



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRAÚLICA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

FRANCISCA NAYARA DE SOUSA RODRIGUES

LEVANTAMENTO DOS TIPOS E MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO
AMBIENTAL DO ESTADO DO CEARÁ

FORTALEZA
2021

FRANCISCA NAYARA DE SOUSA RODRIGUES

LEVANTAMENTO DOS TIPOS E MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL
DO ESTADO DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Borghetti Soares.

FORTALEZA
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R6131 Rodrigues, Francisca Nayara de Sousa.
Levantamento dos tipos e mecanismos de degradação ambiental do estado do Ceará / Francisca Nayara de Sousa Rodrigues. – 2021.
78 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Anderson Borghetti Soares.

1. Mecanismos. 2. Degradação ambiental. 3. Erosão. 4. Agrotóxicos. I. Título.

CDD 628

FRANCISCA NAYARA DE SOUSA RODRIGUES

LEVANTAMENTO DOS TIPOS E MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL
DO ESTADO DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Borghetti Soares.

Aprovada em: __/__/__.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Anderson Borghetti Soares (Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Prof^ª. Dr^a. Fernanda Leite Lobo
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Alfran Sampaio Moura
Universidade Federal do Ceará

Dedico a Deus, minha força em todos esses anos, meu alicerce que me mostrou inspirações a continuar, e a minha família pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, meu alicerce, por ter me dado forças, e coragem de correr atrás dos meus sonhos, mesmo quando foi extremamente difícil suportar tantos obstáculos, que foram impostos em minha vida.

A minha família por ter me apoiado durante todos esses anos da graduação, acreditado que eu poderia ir além, que mesmo em tantas situações complicadas estiveram comigo, me dando condições de seguir meus sonhos, com tantas dificuldades, vocês remaram contra a corrente comigo, e me protegeram contra as ondas gigantes do mundo.

Aos meus tios que me apoiaram durante um momento difícil que tive em minha vida, eu nunca serei capaz de agradecer o suficiente por tudo que vocês fizeram por mim, por ter sido meu refúgio durante a tempestade.

Ao meus queridos amigos, Fernando, Gleiciane, Ruth e Leônidas, que me acolheram em 2015 quando cheguei em Fortaleza do interior, obrigada por tantos momentos terem sido minha força, pelos conselhos, pelos cafés na Cantina da Química, pelos sorrisos fáceis que arrancam de mim, vocês tornaram a graduação mais leve, e não existem palavras que eu possa descrever a gratidão que tenho a cada um de vocês, existe uma lenda japonesa que fala que somos interligados por fios vermelhos a pessoas que estamos destinadas, que bom que achei as pessoas que estão do outro lado do meu fio vermelho.

A minha panelinha dos meus novatos de 2016, que acabaram se tornando meus grandes amigos, Renan, Mariana, Maju, Taynara, Samuel, Maciel, Luiz, Juliana e Narriman, obrigada pelos momentos divertidos, por me ajudarem nos estudos, e por serem essas pessoas que admiro tanto, obrigada por serem meus girassóis.

Ao meu Professor Orientador Anderson Soares, pela paciência, pelo apoio que recebi durante todo o período da escrita do TCC, por ser um orientador presente, que mesmo nessa dificuldade que enfrentamos da pandemia, nunca deixou de me auxiliar no máximo que podia.

Agradeço a todos meus amigos que estiveram nesse período comigo, aos amigos que fiz durante a graduação, saibam que são diretamente responsáveis pela formação da mulher que sou hoje, aos meus amigos do meu interior que me acompanharam durante esses anos, vocês são como diamantes, que com os anos só se tornam mais preciosos pra mim, e um agradecimento especial a uma pessoa que lembro do sorriso quando falei que tinha sido aprovada na UFC, a minha querida amiga Nathália, eu sei que você está no céu nesse momento torcendo por mim.

“O futuro é o fim do presente, o presente é a
continuação do passado”. (Kim Namjoon)

RESUMO

O estado do Ceará vem enfrentando problemas relacionados a degradação ambiental em seu território, que tem relação direta com as condições geomorfológicas que o estado possui, pelo fato de grande parte de seu território estar inserido no semiárido, apresentando elevadas temperaturas, níveis altos de evapotranspiração, solos rasos, com baixa taxa de infiltração e está inserido no bioma Caatinga. Esses fatores combinados com a exploração antrópica intensa que acontece por conta das atividades econômicas que são desenvolvidas no território cearense, estão acarretando o aceleração da degradação ambiental no estado.

O trabalho teve como objetivo realizar um levantamento de dados dos tipos de degradação ambiental que estão ocorrendo no estado do Ceará, e analisar os mecanismos responsáveis pela formação de áreas degradadas na região.

Os três tipos de processos de degradação ambiental que foram identificados durante a pesquisa bibliográfica, que estão sendo responsáveis por grandes mudanças no território foram: desertificação, a poluição dos lençóis freáticos por agrotóxicos e a erosão. Os três processos possuem ligação direta com as atividades da agropecuária e seus mecanismos. O manejo ambiental quando realizado, é feito de forma errada, e sem o devido conhecimento técnico, que está acarretando a perda da fertilidade do solo, que leva a expansão das terras improdutíveis, como também na poluição das águas superficiais e subterrâneas que são usadas em sua maioria para consumo animal e humano. A consequência desses processos no estado, atingem a esfera ambiental, social e econômica. Verificou-se durante a pesquisa, que uma das soluções para mitigar a degradação no estado, é divulgar instruções sobre a aplicação de técnicas adequadas sobre o manejo ambiental que devem aplicadas, e levadas às áreas rurais, por meio de políticas públicas, que ajudem a remediar o problema. Caso ações neste sentido não sejam feitas, e as práticas agrícolas continuem da mesma forma, o Ceará tende a perder mais terras para erosão, para a desertificação, e ter águas contaminadas por agrotóxicos, trazendo grandes consequências tanto ambientais, sociais e econômicas a população.

Palavras-chave: Mecanismos. Degradação ambiental. Desertificação. Agrotóxicos. Erosão. Agricultura. Manejo ambiental.

ABSTRACT

The state of Ceará has been facing problems related to environmental degradation in its territory, which is directly related to the geomorphological conditions that the state has, due to the fact that much of its territory is located in the semiarid region, with high temperatures, high levels of evapotranspiration, shallow soils, with low infiltration rate and is inserted in the Caatinga biome. These factors, combined with the intense anthropic exploration that happens due to the economic activities that are developed in the territory of Ceará, are causing the acceleration of environmental degradation in the state.

The work aimed to carry out a survey of data on the types of environmental degradation that are occurring in the state of Ceará, and analyze the mechanisms responsible for the formation of degraded areas in the region.

The three types of environmental degradation processes that were identified during the bibliographical research, which are being responsible for major changes in the territory, were: desertification, the pollution of groundwater by pesticides and erosion. The three processes are directly linked to agricultural activities and their mechanisms. Environmental management, when carried out, is done wrongly, and without proper technical knowledge, which is causing the loss of soil fertility, which leads to the expansion of unproductive lands, as well as to the pollution of surface and underground water that are used in mostly for animal and human consumption. The consequence of these processes in the state affects the environmental, social and economic spheres. It was found during the research that one of the solutions to mitigate degradation in the state is to disseminate instructions on the application of appropriate techniques on environmental management that must be applied, and taken to rural areas, through public policies that help remedy the problem. If actions in this direction are not taken, and agricultural practices continue in the same way, Ceará tends to lose more land to erosion, to desertification, and to have water contaminated by pesticides, bringing great environmental, social and economic consequences to the population.

Keywords: Mechanisms. Ambiental degradation. Desertification. Pesticides. Erosion. Agriculture. Environmental management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa do estado do Ceará.....	32
Figura 2 - Classificação climática do estado do Ceará de acordo com índices de aridez.....	33
Mapa 1 - Áreas suscetíveis a desertificação no Ceará em 1992.....	38
Mapa 2 - Áreas suscetíveis a desertificação no Ceará em 2016.....	39
Mapa 3 - Uso e ocupação do solo do núcleo I de desertificação do Ceará.....	41
Figura 3 - Município de Canindé levantamento 1.....	45
Figura 4 - Município de Canindé levantamento 2.....	45
Figura 5 - Município de Itapajé levantamento 1.....	46
Figura 6 - Município de Itapajé levantamento 2.....	46
Mapa 4 - Uso e ocupação do solo do núcleo II de desertificação do Ceará.....	48
Figura 7 - Uso e ocupação do solo para agricultura no núcleo II de desertificação	51
Figura 8 - Vista aérea do município de Tianguá.....	52
Figura 9 - Município de Tianguá.....	53
Figura 10 - Município de Morada Nova levantamento 1.....	55
Figura 11- Município de Morada Nova levantamento 2.....	55
Figura 12 - Levantamento do consumo de agrotóxicos por cada estado do Brasil.....	58
Figura 13 - Poluição na captação de água no Brasil e transporte de embalagens de agrotóxicos.....	59
Mapa 5 - Localização do município de Tianguá.....	64
Mapa 6 - Mapa de erodibilidade dos solos do Brasil.....	66
Gráfico 1: classificação dos municípios e regiões do Ceará quanto e a suscetibilidade a erosão.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cinco Fatores causadores da degradação do solo, expressos em milhões de ha de terreno afetado.....	19
Tabela 2 - Levantamento dos principais motivos que levam a desertificação por fatores antrópicos e naturais.....	28
Tabela 3 - Mecanismos que causam desertificação, poluição dos lençóis freáticos e aquíferos por agrotóxicos e erosão no estado do Ceará.....	35
Tabela 4 - Atividades econômicas desenvolvidas no Núcleo I de desertificação.....	44
Tabela 5 - Atividades econômicas desenvolvidas no Núcleo II de desertificação.....	51
Tabela 6 - Atividades econômicas desenvolvidas no Núcleo III de desertificação.....	54
Tabela 7 - Reconhecimento dos solos no estado do Ceará relacionados ao grau de suscetibilidade a erosão.....	68
Tabela 8 - Levantamento dos municípios e regiões com mais suscetibilidade a erosão.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
BNB	Banco do Nordeste
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GLASOD	Global Assessment of Human-induced Soil Degradation
PAN	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1 Histórico.....	18
3.2 Fatores que levam ao processo de Degradação.....	18
a) Desmatamento.....	20
b) Queimadas.....	21
c) Irrigação.....	21
d) Fertilizantes e Pesticidas.....	21
3.4 Mecanismos da degradação ambiental.....	22
3.4.1 Deterioração química.....	22
i) Salinização.....	22
ii) Acidificação.....	23
iii) Perda de nutrientes.....	23
IV) Contaminação por fitossanitários.....	23
3.4.2 Deterioração física.....	24
i) Compactação.....	24
ii) Elevação do lençol freático.....	25
iii) Subsidência.....	25
3.5.1 Erosão.....	26
3.5.2 Desertificação.....	27
3.5.2 Poluição de corpos hídricos.....	28
4 METODOLOGIA.....	30
4.1 Introdução.....	30
4.2 Caracterização da área de estudo.....	31
5 RESULTADOS.....	35
5.1 Introdução.....	35
5.2 Desertificação no Estado do Ceará.....	36
5.2.1 Núcleos de desertificação.....	37
5.2.1.1 Núcleo I.....	40

