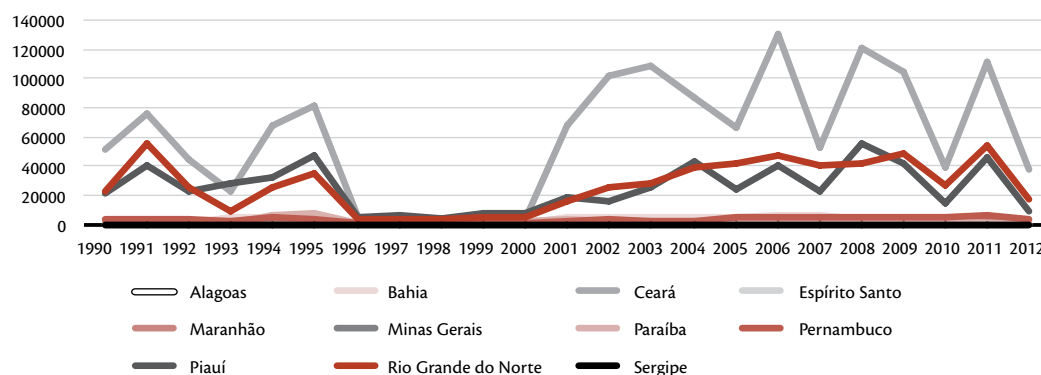


Gráfico 29 – Comportamento da produção de castanha-de-caju na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, por unidade da Federação (1991-2012)

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.

Em termos de participação na produção, a maior parte da banana produzida pela Paraíba e pelo Rio Grande do Norte ocorre na área de estudo. No entanto, a participação nacional da região foi de 32,6%, em 2010, caindo para 28,6%, em 2012. Não se observa participação expressiva da região na produção nacional de café. Com exceção dos três Estados já citados, a participação dos demais é insignificante (Tabela 29).

Tabela 29 – Participação percentual dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, na produção de lavouras permanentes banana e café (2010 e 2012)

Unidades Federativas	Banana					
	2010			2012		
	Participação na produção total da unidade da Federação	Participação na produção total	Participação na produção total do Brasil	Participação na produção total da unidade da Federação	Participação na produção total da ASD	Participação na produção total do Brasil
Alagoas	12,7	0,3	0,1	13,6	0,3	0,1
Bahia	53,1	25,2	8,2	44,5	24,4	7,0
Ceará	100,0	19,6	6,4	100,0	21,1	6,0
Espírito Santo	6,8	0,6	0,2	6,4	0,8	0,2
Maranhão	5,1	0,3	0,1	4,8	0,3	0,1
Minas Gerais	54,6	15,7	5,1	54,1	18,9	5,4
Paraíba	97,8	9,0	2,9	97,3	7,0	2,0
Pernambuco	89,6	20,4	6,7	85,6	17,7	5,1
Piauí	70,8	1,0	0,3	55,8	1,0	0,3
Rio Grande do Norte	97,9	6,3	2,0	97,8	7,3	2,1
Sergipe	65,4	1,6	0,5	60,3	1,3	0,4
Participação da ASD na produção total do Brasil	32,6			28,6		



Unidades Federativas	Café					
	2010			2012		
	Participação na produção total da unidade da Federação	Participação na produção total da área de estudo	Participação na produção total do Brasil	Participação na produção total da unidade da Federação	Participação na produção total da ASD	Participação na produção total do Brasil
Alagoas	n.a	0,0	0,0	n.a	0,0	0,0
Bahia	73,6	26,0	3,9	65,7	18,2	3,1
Ceará	100,0	0,7	0,1	100,0	0,3	0,1
Espírito Santo	43,0	61,2	9,1	47,0	70,7	12,0
Maranhão	n.a	0,0	0,0	n.a	0,0	0,0
Minas Gerais	3,4	11,7	1,7	3,4	10,5	1,8
Paraíba	n.a	0,0	0,0	n.a	0,0	0,0
Pernambuco	91,8	0,4	0,1	97,2	0,3	0,0
Piauí	n.a	0,0	0,0	n.a	0,0	0,0
Rio Grande do Norte	n.a	0,0	0,0	n.a	0,0	0,0
Sergipe	n.a	0,0	0,0	n.a	0,0	0,0
Participação da ASD na produção total do Brasil	14,9			16,9		

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal.
Nota: N/A, n/a ou NA é uma abreviação em inglês que significa not applicable ou not available (tradução literal: não aplicável ou não disponível). Fonte: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/N/a>>.

Comparando o comportamento da banana e do café, as maiores perdas ocorreram entre os produtores da banana. Isso se deve ao fato de que parte da bananicultura é praticada por pequenos produtores, sem o uso de irrigação.

A irrigação, no entanto, não traz apenas o benefício da redução dos riscos em ano de seca, oferta de empregos e aumento na produção agrícola (não necessariamente de alimentos básicos). O ônus da tecnologia é o agravamento de processos de degradação ambiental já existente na região. Os sistemas de irrigação sob manejo inadequado provocam desperdício de água, salinização e erosão do solo. Esses problemas já são percebidos em muitos perímetros de irrigação no Ceará e vale do São Francisco.

1.3.1.2. Indicadores da pecuária

A pecuária tem provocado uma série de danos ambientais no meio rural das áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência secas no Brasil, sendo considerada um dos principais fatores de desertificação, pois causa a compactação do solo. Segundo Roxo (2006), a compactação do solo é resultado de uma pressão mecânica (no caso, o pisoteio dos animais) que reduz os espaços vazios entre as partículas de solo, destruindo a sua estrutura, dificultando a penetração das raízes, a capacidade de armazenamento de água, o arejamento, a fertilidade, a atividade biológica e a estabilidade dos agregados. Essa condição dificulta a infiltração da água das chuvas, aumentando o risco de erosão. Além disso, o manejo da atividade, ao longo de décadas de exploração, levou à degradação das pastagens nativas (exploradas acima de sua capacidade de suporte), sem que houvesse a preocupação de plantio de novas árvores. Aos poucos, as pastagens nativas foram substituídas por pastagens plantadas, por meio de técnicas agrícolas que expuseram o solo a processos erosivos, caso das queimadas e dos cortes (CEARÁ, 2010).

Apesar de seus impactos ambientais, é incontestável a importância socioeconômica da pecuária. O setor é apontado como importante fonte de renda e de alimento para a população rural. Assim como a propriedade, os animais são considerados um patrimônio da família (DUARTE, 2001).

No Gráfico 30, é avaliada a participação do rebanho bovino, suíno, caprino e ovino, na área de estudo, em relação ao rebanho total do Brasil.

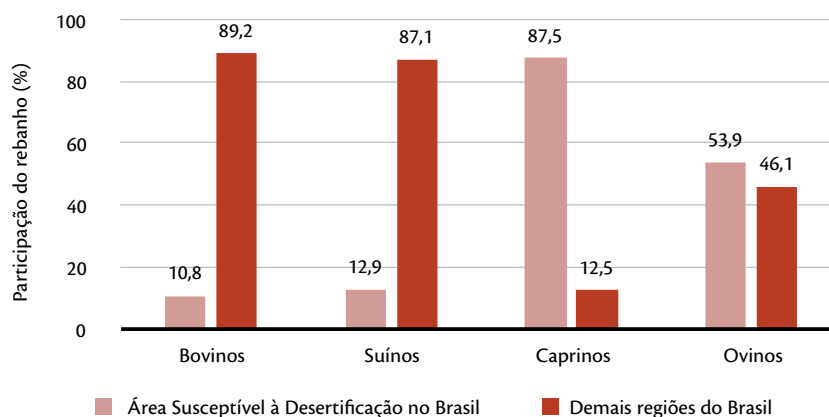


Gráfico 30 – Participação do rebanho da Área Suscetível à Desertificação no Brasil, no rebanho total do Brasil

Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal.



A Área Suscetível à Desertificação tem importância significativa na criação brasileira de caprinos e ovinos e concentra 87,5% e 53,9% do rebanho nacional, respectivamente. Dentre os rebanhos explorados na região, esses animais são considerados os mais resistentes e adaptados às condições ambientais e climáticas locais. As plantas da Caatinga são a sua principal fonte de alimentação. No entanto, seus hábitos alimentares ameaçam a reprodução das espécies nativas, uma vez que consistem especialmente na ingestão de brotos germinativos (CEARÁ, 2010).

Essa característica tem sido motivação de várias pesquisas que buscam aperfeiçoar o uso da vegetação nativa, por meio de técnicas sustentáveis de uso da Caatinga (EMBRAPA, 2005). No entanto, os resultados de estudos muitas vezes não chegam à maioria dos pequenos produtores. Apesar de alguns avanços tecnológicos pontuais, como o melhoramento genético dos rebanhos citado por Gomes (2014), ainda se percebe que os sistemas de produção de ovinos e caprinos são manejados de forma rudimentar, o que reduz a produtividade dos rebanhos e acentua os impactos ambientais da atividade.

A ovinocaprinocultura não tem uma estratégia definida para enfrentamento da seca. Segundo Costa *et al.* (2008), quando o fenômeno ocorre, os criadores vendem o gado ou utilizam vegetação mais resistente, como o mandacaru, para alimentar os animais. Em consequência, percebe-se uma tendência de redução no tamanho do rebanho nesse período. Os gráficos 31 e 32 apresentam o comportamento do rebanho de ovinos e caprinos, respectivamente, entre 1990 e 2012. A queda no número de animais, de 2011 a 2012, é observada em quase todas as unidades federativas.

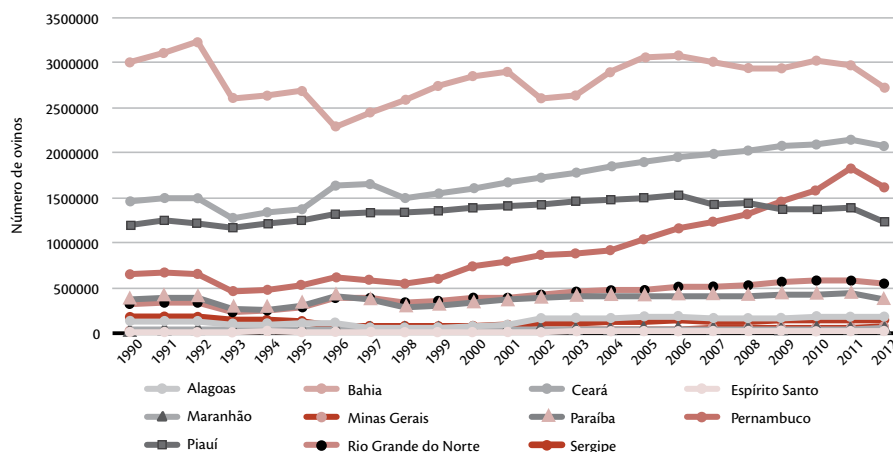


Gráfico 31 – Comportamento do efetivo ovino na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2012)

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal

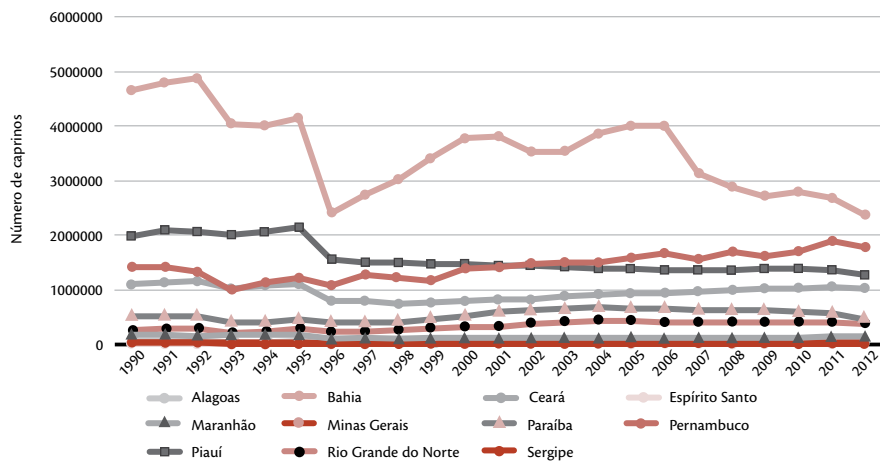


Gráfico 32 – Comportamento do efetivo caprino na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2012)

Fonte: IBGE – Produção Agrícola Municipal

No ano de 2012, as principais regiões criadoras de ovinos encontravam-se nos Estados da Bahia, do Ceará e de Pernambuco. Quanto aos caprinos, além de Bahia e Pernambuco, o Piauí se destacava entre os principais criadores.

Existe uma grande heterogeneidade entre as áreas estudadas quanto ao comportamento da ovinocaprinocultura. Nas áreas inseridas em Alagoas, Minas Gerais e Pernambuco, a criação de ovinos cresceu consideravelmente nos últimos anos. Em outras áreas, o crescimento se deu em menor proporção (Ceará, Espírito Santo, Maranhão, Rio Grande do Norte e Sergipe), enquanto na Bahia, na Paraíba e no Piauí houve redução no número de animais (Tabela 30).

O comportamento das taxas de crescimento do indicador no Estado da Bahia tem muita influência no resultado da área de estudo como um todo, dado o tamanho do seu rebanho. Assim, uma análise do crescimento da caprinocultura entre 2000 e 2012 mostra que a atividade sofreu retração na área de estudo, apesar da expansão verificada na maioria das unidades federativas.



Tabela 30 – Taxas de crescimento do número de ovinos e caprinos na Área Suscetível à desertificação no Brasil, por unidade da Federação, em %

Unidade Federativa	Ovinos			
	Taxa de crescimento 1991/2000	Taxa de crescimento 2001/2012	Taxa de crescimento 1991/2012	Participação do efetivo existente na área de estudo inserida na unidade federativa, em relação ao efetivo total da unidade Federativa
Alagoas	-33,1	89,2	45,2	86,6
Bahia	-5,1	-6,3	-9,3	97,0
Ceará	9,3	24,3	40,9	100,0
Espírito Santo	38,8	36,0	89,9	47,7
Maranhão	-26,0	52,2	13,7	22,6
Minas Gerais	-2,5	137,6	133,3	30,5
Paraíba	-9,9	-0,9	-2,1	98,7
Pernambuco	11,5	102,6	145,1	98,0
Piauí	15,8	-13,1	2,6	99,3
Rio Grande do Norte	17,1	39,5	67,6	99,2
Sergipe	-54,4	52,0	-19,3	86,7
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	1,6	15,4	21,5	86,6

Unidade Federativa	Caprinos			
	Taxa de crescimento 1991/2000	Taxa de crescimento 2001/2012	Taxa de crescimento 1991/2012	Participação do efetivo existente na área de estudo inserida na unidade federativa, em relação ao efetivo total da unidade Federativa
Alagoas	-33,6	40,3	-2,1	90,1
Bahia	-18,7	-37,6	-49,0	97,8
Ceará	-29,2	25,7	-8,2	100,0
Espírito Santo	-48,1	36,6	-28,6	41,5
Maranhão	-40,7	24,3	-23,4	38,6
Minas Gerais	-46,8	34,5	-17,4	35,5
Paraíba	3,4	-22,3	-7,0	98,9
Pernambuco	-1,6	24,4	26,0	98,9
Piauí	-26,6	-12,0	-36,1	99,1
Rio Grande do Norte	16,9	15,1	38,5	99,6
Sergipe	-62,5	54,7	-39,0	89,3
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	-17,8	-12,4	-26,5	90,1

Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal.

As figuras 43 e 44 permitem identificar as áreas onde há maior concentração de ovinos e caprinos, respectivamente, tendo como referência o ano de 2012.

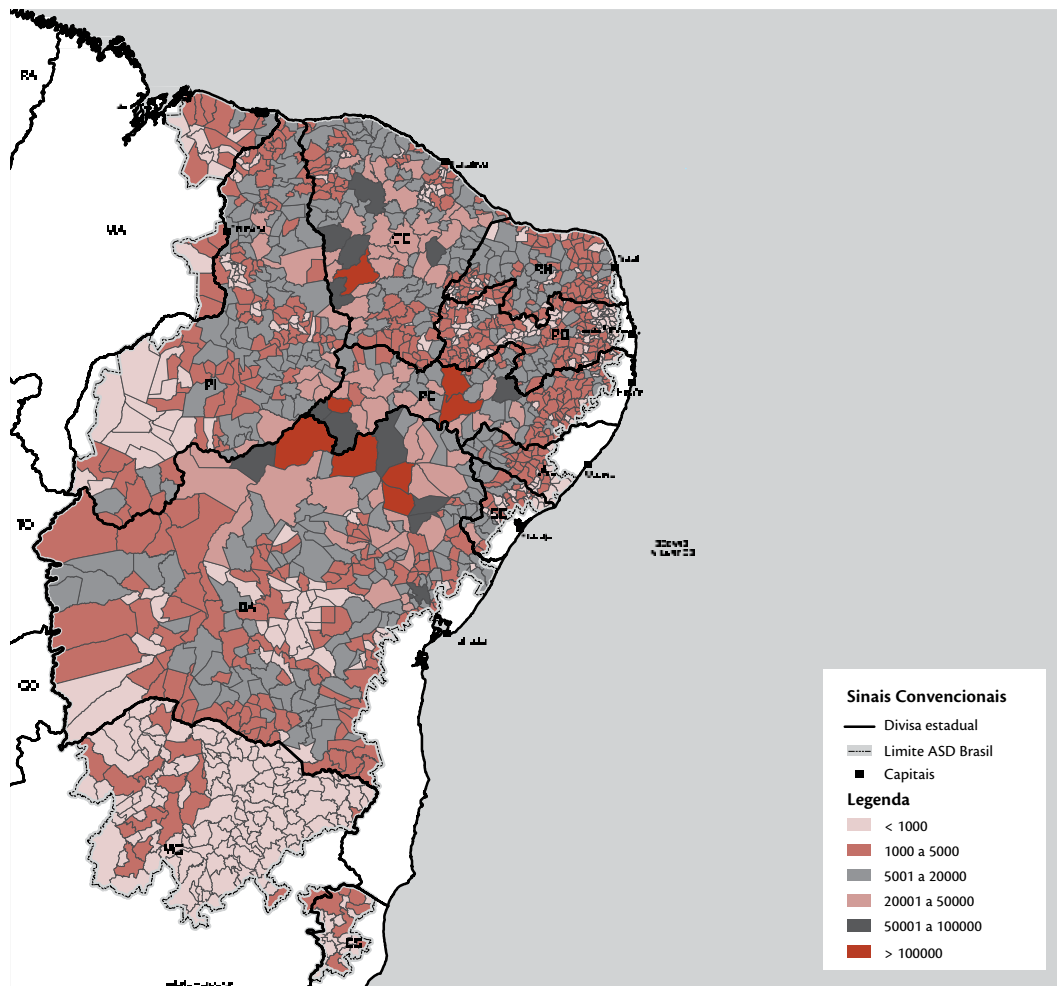


Figura 43 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil, segundo o número de ovinos (2012)

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do IBGE - Produção Pecuária Municipal; e do Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

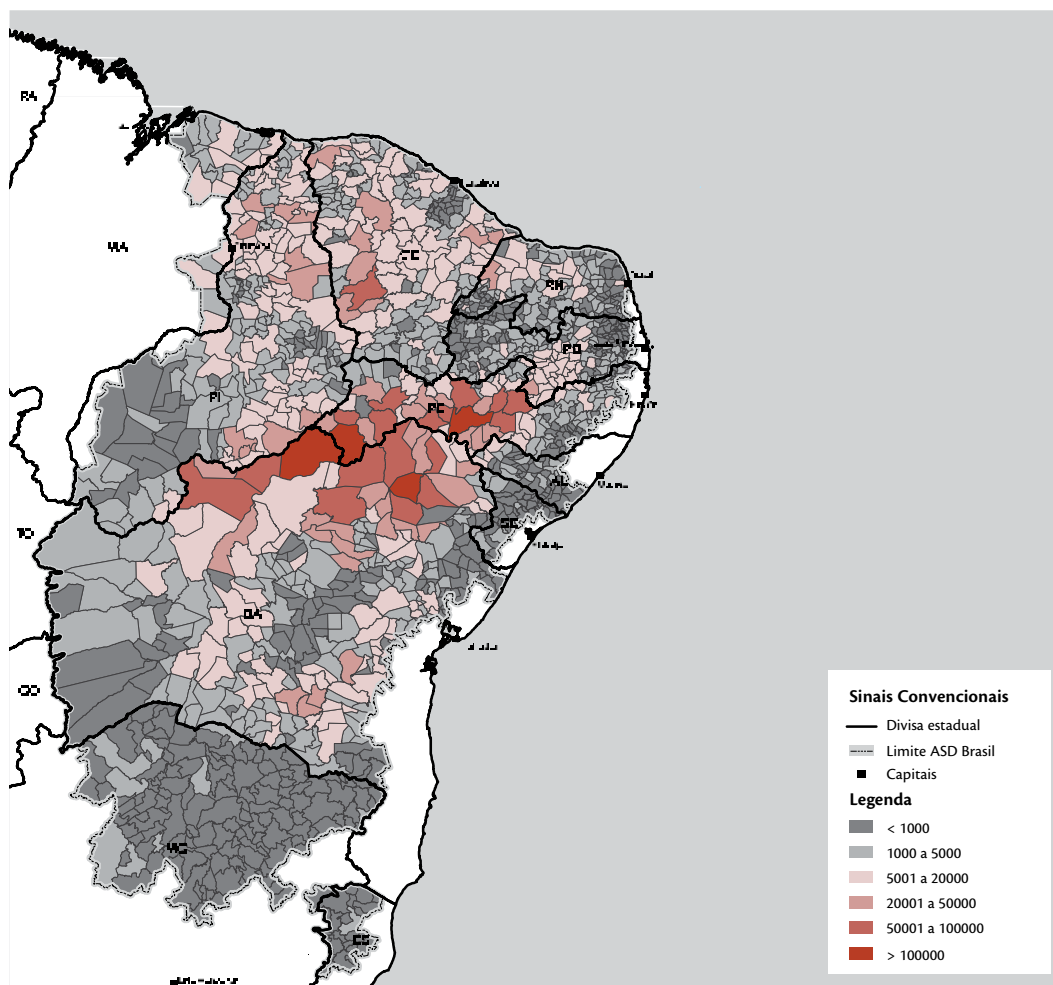


Figura 44 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil, segundo o número de caprinos 2012

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do IBGE - Produção Pecuária Municipal; e do Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.

Estudos prospectivos apontam a expansão da caprinocultura voltada para o mercado interno e, em menor proporção, para o mercado externo. Começam a ser instalados frigoríficos e abatedouros que poderão diversificar a produção e, em algumas regiões de Pernambuco e da Bahia, já são observados avanços na produtividade (BNB, 2014).

Apesar da notoriedade dada à ovinocaprinocultura, em termos quantitativos, os bovinos são o principal rebanho na área de estudo. Mesmo com a baixa qualidade das pastagens, 65,3% do

rebanho, nessas unidades federativas, é de bovinos (Tabela 31). Embora tenha ocorrido retração da bovinocultura entre 1991 e 2000, nota-se uma recuperação na última década, especialmente em Alagoas, no Maranhão e em Minas Gerais.

Tabela 31 – Taxas de crescimento do número de bovinos na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, por unidade da Federação

Unidade Federativa	Taxa de crescimento 1991/2000 (%)	Taxa de crescimento 2001/2012 (%)	Taxa de crescimento 1991/2012 (%)	Participação do efetivo da região no efetivo total da unidade Federativa (%)
Alagoas	-26,5	50,8	16,7	65,3
Bahia	-22,2	4,3	-16,8	69,7
Ceará	-15,8	23,7	3,6	100,0
Espírito Santo	18,5	37,8	61,3	49,1
Maranhão	-5,5	61,0	51,3	4,8
Minas Gerais	-0,8	40,9	42,9	19,6
Paraíba	-29,7	5,8	-28,4	96,7
Pernambuco	-24,7	15,8	-3,9	92,0
Piauí	-9,3	-6,7	-14,7	96,7
Rio Grande do Norte	-16,0	8,4	-10,2	97,4
Sergipe	-12,4	34,6	16,5	79,7
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	-16,1	17,2	0,1	65,3

Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal.

Essa expansão deve ser acompanhada com cautela. Apenas como simulação, considerando-se que a área dos estabelecimentos agropecuários da região de estudo destinada às pastagens (naturais, plantadas e degradadas) era de 25.446.276 ha, em 2006, e que o total de bovinos na região correspondeu a 22.558.809 cabeças no mesmo ano, a carga animal seria de 1,1 cabeça por hectare ao ano (cab/ha/ano) (Tabela 32). Isso caracteriza uma situação de sobrepastejo elevado, uma vez que o recomendado para bovinos nas condições da Caatinga é de 10 cab/ha/ano.

A expansão da bovinocultura na região sugere que a pecuária é menos vulnerável que a agricultura às secas recorrentes. Como se observa no Gráfico 33 e na Figura 45, a cada nova seca, a redução do rebanho se dá de forma menos intensa que as perdas nas lavouras. No entanto, esse comportamento não é padrão. Em algumas áreas, o rebanho vem sendo reduzido e nota-se uma maior queda no número de animais nos anos de seca, em decorrência de morte ou da venda a preços baixos.



Tabela 32 – Carga animal na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2006)

Unidade Federativa	Área com pastagens naturais, plantadas e/ou degradadas (ha)	Número de bovinos	Carga animal
Alagoas	(cab/ha/ano)	Carga animal	0,9
Bahia	7.440.435	10.439.430	1,4
Ceará	2.352.589	2.548.882	1,1
Espírito Santo	1.094.630	618.152	0,6
Maranhão	312.682	185.839	0,6
Minas Gerais	4.139.448	3.975.436	1,0
Paraíba	1.053.397	1.392.108	1,3
Pernambuco	1.885.066	1.835.445	1,0
Piauí	1.795.375	2.382.117	1,3
Rio Grande do Norte	1.003.457	693.293	0,7
Sergipe	839.345	780.477	0,9
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	22.558.809	25.446.276	1,1

Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal e Censo Agropecuário 2006.

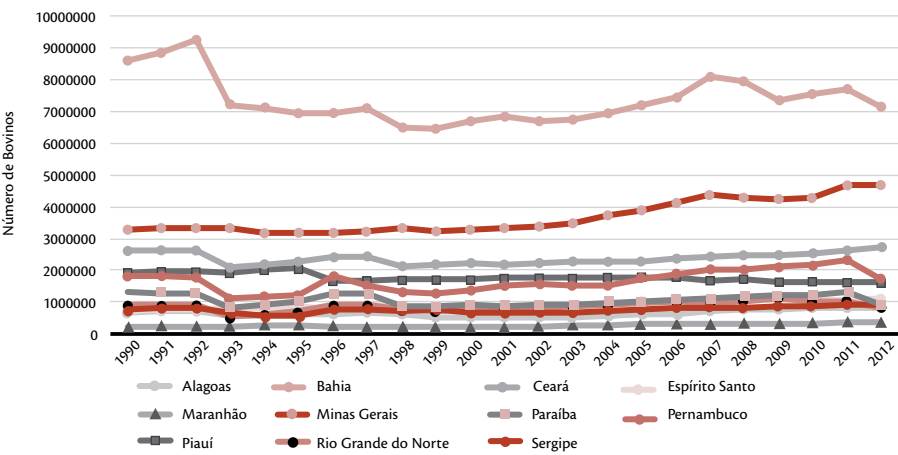


Gráfico 33 – Comportamento do efetivo bovino (n.º de animais) na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991-2012)

Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal.

As áreas onde a bovinocultura encontra-se em expansão podem ser identificadas na Figura 45. Conforme os dados apresentados, a atividade pecuária na área de estudo destina-se à exploração

econômica e à subsistência de muitas famílias das zonas rurais. No entanto, o sistema de criação extensivo está associado ao desmatamento, à perda de biodiversidade, compactação do solo, poluição dos recursos hídricos.

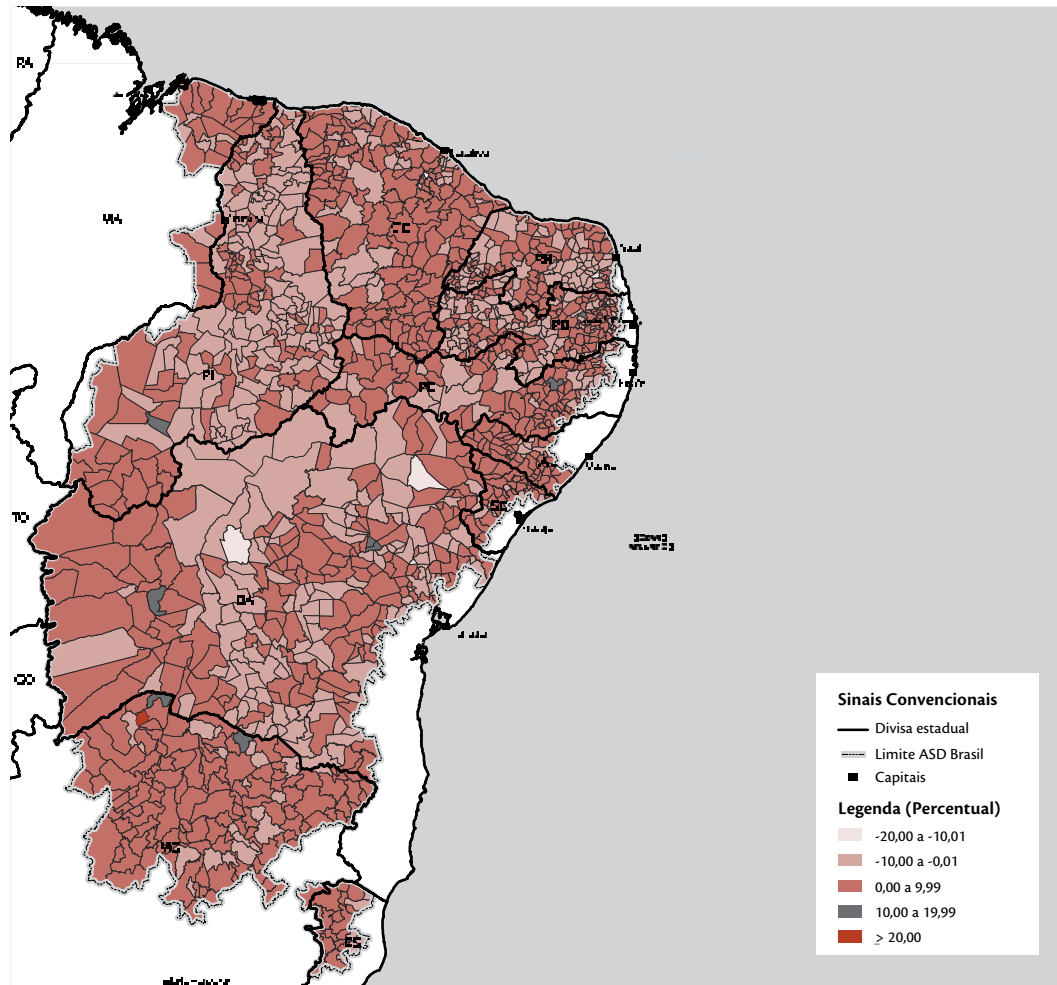


Figura 45 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo a taxa média de crescimento anual da bovinocultura (2000 – 2012)

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE, com informações do IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal; e do Limite das ASD do Brasil, PAN-Brasil, MMA, 2005.



1.3.1.3. Indicadores da apicultura

A apicultura apresenta uma série de atrativos para o pequeno produtor: possui baixo custo de implementação, é de fácil manejo e apresenta rápido retorno financeiro. No caso da área de estudo, apresenta como vantagem competitiva a produção de mel de fácil inserção no mercado internacional, dada a sua característica de “mel orgânico”. Nesse contexto, é colocada como alternativa de renda no meio rural e instrumento de combate à pobreza.

O potencial econômico da apicultura começa a ser explorado de forma mais profissional no meio rural. Como se observa na Tabela 33, as taxas de crescimento na produção de mel de abelha ultrapassam as apresentadas nos outros indicadores agropecuários analisados. Atualmente, existem vários arranjos produtivos voltados para a exportação, o que tende a sedimentar a importância social da atividade.

Tabela 33 – Taxas de crescimento da produção de mel de abelha na Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Unidade Federativa	Taxa de Crescimento 1991/2000 (%)	Taxa de Crescimento 2001/2012 (%)	Taxa de Crescimento 1991/2012 (%)
Alagoas	92,9	938,0	864,0
Bahia	55,0	741,3	362,9
Ceará	122,6	699,3	879,7
Espírito Santo	430,2	119,7	845,1
Maranhão	-	324,7	-
Minas Gerais	800,1	518,8	4850,8
Paraíba	47,4	1500,4	659,1
Pernambuco	402,5	86,1	649,1
Piauí	387,4	-16,0	225,4
Rio Grande do Norte	133,4	134,0	212,1
Sergipe	337,5	130,2	676,8
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	200,4	211,1	523,7

Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal.

Nota: (-) Dados disponíveis a partir de 1999.

Do ponto de vista ambiental, a implementação de colmeias para a produção de mel ou subprodutos da apicultura está associada ao aumento na oferta de serviços ecossistêmicos, mais especificamente da polinização, a qual está se tornando cada vez mais relevante, segundo Aizen e Harder (2009). No entanto, a demanda das lavouras por polinizadores vem crescendo em uma proporção maior que o aumento no número de colmeias e a queda no número de polinizadores pode trazer implicações na

oferta de produtos agrícolas, na receita das exportações, nos preços internos dos alimentos, no valor da produção agrícola e no número de empregos rurais (GORDON e DAVIES, 2003).

No entanto, a apicultura também é vulnerável às condições climáticas da região. Em épocas de seca, a oferta de pasto apícola diminui e as abelhas desaparecem. Caso não haja um manejo adequado das colmeias, a produção de mel cai, fato que pode explicar as quedas na produção no Piauí, em Pernambuco e no Rio Grande do Norte, entre 2011 e 2012, como observado no Gráfico 34.

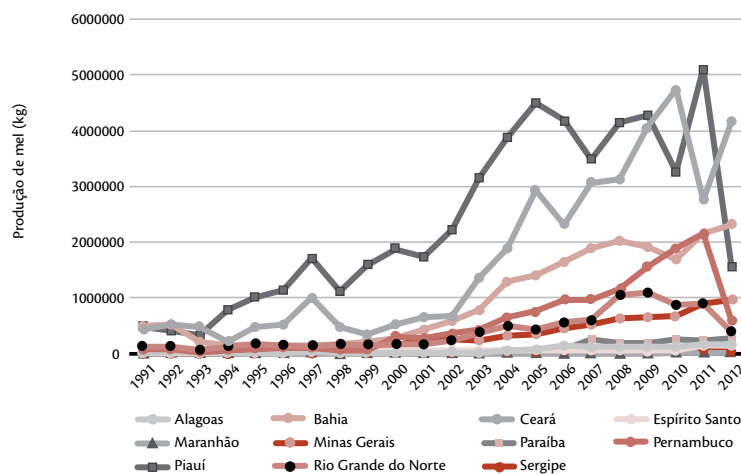


Gráfico 34 – Comportamento da produção de mel de abelha na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991-2012)

Fonte: IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal.

Pelo exposto, observa-se que a apicultura na área de estudo possui ramificações que aumentam a sua importância como vetor de desenvolvimento. No entanto, ressalta-se que, além da seca, outros fatores identificados na área de estudo são apontados como ameaças aos polinizadores e, consequentemente, à apicultura: a mudança no uso da terra, práticas agrícolas inadequadas, poluição ambiental, desmatamento e perda da biodiversidade.

1.3.1.4. Indicadores da atividade de extrativismo vegetal

Assim como a agricultura e a pecuária, os processos extrativistas têm provocado sérios danos às áreas rurais no Brasil, aumentando a propensão à degradação ambiental. A atividade encontra-se associada ao desmatamento, à degradação do solo, à erosão, ao assoreamento dos rios e à



contaminação dos recursos hídricos. Atribuem-se aos desmatamentos provocados pela extração de lenha, o risco de extinção de espécies da fauna e da flora da Caatinga, a substituição de espécies lenhosas por espécies arbustivas que expõem o solo, a perda da fertilidade do solo e o desemprego.

O principal propósito do extrativismo vegetal na área de estudo é a produção de lenha e carvão para fins energéticos. Muitas indústrias localizadas em áreas rurais utilizam esses produtos como combustível, como no caso das carvoarias e olarias. O mesmo se observa nos domicílios rurais, onde ainda se usa a lenha para cozimento dos alimentos. Destaca-se, ainda, a exploração da madeira para construção de cercas e casas. A população mais pobre tem na venda da lenha uma fonte de renda, já que a terra não produz mais o suficiente para o seu sustento. A questão se torna mais grave devido à forma como o extrativismo é praticado. A retirada da lenha ocorre sem que haja a preocupação com o reflorestamento e, muitas vezes, de forma clandestina. Os dados quanto à expansão dos desmatamentos no bioma Caatinga são preocupantes.

Segundo matéria do portal Uol, com dados relatório *Monitoramento do desmatamento do bioma caatinga elaborado pelo MMA* (2010), “o total de caatinga desmatado no Brasil saltou de 43,38%, em 2002, para 45,39%, em 2008, o que significa que 16.576 km² de vegetação foram extraídos nesse período. A área equivale a 11 vezes o tamanho da cidade de São Paulo. Entre 2002 e 2008, a taxa média de desmatamento foi de 2.763 km² por ano. Segundo mapeamento do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), a área da caatinga é de 826.411,23 km². A precisão na identificação dos desmatamentos foi de 98,4%”.

No cenário atual, nota-se que, em quase todas as regiões das áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil, ocorre a redução da extração de lenha, carvão e madeira em tora (Tabela 34). Ressalta-se, no entanto, o avanço na produção de lenha nos Estados do Maranhão, de Pernambuco e de Piauí, após um período de contenção entre 1990 e 2000. Em muitos municípios, destaca-se a demanda de lenha e carvão por indústrias de mineração, produção de gesso, cerâmicas e padarias.

A tendência de queda na extração vegetal apresenta uma perspectiva positiva na ótica ambiental. No entanto, para os planejadores de políticas públicas, deve ser contemplada na perspectiva de ser decorrência da escassez de matéria prima (espécies lenhosas principalmente), o que significa um estágio alarmante de desmatamento e requer a implementação de estratégias urgentes para o reflorestamento e a proteção do solo. Essa possibilidade é factível, dado que, como mencionado, a prática de desmatamento tornou-se uma fonte de renda para parte da população.

Tabela 34 – Taxa de crescimento da produção de lenha, carvão e madeira em tora na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, (1990-2000, 2000 -2012 e 1990-2012)

Unidade Federativa	Lenha		
	Taxa de crescimento (1990-2000) (%)	Taxa de crescimento (2000-2012) (%)	Taxa de crescimento (1990-2012) (%)
Alagoas	-23,5	-90,3	-92,5
Bahia	-23,1	-43,9	-56,8
Ceará	-66,2	-11,7	-70,1
Espírito Santo	-54,5	-90,4	-95,6
Maranhão	-61,0	26,7	-50,6
Minas Gerais	-66,7	-58,5	-86,2
Paraíba	-49,4	-42,3	-70,8
Pernambuco	-55,2	112,7	-4,7
Piauí	-4,4	21,7	16,4
Rio Grande do Norte	-69,5	-22,0	-76,2
Sergipe	-21,1	-69,6	-76,0
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	-46,7	-25,9	-60,5

Unidade Federativa	Carvão		
	Taxa de crescimento (1990-2000) (%)	Taxa de crescimento (2000-2012) (%)	Taxa de crescimento (1990-2012) (%)
Alagoas	-74,1	-94,3	-98,5
Bahia	-75,3	352,7	11,8
Ceará	-71,0	-3,3	-71,9
Espírito Santo	-97,9	-100,0	-100,0
Maranhão	-57,9	199,3	26,1
Minas Gerais	-74,5	-76,6	-94,0
Paraíba	-74,1	-74,1	-93,3
Pernambuco	-86,0	16,5	-83,6
Piauí	165,1	513,4	1526,1
Rio Grande do Norte	-84,9	-42,2	-91,3
Sergipe	-78,6	-76,2	-94,9
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	-73,2	10,0	-70,5



Unidade Federativa	Madeira em tora		
	Taxa de crescimento (1990-2000) (%)	Taxa de crescimento (2000-2012) (%)	Taxa de crescimento (1990-2012) (%)
Alagoas	-100,0	-	-
Bahia	-52,6	-62,1	-82,0
Ceará	-91,4	-47,3	-95,5
Espírito Santo	-69,4	-76,3	-92,7
Maranhão	47,1	-12,1	29,3
Minas Gerais	-60,0	-86,5	-94,6
Paraíba	-73,9	-100,0	-100,0
Pernambuco	473,8	-83,6	-5,8
Piauí	-86,0	-5,1	-86,7
Rio Grande do Norte	-75,8	-69,6	-92,6
Sergipe	-83,2	-53,6	-92,2
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	-62,0	-59,0	-84,4

Fonte: IBGE – Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura.

Nota: (-) Não houve produção estadual entre 1994 e 2008.

1.3.1.5. Indicadores de outras atividades produtivas

As atividades não agrícolas podem ser uma importante fonte de renda para a população, especialmente em áreas vulneráveis à seca (BAR-HEL, 2002). Nesse sentido, trata-se de um instrumento de desenvolvimento rural e de redução da pobreza (SCHNEIDER *et al.*, 2014).

Apesar do peso da agropecuária, nota-se a expansão, mesmo que lentamente, de atividades diversificadas, como o turismo rural; a produção de cerâmica; a criação de camarão em cativeiro; a apicultura; o artesanato; a produção de doces, queijo e farinha; e o beneficiamento da cera de carnaúba. Essas atividades geralmente estão ligadas a alguma vocação local e, muitas vezes, são demandantes dos recursos naturais, como no caso da mineração e da produção de cerâmica. Quando isso acontece, podem ser tão ou mais impactantes que a agropecuária.

Algumas das atividades não agrícolas nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil são apresentadas a seguir.

a) Extrativismo mineral

Em vários Estados, como Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Bahia, nota-se a exploração de recursos minerais (metais preciosos, materiais cerâmicos, materiais de construção, dentre outros). As atividades do setor de mineração na região de estudo são muito diversificadas, em consequência das características naturais de cada região. Assim, podem ser citadas:

- as jazidas com matéria prima para a produção de cerâmica e a produção de sal-gema em Alagoas;
- polos ceramistas, mineração de Urânio, extração de Magnesita e de Ferro na Bahia;
- polos ceramistas e exploração de urânio, fosfato, cobre, diatomita, areia, feldspato, rocha fosfática, calcário, dolomitos e ferro no Ceará;
- extração de areia no Maranhão e em outros Estados;
- mineração da gipsita em Pernambuco;
- extração de areia, argila, calcário dolomítico, diatomita, água mineral e ouro no Rio Grande do Norte;
- exploração de argilas, areia, brita, cal, granito e águas minerais em Sergipe.

Apesar do potencial de geração de emprego e renda, a atividade é responsabilizada por sérios danos sociais e ambientais nas regiões onde é praticada. Esses danos são perceptíveis nos seguintes escopos:

- saúde da população – a mineração e produção de argila estão ligadas ao aumento de doenças respiratórias e casos de câncer;
- supressão da vegetação nativa por empresas mineradoras;
- perda de solo – a extração da argila é responsável pela extração de grande quantidade de solo antes destinado a práticas agrícolas;
- desmatamentos – para suprir a demanda de lenha utilizada como combustível na produção de cerâmicas e para possibilitar a instalação de mineradoras;
- contaminação da água e aumento da turbidez – a extração de areia do leito dos rios costuma ser feita por meio de máquinas pesadas, que causam a compactação do solo e a contaminação da água pelo óleo combustível que utilizam. Acrescente-se que a extração de metais muitas vezes é feita com o auxílio de substâncias tóxicas.

Como agravante, a exploração de grande parte dos minerais se dá sem que a legislação vigente seja respeitada, o que aumenta os riscos ambientais da atividade.



b) Artesanato

As atividades artesanais são comuns em muitos domicílios rurais. Porém, geralmente, são praticadas como lazer ou de modo informal, não sendo vistas como uma forma alternativa de renda. A baixa capacidade de empreendedorismo e organização nas comunidades rurais impede que essas atividades exerçam o seu potencial de inclusão social e geração de renda, especialmente entre as mulheres.

A Tabela 35 confirma a existência de atividades artesanais em todos os municípios inseridos nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil. Nota-se que há uma diversidade entre as regiões, fato natural, dado que o artesanato é uma manifestação dos saberes e das culturas locais.

Apesar de a maioria dos municípios apontarem o bordado como uma das três principais atividades artesanais (em Sergipe, 95,8% dos municípios se encontram nesse grupo), percebe-se a presença de várias outras atividades, as quais dependem do uso dos recursos naturais (caso do barro, da madeira e das fibras vegetais), sendo, portanto, afetadas pelos processos de degradação ambiental. Acompanhando o comportamento individual das unidades federativas, o bordado prevalece em 76,7% dos municípios, seguido do artesanato em barro e madeira.

Tabela 35 – Principais atividades artesanais identificadas na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, por unidade da Federação (% de municípios) em 2012

Unidade Federativa	Bordado	Barro	Madeira	Culinária típica	Fibras vegetais	Couro	Material reciclável	Renda	Tapeçaria
Alagoas	75,9	37,0	31,5	33,3	22,2	24,1	11,1	14,8	1,9
Bahia	79,0	41,2	33,7	28,2	20,6	22,3	10,7	6,5	6,9
Ceará	76,6	32,1	31,5	29,3	17,9	17,4	19,0	19,0	7,1
Espírito Santo	91,7	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maranhão	85,2	37,0	11,1	18,5	22,2	14,8	3,7	18,5	0,0
Minas Gerais	83,1	30,3	34,5	31,7	20,4	12,0	16,2	3,5	9,2
Paraíba	67,5	32,1	25,4	19,6	12,9	12,9	13,9	14,8	6,7
Pernambuco	69,9	34,6	35,3	27,9	10,3	24,3	18,4	11,8	6,6
Piauí	74,2	27,6	22,6	19,8	24,0	18,0	11,5	9,2	4,6
Rio Grande do Norte	79,2	30,2	25,8	18,9	19,5	10,1	26,4	10,7	11,3
Sergipe	95,8	16,7	20,8	39,6	6,3	29,2	10,4	37,5	4,2
Área total Suscetível à Desertificação no Brasil	76,7	32,6	28,6	25,2	17,9	17,4	14,9	11,7	6,7

Fonte: IBGE – Pesquisa de Informações Básicas Municipais (2012).

c) Atividade turística

A região de estudo apresenta um conjunto de características que aponta para o seu potencial turístico nas diferentes modalidades dessa atividade: ecológico, aventura, histórico-cultural, religioso, arqueológico e rural.

Destaca-se na região a beleza cênica, com atrativos que vão desde *inselbergs*¹¹, açudes, monólitos, florestas úmidas, sítios arqueológicos, até as matas da Caatinga. Considerando-se o turismo rural, Zimmermann (1996) cita o acesso, a hospedagem diferenciada, a paisagem do campo, a gastronomia, a cultura, o clima, o lazer, as informações e o comércio de produtos rurais como elementos diferenciadores. A atividade, se bem explorada, pode ser um importante vetor de desenvolvimento local, pois agrega a oferta de vários serviços que promovem o bem-estar da população.

No entanto, alguns fatores apresentam-se como limitantes da atividade na região:

- dificuldade de acesso a algumas regiões;
- baixa qualificação de mão de obra;
- carência de cursos profissionalizantes (turismo, hotelaria, camareira, etc.).

Por fim, ressalta-se que o turismo também pode se tornar uma atividade impactante, pois gera uma maior pressão sobre os recursos naturais locais.

1.3.2. Principais causas e consequências da vulnerabilidade socioambiental

A análise dos indicadores selecionados e de material bibliográfico, incluindo os Programas ou Planos de Ações Estaduais de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAE), permitiu identificar uma série de vulnerabilidades que ameaçam o desenvolvimento nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil. Essas vulnerabilidades estão distribuídas nos âmbitos social, econômico e ambiental e apresentam uma relação bicausal (causa e efeito), que tende a retroalimentar a condição de vulnerabilidade local e aumentar as suas consequências na área de estudo.

¹¹ Forma residual que apresenta feições variadas tipo crista, cúpula, domo ou "dorso de baleia", com encostas com declives em torno de 50° a 60°, dominando uma superfície de aplanamento herdada ou funcional, com a qual forma no sopé uma ruptura (knick) de onde divergem as rampas de erosão. Ocorre com maior frequência em depressões periférica e interplanáltica, em áreas de rochas metamórficas cortadas por intrusões, explorando as diferenças de resistências entre essas e as rochas encaixantes. Fonte: IBGE. Manual Técnico de Geomorfologia. 2a edição. Rio de Janeiro-RJ, 2009.



A forma como os fatores de vulnerabilidade se manifestam na área de estudo encontra-se sintetizada na Tabela 36. A descrição apresentada é sucinta e foi elaborada com base nos argumentos colocados neste estudo e em referências sobre o tema. Nota-se claramente a inter-relação entre os fatores mencionados, o que reforça a necessidade de um olhar sistêmico sobre as vulnerabilidades socioeconômicas da região de estudo.

Tabela 36 – Implicações da vulnerabilidade social, econômica e ambiental nas condições observadas na Área Suscetível à Desertificação no Brasil

Fator de vulnerabilidade	Implicações
Pobreza	A pobreza é resultado de um conjunto de fatores: sociais, culturais, econômicos e ambientais. Ao ser colocada como justificativa para o uso irracional dos recursos naturais, a pobreza passa a ser entendida como uma das causas da degradação ambiental na região, pela perda da fertilidade do solo e da biodiversidade e, consequentemente, do comprometimento da oferta dos recursos naturais. Adicionalmente, a pobreza reduz as chances de se alcançarem maiores níveis de escolaridade. Sob a condição de pobreza, grande parte da população tem seus meios de produção e geração de renda restritos, sendo forçada a buscar a sobrevivência em áreas urbanas ou em propriedades rurais mais estruturadas, especialmente em períodos de seca.
Baixa escolaridade	Os baixos níveis de escolaridade verificados na área de estudo alimentam a condição de pobreza e restringem as opções de melhores empregos e melhores salários, assim como o acesso aos meios de produção mais avançados tecnologicamente. Além disso, muitas vezes dificultam a eficácia de ações de inserção produtiva com vistas à redução da pobreza, à percepção de problemas e ao empoderamento da população.
Escassez de recursos naturais	A irregularidade climática e a ação antrópica na área de estudo têm provocado a degradação dos recursos naturais, por meio da retirada de cobertura vegetal, do uso inadequado do solo e do emprego de práticas agropecuárias impróprias. A pobreza leva ao uso dos recursos naturais como forma de complementação da renda, caso da extração da lenha para venda às indústrias de cerâmicas. Essa condição compromete a oferta dos recursos naturais da região, pois leva à perda de biodiversidade e fertilidade do solo, à contaminação dos recursos hídricos, à alteração das propriedades do solo e ao avanço de processos de desertificação. Como consequência, o desenvolvimento das atividades geradoras de emprego e renda é afetado, o que potencializa a sua vulnerabilidade à pobreza. Sem meios de garantir a sua segurança alimentar, parte da população rural vai buscar em áreas urbanas os meios para sua subsistência.
Baixos níveis de produtividade	Os baixos níveis de produtividade, observados principalmente nas lavouras de subsistência cultivadas nas pequenas propriedades da área de estudo, são resultado de um conjunto de fatores, como baixos níveis de capitalização dos produtores, uso de tecnologias rudimentares, baixa fertilidade do solo e baixo índice de escolaridade. Baixos níveis de produtividade, por sua vez, têm implicações econômicas e sociais, pois significa baixa rentabilidade e competitividade, maior dificuldade de inserção e permanência no mercado e agravamento da pobreza.