5.2.1.2 Núcleo II	47
5.2.1.3 Núcleo III	53
5.2.2 Análise dos dados sobre a desertificação no estado do Ceará	56
5.3 Poluição dos lençóis freáticos por agrotóxicos	57
5.3.1 O uso de Agrotóxicos no Ceará.....	57
5.3.2 Perímetro irrigado Bacia hidrográfica do rio Jaguaribe	62
5.3.3 Tianguá	63
5.3.3 Análise de informações sobre poluição no estado do Ceará	65
5.4 Erosão no Ceará.....	65
6 CONCLUSÃO	71
REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

Com o início da Revolução Industrial, o aumento do crescimento populacional e o consumo descontrolado dos recursos naturais pelas diversas nações, ocasionou-se em uma elevada expansão no processo de degradação ambiental no planeta, sendo mais nitidamente notada no final do século XX. As mudanças climáticas, a poluição da água, do solo e do ar, está trazendo como consequência grandes mudanças a diversas regiões do planeta.

As pesquisas sobre o que é degradação ambiental, quais suas consequências, e quais os meios de mitigação das mesmas, se intensificaram nos últimos anos. Conforme Dias *et. al* (1998) o conceito de degradação ambiental é referente às mudanças que ocorrem nas condições naturais, afetando o uso dos recursos naturais. Essa definição também pode ser encontrada, no corpo da Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, artigo 3, inciso II, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), que diz que a degradação ambiental pode ser entendida como a modificação de forma danosa das características naturais do meio ambiente, fazendo com que se perca sua qualidade.

As causas da degradação ambiental estão relacionadas a ampliação populacional, que aumentam o consumo dos recursos naturais. Entretanto, segundo Guerra e Cunha (2002, p.345), existem outras causas que corroboram diretamente com a degradação ambiental. A principal delas é a forma indevida do uso e do manejo do solo, seja na área rural, ou na área urbana. No cenário rural, o principal resultado é a diminuição da produtividade, por desgaste da terra e perda dos nutrientes. Conforme afirmado por Guerra *et.al* (2005, p.19) “a degradação das terras envolve a redução dos potenciais recursos renováveis por uma combinação de processos agindo sobre a terra”.

Vale salientar que existem processos que ocorrem naturalmente, mas que por influência das ações humanas, se aceleram, sem que haja tempo hábil para a recuperação natural.

No cenário brasileiro, a degradação ambiental é decorrente principalmente do desmatamento desenfreado, para fins agrícolas, para a agropecuária, para o extrativismo natural, para o uso da madeira de forma comercial, que na maioria das vezes é feita de forma ilegal. Essas ações geram consequências negativas ao ambiente, como a compactação do solo pelo uso de maquinário pesado e a condução do gado, a erosão causada pela abertura de clareiras, que promovem a retirada da proteção natural contraventos e chuvas, o assoreamento dos rios, que é consequência do material advindo da erosão, e a salinização, a elevação dos

lençóis freáticos, e a contaminação por fertilizantes, que são advindas da irrigação e da adubação (GUERRA *et.al*, 2005, p. 40).

O Semiárido é umas das regiões do Brasil mais afetada pela degradação ambiental. A região está inserida sobre o Bioma Caatinga, que de acordo com Crispim *et.al* (2021), cobre aproximadamente 10% do território do Brasil, abrangendo os estados do Ceará, Pernambuco, Piauí, Bahia, Rio Grande do Norte, Sergipe, Paraíba e Alagoas, e uma parte do estado de Minas Gerais, possuindo como características a vegetação xerófila.

Os principais motivos pela degradação ambiental no semiárido brasileiro, são as modificações significativas advindas da interferência humana no meio, para a exploração dos recursos naturais, o que está trazendo mudanças a conjuntura atual do meio. Outro fator que contribui para essa realidade, são os longos períodos de seca que a região atravessa. De acordo com Angelotti *et.al* (2009), estudos feitos sobre a degradação ambiental no semiárido mostraram impactos negativos sobre a fauna e flora, e o solo da região, sendo mais significativo no último, em decorrência das secas.

O estado do Ceará possui em torno de 93% de seu território pertencente ao semiárido, sendo que nessa maioria, conforme o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2007), está inserido no Bioma Caatinga, possuindo em sua totalidade uma porcentagem de 46% correspondente a área total.

Por estar inserido no semiárido, o estado é propenso a secas longas, possuindo um alto índice de evaporação, além de possuir uma grande quantidade de rochas do embasamento cristalino, que dificulta a infiltração da água das chuvas, reduzindo o abastecimento de água nos lençóis freáticos.

Grande parte da agricultura praticada no estado do Ceará é de forma tradicional. De acordo com Oliveira *et.al* (2006), a agricultura tradicional promove o desmatamento da região, para preparo do espaço e a queima de madeira. Essa prática de queimadas para limpeza do solo, para realizar a plantação, além de causar problemas de poluição do ar, causa a perda de nutrientes do solo, mesmo no período de “descanso” da terra antes do plantio. Com o passar dos anos o solo se torna impróprio para a agricultura, fazendo com que outras áreas sejam ocupadas, causando a derrubada da vegetação nativa, e iniciando um novo ciclo de exploração da terra, de forma insustentável.

A degradação ambiental no estado do Ceará, vem causando prejuízos econômicos e o êxodo rural. Segundo Teixeira *et.al* (2017), por conta do histórico dos processos de manejo inadequados, pela falta de conservação do solo, advindo de desmatamento, de

queimadas, do mal uso de fertilizantes e outros aditivos químicos, que promovem a alteração dos solos.

Essa mal uso do solo combinado com baixos períodos de aporte de água dentro do estado, acarretam o aumento do índice de erosão, que resulta no surgimento de núcleos de desertificação na região. Conforme o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2007), “A degradação ambiental e a ocupação desordenada dos mais diferentes ecossistemas do Ceará são fatos efetivamente potencializadores para materializar as áreas degradadas susceptíveis ao processo de desertificação”.

Conforme Sales *et.al* (1997), a desertificação é causada pelo cultivo intensivo, pelo desmatamento e o uso de tecnologias inadequadas, como por exemplo a irrigação. A irrigação se feita de forma inadequada, pode conduzir a salinização. O uso de agrotóxicos que é realizado no estado por conta da agricultura, pode trazer contaminação das águas subterrâneas, e conseqüentemente problemas de saúde a população que mora em áreas próximas.

Diante do atual cenário de degradação ambiental que se encontra o Ceará, é necessário o estudo sobre quais os processos estão ocorrendo, em quais municípios e as causas dessas degradações, e identificar as melhores formas de mitigar os impactos ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Fazer um levantamento de dados dos tipos de degradação ambiental no Estado do Ceará e analisar mecanismos responsáveis pela formação de áreas degradadas na região.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar quais áreas do estado do Ceará estão mais susceptíveis aos processos de degradação ambiental;
- Realizar um levantamento fotográfico dos principais núcleos degradados do estado;
- Determinar qual processo de degradação ambiental está trazendo maiores prejuízos a região;
- Propor medidas que possam mitigar os processos de degradação que estão ocorrendo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Histórico

A degradação ambiental através do mundo, data desde as civilizações mais antigas, principalmente em decorrência do uso dos recursos naturais, para uso da agricultura. Segundo Bertoni *et.al* (2012, p.17) os agricultores têm provocado uma instabilidade na natureza, em decorrência da sua falta de conhecimento sobre manuseio adequado do solo.

Por conta desses fatores, civilizações já deixaram de existir em decorrência da degradação ambiental por elas promovida, principalmente da exploração de seus solos de forma predatória, que acelerou a erosão, tornando as terras inférteis. De acordo com Bertoni *et.al* (2012, p.17) na antiga Mesopotâmia, o processo natural de erosão, foi acelerado por conta das atividades na região, do mau uso da irrigação, que acabou contribuindo para o assoreamento dos rios, mudando assim o seu curso natural. Na Ásia Central, na bacia do Tarim, na China, ocorreu uma superexploração dos locais agricultáveis. Nessa região, durante a ocupação da China, quando as terras sofriam esgotamento, eram ocorria migração para outros territórios que ainda eram produtivos,

No Brasil atualmente ainda se segue a linha de raciocínio de que os recursos são ilimitados, resultando em um acelerado processo de consumo dos recursos naturais. Segundo Martinez *et.al* (2004) o avanço da exploração dos recursos nas terras brasileiras foi maior no século XX em relação aos séculos anteriores, sendo feita de forma intensa, e com grande velocidade, trazendo degradação ambiental, pauperização e exclusão social. No século XXI, a exploração vem aumentando de forma agravante, por conta evolução da capacidade tecnológica disponível. Araújo *et.al* (2005, p. 45), cita que a intensidade que ocorre a degradação do solo, está diretamente ligada a vontade do proprietário por adotar medidas contrárias a conservação. Bertoni *et.al* (2012 p. 220) cita: “o exame das estatísticas da produção agrícola brasileira, pelos índices de unidade de área, revela a decadência da fertilidade de muitas das suas melhores terras e o conseqüente nomadismo de suas principais culturas.”

3.2 Fatores que levam ao processo de Degradação

A degradação ambiental ocorre em decorrência de fatores externos, como já mencionado anteriormente. Em nível mundial, o projeto GLASOD (1991), listou as

principais atividades que causam, nos continentes, os processos de degradação ambiental, conforme é apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Cinco Fatores causadores da degradação do solo, expressos em milhões de *ha* de terreno afetado

	Desflorestamento	Sobrepasteio	Má gestão agrícola	Super exploração	Atividade bio(industrial)
África	67	243	121	63	+
Ásia	298	197	204	46	1
América do Sul	100	68	64	12	-
América do Norte e Central	18	38	91	11	+
Europa	84	50	64	1	21
Australásia	12	83	8	-	+
Mundo	579	679	552	133	23

Fonte: ISRIC/UNEP (1991), adaptado pela autora.

De acordo com os dados levantados pelo projeto, grande parte da degradação dos solos, causados na América do sul, Ásia, e Europa, é em decorrência do desflorestamento, na América do Norte e Central, as causas são advindas da má gestão agrícola, na África e na região da Australásia, que é referente a região que engloba, a Austrália, Nova Zelândia, Nova Guiné, e ilhas da parte oriental da Indonésia, a atividade que mais intensifica o processo de degradação ambiental é o sobrepasteio. Mundialmente a atividade que mais contribui para o processo de degradação do solo, é a má gestão agrícola.

O manejo ambiental tem como objetivo implementar práticas que venham a precaver, diminuir, equiponderar, e mitigar os impactos causados por conta de atividades, trabalhos ou projetos. O mesmo vem detalhado em um conjunto de atividades, que possuem planos para monitorar, conter e acompanhar, de acordo com o cunho do projeto que está sendo implementado o manejo (PMA). Entretanto, quando a realização do manejo é feita de forma ineficaz, sem o devido acompanhamento e sem ações que venham a mitigar seus efeitos, ele acaba se tornando um dos fatores que vem a contribuir com o processo de

degradação ambiental, como por exemplo o manejo inadequado do solo por conta de práticas agrícolas inadequadas, que acaba trazendo modificações a todo o ambiente em volta.

De acordo com Cabral *et. al* (2008), o principal fator contribuinte para o processo de degradação que ocorre nos solos, na vegetação, e na biodiversidade em si, é advinda de manejos inadequados de solos, tanto no ambiente urbano, quanto no rural. O autor ainda cita que, por conta de manejos inadequados, a camada fértil do solo, é comprometida progressivamente, e que traz a interferência na produção das culturas da agricultura. Os problemas que são enfrentados decorrentes da agricultura intensiva, poderiam ser evitados se fossem feitos projetos e ações que melhorassem a gestão dessas ações. (ARAÚJO *et. al*, 2005, p.41).

Segundo Araújo *et. al* (2005, p.39) evidencia que para o manejo inadequado:

A degradação, então, se inicia, a não ser que medidas especiais sejam tomadas para proteger a estrutura do solo e manter a fertilidade. Mas tais medidas geralmente estão ausentes, uma vez que esses tipos de práticas ocorrem em situações em que as soluções de baixo custo são procuradas, por causa da falta de recursos para investir na proteção da terra.

Os problemas referentes ao manejo ambiental efetuados de forma inadequada, são destacados por Saraiva *et. al* (2013), que ressalta o desmatamento, a irrigação, o sobrepasteio, e os defensivos agrícolas, quando introduzidos no meio sem um plano de mitigação de seus efeitos, acabam produzindo mecanismo que afetam ao meio, como a compactação, a salinização, e a contaminação dos solos e dos microrganismos.

Por conta da cultura de uso intensivo do solo nas propriedades de pequeno porte, e dos manejos inadequados que são realizados pelos agricultores na terra, e do menor nível socioeconômico, fica mais difícil fazer a implementação de ações de remediação nessas propriedades agrícolas (CAVALCANTI *et. al*, 2012).

a) Desmatamento

O desmatamento de áreas com cobertura natural, é feito para realizar a limpeza do terreno para receber as culturas para agricultura, para o uso de pastos na pecuária e aproveitamento da madeira. Conforme Sampaio *et.al* (2018) “A degradação das áreas

ambientais quase sempre começa com o desmatamento e com a substituição da vegetação nativa por outra cultivada e de porte e/ou ciclo de vida diferentes.”

A abertura de clareiras no deslocamento do cultivo ocorre principalmente devido ao crescimento populacional, através do aumento nas necessidades alimentares e outros produtos agrícolas. Comparativamente, o desmatamento para a formação de pastos é um fator secundário em uma escala global. (ARAÚJO *et.al*, 2005, p.35)

O desmatamento também contribui com a erosão e a desertificação das áreas, pois o solo fica desprotegido sem sua cobertura natural, ficando sujeito as ações de agentes eólicos e hídricos, além de trazer perda da biodiversidade, proliferação de pragas, e elevação das temperaturas (Lima *et.al*, 2008).

b) Queimadas

Outro fator que vem acarretando a Degradação Ambiental de diversas regiões, são as queimadas. Muitos pesquisadores, que estudam o tema, relatam que as queimadas, são um dos principais agentes causadores da desertificação (Lima *et.al*, 2008). Por conta das queimadas para a abertura de clareiras para uso no cultivo ocorre uma grande destruição do ambiente natural (PAN, 2005).

c) Irrigação

Por conta da necessidade do uso intensivo de água para manter as culturas na agricultura, principalmente em regiões com baixo aporte anual de chuvas, como em regiões áridas e semiáridas o uso da irrigação se torna uma saída viável para os produtores. Entretanto, na maioria das vezes a irrigação é feita de forma incorreta. De acordo com PAN (2005), “Os solos situados em regiões áridas e semiáridas, quando submetidos à prática da irrigação, apresentam grandes possibilidades de se tornarem salinos, desde que não possuam sistemas adequados de drenagem e não sejam adotados manejos preventivos ou corretivos, adequada e oportunamente.”

d) Fertilizantes e Pesticidas

Com o avanço da agricultura, e aumento da população mundial, ocorre uma súbita procura mundial por alimento, e o uso de fertilizantes e de pesticidas se tornou uma saída para os agricultores, para o aumento da produtividade. Entretanto, muitos desses fertilizantes são aplicados em quantidades superiores ao necessário à cultura, ou não adequados para uma determinada situação, o que acaba trazendo contaminação para o solo, e para os lençóis freáticos. Segundo a EMBRAPA (2002): “As aplicações de defensivos agrícolas, de fertilizantes e de resíduos derivados da criação intensiva de animais são tidos como as principais atividades relacionadas à perda da qualidade da água nas áreas rurais.” No Brasil, o termo utilizado para se referir a pesticidas e fertilizantes é agrotóxico.

3.4 Mecanismos da degradação ambiental

Dependendo do tipo de solo, vegetação, propriedades climáticas, e atividades humanas desenvolvidas, acabam sendo desenvolvidos diferentes mecanismos de degradação ambiental que podem ser divididos na deterioração química e física, que podem desencadear processos de erosão e de desertificação.

3.4.1 Deterioração química

A deterioração química do solo pode ocorrer por quatro processos principais, que são: salinização, acidificação, perda de nutrientes e a poluição por meio de fertilizantes.

i) Salinização

A Salinização é resultante da concentração de sais na camada superior do solo. Essa concentração ocorre por conta de manejos do solo feitos de forma inadequada, advindos principalmente da irrigação para a agricultura e da drenagem decorrente da invasão de água do mar em reservas de água potável, ou pela interferência das atividades humanas, que aumentam o nível de evaporação (ARAÚJO *et.al*, 2005, p.25).

Os lençóis freáticos rasos podem ser também outra fonte de sais. Com elevada evaporação em terras áridas e semiáridas, o lençol d'água pode subir pela ação da capilaridade, através dos poros, em especial nos solos

com textura fina. A água evapora na superfície e, dessa forma, deixa para trás resíduos de sais. (GUERRA *et.al*, 2013, p. 36)

De acordo com Guerra *et.al* (2013, p.36), a salinização pode trazer problemas às plantas decorrentes da elevação do pH no solo, podendo resultar em alcalinização do solo, que causa danos foliares a vegetação.

ii) Acidificação

A Acidificação é um processo natural de envelhecimento do solo, que vem sendo aumentado por conta do uso intensivo de fertilizantes, principalmente por conta dos amoníacos e da ureia, além da retirada de material com caráter catiônico, gerando problemas nas camadas mais superficiais do solo. Segundo Guerra *et.al* (2013, p. 37): “Os solos que passam por processos de acidificação têm a sua produtividade diminuída, ou podem até ficar impossibilitados para o cultivo da maioria dos seus vegetais, em função do seu pH muito baixo.”

De acordo com EMBRAPA (2010), um solo ácido possui concentração elevada de íons H^+ , e poucos íons cálcio (Ca^{2+}) um magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+).

Por conta da Acidificação existe o aumento do escoamento superficial, que causa a diminuição da capacidade agregação dos solos argilosos e baixa permeabilidade e de aeração (GUERRA *et.al*, 2009, p. 37).

iii) Perda de nutrientes

A perda de nutrientes é decorrente principalmente pelo processo de erosão no solo, onde por conta da perda da cobertura natural do mesmo, os nutrientes acabam sendo lavados. Esse processo acaba trazendo a perda de nitrogênio, fosforo, potássio e matéria orgânica, o que acaba trazendo esgotamento no solo, principalmente em solos que são poucos férteis e que são utilizados na agricultura. De acordo com FAO (1983) a agricultura quando praticada sem rotatividade, acabada trazendo o esgotamento das terras.

IV) Contaminação por fitossanitários

Por conta do aumento da alta demanda da agricultura, e pela maior ocorrência de solos pobres em nutrientes, aumentou o uso de fertilizantes e pesticidas, acarretando a poluição do solo e das águas subterrâneas, em decorrência do seu uso intensivo.