Fator de vulnerabilidade	Implicações
Perda da biodiversidade	A redução da biodiversidade na área de estudo é observada no desaparecimento de espécies da flora - que forneciam lenha, plantas medicinais e alimentos para animais -, e de espécies da fauna, como aves (ararinha azul) e outros pequenos animais. O desequilíbrio que essa perda causa ao ecossistema é sentido de diferentes formas: redução na oferta de recursos naturais, exposição do solo a processos erosivos, comprometimento de atividades econômicas, maior vulnerabilidade à pobreza. A perda de biodiversidade na região é resultado da pressão antrópica. As alterações climáticas também provocarão alterações significativas no Semiárido brasileiro, podendo inclusive transformá-la em região árida.
Irregularidade climática	As consequências das mudanças climáticas no Semiárido brasileiro, especialmente a maior frequência de secas, vêm sendo anunciadas de forma recorrente pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) [da sigla em Inglês, Intergovernmental Panel on Climate Change] e também pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC). As secas recorrentes impactam a produção agrícola, intensificam os desmatamentos e agravam o quadro de pobreza rural. Como desdobramentos, ocorrem migrações, elevação das taxas de urbanização e maior pressão sobre centros urbanos incapazes de oferecer os serviços básicos a toda a população.
Proliferação de monoculturas	A proliferação de monoculturas, como o caso dos cultivos de grãos nos Cerrados nordestinos, reduz a diversidade de culturas e expõe o sistema ao ataque de pragas. As monoculturas na área de estudo estão associadas ao uso de sistemas de irrigação, mecanização pesada e grandes proprietários. A irrigação pode ser associada ao aumento da vulnerabilidade local, se considerados casos envolvendo o desperdício de energia e de água e salinização do solo. Conforme Cirilo (2008), cerca de 30% da área destinada à irrigação no Nordeste apresenta sinais de salinização e/ou compactação. Por outro lado, o aumento nas áreas destinadas às monoculturas pode exacerbar desigualdades sociais, pois concentram riqueza e terra nas mãos de poucos. Por fim, em uma perspectiva econômica, estudo do Instituto de Permacultura da Bahia (IPB, 2007) estima que os campos cultivados com a policultura no Semiárido rendem, em média, 40% a mais do que as monoculturas.
Elevadas taxas de urbanização	A escassez de oportunidades de trabalho produtivo no meio rural e uma demanda não atendida por serviços de saúde, saneamento e educação levam ao aumento das taxas de urbanização.
Densidade demográfica elevada	A elevada densidade populacional tende a elevar a pressão sobre os recursos naturais da região.

Fonte: Elaboração própria.

Além dos fatores discutidos, outros merecem ser mencionados neste estudo, tais como:

- elevadas temperaturas locais favorecem altas taxas de evapotranspiração, as quais acarretam perda de água, tanto do solo quanto das plantas e reservatórios hídricos (caso dos açudes). Algumas das consequências são: aumento no êxodo rural, agravamento de problemas urbanos com maior demanda por serviços básicos (saúde, moradia, educação, segurança, saneamento), redução na produção de alimentos, elevação dos preços dos produtos agrícolas, redução na oferta de água;



- solos cristalinos, pobres, com pouca umidade, rasos e com pouca capacidade de retenção de água. São mais suscetíveis a processos erosivos e perda de fertilidade, sendo de pouca resposta nas atividades agrícolas;
- fragilidade da infraestrutura logística para o fortalecimento de cadeias produtivas locais, o que reduz a capacidade de os setores econômicos atuarem como geradores de emprego e renda;
- fragilidade na infraestrutura hídrica que torna ainda mais instável a oferta de água.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2007; 2014) refere que as regiões semiáridas suscetíveis à desertificação serão as mais afetadas pelas mudanças climáticas nos próximos anos, em decorrência de sua condição de vulnerabilidade socioeconômica e ambiental. Considerando que tal projeção se estende sem grandes restrições à área de estudo, a única forma de redução dos riscos é combater as suas causas, geralmente associadas à ação antrópica via atividades econômicas, bem como promover adaptação às mudanças inevitáveis e às secas. As principais atividades econômicas da área de estudo, com seus impactos socioeconômicos e ambientais, contribuem para intensificar a vulnerabilidade regional.



Capítulo 4



Capítulo 4

1. As secas

1.1. Um fenômeno histórico

As informações regulares de secas no Semiárido nordestino, com dados meteorológicos, começam no século 19. Antes disso, os registros giravam mais em função dos impactos a elas associados do que baseados em observações meteorológicas. Entre estes registros temos as secas de 1877-1879, 1888-89, 1898, 1900, 1903, 1915, 1919-20, 1931-32, 1942, 1951, 1953, 1958, 1970, 1979-83, 1987, 1992-93, 1997-98, 2002-03, 2010 e de 2012-15.

Quando há uma seca no Nordeste, há entre 60% e 100% de chance de ela abranger o Ceará. Por isso, utilizamos aqui dados meteorológicos desse Estado para retratar o que ocorre na região. Assim, o Gráfico 35 mostra, para esta unidade da Federação, os desvios percentuais em relação à média de precipitação anual cearense. O gráfico ainda destaca, também para o Ceará, as secas com duração de 3 anos ou mais, sendo a de maior permanência a que ocorreu de 1979 a 1983, portanto, com 5 anos. Em geral, esses dados são válidos para o Nordeste.

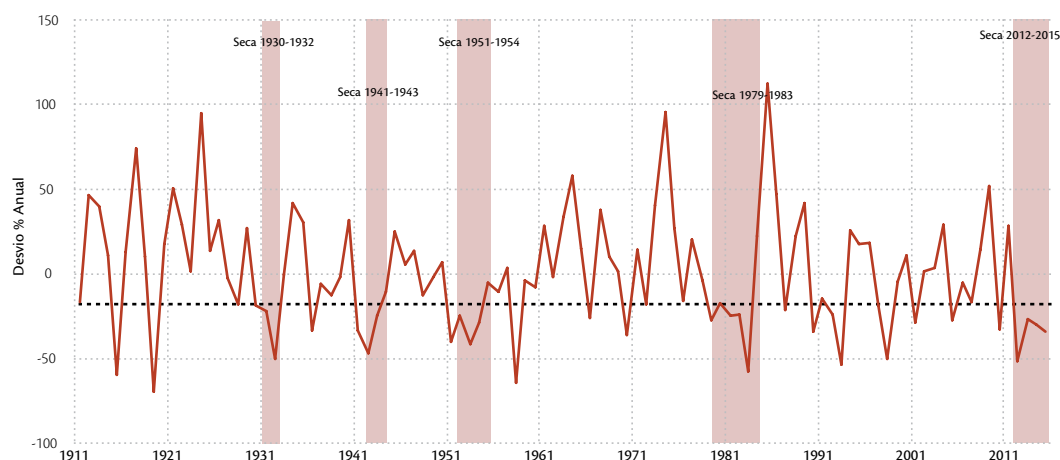


Gráfico 35 – Desvios percentuais em relação à média da precipitação anual do Estado. Em destaque, encontram-se as secas com duração de 3 ou mais anos

A seca do período 2012-2015 apresenta um quadro de baixas reservas hídricas nos vários Estados da Região Nordeste. Essa é uma preocupação que deve ter consequências em termos de ações preparatórias, que visem a minimizar os impactos desse evento. Ao analisarmos, para o Ceará, os desvios médios nesses 4 anos, verifica-se que o período 2012-2015 é o mais crítico da história em termos de totais de chuva, desde 1911. Conforme mostra o Gráfico 35, de 1911 até 2010, ocorreram 2 secas com duração de 3 anos (1930-32; 1941-43), 2 secas com duração de 4 anos (1951-54 e 2012-2015) e 1 seca com duração de 5 anos (1979-83).

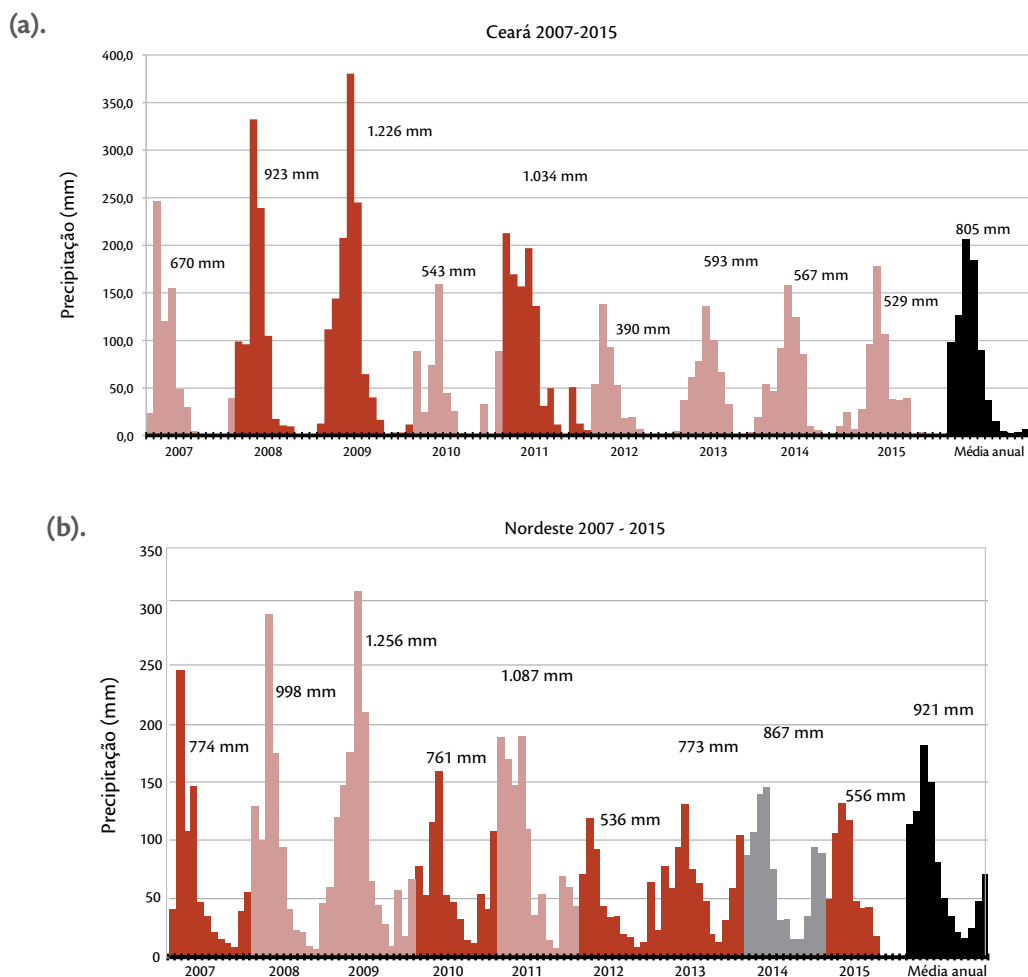


Gráfico 36 – Distribuição intra e interanual das chuvas para o Estado do Ceará no período de 2007 - 2015 (a) e para o Nordeste 2007 - 2015 (b).

Fonte: Funceme e Núcleos de Meteorologia do Nordeste.



Os gráficos 36 a e b, por sua vez, mostram a distribuição intra e interanual das chuvas, ao longo do período de 2007 a 2015, para o Estado do Ceará (a), e de 2007 a 2015, para o Nordeste (b). Nas cores salmão, vermelho e cinza estão apresentados os anos para os quais a estação chuvosa ficou enquadrada abaixo, em torno e acima da média. O ano médio (climatologia mensal) é apresentado em preto. Esse padrão de sequência de anos secos, ainda que não exatamente os mesmos anos, foi observado para o Semiárido da Região Nordeste.

Os investimentos realizados em infraestrutura hídrica entre os anos 90 e 2000 pareciam ter sido uma resposta aos impactos das secas, pelo menos no que se refere ao atendimento às demandas ligadas aos hidrossistemas construídos (demandas urbanas, agricultura irrigada em perímetros, etc.). A sequência das secas recentes (2010; 2012-2015), apesar de dois anos chuvosos consecutivos antecedendo-a, demonstrou que uma reflexão mais profunda deve ser feita. A fragilidade não é só na infraestrutura, mas, sobretudo, na gestão de curto, médio e longo prazo.

O clima age como uma força natural ao processo de desertificação e degradação ambiental, sendo esta força comumente avaliada por um indicador, denominado Índice de Aridez, que reflete a razão entre as médias anuais da precipitação (P) e da evapotranspiração potencial (ETP): $Ia = P / ETP$. A Figura 46 mostra o Índice de Aridez para a Região Nordeste, calculado para o período de 1953 a 2002.

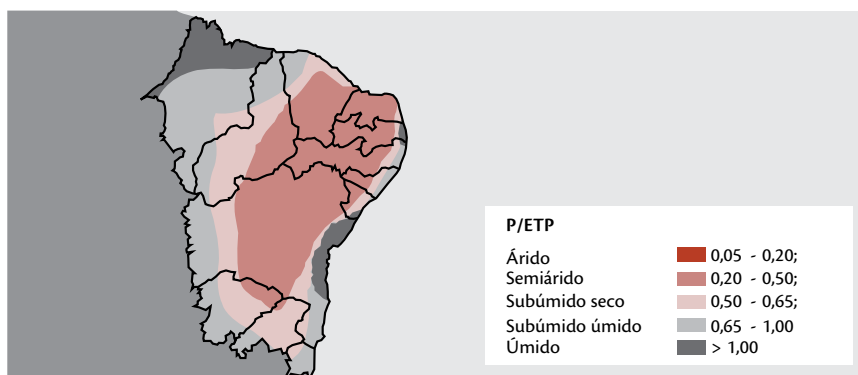


Figura 46 – Índice de Aridez para a região Nordeste (MARTINS *et al.*, 2012).

O Índice de Aridez representado na Figura 46 reflete um comportamento médio sobre um período, mas não o impacto que secas prolongadas podem ter sobre o processo de desertificação e degradação ambiental. Com o intuito de verificar o impacto de anos secos, normais e chuvosos sobre estes processos, MARTINS *et al.* (2012) calcularam o Índice de Aridez para anos tipicamente secos, normais e chuvosos da série histórica: anos secos (1958, 1983, 1998), anos normais (1969, 1999 e 2000) e anos chuvosos (1967, 1974 e 1985).

Uma sequência de anos secos, como a seca 2012-2015, impacta sensivelmente sobre esses processos, como indicado pelo Índice de Aridez para anos secos na Figura 47. Adicionalmente aos impactos sobre os setores da economia (recursos hídricos, agricultura, etc.), o meio ambiente é muito impactado pelo aumento de queimadas no decorrer de longos períodos de secas, o que acelera ainda mais o processo de desertificação/degradação ambiental.

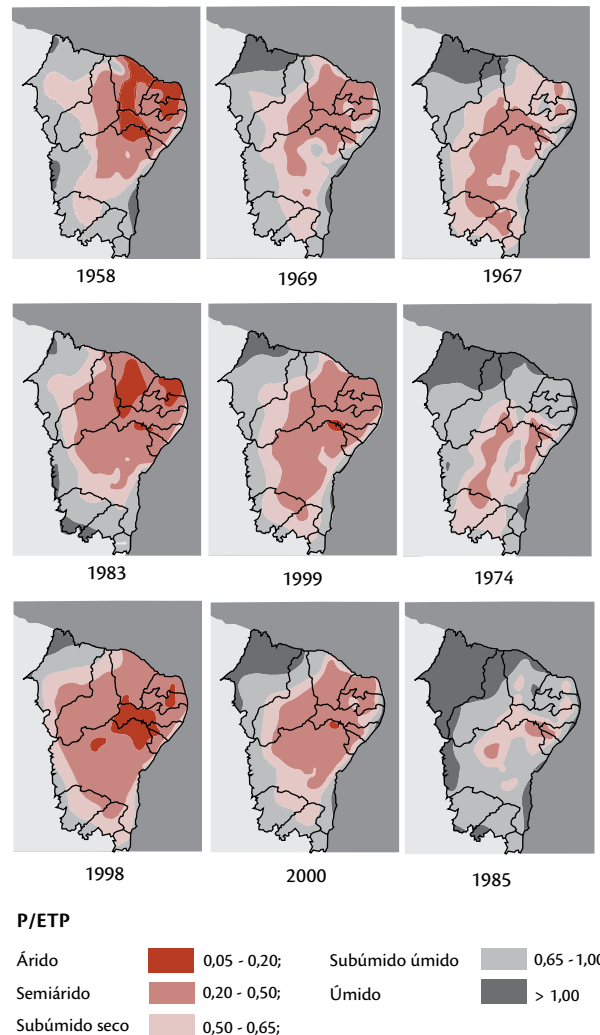


Figura 47 – Índice de Aridez da região Nordeste para anos secos, normais e chuvosos (MARTINS *et al.*, 2012)



1.2. Clima e previsibilidade de secas

O regime de precipitação do Nordeste, sua variabilidade interanual, está muito associado às Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) do Pacífico e Atlântico, conforme será detalhado a seguir. O estado desses oceanos pode resultar em anomalias climáticas, responsáveis por grandes secas, como as secas históricas já mencionadas inicialmente. Na região Nordeste, temos basicamente três momentos de chuvas ao longo do ano. São eles: o 1o momento, em que atuam as Frentes Frias e os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior; o 2o momento, em que atua a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ou, do Inglês, Intertropical Convergence Zone (ITCZ); e o 3o momento, em que atuam as Ondas de Leste.

As chuvas que ocorrem em dezembro e janeiro são em geral chamadas de chuvas de pré-estação. Essas chuvas são causadas basicamente por frentes frias que vem do Sul, o que acaba instabilizando a atmosfera sobre o Nordeste. Às vezes, também se forma o que meteorologistas chamam de vórtice ciclônico na alta troposfera, uma movimentação ciclônica dos ventos na alta atmosfera, que pode provocar chuvas em sua periferia.

Como as frentes frias vêm do Sul, elas podem ser monitoradas, ou seja, acompanhadas por meio de imagens de satélite, por exemplo. Nesse sentido, pode-se saber, com alguns dias de antecedência, se elas vão atingir determinada região do Estado. O problema é que frentes frias são sistemas transientes com alta variabilidade. Dessa forma, é difícil prever com meses de antecedência como serão essas frentes, quanto tempo durarão e qual o volume de chuvas produzido por elas. Por essa razão, a previsibilidade climática desse sistema é baixa.

O segundo momento das chuvas é aquele que, em geral, vai de fevereiro a maio e é classificado pela meteorologia como estação de chuva propriamente dita. Esse período chuvoso é causado por um sistema chamado de Zona de Convergência Intertropical. Os fatores que determinam o posicionamento desse sistema climático são relativamente bem conhecidos e entendidos. A posição da zona de convergência é muito influenciada pela temperatura dos oceanos, o que muda lentamente. Por essas razões, dizemos que existe, com alguns meses de antecedência, alta previsibilidade climática associada a essas chuvas. Em alguns Estados, como o Ceará, esse sistema é responsável, em média, por 70% da precipitação anual.

Após as chuvas da estação, existe um terceiro momento de chuvas, o qual ocorre a partir da 2a quinzena de maio até junho, mas podendo ir até agosto. Essas chuvas são chamadas pela meteorologia de chuvas de pós-estação. O sistema precipitante nesse 3o momento corresponde a distúrbios de leste ou "ondas de leste", que são basicamente regiões de instabilidades propagantes

desde o Oceano Atlântico tropical leste, passando pelos litorais de Pernambuco e da Paraíba, e podem atravessar as chapadas do leste do Ceará e chegar ao sertão e, até mesmo, a Fortaleza. Também são sistemas com alta variabilidade interanual, sendo, portanto, difíceis de serem previstos com antecedência de mais de algumas semanas (ainda que possamos monitorá-los por meio de imagens de satélite, por exemplo). A Tabela 37 apresenta um sumário das informações sobre os principais sistemas climáticos da região Nordeste.

Considerando que cerca de 70% da precipitação anual do norte do Nordeste está associada à ZCIT, uma previsão confiável para a atuação desse sistema implica em um bom sistema de previsão de secas e, associado a modelos setoriais (por exemplo, recursos hídricos, agricultura), boas previsões de seus impactos. Assim, o foco a partir de agora deverá corresponder à atuação da ZCIT sobre a região e como as forçantes, Temperaturas da Superfície do Mar do Pacífico e Atlântico, afetam o seu posicionamento.

Tabela 37 – Previsibilidade dos principais sistemas causadores de chuvas na região Nordeste

Momento em que chove	Nome dado pela meteorologia	Sistemas meteorológicos principais	Previsibilidade
Dezembro-janeiro	Chuvas de pré-estação	Frentes frias e Vórtice ciclônico	Baixa
Fevereiro a maio	Estação de chuvas propriamente dita	Zona de Convergência Intertropical	Alta
Maio a junho	Chuvas de pós-estação	Ondas de leste	Baixa

Fonte: Funceme.

A Zona de Convergência Intertropical, o principal sistema causador de chuvas no norte da região Nordeste, costuma atuar entre os meses de fevereiro a maio, caracterizando a principal quadra chuvosa dessa região. Nesse mesmo período, outros sistemas atmosféricos atuam no sentido de favorecer ou inibir a ocorrência de chuvas, tais como: Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), Frentes Frias, Linhas de Instabilidade, Sistemas Convectivos de Mesoescala e Oscilação Madden-Julian (30-60 dias).

A ZCIT é uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte com os ventos alísios do Hemisfério Sul. De maneira simplista, pode-se dizer que a convergência dos ventos faz com que o ar quente e úmido ascenda, carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera, ocorrendo a formação das nuvens.



Deve-se ressaltar que a ZCIT é o sistema meteorológico mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil ou, em outras palavras, na determinação de quão severa uma seca será ou não. Normalmente, a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 12°N, em agosto-setembro, para posições mais ao sul e aproximadamente 4°S, em março-abril. Ela é mais significativa sobre os oceanos e, por isso, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) é um dos fatores determinantes na sua posição e intensidade.

Sob condições de *El Niño*, ou seja, de aquecimento das águas do Pacífico Oriental e da costa ocidental da América do Sul, variações nos padrões do clima em várias regiões do planeta podem acontecer, em particular no Nordeste brasileiro. Esse fenômeno provoca um ramo descendente de ar quente sobre o Pacífico Oeste/Norte da Austrália e o Atlântico Equatorial (Leste da Amazônia e Norte do Nordeste), o qual inibe a formação de nuvens. Em outras condições (águas normais e frias, esta última conhecida como *La Niña*) nas mesmas áreas do Pacífico, a influência desse oceano se dá de maneira indireta, a partir dos fluxos em altos níveis. A posição da ZCIT, e assim o regime de precipitações, é determinada pela interação conjunta das condições do Atlântico ou o já conhecido Dipolo do Atlântico e do Pacífico, conforme mencionado.

O Dipolo de Temperaturas do Atlântico é a diferença entre as anomalias padronizadas de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Norte (5 – 20° N, 60 – 30° O) e do Atlântico Sul (0 – 10° S, 30° O – 10° L). Entenda-se anomalia como a diferença entre o valor de TSM e sua média histórica. Estudos mostram que um aquecimento das águas do Atlântico Norte, combinado com um esfriamento das águas do Atlântico Sul, caracterizando um Dipolo positivo, leva à subsidência de ar sobre a região nordeste, inibindo a formação de nuvens, caracterizando uma condição desfavorável à ocorrência de chuvas no norte do Nordeste. Por outro lado, a presença de um Dipolo negativo caracteriza uma situação favorável à ocorrência de chuvas no norte do Nordeste.

1.3. Monitoramento e previsão de secas

A gestão de secas no País tem focado no tratamento dos sintomas e não nas vulnerabilidades, sendo basicamente uma resposta à crise já instalada, ou seja, uma Gestão Reativa às secas. Existe a necessidade de uma mudança de paradigma, passando de Gestão de Crises para Gestão de Riscos diante da possibilidade de ocorrência de uma seca. A Gestão de Riscos ou, em outras palavras, uma gestão proativa da seca, significa tratar as vulnerabilidades e não os sintomas, a partir de mecanismos para mais bem monitorar e antecipar eventos de seca, o que deve orientar as medidas de preparação e alívio aos efeitos da seca. A ênfase nas secas, tipicamente reativa e de gestão de crise, é representada em vermelho, na metade inferior da Figura 48, enquanto a mudança de paradigma,

necessária a uma gestão mais proativa do risco e à preparação para a seca, é simbolizada na metade superior da figura, em azul.

No contexto da Gestão Proativa de Secas, as respostas se destinam a aumentar a resiliência à seca, com o auxílio de três conjuntos de ações ou pilares (BANCO MUNDIAL, 2014): (1) Monitoramento robusto e previsão/alerta precoce; (2) melhor compreensão das vulnerabilidades/resiliência e impactos; e (3) um planejamento da resposta mais coordenado e sistemático, além do desenvolvimento de uma estratégia de mitigação de longo prazo. A Figura 49 mostra esses três pilares de preparação para a seca que suportam uma mudança de paradigma, em direção a abordagens mais proativas para eventos de seca.

Durante a seca extremamente severa de 2012, o Ministério da Integração Nacional criou um Grupo de Trabalho para avaliar a política e as abordagens de gestão correntes e propor um novo desenho de uma Política Nacional sobre as Secas. Assim, começou-se a trabalhar no contexto de uma assistência técnica do Banco Mundial nos três pilares, anteriormente mencionados (BANCO MUNDIAL, 2014). Como parte do primeiro pilar, o monitoramento foi escolhido como ponto de partida, adotando-se aqui o mesmo conceito utilizado no Monitor de Secas dos Estados Unidos da América e do México, mas adaptado ao Brasil.

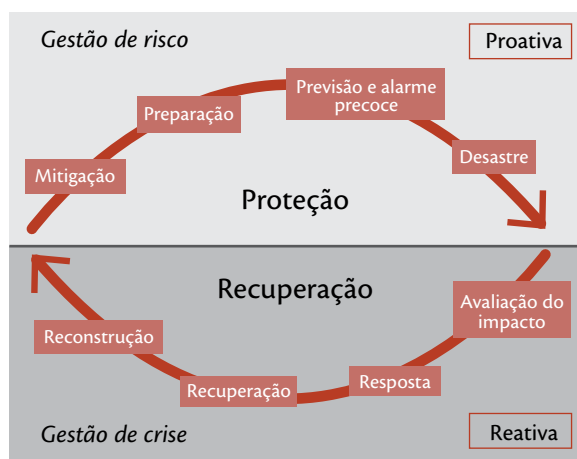


Figura 48 – O ciclo da gestão de riscos e desastres

Fonte: National Drought Mitigation Center (NDMC) of Nebraska-Lincoln (UNL) [Centro Nacional de Mitigação de Secas da Universidade de Nebraska-Lincoln].

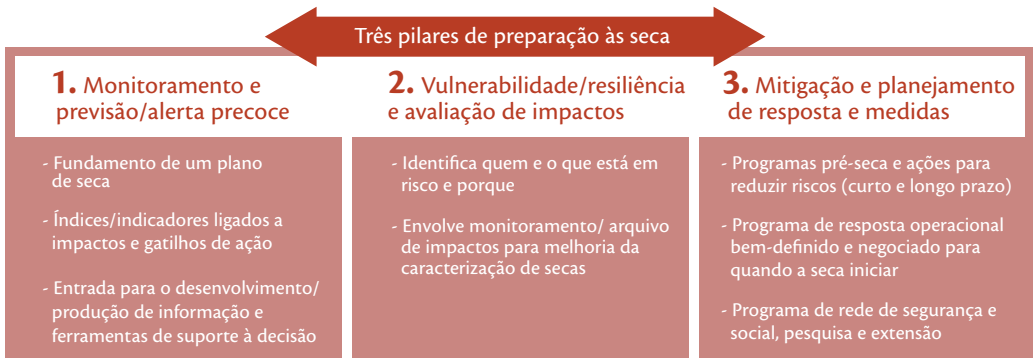


Figura 49 – Pilares da preparação às secas

Fonte: (BANCO MUNDIAL, 2014).

Esse monitoramento é resultado de um processo que envolve instituições de clima e dos setores de recursos hídricos e agricultura dos nove Estados da Região Nordeste, assim como instituições federais, tendo como secretaria executiva a Agência Nacional de Águas (ANA). O objetivo é a identificação do estado de severidade da seca da região em suas dimensões meteorológica, hidrológica e agrícola. Esse processo participativo e colaborativo proporciona a integração de todas as bases de dados da região, assim como a obtenção do produto inicial - fundamentado na combinação dos mapas gerados a partir de vários indicadores e auxiliados por produtos oriundos de outras informações, em geral, e do sensoriamento remoto -. A cada mês, um Estado diferente coordena a autoria do mapa, sob a forma de rodízio. Uma vez obtido o primeiro mapa, este é submetido à validação local, processo que conta com a participação de atores que vivenciam os impactos da seca, de modo que sejam identificadas as discrepâncias entre o mapa gerado pelos autores e as evidências locais.

Como o monitoramento é realizado mensalmente, há a indicação da severidade da seca em cinco categorias (So:S4), bem como da tendência de duração (curto, médio ou longo prazo). Esse processo fornece uma definição mais sutil e objetiva de seca, de acordo com um protocolo que pondera diferentes indicadores em um índice composto para todo o Nordeste, sendo o nível de severidade da seca objeto de validação local, conforme já mencionado. A Tabela 38 apresenta as cinco categorias de secas, o percentual correspondente, sua descrição e os impactos a elas relacionados. A Figura 50 apresenta o Mapa do Monitor para o mês de setembro de 2015.

Tabela 38 – Categorias que definem a intensidade de seca no mapa do Monitor

Categoria	Percentil	Descrição	Impactos possíveis
S0	30 %	Anormalmente seca	Entrando em seca: veranico de curto prazo, diminuindo plantio, crescimento de culturas ou pastagem. Saindo de seca: alguns déficits hídricos prolongados, pastagens ou culturas não completamente recuperadas.
S1	20 %	Seca moderada	Alguns danos às culturas, pastagens; córregos, reservatórios ou poços com níveis baixos, algumas faltas de água em desenvolvimento ou iminentes; restrições voluntárias de uso de água solicitadas.
S2	10 %	Seca severa	Perdas de cultura ou pastagens prováveis; escassez de água comum; restrições de água impostas.
S3	5 %	Seca extrema	Grandes perdas de culturas pastagem; escassez de água generalizada ou restrições
S4	2 %	Seca excepcional	Perdas de cultura / pastagem excepcionais e generalizadas; escassez de água nos reservatórios, córregos e poços de água, criando situações de emergência.

Fonte: Adaptado do NDMC, Lincoln, Nebraska, U.S.

Ainda como parte do 10 pilar de uma Política Nacional de Secas, temos a previsão ou o alerta precoce de uma seca. Nesse escopo, a previsão de secas, aqui considerada, faz uso da previsão climática e de produtos derivados a partir desta, para caracterizar a seca futura em termos de, por exemplo, total pluviométrico e distribuição de veranicos no horizonte da previsão.

Os sistemas de previsão climática existentes no País, tanto no nível federal como estadual, focam na previsão em tercist¹² do total de precipitação previsto para os próximos três meses. Assim sendo, a previsão consiste em associar probabilidades para três categorias: abaixo da média, em torno da média e acima da média. Isto por si só não pode ser considerado um sistema de previsão de secas. Voltaremos a este ponto posteriormente.

A grande diferença atualmente entre os sistemas de previsão de clima operacionais utilizados no Brasil é a maneira como são definidas essas probabilidades. Recentemente, dois centros, o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), adotaram um sistema de previsão climática baseado na definição das probabilidades associadas às três categorias, a partir de modelos estatísticos, no caso do Inmet, e dinâmicos, no

12 As previsões climáticas costumam ser apresentadas em tercís que representam probabilidades dentro de três categorias: "abaixo da média", "em torno da média" ou "acima da média", onde a média (histórica) é a normal climatológica da região objeto da previsão, calculada em um período de 30 anos de dados meteorológicos observacionais, que geralmente são a precipitação ou a temperatura.



caso da Funceme (2012 e 2014). A alternativa é a utilização do consenso de especialistas na definição destas probabilidades, mas existe, neste caso, uma tendência considerável (entre 70-80%), conforme já reportado na literatura (MASON & CHIDZAMBWA, 2009; MARTINS *et al.*, 2013), de a categoria em torno da média ser a mais provável. O sistema de previsão aqui apresentado baseia-se na modelagem dinâmica de clima, nos moldes que vêm sendo utilizados em vários países (por exemplo, Estados Unidos, Canadá, países da Europa Ocidental e Austrália). Categorias de seca são codificadas por gravidade semelhante à mostrada na Tabela 38. Áreas com seca de curto prazo são indicadas com a letra "C", enquanto as áreas com seca de longo prazo são identificadas com a letra "L". Algumas áreas estão em ambas as secas, de curto e longo prazo, e são sinalizadas com "CL" (Figura 50).

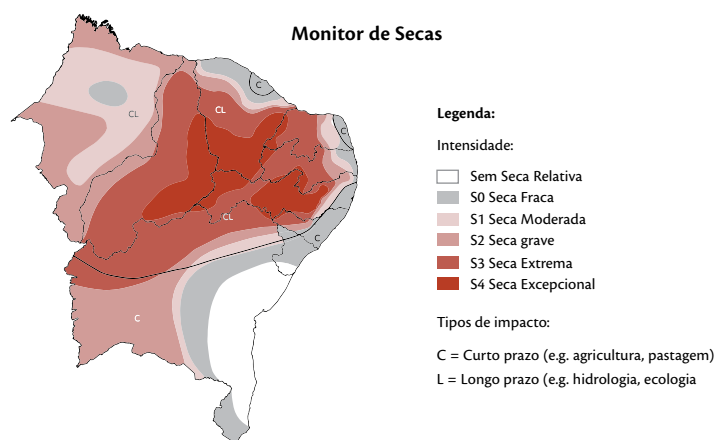


Figura 50 – Mapa do Monitor de Seca correspondente ao mês de setembro de 2015

Fonte: Monitor de Secas, 2015.

O sistema de previsão climática da Funceme baseia-se na combinação de vários modelos de circulação global (MCG) da atmosfera, de acordo com o desempenho destes na representação do clima presente (*hindcasts*¹³ 1981-2010). Os modelos climáticos de circulação geral da atmosfera e de mesoescala têm sido de grande importância para a previsão sazonal e de seus impactos nos mais diversos setores da economia, como, por exemplo, agricultura e recursos hídricos. Localmente, são rodados 20 membros do MCG ECHAM 4.6 (ROECKNER *et al.*, 1996) para até 8 meses de horizonte de previsão, sendo posteriormente combinados com os modelos disponíveis, no momento da previsão, do Superconjunto de Multimodelos Norte-americano [*North American Multi-Model Ensemble* (NMME)]. Mensalmente, são emitidos os prognósticos para o próximo trimestre, indicando a categoria mais provável para as diferentes áreas e a respectiva probabilidade.

13 Hindcasts: Simulações em modo previsão para o período de referência, 1981-2010.

A Figura 51a mostra o tercil mais admissível e a probabilidade associada, para diferentes áreas da América do Sul, enquanto a Figura 51b apresenta, para o Estado do Ceará, a função densidade de probabilidade para as observações do período de referência (1981-2010) e a previsão para outubro a dezembro de 2015. O desempenho de qualquer sistema de previsão varia conforme o período do ano e a região. Para ilustrar quão eficiente esse sistema pode ser para um dado momento de previsão e região de interesse, o Gráfico 37 apresenta as previsões emitidas em janeiro (boxplots¹⁴) e as observações (linha preta) para o período de fevereiro a abril, nos anos de 2008 a 2015, em relação ao Estado do Ceará. Esse trimestre corresponde, em média, a 65% da precipitação média anual, o que faz com que a previsão para esse intervalo de tempo ganhe grande importância. Com os resultados do sistema de previsão, vários produtos derivados são gerados, a saber: Indicadores de veranicos e cheias, Mapas do Índice de Precipitação Padronizado (SPI), previsão de safra e previsão de vazões para os principais reservatórios do Estado.

O sistema já descrito fornece uma antecipação de apenas poucos meses, sendo necessário um monitoramento das forçantes do clima, em particular das TSM do Pacífico, o que pode possibilitar uma maior antecedência na preparação das ações de mitigação dos efeitos de uma possível seca futura. Isso tem sido utilizado pela Funceme em anos anteriores (como, por exemplo, 2012/2013 e 2013/2014) e, em particular, foi utilizado para o ano de 2015, diante de um El Niño forte, presente em maio de 2015 (Ver Gráfico 37). Naquele mês, havia sido emitido um alerta desse fenômeno, fundamentado na previsão para ENSO (*El Niño Southern Oscillation*), em meados do mesmo mês, para o horizonte janeiro/fevereiro/março/2016, baseado em 17 modelos dinâmicos e 9 modelos estatísticos. Essa previsão, apresentada no Gráfico 37, colocou uma probabilidade de 80% de que tivéssemos condições de *El Niño* no trimestre dezembro/2015 a fevereiro/2016 e de 75% para o trimestre janeiro a março de 2016. Eventos de El Niño e La Niña tendem a se desenvolver durante o período de abril a junho e a alcançar sua máxima intensidade durante dezembro a fevereiro. Tipicamente, esses eventos, com recorrência de 2 a 7 anos, persistem por 9 a 12 meses, embora ocasionalmente possam persistir por até 2 anos. Diante do estado das águas do Pacífico - no momento da realização deste estudo (Figura 52) -, da previsão para ENSO emitida em meados de setembro/2015 e das características anteriormente mencionadas, especialistas demonstraram grande preocupação quanto aos impactos do possível evento 2015/2016.

14 Gráfico de caixa: é utilizado para avaliar a distribuição empírica dos dados. É formado pela mediana e pelo primeiro e terceiro quartil - ou valores dados a partir do conjunto de observações em ordem crescente, que dividem a distribuição em quatro partes iguais.

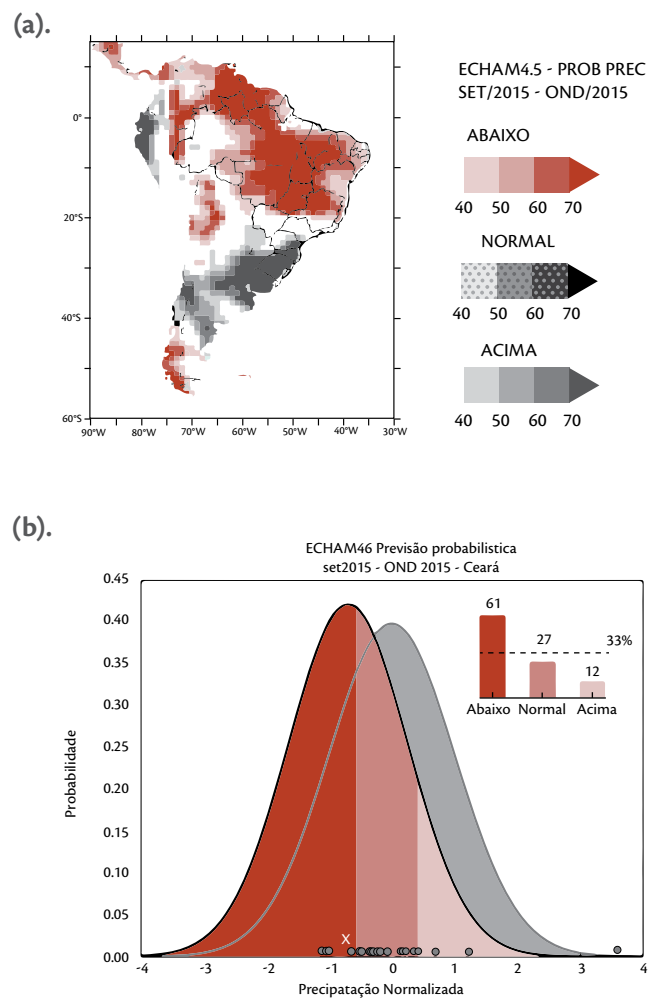


Figura 51 – Previsão baseada no modelo ECHAM 4.6, emitida em setembro de 2015, para outubro a dezembro de 2015: (a) Probabilidade do tercil mais provável (categorias abaixo, em torno e acima da média); (b) função densidade de probabilidade para observação e previsão do Estado do Ceará

Fonte: Funceme, 2015.

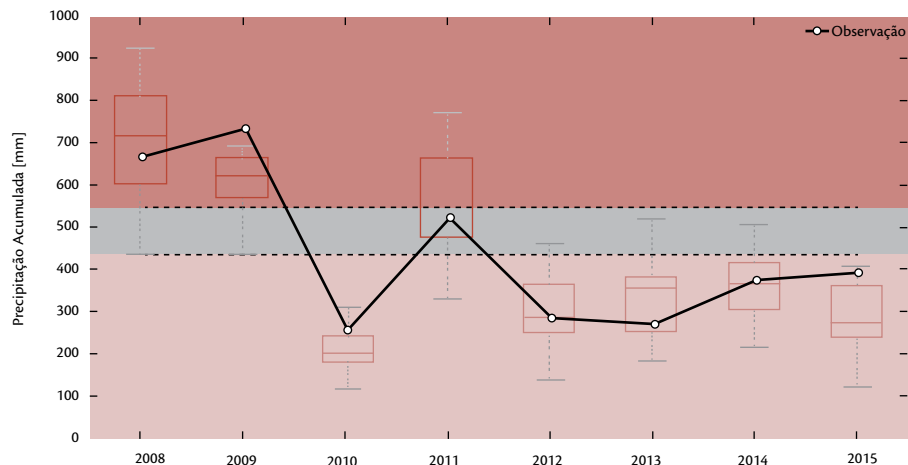


Gráfico 37 – Previsões emitidas em janeiro (*boxplots*) e observações (linha preta) para o período de fevereiro a abril, nos anos de 2008 a 2015, correspondentes ao Estado do Ceará

Fonte: Funceme, 2015.

Nota: Categorias abaixo, em torno e acima da média, representadas pelas cores salmão escuro, cinza e salmão claro, respectivamente.

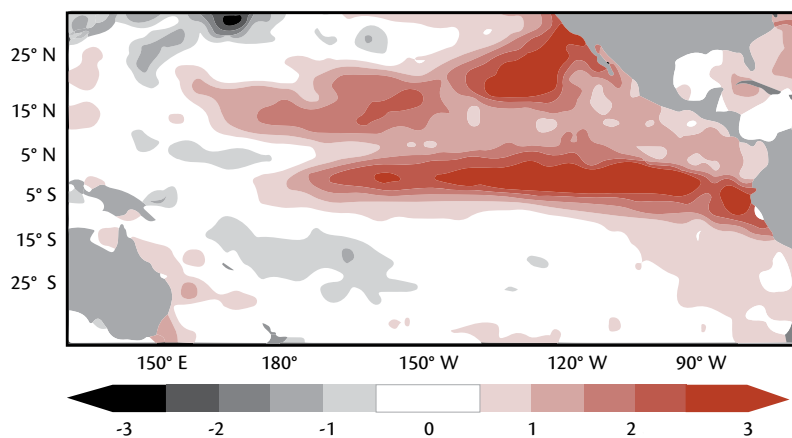
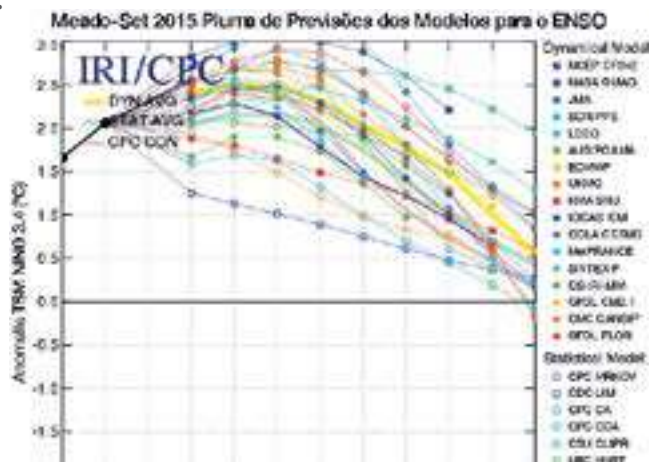


Figura 52 – Média das anomalias de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) para o Oceano Pacífico, correspondentes ao período de quatro semanas, entre 26 de agosto e 16 de setembro de 2015

Fonte: Funceme (2015), a partir dos dados da National Oceanic and Atmospheric Agency (NOAA) [Agência Nacional de Oceano e Atmosfera].

(a).



Fonte: iri.columbia.edu (2015).

1.4. Um olhar futuro

As figuras 53 e 54 apresentam, para os cenários RCP¹⁵ 4,5 e 8,5, respectivamente, os resultados das projeções para os Modelos Climáticos Globais [Commonwealth Scientific Industrial Research Organisation] ou CSIRO-Mk3-6-0, [Model for Interdisciplinary Research on Climate] ou MIROC5 e [Institute of Numerical Mathematics] ou INCM4 em termos de Precipitação (P), Evapotranspiração Potencial (ETP) e a razão P/ETP no horizonte 2041-2070. As médias anuais das variáveis P, ETP e P/ETP também são apresentadas nas mesmas figuras a título de comparação com as projeções futuras das mesmas variáveis. A análise desses resultados, apresentados nas Figuras 53 e 54, indica, apesar da incerteza inerente da variável, uma redução na precipitação média anual, nos dois cenários futuros (2041-2070), menor para os modelos climáticos globais denominados MIROC5 e INCM4 relativo ao CSIRO-Mk3-6-0. Comparando-se os resultados de cada modelo entre os dois cenários, observa-se que as reduções em precipitação foram maiores para o cenário RCP 8,5. Esses são valores médios anuais e não refletem os efeitos de uma possível mudança no regime intra-anual de precipitações, como, por exemplo, o aumento no período seco.

As mesmas figuras revelam um aumento da ETP para os três modelos e os dois cenários, sendo esses aumentos, como esperado, mais intensos para o RCP 8,5. De maneira geral, o modelo CSIRO-Mk3-6.0 é o que apresenta maiores ETP na região.

No tocante à relação P/ETP, os resultados, apresentados nos gráficos 38a e 38b e na Figura 53, indicam, para os três modelos analisados, o aumento da aridização, refletido pela redução da razão P/ETP ou, em outras palavras, maior pressão do clima sobre o processo de desertificação e degradação ambiental.

Essas projeções futuras indicam, como mencionado, uma maior pressão do clima sobre o processo de desertificação e degradação ambiental. Adicionalmente, apesar de não ter sido aqui analisada, a literatura reporta essa tendência para o Nordeste do Brasil, assim como: a) aumento de precipitações intensas ou extremas; b) aumento da frequência e/ou intensidade das secas; c) redução do período da estação chuvosa ou aumento do período seco; d) menor tempo de permanência da água no solo; e) redução da disponibilidade hídrica; e f) aceleração dos processos de “aridização” e “desertificação” da Região Semiárida (MARENGO, 2008; BRASIL, 2010).

Em face dos já baixos índices pluviométricos, da concentração das chuvas em poucos meses do ano e das elevadas temperaturas médias da região, esse cenário promoveria profundas mudanças nas paisagens. Do ponto de vista ecológico, esse processo levaria ao empobrecimento dos solos e

15 Representative Concentration Pathways [Caminhos de concentração representativos].



comprometimento da capacidade produtiva dos recursos ambientais. Dentre as alterações, a mais marcante, sem dúvida, seria a substituição da vegetação da caatinga por uma vegetação de climas áridos, com predominância de cactáceas. Este fato, por si só, acarretaria enormes desequilíbrios naturais, com efeitos negativos nas condições socioambientais.

A menor oferta de água terá impacto direto na agricultura comercial e de subsistência, gerando sérios problemas na economia da Região Semiárida. O déficit hídrico acarretará grande impacto na criação de animais e no abastecimento humano, ampliando a precariedade social e econômica já existente.

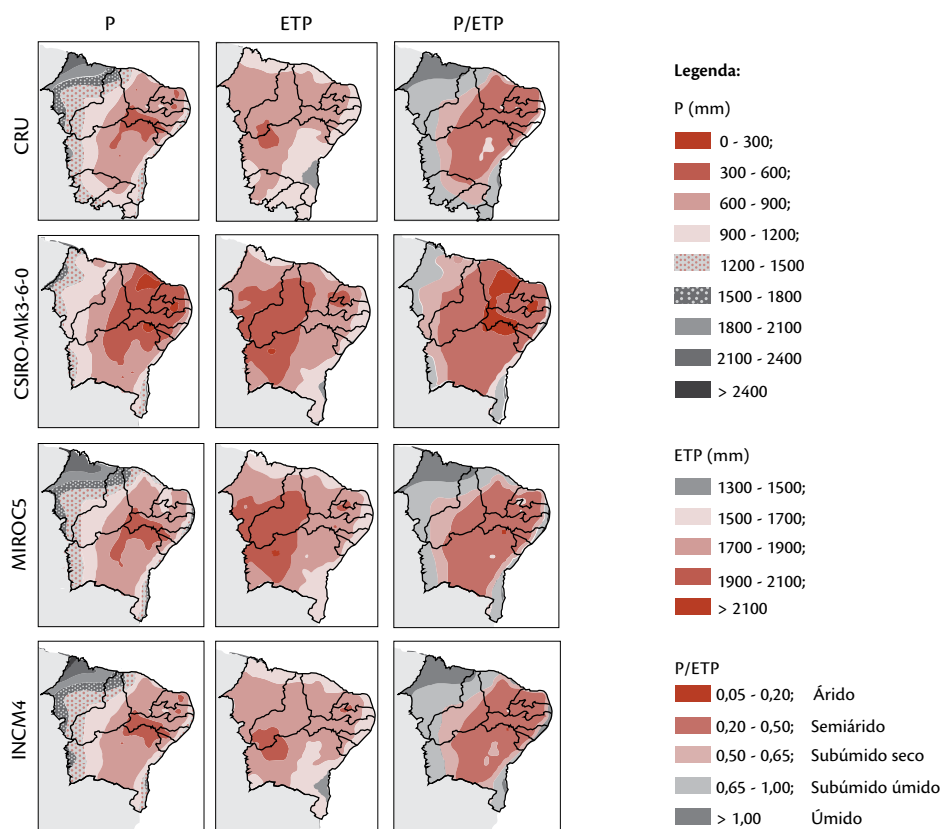


Figura 53 – Precipitação Média Anual (P), Evapotranspiração Potencial Média Anual (ETP) e Índice de Aridez (P/ETP) para o presente (CRU , período: 1971-2000) e modelos climáticos globais CSIRO-Mk3-6, MIROC5 e INCM4 para o Cenário RCP 4,5 e período: 2041-2070

Fonte: MARTINS *et al.*, 2013.

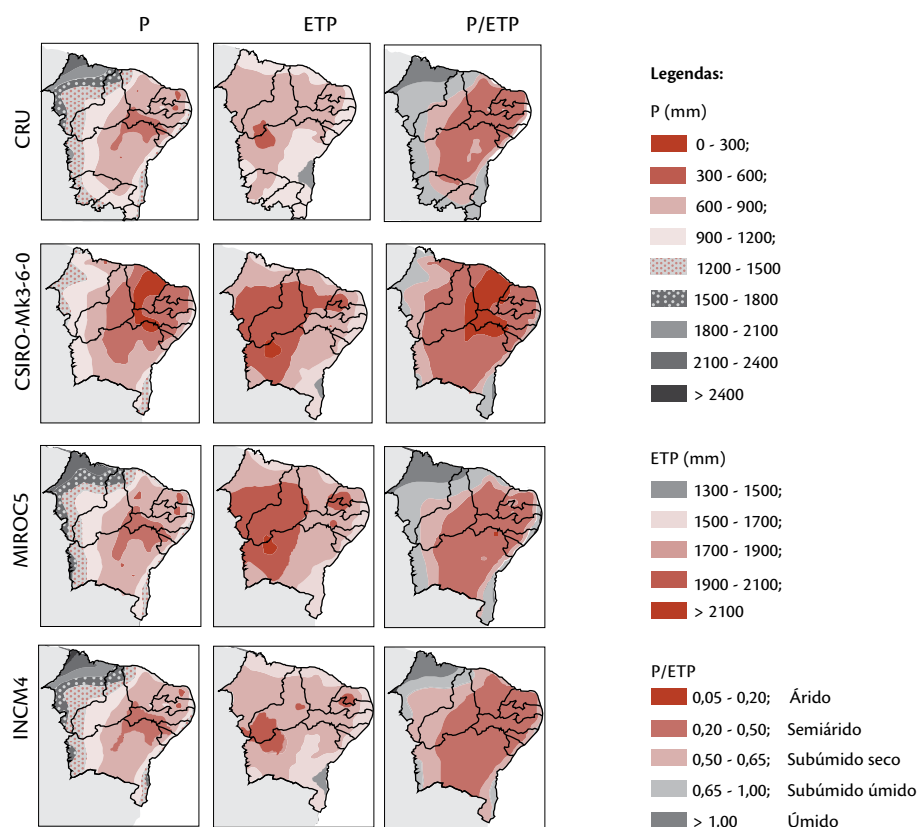


Figura 54 – Precipitação Média Anual (P), Evapotranspiração Potencial Média Anual (ETP) e Índice de Aridez (P/ETP) para o presente (CRU, período: 1971-2000) e modelos climáticos globais CSIRO-Mk3-6, MIROC5 e INCM4 para o Cenário RCP 8,5 e período: 2041-2070

Fonte: MARTINS *et al.*, 2013.



Capítulo 5



Capítulo 5

1. Tecnologias disponíveis e potencialmente aplicáveis

O Semiárido brasileiro possui características físicas e socioeconômicas muito peculiares, que necessitam tecnologias adequadas e facilitadoras do desenvolvimento sustentável da região. O desmatamento e a utilização inadequada das terras ocasionam a erosão dos solos, a deterioração e o esgotamento dos recursos naturais renováveis existentes, além de queda significativa da produção agropecuária. Tal fato ocorre não apenas em função do baixo nível de consciência conservacionista daqueles que atuam em determinado meio, mas em decorrência da ausência do conhecimento da capacidade de uso das terras e de sua aptidão agrícola.