Segundo Barreto *et.al* (2006), a aplicação dessas substâncias em áreas de cultivos, que acabam sendo carregadas pelo processo de lixiviação, podem contaminar a água subterrânea e trazer riscos à saúde dos seus manipuladores. O processo de degradação dos pesticidas no solo normalmente acontece por vias químicas, fotólise ou por microrganismos, mas quando eles possuem um baixo teor para degradação, esse material permanece no solo sem que ocorra mudanças significativas.

Conforme Melo *et.al* (2008) “A simples adoção de tecnologias universalistas em nossas condições de solo, clima e diversidades culturais continuam provocando degradação e empobrecimento do solo, contaminação de aquíferos por fertilizantes e pelo aumento da concentração de dejetos orgânicos das instalações animais, proliferação de pragas e doenças cada vez mais resistentes”.

Llosá *et.al* (2006) listou as principais consequências, em decorrência do uso indevido de pesticidas, que são: a contaminação da água, do solo, e dos alimentos, o decaimento dos nutrientes presentes no solo, e da biodiversidade, além da assolação da microfauna e microrganismos húmus, e prejuízos a saúde animal e humana por conta da contaminação.

3.4.2 Deterioração física

O processo de Deterioração física conhecidos são divididos em três instancias de acordo com Araújo *et.al* (2005, p.26): a compactação do solo, a elevação do lençol freático e a subsidência.

i) Compactação

A compactação do solo, é resultante da aplicação de processos inadequados de manejo do solo, principalmente advindos da pecuária. Segundo Brasileiro *et.al* (2009) a compactação tem ligação direta com a forma inadequada que é feito o manejo dos rebanhos, que pode ser mais percebida na pecuária extensiva, que não se tem uma preocupação de fazer o rodízio de pastos. Outro fator que está aumenta o processo de compactação do solo é a expansão da fronteira agrícola, onde há um aumento da superexploração de plantio

acarretando o uso de mais máquinas pesadas, cujo dimensionamento do peso é na maioria das vezes mal feito pelos agricultores, aumentando assim o processo de compactação. (Mantovani *et.al*, 1987).

Por conta da compactação existe uma maior dificuldade para deixar o solo pronto para receber culturas e sua capacidade de infiltração é reduzida, o que pode contribuir para erosão hídrica, por conta do aumento do escoamento superficial. (Araújo *et.al*, 2005, p.26).

Conforme Tiede *et.al* (2016) “Níveis elevados de compactação desencadeiam impactos produtivos e também ambientais. Ambos não estão dissociados, pois a perda de qualidade física e química do solo resulta em menor produtividade e capacidade do solo servir como “tampão” ambiental. A redução em produtividade dá-se principalmente pela redução dos macroporos e incremento da resistência do solo à penetração das raízes, ocasionando redução do volume de solo explorado.”

ii) Elevação do lençol freático

A elevação do lençol freático é causada por práticas inadequadas de irrigação, advindas do processo de agricultura, e da drenagem, que é a responsável pela lixiviação dos sais. De acordo com Araújo *et.al* (2005) “A Elevação do lençol freático até a zona radicular das plantas é causada pela entrada excessiva de água em relação à capacidade de drenagem pelo solo. É típico de áreas irrigadas, mas também pode ocorrer devido a enchentes.”

Segundo Leite *et al.* (2002), por conta da elevação do lençol freático, ocorre um aumento da umidade natural do solo, que pode acarretar a sua perda de estabilidade do solo. Além de trazer problemas relacionados a evapotranspiração, pode ocorrer o afogamento das raízes das plantas, e a aceleração da erosão interna, em locais já suscetíveis.

iii) Subsidiência

Guerra *et.al* (2005, p.26) definiu o processo de subsidiência como: “Subsidiência (isto é, o rebaixamento da superfície da terra) de solos orgânicos, que pode ser causada pela drenagem ou oxidação.” O processo de subsidiência, ou perda de massa e volume, ocorre principalmente em organossolos, e em outros solos que possuem elevado teor de matéria orgânica em sua composição.

Santos *et.al* (2005) também realizou uma análise do conceito de Subsidiência.

Subsidência é um fenômeno de rebaixamento da superfície do terreno devido a alterações ocorridas nas camadas subterrâneas, ou seja, redução do nível do terreno devido à remoção de suporte subterrâneo. As causas mais comuns de ocorrência de subsidência estão relacionadas às intervenções humanas, e sugerem um uso indiscriminado dos recursos naturais.

3.5 Processos ou tipos de degradação ambiental

3.5.1 Erosão

A erosão dos solos é o processo que causa a perda da camada superficial da terra. Durante o processo de erosão ocorre a perda dos fertilizantes naturais existentes no solo e consequentemente a perda da capacidade de retenção da água e dos nutrientes que são carregados com o deslocamento do solo.

Os principais fatores responsáveis por essa perda são a água e o vento. Conforme Araújo *et.al* (2005, p.24) a água é responsável pelo deslocamento da camada superior do solo e o vento atua como agente transportador nas regiões de clima árido e semiárido.

A erosão acaba trazendo mudanças aos locais afetados, gerando consequências físicas e econômicas, que afetam a população, principalmente a que depende da agricultura para sobreviver. Segundo Bertoni *et.al* (2012, p.68) o empobrecimento acelerado das terras, tem como principal agente o processo de erosão do solo.

A agricultura é prejudicada por conta do processo erosivo, pois, ocorre a diminuição da qualidade das culturas, que crescem com baixa qualidade, por conta da perda de nutrientes quando o material é carregado, além de aumentar os custos para preparar a terra, por conta da necessidade de penetrar mais profundamente na camada do subsolo, por conta da perda camada superior. (BERTONI, *et. al*, 2012, p.69).

No Brasil, mais propriamente no Nordeste brasileiro, o autor Sampaio *et.al* (2005) realizou um destaque sobre a erosão.

A erosão é a mais grave das causas de degradação dos solos do semiárido Nordeste, por sua irreversibilidade. Ela pesa ainda mais pela grande extensão de solos já excessivamente rasos, pelo regime de chuvas com aguaceiros intensos e pela agricultura praticada em áreas de declividade alta e sem qualquer medida de prevenção.

3.5.2 Desertificação

A desertificação é um processo de degradação que ganhou mais destaque na Conferência sobre o Meio Ambiente em Estocolmo em 1972. Segundo Brasil *et.al* (1998), a desertificação é um processo que ocorre por conta de fatores físicos biológicos, políticos, sociais culturais e econômicos, e tem como conceito a degradação de zonas áridas, semiáridas e subúmidas, em decorrência das mudanças climáticas, e das atividades antrópicas.

Na conferência das Nações Unidas de Combate à Desertificação foi dado a definição de desertificação como “a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas”. (UNCED, 1998)

Conforme Sampaio *et.al* (2005), o conceito de desertificação está relacionado com a perda da capacidade produtiva do solo, tanto biológica ou econômica. Por conta de fatores como fragilidade ambiental, econômica e social, existe uma continuidade no processo de desertificação.

O processo de erosão está relacionado com a processo de desertificação, segundo Tavares *et.al* (2020), pois por conta da ação humana ocorre a aceleração do processo erosivo, que causa a perda da fertilidade das terras. A desertificação é associada erodibilidade pois a mesma é entendida como a degradação das terras áridas, semiáridas e subúmidas secas.

As consequências advindas da desertificação, estão relacionadas as mudanças no ciclo hidrológico, como secas e enchentes, e a pobreza, observados em diversos lugares do mundo, como na América Latina e na Ásia. Na América latina, existe um total aproximado de 516 milhões de hectares afetados pelo processo, trazendo problemas para a produção no setor agrícola (PAN, 2005). A exploração humana feita de forma atenuada acelerada é apontada como uma das maiores causas do avanço da desertificação no mundo, como cita Guerra *et.al* (2013, p.40)

Apesar de não haver 100% de concordância entre os vários pesquisadores do mundo que abordam essa temática, a grande maioria concorda que a influência humana faz com que os processos de desertificação aumentem à medida que aumenta a exploração de recursos naturais, de maneira não sustentável, aliada às pressões provocadas pela ocupação humana, seja a grande responsável pelo aumento da desertificação pelo mundo.

De acordo com Lustosa *et.al* (2010), um dos indicadores da propensão em ocorrer a desertificação é o clima. Entretanto o autor ressalta que se deve ser feito as análises do solo e da vegetação, como sendo os indicadores que apontam de forma mais confiável a ocorrência ou não de desertificação na região. Lustosa *et.al* (2010) destaca que no Brasil as regiões que sofrem o processo de desertificação:

“Destacam-se os estados da região Nordeste, além de Minas Gerais e Espírito Santo, haja vista o enquadramento dessas áreas segundo os critérios estabelecidos pela UCCD e reafirmados pelo PAN-Brasil, a partir dos quais a desertificação é entendida como a degradação das terras que encontram-se inseridas entre o índice de aridez correspondente de 0,05 a 0,65”.

Na tabela 2, foi reunido os principais motivos que levam ao processo de desertificação em um local, deve-se observar que a maior parte dos motivos estão relacionados com ações humanas.

Tabela 2 - Levantamento dos principais motivos que levam a desertificação por fatores antrópicos e naturais

Motivos de desertificação em decorrência de ações antrópicas	Motivos de desertificação em decorrência dos fatores naturais
Manejo inadequado do solo para agricultura	Secas
Mineração	Erosão dos solos
Desmatamento	Precipitação baixa
Queimadas	
Exploração de ambientes frágeis	
Manejo inadequado de irrigação	
Pecuária	
Densidade populacional alta	

Fonte: Autora (2021)

3.5.2 Poluição de corpos hídricos

A poluição dos corpos hídricos é um problema crescente, que vem trazendo perdas a fontes importantes de abastecimento de água, tornando as impróprias para o consumo humano. Os motivos dessa poluição se concentram principalmente nas consequências das atividades antrópicas, como a agricultura. Segundo Martini *et. al* (2002) as atividades agrícolas causam poluição difusa, ou seja, a poluição que vem de fontes diferentes, o que tem causado problemas na qualidade de água de abastecimento. Esses poluentes, são de fontes diversas, mas destaca-se em uma visão de bacia agrícola, os sedimentos, fertilizantes, agrotóxicos, e os dejetos animais.