A economia local vem tentando se adaptar às condições climáticas, por meio da criação de atividades geradoras de renda e absorvedoras de mão de obra (SILVA, 2008a). No entanto, ainda há lacunas, especialmente no que diz respeito à criação de capacidade adaptativa da população mais vulnerável, frente às mudanças climáticas e à pressão antrópica. O foco na redução de pobreza é urgente, mas não deve ser único. A questão fundamental, do ponto de vista da sustentabilidade, é o uso adequado dos recursos naturais.

Essa perspectiva fortalece a defesa das estratégias denominadas de “convivência com o Semiárido”, as quais respeitam as características naturais da região, aumentam a capacidade adaptativa da população, contribuem para a construção de um meio rural mais sustentável e criam alternativas de renda a partir de atividades agrícolas e não agrícolas, configurando a pluriatividade nessas áreas (GRAZIANO DA SILVA e CAMPANHOLA, 2000).

Há, por outro lado, o desconhecimento da vulnerabilidade ambiental em função das técnicas rudimentares que são praticadas, agravando, de modo muito significativo, a sustentabilidade da capacidade produtiva dos recursos naturais.

A UNCCD (2014) ressalta que temos acumulado uma grande dívida quando exploramos demasiadamente nossos recursos naturais e provocamos grandes impactos na natureza. Essa dívida precisa ser reparada com a implementação de práticas de gestão sustentável da terra. Temos que proteger, simultaneamente, o nosso capital natural, ajudar as populações na adaptação às mudanças

climáticas e aumentar a resiliência à seca. E, ainda, tentar reduzir o risco de migração forçada e de conflitos e garantir a produção de alimentos e de energia sustentável.

Para uma utilização racional e conservacionista dos recursos naturais, faz-se necessário o conhecimento de suas características e propriedades, de modo a possibilitar a avaliação e a adequação de técnicas voltadas a minimizar os efeitos deletérios dos diversos tipos de usos, mantendo, dessa forma, a terra produtiva por várias gerações.

O manejo do solo compreende um conjunto de práticas, de caráter físico, químico e biológico, que, quando utilizadas corretamente, proporcionam um aumento na produtividade das culturas, além de conservar o solo, evitando, conseqüentemente, a sua degradação.

Nos quadros dispostos nas próximas páginas são mostradas algumas tecnologias. Na sequência, é detalhado um Sistema Simplificado de Abastecimento de Água aplicado nessa região.

As referidas tecnologias foram separadas em três grupos: Tecnologias de uso sustentável dos recursos naturais e recuperação de áreas degradadas; Tecnologias de captação de água; e Sistemas simplificados de abastecimento de água.



1.1. Tecnologias de uso sustentável dos recursos naturais e recuperação de áreas degradadas

Quadro 1 – Adubação orgânica

Tipo de tecnologia/prática
Adubação orgânica
Descrição
Prática agrícola que consiste no fornecimento de adubos ou fertilizantes ao solo, de origem animal e vegetal, folhas secas, gramas, restos vegetais, restos de alimentos, esterco animal e tudo mais que se decompõem, virando húmus, de modo a recuperar ou conservar a sua fertilidade, suprimindo a carência de nutrientes e proporcionando o pleno desenvolvimento das culturas vegetais.
Objetivos
Melhorar as características físicas e biológicas do solo, sendo uma fonte de nutrientes lenta e duradoura.
Pontos positivos
• Reduz o processo erosivo; • Aumenta a disponibilidade de nutrientes às plantas; • Aumenta a retenção de água; • Reduz a diferença de temperatura do solo durante o dia e a noite; • Estimula a atividade biológica; • Aumenta a taxa de infiltração; • Aumenta a agregação de partículas do solo.
Observações
• O maior empecilho do emprego da adubação orgânica em grandes áreas é a falta de equipamentos adequados para a aplicação no campo, pois, geralmente, são materiais com alto teor de umidade, o que torna a atividade pouco eficiente e demorada em relação à adubação mineral.
Fotos: Funceme
  

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.

Quadro 2 – Adubação verde

Tipo de tecnologia/prática
Adubação verde
Descrição
É uma prática de cultivo de plantas, com elevado potencial de produção de biomassa vegetal, semeadas em rotação, sucessão ou consórcio com espécies de importância econômica, que aumenta a capacidade produtiva dos solos. Essas plantas denominadas "Adubos Verdes" têm características recicladoras, recuperadoras, protetoras e condicionadoras de solo.
Objetivos
Melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos.
Pontos positivos
• Dificulta ou impede a germinação de sementes de plantas daninhas; • Suprime ou controla invasoras, mediante competição por luz, água e nutrientes (alelopatia); • Ativa a vida do solo, favorecendo a reprodução de micro-organismos benéficos às culturas agrícolas; • Mantém a umidade do solo, diminuindo as perdas por evaporação, e aumenta a infiltração de água no solo, diminuindo o escoamento superficial; • Possui alta eficiência na descompactação dos solos e, consequentemente, aumenta a matéria orgânica; • Impede o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, que são responsáveis pela compactação deste; • Facilita a estruturação do solo (melhor agregação, maior aeração); • Facilita a nutrição dos cultivos subsequentes, pois pode converter micronutrientes pouco disponíveis em formas mais disponíveis e garantir ação protetora proporcionada pelos resíduos orgânicos deixados pelas culturas; • Controla a velocidade de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais.
Observações
• Englobam diversas espécies vegetais, porém, a preferência pelas leguminosas está consagrada também por sua capacidade de fixar nitrogênio direto da atmosfera, por simbiose.
Fotos: Josualdo Justino Alves


Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.



Quadro 3 – Barragem subterrânea

Tipo de tecnologia/prática
Barragem subterrânea
Descrição
Construída em áreas de baixios, córregos e riachos que se formam no inverno. Sua construção é feita escavando-se uma vala até a camada impermeável do solo, a rocha. Essa vala é forrada por uma lona de plástico e depois fechada novamente. Dessa forma, cria-se uma barreira que “segura” a água da chuva que escorre por baixo da terra, deixando a área encharcada. Para garantir água no período mais seco do ano, são construídos poços a, aproximadamente, cinco metros de distância do barramento. O poço serve para retirar a água armazenada na barragem, que pode ser utilizada para pequenas irrigações, possibilitando que as famílias produzam durante o ano inteiro. No inverno, é possível plantar culturas que necessitam de mais água, como o arroz e alguns tipos de capim. Dependendo do tipo de cultura implantada, pode-se ter mais de uma colheita por ano.
Objetivos
Barrar a água da chuva que escoar na superfície e dentro do solo (fluxo de água superficial e subterrâneo), por meio de uma parede construída transversalmente com relação à direção das águas.
Pontos positivos
• Não há perdas de áreas superficiais por inundação, podendo ser utilizada a própria calha umidificada para plantio, o que implica numa subirrigação; • Aumenta a proteção da água contra a poluição bacteriana superficial, pois a água fica armazenada na subsuperfície; • Reduz perdas por evaporação, pois, não existindo “espelho d’água”, a insolação quase não atua; • Constitui uma obra de pequeno porte, em geral de dimensões muito reduzidas, se comparadas com aquelas de barramentos superficiais, implicando em economia na construção; • Dispensa onerosos esquemas de tratamento, manutenção, operação, consumo de energia elétrica e outros gastos comuns nos barramentos superficiais.
Observações
• É importante conhecer o solo para evitar risco de salinização.
Fotos: Josualdo Justino Alves (fotos 1 e 2); Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental (Prodham) (foto 3).



Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.

Quadro 4 – Barragens sucessivas

Tipo de tecnologia/prática
Barragens sucessivas
Descrição
São estruturas construídas com pedras soltas, cuidadosamente arrumadas e em formato de arco romano deitado, realizadas na rede de drenagem da microbacia hidrográfica, em pequenos tributários ou riachos afluentes de um rio de maior ordem hierárquica. A construção deve ser iniciada sempre de jusante para montante do fluxo d'água e a extensão do barramento deve assegurar que os escoamentos, provocados pelas chuvas, ocorram, principalmente, sobre a crista das barragens. O tempo para ocorrência do processo de sedimentação dependerá das condições de precipitação ocorridas no local da obra, sobretudo, no que concerne ao volume e à frequência das chuvas.
Objetivos
Reter os sedimentos gerados pelo processo erosivo à montante das áreas cultivadas, reduzindo os danos em consequência do desmatamento e do uso do solo de forma inadequada, nas microbacias.
Pontos positivos
• Reduz o assoreamento dos reservatórios e rios; • Promove a dessalinização ou a fertilização gradual do solo e a oferta de água, em quantidade e qualidade, nos tributários ou riachos da microbacia hidrográfica; • Promove o ressurgimento da biodiversidade da Caatinga; • Favorece a disponibilidade diversificada de alimentos no fundo do vale, reduzindo a pressão da vida animal sobre a vegetação, nas vertentes da microbacia hidrográfica; • Proporciona disponibilidade de água para o consumo animal, segundo uma distribuição temporal e espacial satisfatória.
Observações
• Dentre as etapas de construção da barragem de pedra, a mais importante e vital para que a obra alcance seus objetivos é a correta condução do trinômio: localização, amarração e marcação, antes do início da construção da obra.
Fotos: Funceme
  

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.



Quadro 5 – Captação *in situ*: método Guimarães Duque

Tipo de tecnologia/prática
Captação <i>in situ</i>
Descrição
Técnica de preparo de solo, associada à captação da água de chuva. Vários métodos de captação de água de chuva “in situ” foram desenvolvidos e/ou adaptados, utilizando-se tanto força motriz como tração animal. A definição do método a ser empregado nessa técnica vai depender de uma série de fatores relacionados com tamanho da área a ser cultivada, topografia, condições pluviométricas, época de plantio, tipo de cultura (temporária ou perene), disponibilidades de equipamentos, mão de obra e tempo para executar as operações. Esses requisitos devem estar associados à parte econômica, a fim de viabilizar o investimento.
Objetivos
Aumentar o armazenamento de água no perfil do solo por um período mais longo, para um melhor aproveitamento por parte das plantas.
Pontos positivos
• Controle de erosão; • Conservação do solo; • Aumento de disponibilidade de água para as plantas, ampliando a resistência aos veranicos; • Baixo custo de implantação; • Equivalência de custos de construção dos sulcos e camalhões com os da aração e gradagem; • Baixo custo de manutenção dos sulcos e camalhões; • Favorecimento da recarga do lençol d’água.
Observações
• Não é recomendada para áreas com declividade superior a 8%; • Implementação difícil em solos pedregosos; • Não deve ser usada em solos muito arenosos, pois a água se perde por infiltração.
Fotos: Josualdo Justino Alves


Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.

Quadro 6 – Cordões de pedra em contorno

Tipo de tecnologia/prática
Cordões de pedra em contorno
Descrição
É uma estrutura construída com pedras soltas, sobrepostas umas sobre as outras, obedecendo as curvas de nível, segmentando o declive de uma determinada área.
Objetivos
Promover a contenção dos sedimentos, evitando a erosão dos solos.
Pontos positivos
• Segmentação do comprimento de rampa (declives); • Controle do volume e da velocidade das enxurradas; • Deposição e retenção de uma massa de sedimentos sobre a área onde são construídos; • Modificação do microrrelevo na faixa compreendida entre os cordões; • Aumento da profundidade efetiva sob a área de deposição; • Adequação a pequenas propriedades; • Melhoria das propriedades físico-químicas do solo sobre a área de deposição.
Observações
• A aplicabilidade dessa prática é mais adequada nas áreas cujas unidades de solos apresentam pedregosidade superficial, priorizando as áreas críticas da propriedade, onde haja disponibilidade de mão de obra.
Fotos: Prodham (foto 1); Funceme (foto 2); Josualdo Justino Alves (foto 3)
  

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.



Quadro 7 – Cordões de vegetação permanente

Tipo de tecnologia/prática
Cordões de vegetação permanente
Descrição
São fileiras de plantas perenes e de crescimento denso, dispostas com determinado espaçamento horizontal e sempre em contorno. Em culturas anuais, se utilizam faixas estreitas de vegetação cerrada, formando os cordões de vegetação permanente. Em culturas perenes, os cordões são colocados entre as árvores, com determinado espaçamento horizontal, formando barreiras vivas para o controle da erosão.
Objetivos
Reter o solo que pode ser carregado pela água das chuvas, diminuindo a velocidade da água, aumentando a infiltração e, consequentemente, diminuindo a erosão.
Pontos positivos
• Funciona como barreira física; • Diminui a velocidade das águas, evitando os processos erosivos.
Observações
• Sugere-se utilizar culturas ou espécies com sistema radicular de rápido crescimento.
Foto: Josualdo Justino Alves



Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.

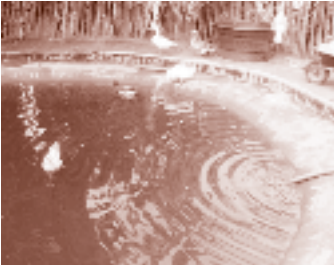
Quadro 8 – Isolamento da área / Pousio

Tipo de tecnologia/prática
Isolamento da área / pousio
Descrição
Consiste em isolar uma área erodida, com cercas de arame e/ou com plantas espinhentas, para que animais, máquinas e pessoas não circulem pelo seu interior.
Objetivos
Recuperar naturalmente a área, restringindo o acesso de animais.
Pontos positivos
• Promove a regeneração natural; • Incrementa a biodiversidade.
Observações
• As atividades agrícolas no entorno da área devem ser mais bem avaliadas para que sejam interrompidas, caso se constate que intensificam a degradação no local.
Fotos: Funceme


Fonte:Elaborado por Funceme e CGEE.

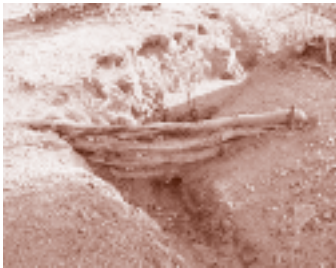
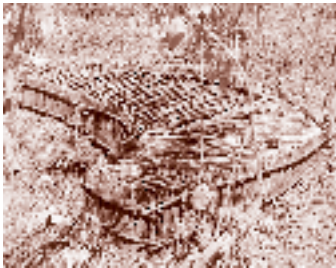


Quadro 9 – Mandalas

Tipo de tecnologia/prática
Mandala
Descrição
No centro do sistema agrícola mandala, é construído um reservatório de água com formato circular e capacidade média de 30 mil litros. Ele serve para irrigar a plantação e também é destinado para a criação de peixes e aves. Além disso, o esterco dos animais pode servir de adubo e a água é distribuída com a ajuda de uma bomba elétrica. Em seguida, vêm os três primeiros anéis, os chamados Círculos de Melhoria da Qualidade de Vida Ambiental. Eles são destinados para o cultivo de hortaliças e plantas medicinais. Os círculos seguintes, chamados de Círculos da Produtividade Econômica, são reservados para o plantio de milho, feijão, abóbora e frutas, por exemplo. O Círculo do Equilíbrio Ambiental, o último da mandala agrícola, serve para construir cercas vivas e quebra-ventos. Assim, ajudará a melhorar a produtividade e também servirá de alimento para os animais.
Objetivos
Diversificar as atividades agrícolas, com as finalidades de melhorar o padrão alimentar das famílias e aumentar a renda, por meio da introdução de tecnologia apropriada de baixo custo de produção.
Pontos Positivos
• Aproveita todos os elementos ambientais locais (água, terra, sol, vento e vegetação nativa); • Permite a criação de animais sob responsabilidade das próprias pessoas interessadas, gerando, dessa forma, economia de meios e recursos, além de facilitar a reutilização da água e reciclagem de nutrientes originados dos excrementos dos animais e da compostagem; • Provê ao solo uma grande fertilidade porque a criação dos animais feita no primeiro círculo enriquece, naturalmente, com diversos compostos orgânicos, a água para irrigação; • Permite usar áreas pequenas; • Facilita uma produção diversificada; • Atrai diversidades de insetos que polinizam e se autocontrolam, em virtude da variedade de plantas.
Observações
• Antes de iniciar o processo, é importante avaliar as condições do solo para identificar quais são as necessidades do agricultor e quais plantas e hortaliças são melhores para cultivar na região.
Fotos: Funceme
  

Fonte: Fonte

Quadro 10 – Paliçadas

Tipo de tecnologia/prática
Paliçadas
Descrição
É um tipo de prática física que utiliza estruturas artificiais para redução do escoamento da água, interceptando-a e fazendo com que não alcance velocidade suficiente para ocasionar perda de solo acima dos limites toleráveis.
Objetivos
Quebrar a força da enxurrada e reter os sedimentos principalmente dentro da voçoroca.
Pontos positivos
- Baixo custo; - Controle de erosão e retenção de sedimentos; - Estabilização das voçorocas; - Fácil implantação.
Observações
Devem ser construídas com materiais de baixo custo e facilmente disponíveis, como bambu, pneus e sacos de rafia.
Fotos: Funceme
  

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.



Quadro 11 – Plantio Direto

Tipo de tecnologia/prática
Plantio direto
Descrição
Técnica de plantio ou de cultivo de plantas realizada sobre resíduos vegetais de culturas anteriores e/ou sobre massa verde dessecada, cuja mobilização do solo ocorre apenas na linha de plantio, dispensando, assim, o preparo físico do solo.
Objetivos
Manter a umidade e aumentar os teores de matéria orgânica do solo, minimizar os processos erosivos e promover a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo.
Pontos positivos
• Mobilização do solo ocorre apenas na linha de plantio, evitando a movimentação da terra, o fluxo contínuo de máquinas e implementos na área, diminuindo os riscos de erosão, degradação e compactação do solo; • Redução da temperatura do solo na superfície e da oscilação durante o dia, favorecendo a maior retenção de água no perfil do solo, diminuindo a evaporação e proporcionando às culturas uma maior resistência aos veranicos, fenômeno bastante frequente no Semiárido; • Redução do efeito das gotas de chuva sobre as partículas do solo, diminuindo a desagregação e o selamento superficial, além de aumentar a taxa de infiltração; • Aumento da tolerância a estresses hídricos; • Melhoria da estrutura do solo e aumento da atividade biológica, da quantidade de nutrientes e da produtividade; • Redução do uso de maquinário na lavoura.
Observações
• Em locais mais quentes, os benefícios do plantio direto são maiores, diminuindo em locais com clima mais definido, seco e frio, onde os restos culturais demoram mais a se decompor. A atividade biológica dos microrganismos presentes no solo também varia em função da temperatura.
Fotos: Josualdo Justino Alves


Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.

Quadro 12 – Plantio em nível

Tipo de tecnologia/prática
Plantio em nível
Descrição
O plantio em curvas de nível consiste na produção ordenada por meio de linhas com diferentes altitudes do terreno. Dependendo do tipo de inclinação do terreno, os degraus podem ser largos ou estreitos. As curvas de nível ficam ordenadas perpendicularmente à inclinação da encosta.
Objetivos
Atuar como um obstáculo para reduzir a velocidade da água da enxurrada, aumentando a umidade e diminuindo a erosão do solo.
Pontos Positivos
• Evita a erosão e a perda de fertilidade do solo; • Equilibra a velocidade da água da chuva, fazendo com que ela se infiltre mais facilmente no solo e evite os deslizamentos; • Ajuda a conservar os nutrientes do solo, permitindo o aumento da produção.
Observações
• Essa técnica é essencial para áreas íngremes.
Fotos: Josualdo Justino Alves
  

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.



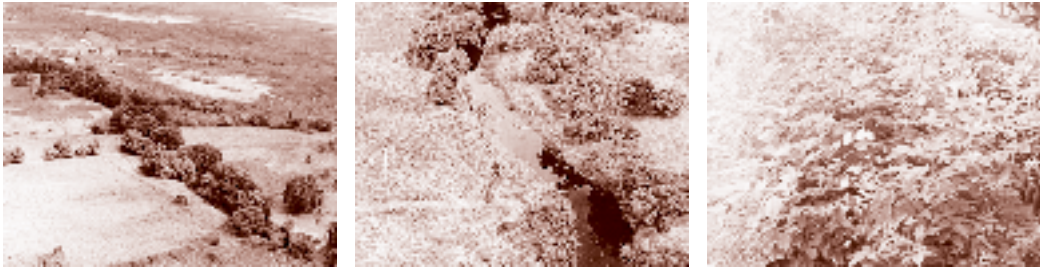
Quadro 13 – Quintais produtivos

Tipo de tecnologia/prática
Quintais produtivos
Descrição
Quintais produtivos são áreas geralmente nos arredores das casas, onde há produção diversificada, com criação de pequenos animais (aves, caprinos, ovinos e suínos) e cultivo de plantas medicinais, frutíferas e hortaliças.
Objetivos
Colaborar com a segurança alimentar, a geração de renda, a saúde e outras necessidades básicas de pequenos agricultores e suas famílias.
Pontos positivos
• Aumenta a diversificação da produção e reduz riscos; • Aumenta a proteção dos solos contra efeitos erosivos; • Amplia a ciclagem e a disponibilidade de alimento; • Conserva o meio ambiente; • Melhora a qualidade do alimento em função da não utilização de agrotóxicos; • Auxilia a segurança alimentar do rebanho.
Observações
• Avaliar as condições do solo para identificar quais são as necessidades do agricultor e quais plantas e hortaliças são melhores para cultivar na região.
Fotos: Funceme



Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.

Quadro 14 – Recuperação da mata ciliar

Tipo de tecnologia/prática
Recuperação da mata ciliar
Descrição
A mata ciliar é entendida como sistemas florestais estabelecidos naturalmente em faixas sobre as margens dos rios e riachos, no entorno de lagos, represas e nascentes, funcionando como instrumento redutor do assoreamento e da degradação do meio ambiente e como meio natural de processamento e transformação da diversidade ambiental. Constitui-se em importante suporte de segurança para o equilíbrio do ecossistema e suas relações intrínsecas, estando associada ao manejo e à conservação dos recursos naturais.
Objetivos
Formar uma floresta em área ciliar, num tempo relativamente curto, visando à proteção do solo e do curso d'água.
Pontos positivos
• Proteção da zona ripária; • Filtragem de sedimentos e nutrientes; • Controle do aporte de nutrientes e de produtos químicos carreados aos cursos d'água; • Controle da erosão das ribanceiras, das calhas dos rios e riachos; • Controle da alteração da temperatura do ecossistema aquático.
Observações
• É preciso avaliar as condições da área degradada antes de decidir o melhor modo de recuperar e conservar a biodiversidade, qualidade e integridade do solo e dos recursos hídricos. Para recuperar uma mata ciliar degradada, é necessário escolher um método de recuperação. Essa escolha depende de vários fatores, entre eles: as pessoas envolvidas na recuperação; o grau de degradação da mata ciliar; a existência (ou não) de outras matas semelhantes na região e a distância entre elas; e os recursos financeiros disponíveis.
Fotos: Prodham


Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.



Quadro 15 – Reflorestamento

Tipo de tecnologia/prática
Reflorestamento
Descrição
Refere-se à atividade de replantar espécies florestais que foram suprimidas por algum motivo. O reflorestamento é de grande importância no combate às mudanças climáticas.
Objetivos
Repovoar áreas que tiveram a vegetação removida pelas forças da natureza (incêndios, por exemplo) ou ações humanas (queimadas, exploração de madeira, expansão de áreas agrícolas), favorecendo melhor desempenho e conservação de bacias hidrográficas e a recuperação da diversidade biológica.
Pontos positivos
• Regularização do ciclo hidrológico; • Prevenção da erosão; • Proteção à fauna; • Melhoria das condições geoambientais; • Incentivo à apicultura; • Controle dos níveis de degradação do solo e da vegetação; • Aumento dos recursos hídricos; • Redução dos prejuízos na agricultura relacionados com enchentes; • Aumento do estoque sustentável de madeira legal; • Sequestro de CO₂ e redução do efeito estufa.
Observações
• Existem dois tipos de reflorestamento. Aquele com fim unicamente comercial, como reflorestamento de eucalipto ou madeira para extração de celulose, e aquele voltado para a recuperação de áreas degradadas ou criação de unidades de conservação, que não tem necessariamente um fim comercial.
Fotos: Prodham (foto 1); Funceme (fotos 2 e 3)


Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.

Quadro 16 – Sistemas agroflorestais (SAF'S)

Tipo de tecnologia/prática
Sistemas agroflorestais (SAFs)
Descrição São formas de uso e manejo da terra, nas quais árvores ou arbustos são utilizados em conjunto com a agricultura e/ou com animais numa mesma área, de maneira simultânea ou numa sequência de tempo. Os SAFs são a imitação da cobertura vegetal da floresta, sendo o aspecto diversificação a essência e o seu fundamento. Os sistemas agroflorestais podem ser classificados em: - Sistemas silviagrícolas - combinação de árvores ou arbustos com espécies agrícolas. - Sistemas silvipastoris - combinação de árvores ou arbustos com plantas forrageiras herbáceas e animais. - Sistemas agrossilvipastoris - criação ou manejo de animais em consórcios silviagrícolas.
Objetivos Promover o aumento ou a manutenção da produtividade da área, com conservação dos recursos naturais e a utilização mínima de insumos.
Pontos positivos - Redução de custos de implantação e manutenção; - Diversificação na produção, aumentando a renda familiar, assim como melhoria na alimentação; - Recuperação da produtividade de solos degradados, por meio do plantio de espécies arbóreas; - Melhoria na estrutura e fertilidade do solo, devido à presença de árvores que atuam na ciclagem de nutrientes; - Redução da erosão laminar e em sulcos; - Aumento da diversidade de espécies; - Aumento de produtividade, devido a fatores interligados do sistema (sombra + conforto animal).
Observações Devem incluir, pelo menos, uma espécie florestal arbórea ou arbustiva, a qual pode ser combinada com uma ou mais espécies agrícolas e/ou animais, isso porque essa espécie florestal fornece produtos úteis ao trabalhador rural, além de preencher um papel importante na manutenção da fertilidade dos solos.
Fotos: Funceme   

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.



Quadro 17 – Terraços

Tipo de tecnologia/prática
Terraços
Descrição
Formado por um canal coletor, de onde a terra foi retirada, e um camalhão construído com a terra removida, compondo um obstáculo físico ao movimento da água sobre o terreno, de tal maneira que a água de enxurrada é retida no canal até infiltrar-se no perfil do solo.
Objetivos
Controlar a erosão e a redução do escoamento superficial, uma vez que possibilita o aumento da infiltração de água no solo.
Pontos positivos
• Reduz a velocidade e o volume das águas nas enxurradas; • Diminui as perdas de solo, de sementes e de adubos; • Diminui o escoamento superficial - runoff¹⁶; • Evita a formação dos sulcos de erosão; • Quando feitos paralelos, os terraços proporcionam, ainda, condições favoráveis para mecanização das lavouras.
Observações
• Essa prática deve ser utilizada concomitantemente com outras práticas edáficas (formas de manejo ou manipulação do solo); • Adaptam-se melhor às áreas de baixa precipitação e solos com boa drenagem.
Fotos: Funceme


Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.

16 Escorrência superficial é a terminologia usada em hidrologia para definir o fluxo de água que ocorre na superfície do solo em estado saturado de humidade. Normalmente se considera como a precipitação menos a evaporação real e a infiltração no solo. Segundo a teoria de Horton, se forma quando o acúmulo de água, supera a capacidade de absorvência do solo. Fonte: < https://pt.wikipedia.org/wiki/Escorr%C3%Aancia_superficial >.

Quadro 18 – Transferência da serrapilheira

Tipo de tecnologia/prática
Transferência da serrapilheira
Descrição
Camada formada pela reposição e pelo acúmulo de matéria orgânica morta, como folhas, sementes, galhos e raízes, que reveste superficialmente o solo, em diferentes estágios de decomposição. Os organismos contidos nesse material são responsáveis pela transformação dos nutrientes e pela fertilização natural do solo, o que auxilia a recuperação das propriedades físico-químicas do solo degradado e, por consequência, a regeneração da área.
Objetivos
Resgatar a micro, a meso e a macro fauna/flora do solo (sementes, microrganismos, fungos, bactérias, minhocas, algas, etc.) pela transposição de porções superficiais dos remanescentes de vegetação para as áreas a serem restauradas, enriquecendo sua biodiversidade.
Pontos positivos
• Proporciona uma estrutura mais sólida ao solo, devido ao sistema radicular; • Amortece o impacto das águas de chuvas sobre o solo; • Eleva a porosidade do solo e, portanto, a sua capacidade de absorção de água; • Diminui a erosão; • É um excelente abrigo para fauna, criando ambiente propício para a germinação de sementes mais adaptadas aos ambientes sombreados e úmidos.
Observações
• Recomenda-se procurar um local próximo da área a ser trabalhada para retirar a serrapilheira; • A área de aplicação da serrapilheira precisa ser sulcada.
Fotos: Funceme
  

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.



1.2. Tecnologias de captação de água

Quadro 19 – Barraginha/Barreiro

Tipo de tecnologia/prática
Barraginha/barreiro
Descrição
São minibarramentos construídos na frente de cada enxurrada, em forma de meia-lua, com 15 metros (m) de diâmetro por 1,5m a 2,0m de profundidade. Esses minibarramentos, que chamamos de barraginhas, podem ser espalhados nas pastagens e beiras de estradas. Assim, as barraginhas vão recolher toda chuva que cai. Elas vão se encher d’ água e a água vai infiltrar na terra. Daí, com uma nova frente de chuvas, elas voltam a encher. Isso vai se repetir 10 a 12 vezes durante o ciclo chuvoso.
Objetivos
Captar e armazenar água da chuva durante a estação chuvosa, aumentando o lençol freático e os aquíferos, possibilitando que o solo permaneça úmido por um maior período, principalmente durante a estação seca. Evitar que as águas escoem rapidamente e provoquem erosão do solo e enchentes.
Pontos positivos
• Cria um microclima favorável ao plantio de milho, feijão, maxixe, pepino, melão, além de outras variedades de frutas, verduras e legumes; • Melhora a qualidade do solo por acumular matéria orgânica; • Mantém o microclima ao redor da barraginha mais agradável.
Observações
• A vantagem é que as barraginhas, além de segurar as enxurradas e conter o processo erosivo, vão alimentar o lençol freático e os aquíferos; • A recomendação é que sejam sucessivas. Assim, quando uma sangrar a água, pode abastecer a seguinte.
Fotos: Josualdo Justino Alves


Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.

Quadro 20 – Caldeirão ou tanque de pedra

Tipo de tecnologia/prática
Caldeirão ou tanque de pedra
Descrição
É uma caverna natural, escavada em lajedos (às vezes aumentada nos períodos de seca), que representa excelente reservatório. Diferentemente das outras estratégias de armazenamento, o caldeirão ocorre naturalmente. Trata-se de uma fenda natural na rocha, aprofundada pela própria comunidade, que retira a terra e o cascalho da parte mais profunda, desobstruindo-a. Para aumentar a capacidade, são erguidas paredes de alvenaria, na parte mais baixa, ou ao redor do caldeirão natural, que servem como barreira para acumular mais água. É uma tecnologia de uso comunitário.
Objetivos
Armazenar água das chuvas para uso humano, animal e agrícola.
Pontos positivos
• Cria uma reserva de água para os animais; • Permite a irrigação de pequenas hortas; • Facilita o abastecimento de água para uso geral nas casas; • Permite a criação de peixes; • Gera renda para as famílias agricultoras; • Fortalece a relação igualitária de trabalho entre homem e mulher, em casa e no campo.
Observações
• São utilizados somente em áreas onde ocorrem lajedos.
Fotos: Funceme


Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.



Quadro 21 – Cisterna calçadão

Tipo de tecnologia/prática
Cisterna calçadão
Descrição
Capta a água de chuva, por meio de um calçadão de cimento de 200m², construído sobre o solo. Com essa área do calçadão, 300 mm de chuva são suficientes para encher a cisterna, que tem capacidade para 52 mil litros. Por meio de canos, a chuva que cai no calçadão escoa para a cisterna, construída na parte mais baixa do terreno e próxima à área de produção.
Objetivos
Armazenar a água da chuva.
Pontos positivos
- Baixo custo; - Fácil construção; - Armazenamento de água para irrigar quintais produtivos, fruteiras, hortaliças e plantas medicinais, além de servir ao consumo por parte dos animais; - Reserva de água que permite a irrigação de salvação; - Acúmulo de água que viabiliza o funcionamento de sistemas simplificados de irrigação; - Utilização do calçadão também para secagem de produtos como feijão; milho; goma, casca e a maniva da mandioca que, passadas na forrageira, servem de alimento para os animais, entre outros usos.
Observações
Deve ser construída em área de relevo plano..
Fotos: Funceme

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.

Quadro 22 – Cisterna de enxurrada

Tipo de tecnologia/prática
Cisterna de enxurrada
Descrição
É uma cisterna para armazenamento de água da chuva, ligada a uma área com solo compactado que serve como meio de captação hídrica. Essa água escorre para um tanque, passando por uma filtração em dois decantadores, antes de ir para a parte interna da cisterna. A cisterna-enxurrada é a tecnologia que menos agride o meio ambiente. É construída dentro da terra, ficando somente a cobertura, de forma cônica, acima da superfície.
Objetivos
Armazenar água da chuva.
Pontos positivos
• Baixo custo; • Fácil construção; • Potencializa o quintal produtivo no cultivo de alimentos diversificados para consumo da família, por meio do plantio de hortas e plantas medicinais; • Facilita a irrigação de salvação; • Disponibiliza água para sistemas simplificados de irrigação; • Assegurar água para o consumo por parte de pequenos animais no período de estiagem; • Permite o uso da área compactada para a secagem de produtos como feijão; milho; goma, casca e maniva da mandioca que, passadas na forrageira, servem de alimento para os animais, entre outros usos; • A cisterna-enxurrada é a tecnologia que menos agride o meio ambiente.
Observações
• Deve ser construída em área de relevo plano; • Risco de assoreamento.
Fotos: Funceme


Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.



Quadro 23 – Cisterna de placa

Tipo de tecnologia/prática
Cisterna de placa
Descrição
É um reservatório de captação da água de chuva, construído com placas de cimento pré-moldadas. Tem forma cilíndrica ou arredondada e é coberta para evitar a poluição e a evaporação da água armazenada. A cisterna de placa é semienterrada a aproximadamente dois terços da sua altura para garantir a segurança de sua estrutura. A água captada vem do telhado das casas e é conduzida por calhas de zinco ou PVC, que direcionam a água até a cisterna. O tamanho da cisterna é condicionado de acordo com a área do telhado das casas.
Objetivos
Armazenar água, de modo que haja estoque hídrico durante o período de estiagem ou quando não houver disponibilidade de água com qualidade para o consumo residencial básico das famílias rurais residentes na Região Semiárida.
Pontos positivos
• Curto período de construção; • Baixo custo de construção; • Disponibilidade de água de boa qualidade; • Equipamento ecologicamente correto; • Redução das verminoses; • Redução de tempo gasto na busca de água; • Redução do custo governamental de fornecimento de água tratada; • Redução da dependência dos carros-pipa.
Observações
• Necessidade de mão de obra qualificada para sua construção; • Necessidade de recursos financeiros por parte das famílias rurais; • Necessidade do pleno envolvimento e colaboração dos beneficiários.
Fotos: Funceme (fotos 1 e 2); e Emily Alves de Freitas (Foto 3)



Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.

Quadro 24 – Cisterna de polietileno

Tipo de tecnologia/prática
Cisterna de polietileno
Descrição
É uma tecnologia para captação de água de chuva. No telhado da casa, a chuva escoa por calhas e canos até a cisterna de polietileno, instalada bem próxima da moradia. Muito parecida com as cisternas de placas, a água captada é utilizada para beber, cozinhar, lavar as mãos e os utensílios domésticos.
Objetivos
Armazenar uma quantidade de água suficiente para o consumo, durante o período de estiagem, de uma família de até cinco pessoas.
Pontos positivos
• Rápida instalação; • Baixo custo; • Disponibiliza água de boa qualidade; • Equipamento ecologicamente correto; • Redução das verminoses; • Redução de tempo gasto na busca de água; • Redução do custo governamental de fornecimento de água tratada; • Redução da dependência dos carros-pipa.
Observações
• Necessidade de recursos financeiros por parte das famílias rurais; • Necessidade do pleno envolvimento e colaboração dos beneficiários; • Risco de rachaduras quando ressecadas.
Fotos: Funceme
  

Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.



Quadro 25 – Poços rasos ou cacimbão

Tipo de tecnologia/prática
Poços rasos ou cacimbão
Descrição
São denominados poços rasos aqueles que captam água do lençol freático, ou seja, a água que se encontra acima da primeira camada impermeável. Em geral, são de forma circular e com profundidades dificilmente maiores que 20 metros. São classificados em três tipos: Escavados - são geralmente abertos por escavação manual, o que exige grandes diâmetros (de 0,80 a 1,50m). Perfurados - são geralmente abertos por meio de trados, brocas e escavadeiras manuais, com diâmetros pequenos (0,15 a 0,30m) Cravados - são tubos metálicos providos de ponteiras, cravados por percussão ou rotação, em pequenos diâmetros (3cm a 5cm)
Objetivos
Abastecer as pequenas comunidades e irrigar as áreas de produção da agricultura familiar.
Pontos positivos
• Contribui para assegurar água para as famílias de pequenos produtores rurais; • Amplia a renda familiar em função de possibilitar o cultivo contínuo de frutas e hortaliças.
Observações
• O poço deve ser construído em local distante de qualquer fonte potencial de contaminação e em boas condições, pois isso impedirá que a qualidade da água seja comprometida.
Fotos: Funceme



Fonte: Elaborado por Funceme e CGEE.

São descritos, a seguir, outros exemplos de tecnologias de captação de água utilizadas no Semiárido.

Barreiro trincheira: são tanques longos, estreitos e fundos escavados no solo, construídos em terreno plano e próximo à área de produção. Com capacidade para armazenar, no mínimo, 500 mil litros de água, o barreiro trincheira, por ser estreito, tem a vantagem de diminuir a ação de ventos e do sol sobre a água. Isso faz com que a evaporação seja menor e a água permaneça armazenada por mais tempo durante o período de estiagem. Tem por objetivo proporcionar o acesso à água para a produção agrícola de alimentos, principalmente verduras e frutas, para famílias de baixa renda e residentes na zona rural, por meio do armazenamento de água da chuva durante a estação chuvosa, possibilitando que o solo permaneça úmido por um maior período, mesmo durante as secas. É importante ressaltar que, somente com o envolvimento das famílias, e a devida conscientização e orientação, é possível garantir a adequada utilização da tecnologia e a maximização dos benefícios dela decorrentes.

Bomba d'água popular: bomba manual resistente, que contém uma roda volante, de fácil manejo, de preço acessível e que pode aproveitar a água relativamente rasa e com vazão pequena do embasamento cristalino. Aproveita os poços tubulares desativados para extrair água subterrânea com pouco esforço físico. Tem como principal objetivo facilitar a retirada manual de água de poços, garantindo abastecimento para uso geral da casa em comunidades rurais. Os seguintes aspectos são considerados positivos no funcionamento dessa tecnologia: baixo custo de manutenção, fácil manuseio, beneficia até 10 famílias e não apresenta gasto de energia ou combustível para o bombeamento da água. Deve-se ressaltar que é necessário o compromisso das comunidades na manutenção das bombas para seu bom funcionamento.

Caixa seca: consiste na construção de reservatórios tecnicamente dimensionados na margem das estradas para a captação das águas de chuva. O procedimento evita as enxurradas, a erosão, o assoreamento dos rios e a depredação das estradas pela chuva, aumentando, ainda, o armazenamento de água e o abastecimento do lençol freático, favorecendo as nascentes e a vazão dos rios. Sua finalidade é captar o escoamento superficial da água de chuva em estradas vicinais, contribuindo para conservação do solo e da água, o controle da erosão, a redução do escoamento superficial, aumento na infiltração de água, a custos relativamente baixos. Ressalte-se que sua construção requer o adequado dimensionamento das estruturas, levando-se em consideração a pluviometria do local, o tipo de solo e as dimensões. A construção também deve ser orientada e realizada por operadores treinados, com utilização de maquinário apropriado, exigindo manutenção permanente da estrutura para um bom desempenho.



1.3. Sistemas simplificados de abastecimento de água

O uso da água, tanto para o consumo humano e animal como para outros fins, exige um manejo adequado e programado para manter a sua sustentabilidade no Semiárido brasileiro.

Os Sistemas simplificados de abastecimento de água incluem a aplicação de várias tecnologias, envolvendo algumas etapas importantes, como: (i) captação, que consiste na estrutura construída para retirar a água bruta (sem tratamento) da natureza, podendo ser por meio da perfuração de um poço tubular ou por tomada d'água em um rio, córrego, ribeirão, barragens, lagos, lagoas, etc.; (ii) a adução, que consiste no conjunto de tubulações construídas para transportar a água da captação até a unidade de tratamento e também da unidade de tratamento até o reservatório; (iii) o tratamento (quando necessário) responsável por receber a água bruta e torná-la potável, ou seja, pronta para o consumo humano, nos níveis de qualidade exigidos pelo Ministério da Saúde; (iv) a reserva para acumulação da água tratada, de modo que possa ser utilizada nos horários de maior consumo e, ainda, evitar a falta d'água no caso de paralisação do sistema para manutenção; (v) e, por fim, a distribuição, que consiste no conjunto de tubulações construídas para transportar a água tratada até as casas das pessoas ou, em última alternativa, até um chafariz instalado em um ponto central da comunidade, conforme mostrado na Figura 55.

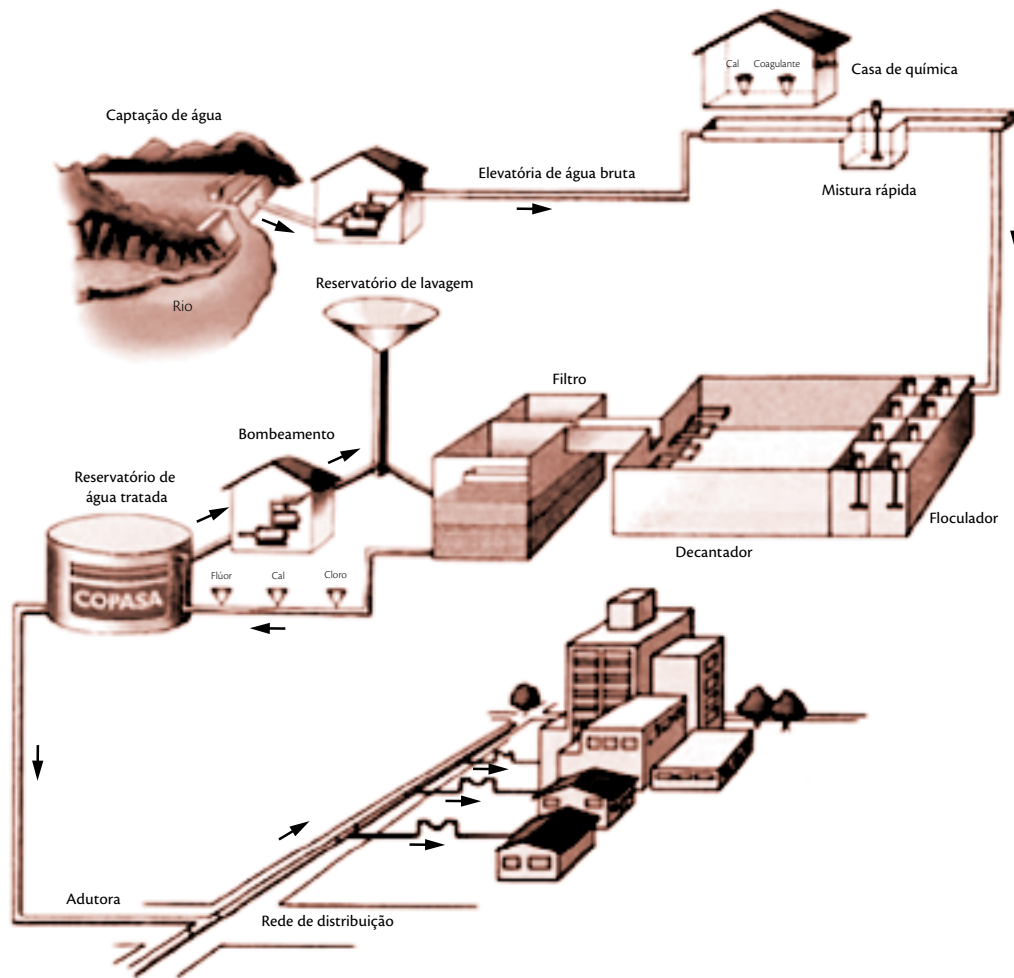


Figura 55 – Sistemas simplificados de abastecimento de água

Ilustração: Daniella Silva Ribeiro. Elaborada em parceria com técnicos da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) para o Programa Água para Todos do Ministério da Integração Nacional.



Referências

- AB'SÁBER, A.N. Dossiê Nordeste seco. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 13, n. 36, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v13n36/v13n36a02.pdf>>. Acesso em: 24 jan 2015.
- _____. **O domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileiras**. São Paulo: IGEOG – USP, 1974. (Geomorfologia, 43).
- _____. **Problemática da desertificação, da savanização no Brasil Intertropical**. São Paulo: IGEOG – USP, 1977. (Geomorfologia, 53).
- AIZEN, M.A.; HARDER, L.D. The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. **Current. Biology**, n. 19, p. 1–4. 2009.
- ALVES, J.E.D. Transição demográfica, transição da estrutura etária e envelhecimento, **Revista Portal de Divulgação**, n. 40, 2014.
- _____. A transição demográfica e a janela de oportunidade. **Braudel Papers**, v. 1, p. 1-13, 2008.
- ANDRADE, M.C. de. **A terra e o homem no Nordeste: contribuição ao estudo da questão agrária no Nordeste**. – 7. ed. rev. e aumentada – São Paulo: Cortez, 2005.
- ANGELOTTI, F.; JÚNIOR, P.I.F.; DE SÁ, I.B. Mudanças climáticas no semiárido Brasileiro: Medidas de mitigação e adaptação (Climate change in the Brazilian semiarid: Mitigation and adaptation practices). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 6, p. 1097-1111. 2012.
- ARAÚJO, L.A. de; LIMA, J.P.R. Transferências de renda e empregos públicos na economia sem produção do semiárido nordestino. **Planejamento e Políticas Públicas**, 2010.
- _____. Transferências de renda e empregos públicos na economia sem produção do semiárido nordestino. **Planejamento e Políticas Públicas** n. 33. jul./dez. 45-77. 2009.
- ARAÚJO FILHO, J.A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Projeto Dom Helder Câmara. Recife, 2013.
- ARRETCHE, M. Uma contribuição para fazermos avaliações menos ingênuas. In: BARREIRA, M.C.R.N.; CARVALHO, M.C.B. (Orgs.). **Tendências e perspectivas na avaliação de políticas e programas sociais**. São Paulo: IEE/PUC, 2001.
- ASA BRASIL - ASA. **Uma caminhada de sustentabilidade e de convivência no Semiárido**. Recife: ASA, 2010.
- BANCO DO NORDESTE DO BRASIL - BNB. **Nordeste 2022 - Estudos Prospectivos – Documento Síntese**. Banco do Nordeste/IICA. Fortaleza: Banco do Nordeste, 155 p. 2014.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL - BNB; Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.
Proposta de dimensionamento do semiárido brasileiro. Fortaleza, 2005.

BANCO MUNDIAL. **Agricultura para el desarrollo. Informe sobre el desarrollo mundial 2008.**
Washington, D.C.: 2007. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/INTIDM2008/INSPA/Resources/FINAL_WDR-OV-Spanish-text_9.26.07.pdf>. Acesso em: 24 nov 2014.

_____. **Convivência com o semiárido e gestão proativa da seca no Nordeste do Brasil: Uma Nova Perspectiva.** Série Água Brasil - Brasília, DF, 2014.

_____. **Monitor das Secas do Nordeste.** 2015

BAR-HEL, R.; SHACHAR, A.; SCHWARTZ, D.; BENTOLILA, D. **Reduzindo a pobreza através do desenvolvimento econômico do interior do Ceará.** Fortaleza: IPLANCE. 2002.

BARBOSA, M.P.; SANTOS M.J. **SIG e os desastres naturais: uma experiência na região de Sumé, estado da Paraíba, Brasil.** LA RED/ITDG, 1998.

BARCELLOS, C. de C. et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 18, n. 3, p.285-304, jul-set 2009.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Decreto n.º 74.794 de 30 de outubro de 1974, dispõe sobre a criação do Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste (POLONORDESTE). Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-74794-30-outubro-1974-423254-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 12 nov. 2012.

_____. _____. **Ato Adicional, Lei n.º 16** de 12 de agosto de 1834, faz alterações e adições à Constituição Política do Império. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1824-1899/lei-16-12-agosto-1834-532609-publicacaooriginal-14881-pl.html>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

_____. _____. **Decreto n.º 7.619** de 21 de outubro de 1909, aprova o regulamento para organização dos serviços contra os efeitos das secas. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1900-1909/decreto-7619-21-outubro-1909-511035-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

_____. _____. **Decreto n.º 78.299**, de 23 de agosto de 1976, dispõe sobre a criação do Programa Especial de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semi-Árida do Nordeste (Projeto Sertanejo). Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-78299-23-agosto-1976-427203-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

_____. _____. **Lei n.º 175** de 07 de janeiro de 1936, regulamenta o disposto no art. 177 da constituição. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/230371.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2012.



- _____. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuárias. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Ceará**. Recife: 1973. 2v. (Boletim técnico, 28 e SUDENE-DRN. Divisão de Agrologia. Série Pedologia, 16).
- _____. _____. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Pernambuco**. Recife: 1972. (Boletim técnico, 26 e SUDENE-DRN. Divisão de Agrologia. Série Pedologia, 14).
- _____. _____. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte**. Recife: 1971. (Boletim Técnico, 21 e SUDENE. DRN. Divisão de Agrologia. Série Pedologia, 9).
- _____. _____. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba**. Rio de Janeiro, 1972. (Boletim técnico, 15 e SUDENE-DRN. Divisão de Agrologia. Série Pedologia, 8).
- _____. Ministério da Integração Nacional. **Companhia de Desenvolvimento dos Vales do S. Francisco e do Parnaíba, CODEVASF (1948)**. Disponível em: <codevasf.gov.br>. Acesso em: 2 mai. 2012.
- _____. Ministério das Minas e Energia. RADAMBRASIL. Folha - SA. 24 – Fortaleza; **Folha SD. 24 – Salvador; Folha SD. 24/25 Jaguaribe/Natal**. Rio de Janeiro, 1981 (levantamento de Recursos Naturais).
- _____. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação no Brasil**. Brasília: 2007.
- _____. _____. **Monitoramento do desmatamento do bioma caatinga**. Centro de Sensoriamento Remoto – CSR/IBAMA. Brasília, 2010.
- _____. _____. **Programa de Ação Nacional de Combate à desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN)**, 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf>. Acesso em: 2 mai. 2012.
- _____. _____. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca – PAN-Brasil**. Brasília: ago/2004. 220p.
- _____. Ministério do Planejamento e Orçamento. **Projeto Áridas – Nordeste: Uma estratégia de desenvolvimento sustentável**. Brasília: 1995.
- _____. Presidência da República. **Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil** de 16 de julho de 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao034.htm> Acesso em: 15 nov. 2012.
- _____. _____. **Constituição dos Estados Unidos do Brasil** de 18 de setembro de 1946. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao046.htm>. Acesso em: 15 nov. 2012.

- _____. _____. **Constituição da República Federativa do Brasil**, promulgada em 05 de outubro de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 10 dez. 2012.
- _____. _____. **Decreto n.º 6.263 de 21 de novembro de 2007, Plano Nacional e Mudanças Climáticas**. Brasília, DF: 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6263.htm>.
- _____. _____. **Decreto n.º 9.857 modifica o artigo 1º do Decreto-Lei 8.486 de 28 de dezembro de 1945**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1930-1949/l175.htm>. Acesso em: 20 nov. 2012.
- _____. _____. **Decreto-Lei n.º 8.486 de 28 de dezembro de 1945**, dispõe sobre a reorganização da Inspetoria Federal de obras contra as Sêcas (I.F.C.O.S.), que passa a denominar-se Departamento Nacional de obras Contras as Sêcas (D.N.C.O.S.). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto-Lei/1937-1946/Del8486.htm>. Acesso em: 15 nov. 2012.
- _____. _____. **Lei n.º 1.348 de 10 de fevereiro de 1951**, dispõe sobre a revisão dos limites da área do polígono da seca. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L1348.htm>. Acesso em: 15 nov. 2012.
- _____. _____. **Lei n.º 1.649 de 19 de julho de 1952**. Cria o banco do Nordeste do Brasil. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>
- _____. _____. **Lei n.º 3.692 de 15 de dezembro de 1959**, institui a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/L3692.htm>. Acesso em: 15 nov. 2012.
- _____. _____. **Lei n.º 5.851 de 07 de dezembro de 1972**, autoriza o Poder Executivo a instituir empresa pública, sob a denominação de Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1970-1979/L5851.htm>. Acesso em: 15 nov. 2012.
- _____. _____. **Lei n.º 13.153 de 30 de julho de 2015**, institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e seus instrumentos; prevê a criação da Comissão de Combate à Desertificação; e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.legisweb.com.br>>
- _____. _____. **Lei n.º 6.218 de 07 de julho de 1975**, estabelece área de atuação da SUDENE. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6218.htm>. Acesso em: 15 nov. 2012.
- _____. Senado Federal. **Constituição Federal de 1967**, outorgada em 24 de outubro de 1967 e entrou em vigor em 15 de março de 1967. Disponível em: <<http://www.senado.leg.br/publicações/anais/pdf>>.