Shaskraba *et. al* (1999), cita que ao longo da bacia, os corpos de água acabam recebendo toda as repercussões advindas das atividades humanas, como poluentes, sedimentos, rotulando sua ocupação nas áreas próximas.

A contaminação por agrotóxicos, é uma das fontes que traz grandes consequências a população. Dellamatrice *et. al* (2013), analisou a questão da contaminação dos recursos hídricos por conta dos defensivos agrícolas, ou como é mais comumente citado no Brasil, agrotóxicos.

“Alguns aspectos da contaminação do ambiente por pesticidas estão relacionados com a aplicação no campo. Diversos produtos que são muito tóxicos são registrados para uso em algumas culturas as quais não têm outro produto para o controle das pragas porém, devido à sua alta eficácia, são aplicados em outras culturas para as quais não são recomendados. Buscando ainda maior eficiência, os produtos são aplicados em doses maiores que as recomendadas pelo fabricante as quais são determinadas baseadas em estudos ecotoxicológicos sobre o comportamento dos produtos no ambiente e efeitos em organismos.”

Vianna *et. al* (2015) relata que “a poluição de corpos hídricos é o uso demasiado de pesticidas, onde estes em sua maioria são tóxicos, podendo ter atividade mutagênica, carcinogênica, teratogênica e mimetizadoras de hormônios”.

4 METODOLOGIA

4.1 Introdução

A degradação ambiental assola várias partes do mundo e provoca mudanças nas características naturais do meio ambiente, trazendo consequências para a biota que está inserida no local. No Brasil, o estado do Ceará, localizado na região nordeste, vem enfrentando diversos tipos de degradação ambiental no decorrer dos anos. A região enfrenta períodos do ano sem chuva, sendo caracterizado por longas secas, que trazem consequências negativas ao ambiente. Historicamente, o Ceará foi colonizado pelos portugueses que promoveram a degradação do solo através da expansão da pecuária no território cearense, e posteriormente, com a prática da agricultura sem manejo adequado do solo. Essas formas inadequadas acabaram sendo conduzidas durante anos, trazendo consequências aos solos já frágeis naturalmente por conta das condições físicas, trazendo com consequência a perda da produtividade, a contaminação de seus lençóis freáticos, e o êxodo rural.

A metodologia do presente trabalho constou de uma revisão bibliográfica dos principais processos e mecanismos de degradação ambiental que ocorrem no Ceará, através de consultas de dados disponíveis na literatura e na elaboração de memorial fotográfico das regiões afetadas, foi feita uma análise dos dados coletados, verificando as regiões mais atingidas por cada um dos processos, e mostrando soluções que venham a mitigá-los. Na revisão bibliográfica constam dados de sensoriamento remoto, que mostram a evolução espacial e temporal dos tipos de degradação no estado, sendo importante para identificar as consequências tanto para a fauna e para flora, quanto à população que está inserida no estado.

O estado do Ceará, localizado na região Nordeste do Brasil, foi escolhido como área de pesquisa do presente trabalho, tendo como foco principal a averiguação dos processos de degradação ambiental que ocorrem em seu território. Foram analisados os principais fatores de degradação ambiental, tanto naturais quanto antrópicos, que o estado está submetido.

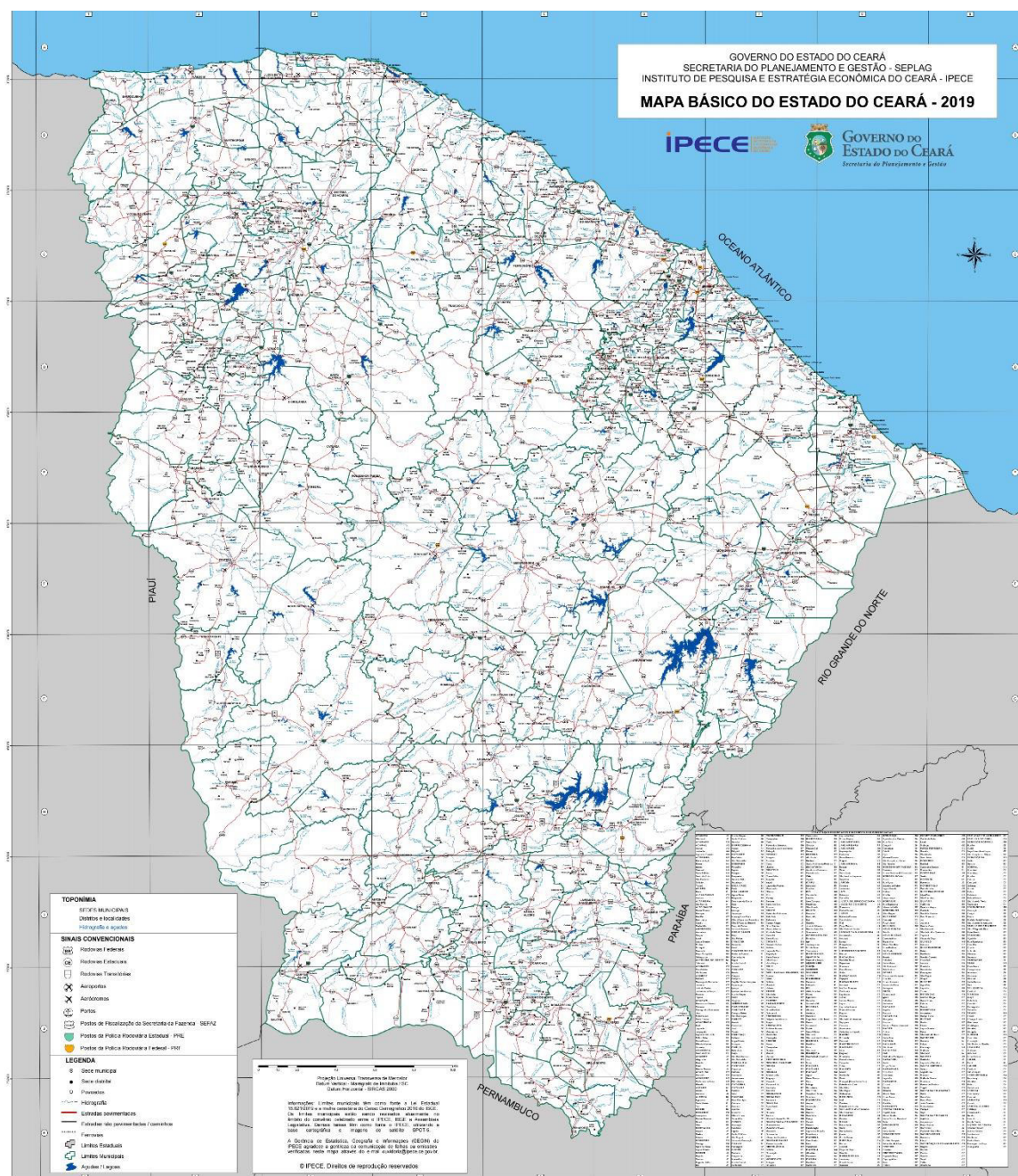
A pesquisa se concentrou primeiramente em um levantamento bibliográfico dos processos de degradação ambiental que estão ocorrendo no estado. Após essa identificação preliminar, buscou-se reunir, através dos dados da literatura, todas as informações disponíveis sobre cada tipo de mecanismo de degradação, considerando as regiões do estado em que ocorrem e o estágio atual. Durante a pesquisa, foram feitas visitas a algumas cidades que sofrem com o processo de degradação ambiental, com realização de um levantamento

fotográfico. A identificação dos locais foi feita a partir de dados do mapeamento dos processos catalogados em entidades e órgãos públicos, como a FUNCEME, a EMBRAPA e IPCE, que utilizaram dados de satélites para catalogação do território atual das áreas afetadas, e para a confecção de mapas.

4.2 Caracterização da área de estudo

O estado do Ceará possui em sua totalidade 148.286 km², fazendo fronteira com os estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, e possuindo o total de 184 municípios segundo dados obtidos no site do IBGE. O estado tem como características o bioma caatinga, e tem 98,7% do seu território pertencente ao semiárido brasileiro. A figura 1 traz o mapa básico do estado do Ceará, catalogado no site do IPECE.

Figura 1 - Mapa do estado do Ceará



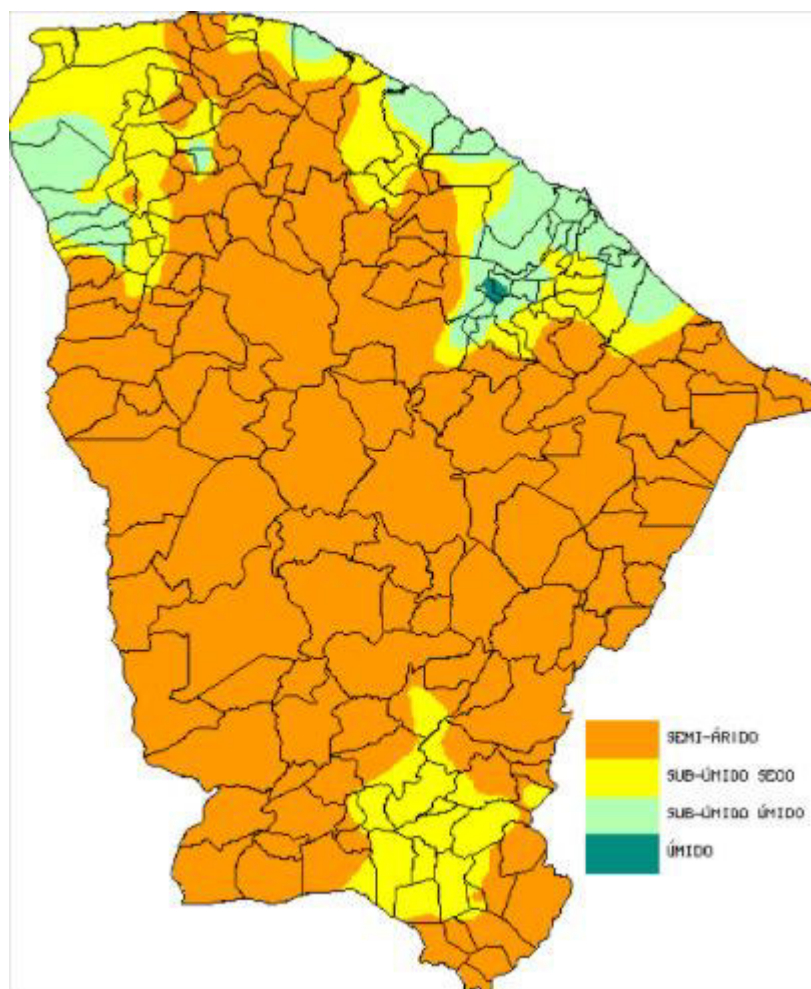
Fonte: IPECE (2019)