- _____. _____. **Constituição Federal de 1969**, entra em vigor em 30 de novembro de 1969.
Disponível em: <<http://www.senado.leg.br/publicações/anais/pdf>>.
- _____. _____. **Decreto n.º 20.284** de 28 de dezembro de 1945, aprova o regimento do Departamento Nacional de Obras contra as Secas (D.N.C.O.S.), do Ministério da Viação e Obras.
Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/listatextointegral.action?id+1485&norma=3221>>.
Acesso em: 15 nov. 2012.
- _____. _____. **Lei n.º 2.814** de 06 de julho de 1956, dispõe sobre a concessão de auxílio aos municípios situados no Polígono das Secas, para instalação de serviços públicos de abastecimento d'água. Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/listaPublicacoes.action?id=111036&tipoDocumento=LEI&tipoTexto=PUB>>. Acesso em: 15 nov. 2012.
- _____. Superior Tribunal de Justiça. **Decreto n.º 1396** de 10 de outubro de 1905, dispõe sobre as despesas com a construção de obras preventivas dos efeitos das secas que assolam os estados do norte. Disponível em: <<http://www.stj.jus.br/portal/indiceadi/listaindice>>
- BRASILEIRO, R.S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. **Scientia Plena**, v. 5, n. 5, 2009.
- BUAINAIN, A.M.; GARCIA, J.R. Capítulo V: Pobreza Rural e Desenvolvimento do Semiárido Nordeste: Resistência, Reprodução e Transformação. In: BUAINAIN, A.M.; DEDECCA, C. (orgs.) **A nova cara da pobreza rural: desenvolvimento e a questão regional** Brasília: IICA, fev. 2013a. (Série Desenvolvimento Rural Sustentável, v. 17).
- _____. **Desenvolvimento rural do semiárido brasileiro: transformações recentes, desafios e perspectivas**. **Confins [Online]**, n. 19, 2013, Disponível em: <<http://confins.revues.org/8633>>. Acesso em 25 jan. 2015.
- CACCIAMALI, M.C.; BARBOSA, A. de. **Desigualdades econômicas e sociais no Nordeste**. Análise temática dos estudos prospectivos sobre o desenvolvimento do Nordeste para o BNB. Fortaleza: IICA/BNB, 2014.
- CAMPANHOLA, C.; GRAZIANO DA SILVA, J. **O Novo rural: uma análise nacional e regional**. São Paulo: Embrapa, 2000.
- CARVALHO, P.G.M. de et al. Gestão local e meio ambiente. **Ambiente & sociedade**, v. 8, n. 1, p. 121-140, 2005.
- CARVALHO, V.; LOMBARDO, M.A. **Análise preliminar das potencialidades das imagens Landsat para estudo de desertificação**. São José dos Campos: INPE, 1979. (INPE _ 1540 _ RPE/065).
- CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. **Companhia Hidroelétrica do São Francisco, CHESF (1945)**.
Disponível em: <<http://chesf.gov.br>>. Acesso em: 10 mai. 2012.

- CHACON, S.S.; OLIVEIRA, F.C. Breve discussão sobre os impactos das mudanças climáticas no território do Semiárido brasileiro. **Boletim da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**. n. 23/24. Edição Especial – Mudanças Climáticas, p. 49-56. 2010.
- CIRILO, J.A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008.
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – CEPAL. **Vulnerabilidad sociodemográfica: viejos e nuevos riesgos para comunidades, hogares e personas**. Santiago de Chile: LC/G 2170, 2002. (Síntesis e Conclusiones).
- CONTI, J.B. **Desertificação nos trópicos – Proposta de metodologia de estudo aplicada ao Nordeste Brasileiro**. Tese (Livre Docência) Departamento de Geografia da FFLCH da USP. São Paulo: 1995.
- COSTA, R.G. et al. Caracterização do sistema de produção caprino e ovino na região semi-árida do estado da Paraíba, Brasil. **Archivos de zootecnia**, v. 57, n. 218, p. 195-205, 2008.
- CUNHA, T.J.F. et al. Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SA, I.B.; SILVA, P.C.G. da. **Seminário brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2010. p. 49-87.
- DELGADO, G.; CARDOSO JR., J.C. (org.). **A universalização de direitos sociais no Brasil: a previdência rural nos anos 90**. IPEA, Brasília, 2000.
- DRUMOND, M.A.; KILL, L.H.P.; LIMA, P.C.F.; OLIVEIRA, M.C.; OLIVEIRA, V.R.; ALBUQUERQUE, S.G.; NASCIMENTO, C.E.S.; CAVALCANTE, J. **Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga**. Petrolina: EMBRAPA, CPATSA, 2000. 21 p.
- DUARTE, R.S. **Pobreza e políticas públicas no nordeste do Brasil. Pobreza, desigualdade social y ciudadanía los limites de las políticas sociales em América Latina**. ZICCARDI, A. (comp.), Buenos Aires: 2001. p. 425-440. Disponível em: <<http://168.96.200.17/ar/libros/pobreza/duarte.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2012.
- _____. Seca, pobreza e políticas públicas no nordeste do Brasil. In: ZICARDI, Alicia (Comp.). **Pobreza, desigualdad social y ciudadanía: los límites de las políticas sociales en América Latina**. Buenos Aires: CLACSO. p. 425-440. 2001.
- DUQUE, J.G. **O Nordeste e as Lavouras Xerófilas**. Fortaleza: BNB, 2004.
- _____. **Perspectivas nordestinas**, 2ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004.
- _____. **Solo e Água no Polígono das Secas**. Fortaleza: BNB, 2004.
- EHRlich, P.R.; EHRlich, A.H. **The population explosion**, New York: Simon and Schuster, 1990, 320p.



ELIAS, D.; PEQUENO, R. Desigualdades socioespaciais nas cidades do agronegócio. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 9, n. 1, p. 25-39, 2011.

ELOY, L.; COUDEL, E.; TONI, F. Implementando pagamentos por serviços ambientais no Brasil: caminhos para uma reflexão crítica. **Sustentabilidade em Debate**, v. 4, n. 1, p. 21-41, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Estabelecimento e manejo das forragens**. In: _____. Sistemas de produção de leite para diferentes regiões do Brasil. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/sistemaproducao/book/export/html/147>>. Acesso em: 12 mai 2015.

_____. Centro de Pesquisas Pedológicas. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Alagoas**. Recife: 1975. (Boletim técnico, 35 e SUDENE. Divisão de Recursos Renováveis. Série Recursos de Solos, 5).

_____. _____. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Sergipe**. Recife: 1975. (Boletim técnico, 36 e SUDENE. Divisão de Recursos Renováveis, Série Recursos de Solos, 6).

_____. _____. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, estado da Bahia**. Recife: 1977. (Boletim técnico, 52 e SUDENE. Divisão de Recursos Renováveis, 10).

_____. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco, estado da Bahia**. Recife: 1976. (Boletim técnico, 52 e SUDENE. Divisão de Recursos Renováveis, Série Recursos de Solos, 10).

_____. _____. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Maranhão**. Rio de Janeiro: 1986. (Boletim de Pesquisa, 35 e SUDENE. Divisão de Recursos Renováveis, Série Recursos de Solos, 17).

_____. _____. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Piauí**. Rio de Janeiro: 1986. (Boletim de Pesquisa, 36 e SUDENE. DRN. Divisão de Recursos Renováveis, Série Recursos de Solos, 18).

_____. **Sistema de Produção de Caprinos e Ovinos de Corte para o Nordeste Brasileiro**. Sobral: Embrapa Caprinos. (Sistemas de Produção, 1). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/CaprinosOvinosdeCorte/CaprinosOvinosCorteNEBrasil/index.htm>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

ENGEL, S.; PAGIOLA, S.; WUNDER, S. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. **Ecological Economics**, n. 65, p. 663-674. 2008.

FIGUEIRÊDO JUNIOR, H. Desafios para a cajucultura no Brasil: o comportamento da oferta e da demanda da castanha de caju. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 37, n. 4, p. 550-571, 2006.

- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Global agriculture towards 2050. **High level expert forum**. Roma, 12 e 13 out. 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2015.
- FREITAS, P.H. Um novo olhar do sertão: avaliação participativa do projeto policultura no semiárido. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 2592-2595. 2009.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. Site. Disponível em: <<http://www.funceme.br>>. Acesso em: 24 jun. 2012 e 2014.
- _____. ICID. **Áreas Degradadas Suscetíveis aos Processos de Desertificação no Estado do Ceará** – Brasil. Fortaleza: 1992.
- _____. **Manual técnico-operacional de desenvolvimento hidroambiental do Ceará – PRODHAM**. Fortaleza: 2010 d. 266p. (Tecnologias e Práticas Hidroambientais para Convivência com o Semiárido, 4)
- _____. **Práticas inovadoras de controle edáfico e hidroambiental para o semiárido do Ceará**. Fortaleza: 2010e. 190p. (Tecnologias e Práticas Hidroambientais para Convivência com o Semiárido, 2).
- _____. Banco do Nordeste do Brasil. **Redimensionamento da região semiárida do Nordeste do Brasil**. Fortaleza: 1993.
- _____. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Avaliação geoambiental de práticas conservacionistas implantadas na microbacia do rio Cangati, Canindé-CE**. Fortaleza, 2010a. 390p. (Tecnologias e Práticas Hidroambientais para Convivência com o Semiárido, 3).
- FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA – UNICEF. **Situação mundial da infância 2011: adolescência uma fase de oportunidades**. 2011.
- FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura. 1964.
- GOMES, G.M. **Velhas secas em novos sertões: continuidade e mudanças na economia do semi-árido e dos cerrados nordestinos**, Brasília: Ipea, 2001.
- _____. **Macroeconomia do Nordeste**: tendências, desafios e perspectivas da dinâmica da economia do Nordeste e seus determinantes e das mudanças na estrutura produtiva regional. Análise temática dos Estudos prospectivos sobre o desenvolvimento do Nordeste para o BNB. Fortaleza, CE: IICA/BNB, 2014.
- GORDON, J.; DAVIES, L. **Valuing honeybee pollination**. Austrália: RIRDC, 2003.
- GRAZIANO DA SILVA, J.G.; CAMPANHOLA, C. (ed.). **O novo rural brasileiro: uma análise nacional e regional**. v. 1. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente. 2000.



- GRUPO DE TRABALHO PARA O DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – GTDN. **Uma política de desenvolvimento econômico para o Nordeste**. Rio de Janeiro: Departamento de Imprensa Nacional, 1959.
- _____. **Uma política para o Desenvolvimento Econômico para o Nordeste**. 2 ed. Recife: SUDENE, 1967.
- GUANZIROLI, C. et al. **Agricultura familiar e reforma agrária no século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de dados**. Perfil dos Estados: Área (km²). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: 15 dez. 2015.
- _____. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>
- _____. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1985.
- _____. **Malha municipal digital do Brasil**. IBGE, 2007. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 fev. 2015.
- _____. **Manual técnico do uso da terra**. Manuais Técnicos em Geociências. N.º 7. 3. ed. Rio de Janeiro: 2013.
- _____. **Perfil dos municípios Brasileiros-2012**. Pesquisa de Informações Básicas Municipais. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: 2013.
- INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA PARA MUDANÇAS CLIMÁTICAS – INCT. **Relatório de atividades**, set. 2011 a mar. 2013. São José dos Campos: INPE, 2013.
- _____. **Relatório de atividades**, 2010. São José dos Campos: INPE, 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO – INSA. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**.
- LIMA, R. da C.C.; CAVALCANTE, A. de M.B.; ALDRIN, M.P.-M. (eds.) Campina Grande: INSA-PB, 2011.
- INSTITUTO DE PERMACULTURA DA BAHIA – IPB. **Policultura no semi-árido: descrição da tecnologia social**. Prêmio Fundação Banco do Brasil de Tecnologias Sociais. 2007. Disponível em: <<http://www.fbb.org.br/tecnologiasocial/>>. Acesso em: 24 jan. 2015.
- INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DA BAHIA. **Plano estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca**, PAE/BA. Salvador: 2014.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change**. Working Group III Report. 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm>> Acesso em: 24 out. 2014.
- KOSOY, N.; CORBERA, E.; BROWN, K. Participation in payments for ecosystem services: Case studies from the Lacandon rainforest, Mexico. **Geoforum**, n. 39, p. 2073-2083, 2008.

- LEAL, I.R.; SILVA, J.M.C. da; TABARELLI, M. JR; LACHER, T.E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, n. 13, p. 139–146. 2005.
- LEME, T.N. Os Municípios e a política nacional do meio ambiente. **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 2, n. 35, p. 25-52, 2011.
- LEMOS, J.J.S. Desertificação no semi-árido brasileiro. São Luís. **Revista Pesquisa em Foco**, São Luís, v. 5, n. 5, jan/jun, 1997.
- LIMA, P.V.P.S.; QUEIROZ, F.D.; MAYORGA, M.I.O.; Cabral, N.R.A.J. A propensão a degradação ambiental na mesorregião de Jaguaribe no estado do Ceará. **Economia do Ceará em Debate 2008**. Fortaleza: IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégica Econômica do Ceará, v.1, p. 27-43. 2009.
- MAGALHÃES, et al. A experiência da seca no Nordeste do Brasil. In: _____. **Impactos sociais e econômicos de variações climáticas e respostas governamentais no Brasil**. Fortaleza: Imprensa Oficial do Ceará, 1991.
- MARENGO, J.A. et al. **Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território Brasileiro ao longo do século XXI: sumário técnico**. Rio de Janeiro: Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2007.
- MARENGO, J.A. Água e Mudanças Climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, 2008.
- _____. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2. ed. Brasília: MMA, 2006. 212 p.
- MARIANO, J.L.; NEDER, H.D. Renda e pobreza entre famílias no meio rural do Nordeste. **Economia e Desenvolvimento**, Recife (PE), v. 5, n. 2, p. 221-242, 2006.
- MARTINS, E.S.P.R. **Climate forecasts and its use for reservoir inflow forecasts in annual water allocation: challenges & opportunities**. WCRP Conference for Latin America and the Caribbean: Developing, linking and applying climate knowledge. Oral Communication. Montevideu, 2014.
- _____. **Uma análise das previsões sazonais passadas para a Região Nordeste: Por que precisamos mudar nosso Sistema de Previsão Climática**. In: WORKSHOP de Previsão Climática, 15., 2013.
- _____; BRAGA, C.F.C.; NYS, E. de; SOUZA FILHO, F.A.; FREITAS, M.A.S. **Impacto das mudanças do clima e projeções de demanda sobre o processo de alocação de água em duas bacias do nordeste semiárido**. 1. ed. (revisada). Brasília, DF: 2013. (Série Água Brasil - v. 8).
- _____; BURTE, J.; VIEIRA, R.F.; REIS, D.S. As águas do Nordeste e o balanço hídrico. In: CENTRO



- DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, Agência Nacional de Águas. **A Questão da água no Nordeste**. Brasília, DF: CGEE, p. 101-122, 2012.
- MASON, S.; CHIDZAMBWA, S. **Position paper: Verification of African RCOF Forecasts**. New York, NY: Columbia University Academic Commons. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10022/AC:P:8908>>. 2009.
- MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: Unesco Brasil. 2001. (Série Meio Ambiente, v. 2).
- MATTAR, M.E. O árido problema da desertificação. **La Insígnia – Revista de Ecologia**. Ago. 2003. Disponível em: <<http://www.lainsignia.org/ecologia.html>>. Acesso em: 24 out. 2014.
- MEDEIROS FILHO, J.; SOUZA, I. **A seca do Nordeste: um falso problema**. Petrópolis: Vozes, 1988.
- MELLO, H.O. de. **Educação no contexto do semiárido brasileiro**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, p. 25-44, 2004.
- MEUNIER, I. **Vasconcellos Sobrinho e o amadurecimento da compreensão da desertificação no Brasil**. Recife: UFRPE, 2008.
- MONTEIRO, C.A.F. On the desertification in the northeast Brazil and man's role in the process. **Latin American Studies**. Ibaraki n.9, The University of Tsukuba, Japan, 1988.
- MONTE-MÓR, R.L. O que é o urbano, no mundo contemporâneo. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, n. 111, p. 09-18, 2011.
- MOTTA, R.S. da et al. **Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília: IPEA, 2011. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/geografia/cultivo-conservacao-solo.htm>>. Acesso em: 21 nov. 2014.
- MURADIAN, R.; CORBERA, E.; PASCUAL, U.; KOSOY, N.; MAY, P.H. Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. **Ecological Economics**, n. 69, p. 1202-1208, 2010.
- NEVES, F. de C. Getúlio e as secas: políticas emergenciais na era Vargas. **Ver. Bras. Hist.** São Paulo, v. 21, n. 40, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-01882001000100006&script=sci_arttext>. Acesso em: 10 dez. 2012.
- NIMER, E. Desertificação: realidade ou mito? **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 50, n. 1, p. 7-40, 1988.

- _____. Subsídio ao Plano de Ação Mundial para Combater a Desertificação – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 42, n. 3, p. 612-637, 1980.
- NOVAES, W. **Agenda 21 Brasileira: bases para discussão**. Brasília: MMA-PNUD, 2000.
- OJIMA, R.; MARTINE, G. Resgates sobre população e ambiente: breve análise da dinâmica demográfica e a urbanização nos biomas brasileiros. *Idéias*, v. 1, n. 5, p.55-70. 2012.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro: 2012. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/documentos/documentos-da-conferencia/o-futuro-que-queremos/at_download/the-future-we-want.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2014.
- PANORAMA – ESPÍRITO SANTO. **Panorama sobre a desertificação no estado do Espírito Santo**. Vitória, 2005.
- PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - PBMC. **Base Científica das Mudanças Climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 COPPE. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014. 464 p.
- PROJETO ÁRIDAS: **Uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste**. Brasília: Ministério do Planejamento, 1995.
- REDE DE EDUCAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO - RESAB. **Educação para a convivência com o Semiárido: reflexões teórico-práticas**. Juazeiro, BA: Selo Editorial, 2006.
- REYNOLDS, J.F. et al. Global desertification: building a science for dryland development. *Science*, v. 316, n. 5826, p. 847-851, 2007.
- RODRIGUES, M.I.V. **A Propensão à desertificação no estado do Ceará: aspectos agropecuários, econômicos, sociais e naturais**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - PRODEMA. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: 2006.
- RODRIGUES, M.I.V.; VIANA, M.O.L. Desertificação e construção de um coeficiente interdisciplinar para o estado do Ceará. In: ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 2., *Anais...* p.66-95, 1997.
- RODRIGUES, V. Avaliação do quadro de desertificação no Nordeste do Brasil: diagnósticos e perspectivas, estudo especial. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE IMPACTOS DE VARIAÇÕES CLIMÁTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM REGIÕES SEMI-ÁRIDAS. *Anais...* Brasília: FGEB, 1992. p. 263-305.



- ROECKNER, E. et al. **The atmospheric general circulation model ECHAM-4: Model description and simulation of present-day climate**. Hamburg: Max-Planck-Institut für Meteorologie, 1996. (Report 218).
- ROXO, M.J. Panorama Mundial da Desertificação. Agricultura familiar e desertificação. In: SEMINÁRIO LUSO-BRASILEIRO. **Actas ...** João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, p. 11-32, 2006.
- SÁ, I.B.; SILVA, P.C.G. da (eds.). **Semiárido Brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa, 2010.
- SALES, M.C.L. **Estudo da degradação ambiental em Gilbués - PI: reavaliando o "núcleo de desertificação". Dissertação** (Mestrado) - Departamento de Geografia/ FFLCH/USP, São Paulo, 1998.
- _____. Evolução dos estudos de desertificação no Nordeste Brasileiro. **GEOUSP – Espaço e Tempo**. São Paulo, n. 11, p. 115-126. 2002.
- SAMPAIO, Y.; BATISTA, J.E.M. Desenvolvimento regional e pressões antrópicas no bioma Caatinga. In: SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M.T.; LINS, L.V. (orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p.311-324.
- SANDI, R.D.; HERINGER, L.P. A previdência social nos municípios do Semi-Árido brasileiro. **Informe de Previdência Social**, v. 13, n. 8, p. 1-16, 2001.
- SANTOS, M. **Por uma outra globalização**. Rio de Janeiro: Ed. Record, 2000.
- SANTOS, M.J. dos; DA SILVA, B.B.; DE OLIVEIRA, E.M. Analogia entre desmatamento e êxodo rural no nordeste do Brasil. **Qualit@s Revista Eletrônica**, v. 8, n. 1, p.1-14. 2009.
- SCHNEIDER, S.; ESCHER, F.; ANTONIO CONTERATO, M. Pluriatividade e plurirrendimentos nos estabelecimentos agropecuários do Brasil e das regiões sul e nordeste. In: SCHNEIDER, S.; FERREIRA, B.; ALVES, F. (orgs.) **Aspectos multidimensionais da agricultura brasileira: diferentes visões do Censo Agropecuário 2006**. Brasília: Ipea, 2014.
- SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE DE PERNAMBUCO. **Programa de ação estadual de Pernambuco para o combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca, PAE/PE**. Recife: 2009.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DE SERGIPE. **Programa de ação estadual de combate à desertificação, PAE/SE**. Aracaju: 2011.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS DO MARANHÃO. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da secado estado do Maranhão, PAE/MA**. São Luís: 2012.

SECRETARIA DE EXTRATIVISMO E DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS.

Plano de ação estadual de Alagoas para o combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca de Minas Gerais, PAE/MG. Belo Horizonte: 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da secado estado do Rio Grande do Norte.** Natal: 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS HÍDRICOS, DO MEIO AMBIENTE E DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca.** João Pessoa: 2011.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DE ALAGOAS. **Plano de ação estadual de Alagoas para o combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca, PAE/AL.** Maceió: 2011.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca, PAE/CE.** Fortaleza: 2010. 372 p.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO PIAUÍ. **Programa de ação estadual de combate à desertificação do Piauí, PAE/PI.** Teresina: 2010.

SILVA, R.M.A. da. Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido, **Transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento.** Fortaleza: 2008a. (Série BNB Tese e Dissertações, n. 12).

SILVA, V.P. **Impactos ambientais da expansão da cerâmica vermelha em Carnaúba dos Dantas–RN.** HOLOS,, v. 3, p. 96-112, 2008b.

SOUZA, B.I. **Contribuição ao estudo da desertificação na Bacia do Taperoá - PB.** Dissertação (Mestrado) – PRODEMA/UFPB. João Pessoa: 1999.

SOUZA M.J.N.; OLIVEIRA, V.P.V. de. Semiárido do Nordeste do Brasil e o fenômeno da seca. In: HUBP, J.L.; INBAR, M. (orgs.). **Desastres naturales en América Latina.** Cidade do México: 2003, p. 207-221.

SUN, L.; LI, H.; WARD, M.N. Climate vulnerability and corn yields in semiarid Ceará, Brazil. **Journal of Applied Meterorology and Climatology**, v. 46, 2007, p. 226-240.

TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. da; LEAL, I.R. (eds.) **Áreas e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga.** 2003, p. 777-796.

THORNTON, C.W. **Atlas of climatic types in the United States 1900 – 1939.** USD, 1941.

UNITED NATIONS. Environment Management Group. **Global drylands: a UN system-wide response.** Geneve, SW: 2011. 132p.



UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION - UNCCD. **The land in numbers - livelihoods at a tipping point**. Secretariat at UNCCD, 2014. Disponível em: <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/Land_In_Numbers.pdf>. Acesso em 15 Jul. 2015.

_____. Refinamento do conjunto de indicadores de impacto sobre objetivos estratégicos 1, 2 e 3. **Recomendações do ad hoc grupo consultivo de técnicos peritos**. In: CONFERENCE OF THE PARTIES, Committee on S&Technology, Eleventh session Windhoek, Namibia, 17–20 September 2013. Disponível em: <<http://www.unccd.int/Lists/OfficialDocuments/cop11/cst2eng.pdf>>. Acesso em: 15 Jul. 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional – CEDEPLAR; Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ . **Mudanças climáticas, migrações e saúde: cenários para o Nordeste Brasileiro, 2000-2050**. Relatório de pesquisa. Belo Horizonte. MG: 2008.

VASCONCELLOS SOBRINHO, J. **Identificação de processos de desertificação no Polígono das Secas do Nordeste Brasileiro**. Recife. SUDENE. 1978

_____. **Metodologia para identificação de processos de desertificação: manual de indicadores**. SEMA/ SUDENE. Recife, PE: 1978.

_____. **O Deserto Brasileiro**. UFRPE. Recife, PE: 1974.

VENTURA, A.C.; ANDRADE, J.C.S. Policultura no semiárido brasileiro. **Field Actions Science Reports. The journal of field actions**, n. Special Issue 3, 2011.

VIANNA, J.N.S. et al. **Em busca de uma estratégia de adaptação às mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. ComCiência, Campinas. n. 149, 2013.

VIEIRA, R.M.; FURTADO, C. **A construção do Nordeste**. 2004. (Relatório de Pesquisa, n. 24),

WESTING, A.H. **Population, desertification, and migration, environmental conservation**, n. 21, p. 110-114, 1994.

ZIMMERMANN, A. **Turismo rural: um modelo Brasileiro**. Florianópolis: Editora do Autor, 1996.



Glossário

Abiótico – Componente do ecossistema natural que não inclui os seres vivos.

Ablação – Processo erosivo que conduz a perda física dos horizontes superficiais do solo.

Ações areolares – Processos morfodinâmicos ou erosivos que se manifestam em áreas interfluviais.

Áreas de acumulação inundáveis – Áreas planas com ou sem cobertura arenosa, sujeitas a inundações periódicas.