Os climas predominantes em seu território, são os tropicais quentes e o semiárido, onde normalmente suas taxas pluviométricas se concentram nos primeiros meses do ano. De acordo com dados da FUNCEME, em 2020, o Ceará teve uma média pluviométrica de 728,6 mm entre os meses de fevereiro e maio, que é o período que representa a quadra chuvosa no estado. A média histórica de chuvas, é correspondente a 695,8 mm. Vale ressaltar que existem regiões que a precipitação é maior do que em outras, principalmente em locais próximos ao litoral, e as regiões serranas, que apresentam uma média de chuva mais elevada, do que as

regiões inseridas no sertão. As médias anuais de temperatura normalmente ficam acima de 22° C em raros casos apresenta temperaturas menores. Cidades como Sobral, normalmente possuem uma média de 27,6° C de acordo com CLIMATE-DATA. Em 2019, Sobral apresentou uma das maiores temperaturas mensais médias do país, com 35,9° C. Essas médias de temperatura variam dependendo da região do estado, e do período do ano. Por exemplo a cidade de Tianguá em abril do ano de 2020 registrou uma temperatura de 20,3° C, sendo considerado pela FUNCEME a cidade “mais fria” do estado nesse mês de referência.

A FUNCEME realizou um levantamento dos dados climáticos do estado do Ceará de acordo com a classificação índice de aridez, recomendada pela UNEP, disponibilizada na figura 2.

Figura 2 - Classificação climática do estado do Ceará de acordo com índices de aridez



Fonte: FUNCEME (2017)

Os solos da região em sua maioria são neossolos, que possuem características de altos índices de acidez, altos teores de alumínio e sódio e textura de areia. O estado do Ceará também é uma região propícia a erosão, que possui solos frágeis, de baixa profundidade e alto nível de rochas cristalinas em seu território (FUNCEME, 2017).

5 RESULTADOS

5.1 Introdução

Com base nos dados bibliográficos consultados identificou-se que ocorrem três principais tipos de degradação ambiental no território do estado do Ceará: desertificação, poluição dos lençóis freáticos por agrotóxicos e aquíferos por agrotóxicos e erosão.

Identificou-se os principais mecanismos que causam cada um desses três processos de degradação ambiental dentro do estado, que pode ser visualizado na tabela 3.

Tabela 3 - Mecanismos que causam desertificação, poluição dos lençóis freáticos e aquíferos por agrotóxicos e erosão no estado do Ceará

Degradação ambiental	Mecanismos
Desertificação	-Manejo inadequado do solo na agricultura e pecuária
	-Compactação do solo pelos rebanhos
	-Desmatamento (retirada da proteção natural do solo)
	-Queimadas
	-Erosão severa dos solos + fatores climáticos adversos
	-Salinização por conta da irrigação
	-Mineração para extração de rochas ornamentais, materiais de construção (britas, areias, saibro), ferro, urânio, magnesita, dolomitas etc.
Poluição dos lençóis freáticos e aquíferos por agrotóxicos	-Pulverização por agrotóxicos (contaminação química)
	-Descarte inadequado de embalagens de agrotóxicos
	-Carreamento dos contaminantes pela irrigação
	-Manejo ambiental inadequado dos agrotóxicos
Erosão	-Irrigação
	-Desmatamento
	-Queimadas
	-Manejo inadequado dos solos na agricultura e pecuária
	-Compactação dos solos
	-Erosão eólica

Fonte: Autora (2021)

Os itens a seguir descrevem dados coletados de bibliografias referentes a pesquisas realizadas por universidades e órgãos públicos, que mostram os processos de degradação que estão ocorrendo no estado, suas principais causas, em quais regiões foram registradas, além de registros fotográficos de quatro cidades, identificadas a partir do levantamento de dados anterior, onde estão ocorrendo cada um desses processos de degradação ambiental.

5.2 Desertificação no Estado do Ceará

O processo de desertificação no Ceará começou a ser estudado na metade do século XX, através de pesquisas acadêmicas que começaram a ser desenvolvidas sobre o tema. No decorrer dos anos, foi identificado que o estado está sendo afetado de forma severa por este processo, atingindo de forma considerável três áreas distintas no território cearense.

O estado contém características naturais, que propiciam o desenvolvimento da desertificação. Por ser uma área que é afetada por longos períodos de seca, o solo tende a ficar mais frágil, estando mais propício ao carreamento pelo vento (erosão eólica). Aliado a esse fato, a interferência humana contribui no aceleração do processo. Por exemplo, as queimadas feitas para limpar a terra, acarretam a perda dos nutrientes naturais do solo, tornando-os improdutíveis em poucos anos.

A derrubada da vegetação nativa, para a utilização da área desmatada na agricultura, também é outro fator que está contribuindo para o alastramento da desertificação. Sem a vegetação natural, o solo fica exposto as ações do vento e chuva, sendo mais propício a perder os seus nutrientes.

A compactação também contribui para o mecanismo de degradação ambiental, como decorrência da pecuária e do uso de máquinas pesadas, que gera um sobrepeso no solo superficial, causando um aumento da densidade do solo e uma diminuição da infiltração, com aumento do escoamento superficial, que facilita o carreamento do solo durante eventos chuvosos.

Por ser uma região em que o aporte de chuvas não ocorre durante todo o ano, os produtores agrícolas acabaram se adaptando, fazendo uso da irrigação. A irrigação acaba se tornando um fator que acarreta degradação dos solos, pois grande parte dos produtores agrícolas a realizam de forma inadequada, por falta de treinamentos adequados sobre a aplicação da técnica. O solo acaba sendo lavado, perdendo seus nutrientes, ficando mais

propício ao processo de erosão e de desertificação. Outra consequência da irrigação realizada de forma inadequada é a salinização dos solos.

O Ceará por suas características físicas naturais já é propício ao processo de erosão, mas por conta do manejo inadequado do solo, o processo vem se intensificando no território, o que acaba trazendo mais espaço para o processo de desertificação. Por conta desses fatores, as terras do Ceará estão perdendo boa parte de seus nutrientes, seja por conta das queimadas, do desmatamento, da falta de ciclagem no solo, que acarretam um empobrecimento do solo.

5.2.1 Núcleos de desertificação

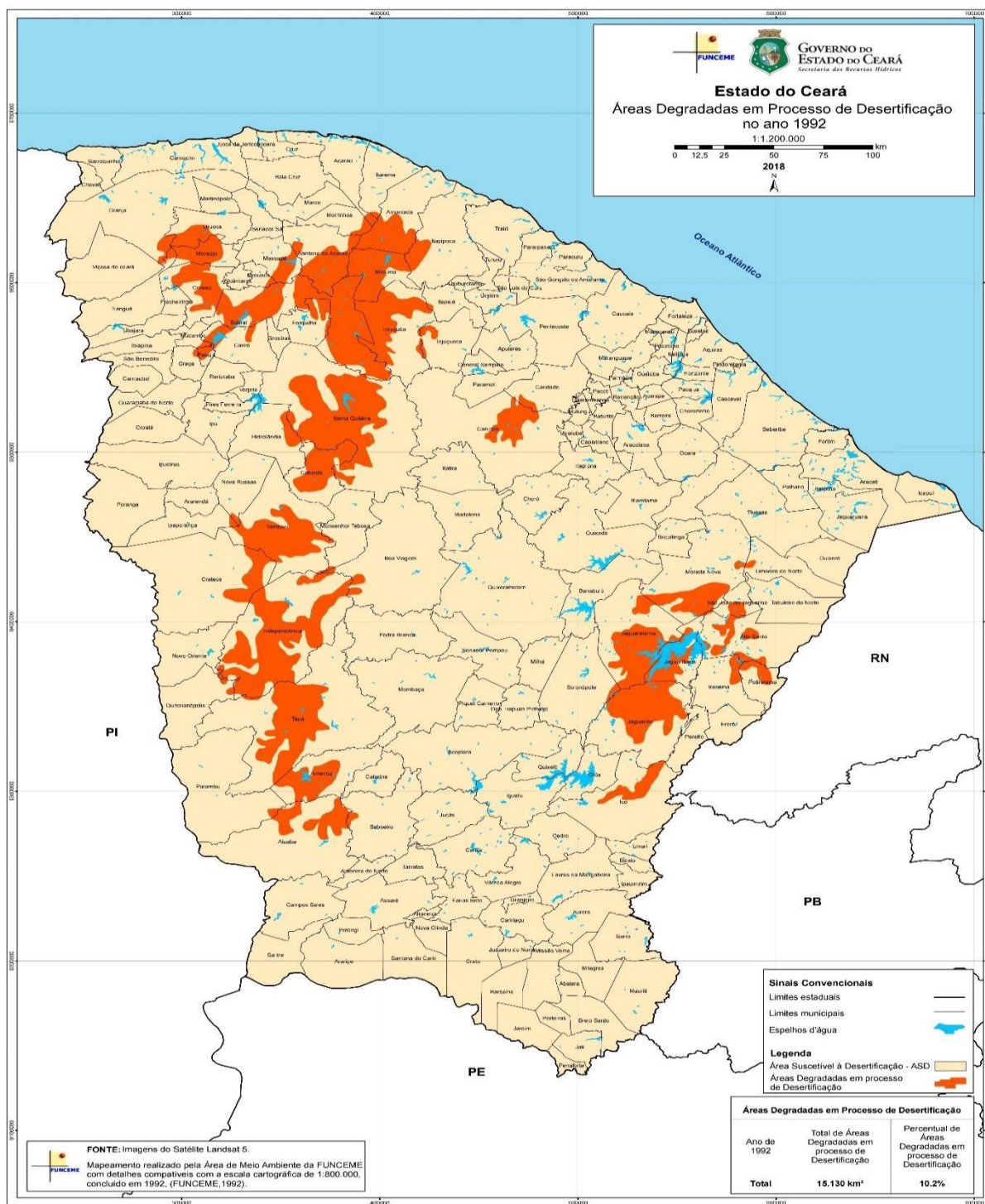
A pesquisa se concentrou primeiramente na identificação dos principais núcleos de desertificação do estado. O Ceará é favorável a esse processo de degradação por estar inserido em quase toda a sua totalidade na região do semiárido, devido as suas características geomorfológicas ligadas as questões orográficas dos sota-ventos dos maciços cristalinos, que contribuem para um baixo aporte de chuvas e por possuir elevada taxa de evaporação. O processo de desertificação ainda é acelerado em decorrência da interferência do meio por ações antrópicas de mal uso do solo, como abordado anteriormente.