Afloramento – Exposição da rocha na superfície do solo.

Alcalino – Solos ou água com pH superior a 7.

Aluvião – Sedimentos não coesos, transportados e depositados pelos rios em áreas de planícies fluviais.

Antrópica – Resultante da ação do homem sobre o ambiente.

ArcGIS – Grupo de programas de informática e que constitui um sistema de informação geográfica, produzido pela empresa ESRI, para trabalhar com mapas e informações georreferenciadas.

Arreísmo – Condição hidrológica de ambientes secos ou desérticos.

Aspectos fisionômicos – Aspectos naturais referentes ao padrão fisionômico da cobertura vegetal.

Assoreamento – Acumulação ou colmatagem de sedimentos em ambientes predominantemente submersos.

Azonal – Não obedece a faixas determinadas de latitude.

Bacia hidrográfica – Terras drenadas por um rio coletor principal e seus afluentes e subafluentes.

Bacia intracratônica – Bacias sedimentares embutidas em terrenos de embasamento cristalino.

Biodiversidade – Sinônimo de diversidade biológica. Significa a variabilidade dos seres vivos de todas as origens, bem como os complexos ecológicos de que fazem parte.

Bióticos – Referente às condições biológicas do ambiente natural.

Caatinga – Vegetação xerófila do semiárido brasileiro, do tipo mata espinhosa tropical.

Chapadas – Relevos tabuliformes de pendentes de estrutura geológica horizontal.

Clásticos – Materiais sedimentares desagregados ou decompostos por processos de intemperismo físico ou químico.

Compartimentação geoambiental – Distribuição geográfica dos sistemas ambientais oriundos das relações mútuas entre os componentes de potencial ecológico e de exploração biológica.

Componentes naturais – Conjunto de fatores de natureza referentes às rochas, relevo, clima, águas superficiais e subterrâneas, solos, vegetação e fauna.

Condições litoestratigráficas – Sequência de formações geológicas de uma determinada área geográfica.

Condições morfopedológicas – Distribuição associada do relevo e dos solos de uma área geográfica.

Cuesta – Relevo dissimétrico dependente de estrutura geológica subhorizontal.

Degradação ambiental – Alteração adversa típica das características naturais originais.

Degradação da terra – a perda de produtividade em decorrência de fatores como erosão do solo, diminuição da fertilidade do solo e perda da vegetação natural, devido à ação antrópica e de fenômenos naturais, como mudanças climáticas (Brasil, PAN-Brasil, 2004).

Depressão – Superfície topográfica situada abaixo das regiões que lhes estão próximas.

Drenagem exorréica – Rede hidrológica organizada, hierarquizada em que o principal coletor de drenagem desemboca no oceano.

Ecodinâmico – Expõe as relações recíprocas entre os componentes naturais e a dinâmica dos fluxos de energia e matéria no meio ambiente, conforme Tricort (1977). Com base nos balanços entre processos morfogenéticos e pedogenéticos, desenvolvem-se ambientes estáveis, de transição e fortemente instáveis.

Edáfica – Relativa a solos e sua capacidade de produção agrícola.

Embasamento cristalino – Domínio geológico-estrutural constituído por rochas de consolidação muito antigas, associado ao pré-Cambriano. Abrange rochas ígneas e metamórficas.

Endemismo – Área geográfica que abriga espécies não naturalmente encontradas em nenhum outro local.

Entorno – Área que circunscreve um território que tem limites estabelecidos.

Extratativismo – Sistema de exploração de bens naturais com base na coleta e na extração desses bens.

Feições morfogenéticas – Distribuição das formas de relevo conforme sua gênese.

Hidroclimática – Característica ligada às condições hidrológicas e climáticas de uma região.

Hidrogeológico – Referente às águas subterrâneas.

Impacto ambiental – É todo e qualquer impacto que afete o equilíbrio do meio físico-biótico.



Índice de Gini – Mede o grau de desigualdade existente na distribuição de indivíduos segundo a renda domiciliar per capita. Seu valor varia de 0, quando não há desigualdade (a renda domiciliar per capita de todos os indivíduos tem o mesmo valor), a 1, quando a desigualdade é máxima (apenas um indivíduo detém toda a renda).

Maciço residual – Níveis elevados de serras que se destacam, topograficamente, sobre a depressão sertaneja.

Meio ecodinâmico – Categoria de ambiente que tem maior ou menor estabilidade ambiental.

Modelado – Aspecto geomorfológico de superfície.

Morfodinâmica – Referente aos processos erosivos modelados da superfície topográfica.

Pedimento – Rampas de erosão oriundas de vertentes, resultando em planos inclinados que ligam dois níveis topográficos com altimetrias diferenciadas.

Pediplano – Superfície de aplainamento formada pela coalescência de pedimentos, representando extensas superfícies de erosão modeladas em climas desérticos e semiáridos, a exemplo da depressão sertaneja do Nordeste brasileiro.

Pedoclima – Clima de épocas passadas, cujas características são inferidas a partir de evidências geológicas e geomorfológicas (paleoformas), pedológicas (paleossolos) e/ou fitoecológicas (enclaves).

Pedogênese – Referente a origem dos solos.

Planície fluvial – Área plana resultante da acumulação de sedimentos aluviais, sinônimo de planícies aluviais ou planícies de inundação.

Plano diretor – Plano que, a partir de um diagnóstico científico da realidade física, social, econômica, política e administrativa da cidade, do município e de sua região, apresentaria um conjunto de propostas para o desenvolvimento socioeconômico e a organização espacial dos usos das áreas em determinada localidade.

Projeto Radambrasil – Projeto que resultou na geração de imagens de satélites de diversas regiões do território brasileiro, em especial da Amazônia, por meio de imagens aéreas de radar, captadas por avião, visando à realização do estudo do meio físico e biótico.

Regressão – Fenômeno de recuo de mar expondo áreas anteriormente submersas de plataforma continental.

Tabuleiro – Forma topográfica de terreno que se assemelha a baixos planaltos limitados por declives.

Transgressão – Fenômeno de avanço do mar sobre áreas continentais.

Zonal (clima) – Cinturão climático da terra, referente a faixas determinadas de latitude, a exemplo dos climas polares, temperados e equatoriais.



Lista de figuras

CAPÍTULO 1

Figura 1 – Órbitas Landsat que recobrem a Área Suscetível à Desertificação do Brasil	29
Figura 2 – Composição das imagens Landsat 8 (Bahia)	30
Figura 3 – Método de interpolação, em ambiente SIG, dos dados pluviométricos	32
Figura 4 – Polígono das Secas	38
Figura 5 – Região Semiárida do Brasil e as grandes unidades geossistêmicas	39
Figura 6 – Nova delimitação do Semiárido brasileiro	41
Figura 7 – Mapa da Área Suscetível à Desertificação no Brasil	45
Figura 8 – Localização da Área Suscetível à Desertificação no Brasil	49
Figura 9 – Domínios naturais da Área Suscetível à Desertificação no Brasil	52

CAPÍTULO 2

Figura 10 – Imagens do satélite Landsat 8, composição datada de 2014, identificando áreas com sinais de degradação	60
Figura 11 – Imagem do satélite Landsat 8 - composição datada de 2014, mostrando áreas de uso agrícola na Bahia (ainda não degradadas)	61
Figura 12 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado de Alagoas	62
Figura 13 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado da Bahia	62
Figura 14 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado do Ceará	63
Figura 15 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado do Espírito Santo	64
Figura 16 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado do Maranhão	65
Figura 17 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado de Minas Gerais	66
Figura 18 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado da Paraíba	66
Figura 19 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado de Pernambuco	67
Figura 20 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado do Piauí	68
Figura 21 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado do Rio Grande do Norte	68
Figura 22 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação no Estado de Sergipe	69
Figura 23 – Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação nas Áreas Suscetíveis à Desertificação do Brasil	70

CAPÍTULO 3

Figura 24 – Vulnerabilidade ambiental envolvendo a Área Suscetível à Desertificação no Brasil	75
Figura 25 – Pluviometria média anual – 1950-2012 da Área Suscetível à Desertificação no Brasil	76
Figura 26 – Sistema de degradação ambiental e configuração de núcleos de desertificação no Semiárido.	78
Figura 27 – Taxa de crescimento populacional rural na Área Suscetível à Desertificação no Brasil	84
Figura 28 – Densidade demográfica na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2010)	90
Figura 29 – Pontos centrais dos aspectos demográficos na Área Suscetível à Desertificação no Brasil	93
Figura 30 – Distribuição dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo o IDH no ano 2010	95
Figura 31 – Distribuição dos municípios com Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil, segundo a taxa de alfabetização no ano 2010	100
Figura 32 – Esperança de vida ao nascer na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)	101
Figura 33 – Distribuição dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo a renda <i>per capita</i> (2010)	104
Figura 34 – Distribuição dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo o Índice de Gini (2010)	106
Figura 35 – Distribuição dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo a proporção de pobres (2010)	109
Figura 36 – Distribuição dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo os beneficiários do Programa Bolsa Família (2010)	112
Figura 37 – Distribuição percentual de ocupados por setor econômico na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2000 e 2010)	113
Figura 38 – Percentual de municípios segundo a existência de instrumentos de gestão municipal do meio ambiente, na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2013)	117
Figura 39 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo o percentual de perda da área plantada com lavouras temporárias (2012)	128
Figura 40 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo a taxa média de crescimento anual da área plantada com lavouras temporárias (2000 – 2010)	130
Figura 41 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo o percentual de perda na área plantada com lavouras permanentes (2012)	139



Figura 42 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo a taxa média de crescimento anual da área plantada com lavouras permanentes (2000 – 2010)	141
Figura 43 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil, segundo o número de ovinos (2012)	150
Figura 44 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários nas áreas degradadas, desertificadas e de maior incidência de secas no Brasil, segundo o número de caprinos 2012	151
Figura 45 – Distribuição dos estabelecimentos agropecuários na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, segundo a taxa média de crescimento anual da bovinocultura (2000 – 2012)	154

CAPÍTULO 4

Figura 46 – Índice de Aridez para a região Nordeste (MARTINS <i>et al.</i> , 2012).	171
Figura 47 – Índice de Aridez da região Nordeste para anos secos, normais e chuvosos (MARTINS <i>et al.</i> , 2012)	172
Figura 48 – O ciclo da gestão de riscos e desastres	176
Figura 49 – Pilares da preparação às secas	177
Figura 50 – Mapa do Monitor de Seca correspondente ao mês de setembro de 2015	179
Figura 51 – Previsão baseada no modelo ECHAM 4.6, emitida em setembro de 2015, para outubro a dezembro de 2015: (a) Probabilidade do tercil mais provável (categorias abaixo, em torno e acima da média); (b) função densidade de probabilidade para observação e previsão do Estado do Ceará	181
Figura 52 – Média das anomalias de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) para o Oceano Pacífico, correspondentes ao período de quatro semanas, entre 26 de agosto e 16 de setembro de 2015	182
Figura 53 – Precipitação Média Anual (P), Evapotranspiração Potencial Média Anual (ETP) e Índice de Aridez (P/ETP) para o presente (CRU , período: 1971-2000) e modelos climáticos globais CSIRO-Mk3-6, MIROC5 e INCM4 para o Cenário RCP 4,5 e período: 2041-2070	185
Figura 54 – Precipitação Média Anual (P), Evapotranspiração Potencial Média Anual (ETP) e Índice de Aridez (P/ETP) para o presente (CRU, período: 1971-2000) e modelos climáticos globais CSIRO-Mk3-6, MIROC5 e INCM4 para o Cenário RCP 8,5 e período: 2041-2070	186

CAPÍTULO 5

Figura 55 – Sistemas simplificados de abastecimento de água	218
--	-----

Lista de gráficos

CAPÍTULO 3

Gráfico 1	– Taxa de crescimento populacional, rural e urbana, na Área Suscetível à Desertificação no Brasil	83
Gráfico 2	– Proporção de crianças até 14 anos na população total na Área Suscetível à Desertificação no Brasil	85
Gráfico 3	– Proporção de adolescentes, entre 15 e 17 anos, na população da Área Suscetível à Desertificação no Brasil	85
Gráfico 4	– Probabilidade de sobrevivência até 60 anos na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)	86
Gráfico 5	– Taxa de envelhecimento da população residente na Área Suscetível à Desertificação no Brasil	87
Gráfico 6	– Densidade demográfica na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)	89
Gráfico 7	– População por situação do domicílio na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)	91
Gráfico 8	– Indicadores densidade demográfica e taxa de urbanização na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991-2010)	92
Gráfico 9	– Evolução do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)	94
Gráfico 10	– Evolução da expectativa de anos de estudo, aos 18 anos de idade, na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)	98
Gráfico 11	– Comportamento da taxa de analfabetismo entre pessoas com 15 anos ou mais de idade na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)	98
Gráfico 12	– Evolução da taxa de alfabetização (% de pessoas acima de 5 anos alfabetizadas) na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)	99
Gráfico 13	– Número de crianças que poderiam não ter sobrevivido ao primeiro ano de vida, em cada 1000 crianças nascidas vivas na Área Suscetível à Desertificação no Brasil	101
Gráfico 14	– Taxa de crescimento dos indicadores de pobreza na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991 a 2010)	110
Gráfico 15	– Evolução dos indicadores de pobreza entre as crianças da Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991 a 2010)	110



Gráfico 16	– Percentual de domicílios particulares permanentes beneficiários do Programa Bolsa Família na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2010)	111
Gráfico 17	– Percentual da população acima de 16 anos ocupada, que se encontrava em situação de informalidade, nos municípios inseridos na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2010)	113
Gráfico 18	– Taxa de desocupação da população de 18 anos de idade ou mais, nos municípios inseridos na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2000 e 2010)	114
Gráfico 19	– Percentual da população de 10 a 13 anos ocupada e percentual de jovens de 15 a 29 anos que não estudavam e estavam inativos na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2010)	115
Gráfico 20	– Percentual de municípios com Plano Diretor na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2013)	117
Gráfico 21	– Proporção da Área Suscetível à Desertificação destinada ao plantio de lavouras temporárias e permanentes, por unidade da Federação e área total da ASD (2012)	124
Gráfico 22	– Distribuição da área plantada com lavouras temporárias e permanentes na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2012)	126
Gráfico 23	– Área plantada, área colhida e percentual de área perdida na Área Suscetível à Desertificação no Brasil de lavouras temporárias (1990 a 2012)	127
Gráfico 24	– Taxa de crescimento da produção de feijão, milho e mandioca na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2000 e 2000 -2010)	132
Gráfico 25	– Comportamento da produtividade média (kg/ha) de feijão, milho e mandioca na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2012)	136
Gráfico 26	– Área plantada, área colhida e percentual de área perdida na Área Suscetível à Desertificação no Brasil - Lavouras permanentes (1990 a 2012)	138
Gráfico 27	– Comportamento da produção de banana na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, por unidade da Federação (2001-2012)	142
Gráfico 28	– Comportamento da produção de café na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, por unidade da Federação (1991-2012)	142
Gráfico 29	– Comportamento da produção de castanha-de-caju na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, por unidade da Federação (1991-2012)	143
Gráfico 30	– Participação do rebanho da Área Suscetível à Desertificação no Brasil, no rebanho total do Brasil	146
Gráfico 31	– Comportamento do efetivo ovino na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2012)	147
Gráfico 32	– Comportamento do efetivo caprino na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2012)	148

Gráfico 33 – Comportamento do efetivo bovino (n.º de animais) na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991-2012) 153

Gráfico 34 – Comportamento da produção de mel de abelha na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991-2012) 156

CAPÍTULO 4

Gráfico 35 – Desvios percentuais em relação à média da precipitação anual do Estado. Em destaque, encontram-se as secas com duração de 3 ou mais anos 169

Gráfico 36 – Distribuição intra e interanual das chuvas para o Estado do Ceará no período de 2007 - 2015 (a) e para o Nordeste 2007 - 2015 (b). 170

Gráfico 37 – Previsões emitidas em janeiro (*boxplots*) e observações (linha preta) para o período de fevereiro a abril, nos anos de 2008 a 2015, correspondentes ao Estado do Ceará 182

Gráfico 38 – (a) Previsão probabilística de El Niño, Neutras e La Niña representadas pelas barras em vermelho, salmão e preto, respectivamente, sendo as probabilidades climatológicas representadas pelas linhas com as cores correspondentes; (b) Pluma das previsões dos modelos em meados de setembro para o horizonte até janeiro/fevereiro/março/2016 183



Lista de tabelas

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Indicadores socioeconômicos	27
Tabela 2 – Classificação climática de acordo com o Índice de Aridez	33
Tabela 3 – Quantidade de municípios e habitantes inseridos na Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro	40
Tabela 4 – Área Suscetível à Desertificação no Brasil	44
Tabela 5 – Síntese das principais informações sobre a ASD no Brasil de acordo com dados dos PAE	46
Tabela 6 – Características dos domínios naturais	53

CAPÍTULO 2

Tabela 7 – Quantificação das áreas fortemente degradadas	69
--	----

CAPÍTULO 3

Tabela 8 – População residente na Área Suscetível à Desertificação no Brasil	81
Tabela 9 – Proporção da população residente na Área Suscetível à Desertificação no Brasil	82
Tabela 10 – Taxa de envelhecimento e razão de dependência da população residente na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)	88
Tabela 11 – Estatísticas descritivas do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2010)	94
Tabela 12 – Taxa bruta de frequência à escola, por níveis de ensino na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)	97
Tabela 13 – Renda <i>per capita</i> na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)	103
Tabela 14 – Índice de Gini na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1991, 2000 e 2010)	105
Tabela 15 – Estrutura fundiária na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2006)	107
Tabela 16 – Indicadores de pobreza na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2010)	108
Tabela 17 – Frequência de instrumentos de gestão municipal do meio ambiente na Área Suscetível à Desertificação no Brasil - proporção de municípios por unidade da Federação (2013)	118
Tabela 18 – Frequência de instrumentos de gestão municipal para o pagamento de serviços prestados ao meio ambiente na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (proporção de municípios por unidade da Federação) 2012	120

Tabela 19 – Distribuição percentual do Produto Interno Bruto (PIB) (valor adicionado - preços básicos), por setor econômico, na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2000 e 2010)	122
Tabela 20 – Taxa de crescimento do PIB (valor adicionado - preços básicos), por setor da economia, na Área Suscetível à Desertificação no Brasil. (2000 a 2010)	123
Tabela 21 – Taxa de crescimento da proporção da área plantada com lavouras (temporárias e permanentes) na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990 a 2000, 2000 a 2010 e 2010-2012)	125
Tabela 22 – Taxa de crescimento da área plantada com lavouras temporárias na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2000, 2000 -2010 e 2010-2012)	129
Tabela 23 – Participação percentual dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, na produção de lavouras de feijão (2010 e 2012)	133
Tabela 24 – Participação percentual dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil na produção de lavouras de milho (2010 e 2012)	134
Tabela 25 – Participação percentual dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, na produção de lavouras de mandioca (2010 e 2012)	134
Tabela 26 – Comportamento da produtividade média de feijão, milho e mandioca na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2012)	135
Tabela 27 – Taxas de crescimento do rendimento médio das lavouras de feijão, milho e mandioca na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2000 e 2000-2010)	137
Tabela 28 – Taxa de crescimento da área plantada com lavouras permanentes na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (1990-2000, 2000-2010 e 2010-2012)	140
Tabela 29 – Participação percentual dos municípios na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, na produção de lavouras permanentes banana e café (2010 e 2012)	144
Tabela 30 – Taxas de crescimento do número de ovinos e caprinos na Área Suscetível à desertificação no Brasil, por unidade da Federação, em %	149
Tabela 31 – Taxas de crescimento do número de bovinos na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, por unidade da Federação	152
Tabela 32 – Carga animal na Área Suscetível à Desertificação no Brasil (2006)	153
Tabela 33 – Taxas de crescimento da produção de mel de abelha na Área Suscetível à Desertificação no Brasil	155
Tabela 34 – Taxa de crescimento da produção de lenha, carvão e madeira em tora na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, (1990-2000, 2000 -2012 e 1990-2012)	158
Tabela 35 – Principais atividades artesanais identificadas na Área Suscetível à Desertificação no Brasil, por unidade da Federação (% de municípios) em 2012	161



Tabela 36 – Implicações da vulnerabilidade social, econômica e ambiental nas condições observadas na Área Suscetível à Desertificação no Brasil 163

CAPÍTULO 4

Tabela 37 – Previsibilidade dos principais sistemas causadores de chuvas na região Nordeste 174

Tabela 38 – Categorias que definem a intensidade de seca no mapa do Monitor 178

Lista de quadros

CAPÍTULO 5

Quadro 1 – Adubação orgânica	191
Quadro 2 – Adubação verde	192
Quadro 3 – Barragem subterrânea	193
Quadro 4 – Barragens sucessivas	194
Quadro 5 – Captação <i>in situ</i> : método Guimarães Duque	195
Quadro 6 – Cordões de pedra em contorno	196
Quadro 7 – Cordões de vegetação permanente	197
Quadro 8 – Isolamento da área / Pousio	198
Quadro 9 – Mandalas	199
Quadro 10 – Paliçadas	200
Quadro 11 – Plantio Direto	201
Quadro 12 – Plantio em nível	202
Quadro 13 – Quintais produtivos	203
Quadro 14 – Recuperação da mata ciliar	204
Quadro 15 – Reflorestamento	205
Quadro 16 – Sistemas agroflorestais (SAFS)	206
Quadro 17 – Terraços	207
Quadro 18 – Transferência da serrapilheira	208
Quadro 19 – Barraginha/Barreiro	209
Quadro 20 – Caldeirão ou tanque de pedra	210
Quadro 21 – Cisterna calçadão	211
Quadro 22 – Cisterna de enxurrada	212
Quadro 23 – Cisterna de placa	213
Quadro 24 – Cisterna de polietileno	214
Quadro 25 – Poços rasos ou cacimbão	215



Siglas e abreviaturas encontradas nesta publicação

- Agerh** | Agência Estadual de Recursos Hídricos / Vinculada à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo
- ANA** | Agência Nacional de Águas
- AridasLAC** | Iniciativa de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável das Terras Secas da América Latina e Caribe
- ASA** | Articulação no Semiárido Brasileiro
- ASD** | Área Suscetível a Desertificação
- BNB** | Banco do Nordeste do Brasil
- Cedeplar** | Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da UFMG
- CGEE** | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
- Codevasf** | Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
- Conama** | Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CPATSA** | Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido/Embrapa
- CPRM** | Serviço Geológico do Brasil - mantém como nome fantasia a sigla CPRM advinda da razão social Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME)
- DLDD** | Desertification, Land Degradation and Drought [Desertificação, Degradação de Terras e Seca]
- Dnocs** | Departamento Nacional de Obras contra as Secas
- Embrapa** | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- FAO** | | Food and Agriculture Organization of the United Nations [Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura]
- FCPC** | Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura
- Fiocruz** | Fundação Oswaldo Cruz
- FNE** | Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste
- Funcap** | Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico / Vinculada à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Educação Superior do Estado do Ceará
- Funceme** | Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos / Vinculada SRH/CE
- GTDN** | Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste
- GTIM** | Grupo de Trabalho Interministerial

IA | Índice de Aridez

IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICID 2010 | Conferência Internacional sobre Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas

ICID 92 | Conferência Internacional sobre Impactos de Variações Climáticas e Desenvolvimento Sustentável em Regiões Semiáridas

IDH | Índice de Desenvolvimento Humano

IDHM | Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

Ifocs | Inspetoria Federal de Obras contra as Secas

Inmet | Instituto Nacional de Meteorologia

Insa | Instituto Nacional do Semiárido

IOCS | Inspetoria de Obras contra as Secas

IPB | Instituto de Permacultura da Bahia

IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change

MDS | Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome

MMA | Ministério do Meio Ambiente

MPCE/PGJ | Ministério Público do Estado do Ceará / Procuradoria-Geral de Justiça

NDMC | National Drought Mitigation Center (NDMC) of Nebraska-Lincoln (UNL) [Centro Nacional de Mitigação de Secas da Universidade de Nebraska-Lincoln (EUA)].

NMME | North American Multi-Model Ensemble [Superconjunto de Multimodelos Norte-americano]

NOAA | National Oceanic and Atmospheric Agency [Agência Nacional de Oceano e Atmosfera].

OECD | Organization for Economic Co-operation and Development [Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico]

OIL | Operational Land Imager

PAE | Programas ou Planos de Ações Estaduais de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca

PAN-Brasil | Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca

PBMC | Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PIB | Produto Interno Bruto

PNDR | Programa Nacional de Desenvolvimento Regional

PNMA | Política Nacional do Meio Ambiente



PNUD | Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

Polonordeste | Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste

Prodham | Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental / Coordenado pela SRH/CE

Proterra | Programa de Redistribuição de Terra e de Estímulo à Agroindústria do Norte e Nordeste

Resab | Rede de Educação do Semiárido Brasileiro

Seama | Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo

Sedinor | Secretaria de Estado de Desenvolvimento e Integração do Norte e Nordeste de Minas Gerais

Sema | Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará

Semarh/SE | Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Sergipe

Sirgas | Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SRH/CE | Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará

SRTM | Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) [Missão Topográfica por Radar Shuttle]

Sudene | Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

UECE | Universidade Estadual do Ceará

UEMA | Universidade Estadual do Maranhão

UFAL | Universidade Federal de Alagoas

UFBA | Universidade Federal da Bahia

UFC | Universidade Federal do Ceará

UFCG | Universidade Federal de Campina Grande

UFMG | Universidade Federal de Minas Gerais

UFPI | Universidade Federal do Piauí

UNCCD | United Nations Convention to Combat Desertification (Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação)

Unicef | United Nations Children's Fund [Fundo das Nações Unidas para a Infância]

USGS | United States Geological Survey [Serviço Geológico dos Estados Unidos]

ZCIT | Zona de Convergência Intertropical ou, em inglês, Intertropical Convergence Zone (ITCZ)



O CGEE, consciente das questões ambientais e sociais, utiliza papéis com certificação (Forest Stewardship Council®) na impressão deste material. A certificação FSC® garante que a matéria-prima é proveniente de florestas manejadas de forma ecologicamente correta, socialmente justa e economicamente viável, e outras fontes controladas. Impresso na Gráfica Coronário - Certificada na Cadeia de Custódia - FSC



Acesse www.cgee.org.br e
siga-nos no Twitter @CGEE_oficial



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação



FUNCEME

MINISTÉRIO DA
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**



ISBN 978-85-5569-111-9 (impresso)
ISBN 978-85-5569-112-6 (eletrônico)