A FUNCEME relatou no ano de 2018 que mais de 15% do território do Brasil é suscetível à desertificação, sendo que o estado do Ceará, é incluindo 100% do seu território como área suscetível à desertificação, e que desse total 11,54% do território já está degradado em decorrência da desertificação, de acordo com o último levantamento realizado pela FUNCEME em 2016.

O estado contabiliza em seu território três núcleos principais de desertificação, que foram identificados pela FUNCEME no ano de 1990, e em 2010 pelo Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. Os três núcleos são classificados em Nucleo I, que é referente à Irauçuba/Centro Norte, que engloba as cidades de Irauçuba, Canindé, Itapajé, Miraíma, Santa Quitéria e Sobral, totalizando uma área total de 12.194,63 km². O Núcleo II é referente ao Inhamuns, que contém os municípios de Arneiroz, Independência e Tauá, contabilizando uma área total de 8.303,72 km². O Núcleo III é referente ao Médio Jaguaribe, contendo as cidades de Jaguaribara, Jaguaribe, Alto Santo e Morada Nova com área de 8.421,72 km². Os três núcleos correspondem a 19,06% da área do estado do Ceará.

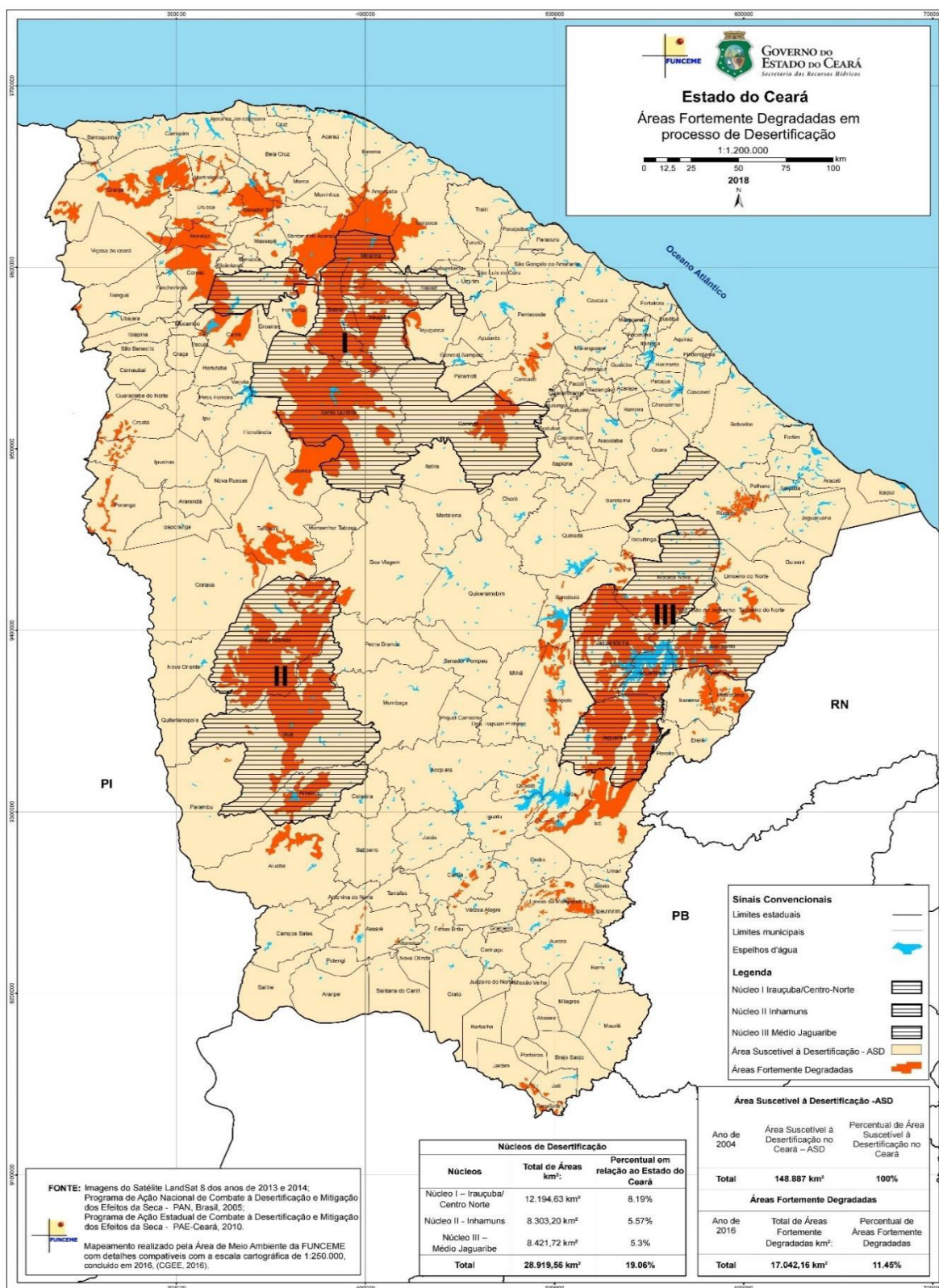
Por meio dos levantamentos que a FUNCEME realiza no Ceará, foi possível ter uma visualização de como a situação dos processos de desertificação se alastraram pelo território do estado, e quais áreas são mais suscetíveis. Nos dois mapas abaixo pode-se ver a delimitação dos núcleos de desertificação no ano de 1992 e no de 2016.

Mapa 1 - Áreas suscetíveis a desertificação no Ceará em 1992



Fonte: FUNCEME (1992)

Mapa 2 - Áreas suscetíveis a desertificação no Ceará em 2016















Fonte: FUNCEME (2016)

Percebe-se que ocorreu um aumento da “mancha” de desertificação entre os anos de 1992 a 2016, de maneira que, houve uma expansão no sul do estado, atingindo cidades como Lavras da Maguabeira, e Cariús. Na região norte do estado, pode-se ver que a cidade de Granja, também foi atingida pela desertificação. A seguir será feita uma caracterização de cada núcleo.

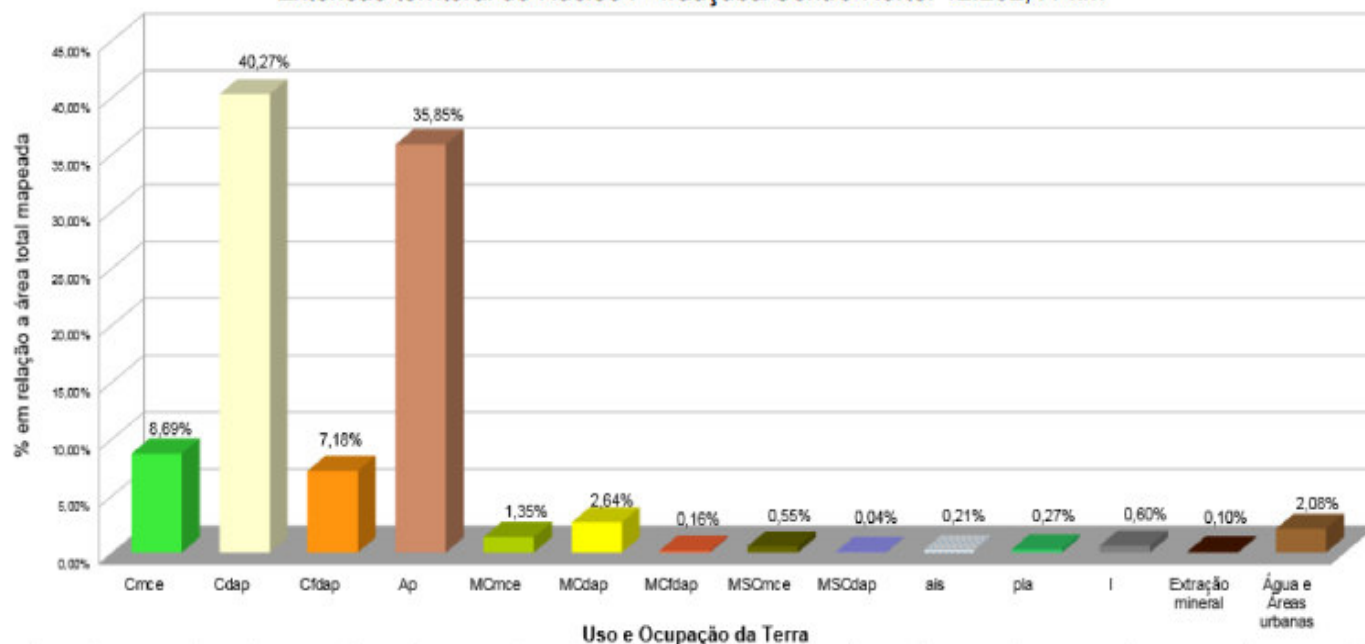
5.2.1.1 Núcleo I

O Núcleo I de desertificação no estado do Ceará, localizado no Centro/Norte do estado, está a sota-vento da serra de Uruburetama, o que explica a região possuir uma das menores taxas de chuva do estado, por conta da interceptação pelas serras de massas de chuvas advindas do oceano. A região possui características de solos rasos, compactos, e de baixa permeabilidade, que dificulta a infiltração, e de fixação de raízes profundas pela vegetação. O mapa 3 abaixo, apresenta o levantamento do uso e ocupação do solo da região do núcleo I de desertificação, realizados pela FUNCEME. Para melhor visualização das informações, o mapa e as legendas foram divididos em duas páginas.

Legenda

Classe	Caracterização
 Caatinga moderadamente conservada / extrativismo (Cmce)	Caatinga parcialmente conservada com características naturais remanescentes do recobrimento vegetal primário e com dinâmica ambiental progressiva, podendo apresentar porte arbustivo e herbáceo nas áreas já destituídas da vegetação original, em decorrência das ações de desmatamento.
 Caatinga degradada/ agropecuária (Cdap)	Caatinga degradada com características do recobrimento vegetal primário transformadas e com dinâmica ambiental com tendências regressivas, com inclusões de afloramentos rochosos, culturas de subsistência e pastagens extensivas.
 Caatinga fortemente degradada/agropecuária (Cfdap)	Caatinga intensamente degradada submetida a processos de desertificação e com solos e biodiversidade irreversivelmente comprometidos, com presença dispersa de espécies de caatinga arbustivo-arbórea, arbustivo-herbácea, cactáceas, exposições rochosas, matações, solos erodidos com intensa utilização pelo pastoreio extensivo.
 Agropecuária (Ap)	Cobertura vegetal com espécies da caatinga arbustivo-arbórea, arbustivo-herbácea, destacando-se a agricultura e pecuária com exploração familiar, combinada com pastagens naturais ou cultivadas, para produzir alimento, renda e adquirir outros bens e serviços.
 Mata Ciliar moderadamente conservada/extrativismo (MCmce)	Mata Ciliar ribeirinha parcialmente conservada com características naturais remanescentes do recobrimento vegetal primário e com dinâmica ambiental progressiva. A comunidade vegetacional demonstra que as condições ecológicas não foram totalmente alteradas pelas atividades humanas, como o extrativismo vegetal e a agricultura.
 Mata Ciliar degradada/ agropecuária (MCDap)	Mata Ciliar ribeirinha degradada com características de recobrimento vegetal secundário transformado e com dinâmica ambiental com tendência regressiva, alterada pelas atividades humanas, como o extrativismo mineral e vegetal, agricultura e pecuária extensiva.
 Mata Ciliar fortemente degradada/ agropecuária (MCFdap)	Mata Ciliar fortemente degradada com características secundárias fortemente transformadas, biodiversidade irreversivelmente comprometida e com dinâmica ambiental regressiva. Modificações promovidas pelas atividades humanas, como o extrativismo mineral e vegetal, agricultura e pecuária extensiva.
 Mata Seca/Caatinga moderadamente conservada/extrativismo (MSCmce)	Área de tensão ecológica com remanescentes de mata seca e caatinga, recobrendo alguns níveis das serras e dos maciços residuais.
 Mata Seca/Caatinga degradada/agropecuária (MSCdap)	Área de tensão ecológica com remanescentes de mata seca e caatinga, degradada, recobrendo alguns níveis das serras e dos maciços residuais.
 Área inundação sazonal (ais)	Área baixa, plana, embutida na depressão sertaneja, submetida a inundações periódicas durante a estação chuvosa, precariamente incorporada à rede hidrográfica.
 Planície Alveolar (pla)	Planícies embutidas entre morros e relevos colinosos das Serras, resultantes de acumulação alúvio coluvial.
 Lajedos (l)	Exposições rochosas superficiais associadas ou não à ocorrência de matações ou caos de blocos.

Extensão territorial do Núcleo I - Irauçuba/Centro-Norte: 12.202,41 km²



Fonte: FUNCEME (2009)

Com base nos dados apresentados nesse levantamento, observa-se que grande parte do território do Núcleo I faz parte da classificação de uso e ocupação do solo como: Caatinga degradada/agropecuária (Cdap), representando a porcentagem de 40,27% da área total. Nessa classificação estão inclusas áreas de afloramento rochosos, de áreas usadas para as pastagens extensivas, e as culturas de subsistências da população. Em segundo lugar, vem a classificação relativa à Agropecuária (Ap), com 35,85% de ocupação do solo. Essa classificação se refere a regiões que são desenvolvidas atividades de agricultura e pecuária familiar. Em terceiro lugar, vem a classificação Caatinga moderadamente conservada/extrativismo (Cmce), com 8,69%, representando o território da caatinga que está parcialmente conservado, mas apresenta marcas de degradação por conta de desmatamento. Em quarto lugar, vem a classificação Caatinga fortemente degradada/agropecuária (Cfdap), com 7,18%, que são os solos que já estão bastante comprometidos por conta da desertificação. Pode-se averiguar que boa parte do território é usado para atividades da agropecuária, e as partes parcialmente conservadas são pertencentes a caatinga, que já sofrem com as atividades antrópicas. Outro fato importante é que quase 8% do solo da região a degradação já atingiu um nível irreversível de comprometimento dos solos e da biodiversidade.

Vale ressaltar a cidade de Irauçuba possui grande parte de seu território inserida na classificação de uso e ocupação do solo em Caatinga fortemente degradada/agropecuária (Cfdap), que indica que a cidade engloba uma das áreas que mais sofre com a desertificação no estado do Ceará.

As principais atividades que são desenvolvidas em cada cidade na região do núcleo I, são apresentadas na tabela 4. Constata-se que a agricultura e a exploração extrativista são as atividades econômicas predominantes desses municípios, que sugerem uma conexão com o avanço da desertificação, provavelmente pelo manejo inadequado do solo.

Tabela 4 - Atividades econômicas desenvolvidas no Núcleo I de desertificação

Cidade	Atividades econômicas
Canindé	Agricultura, Indústria, Pecuária, Piscicultura, Turismo religioso, e Administração pública
Irauçuba	Agricultura, Indústria, Pecuária, e Administração pública
Itapajé	Agricultura, Pecuária, Artesanato, Indústria, e Administração pública
Miraima	Agricultura, Indústria, Serviços e Administração pública
Santa Quitéria	Agricultura, Indústria, Serviços e e Administração pública
Sobral	Agricultura, Indústria, Extrativismo, Mineração, Piscicultura e Administração pública.

Fonte: BNB, IPECE, IBGE (2020).

A visualização do aspecto atual do solo e da vegetação do núcleo I pode ser vista nas figuras 3 e 4, que mostram o registro fotográfico da degradação dos municípios de Canindé nas figuras 5 e 6 é apresentando o sertão do município de Itapajé, onde observa-se a presença de pedregulhos, solos secos, evidenciando as características da degradação.

Figura 3 - Município de Canindé levantamento 1



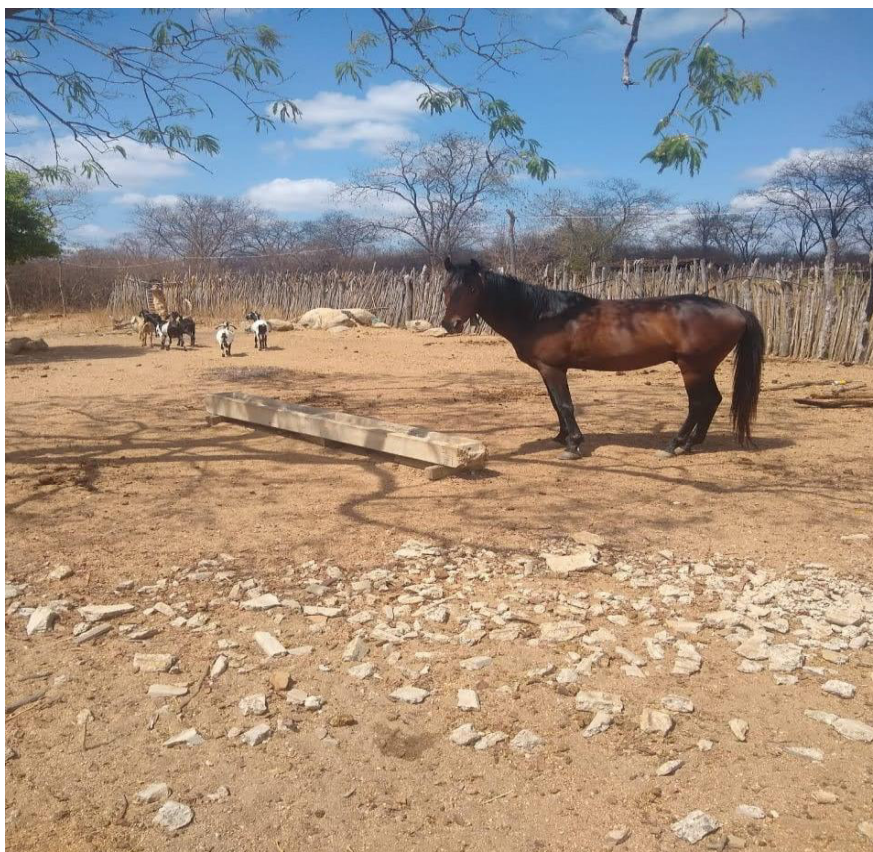
Fonte: Autora (2020)

Figura 4 - Município de Canindé levantamento 2



Fonte: Autora (2020)

Figura 5 - Município de Itapajé levantamento 1



Fonte: Uchôa, D (2021)

Figura 6 - Município de Itapajé levantamento 2











Fonte: Uchôa, D (2021)

5.2.1.2 Núcleo II

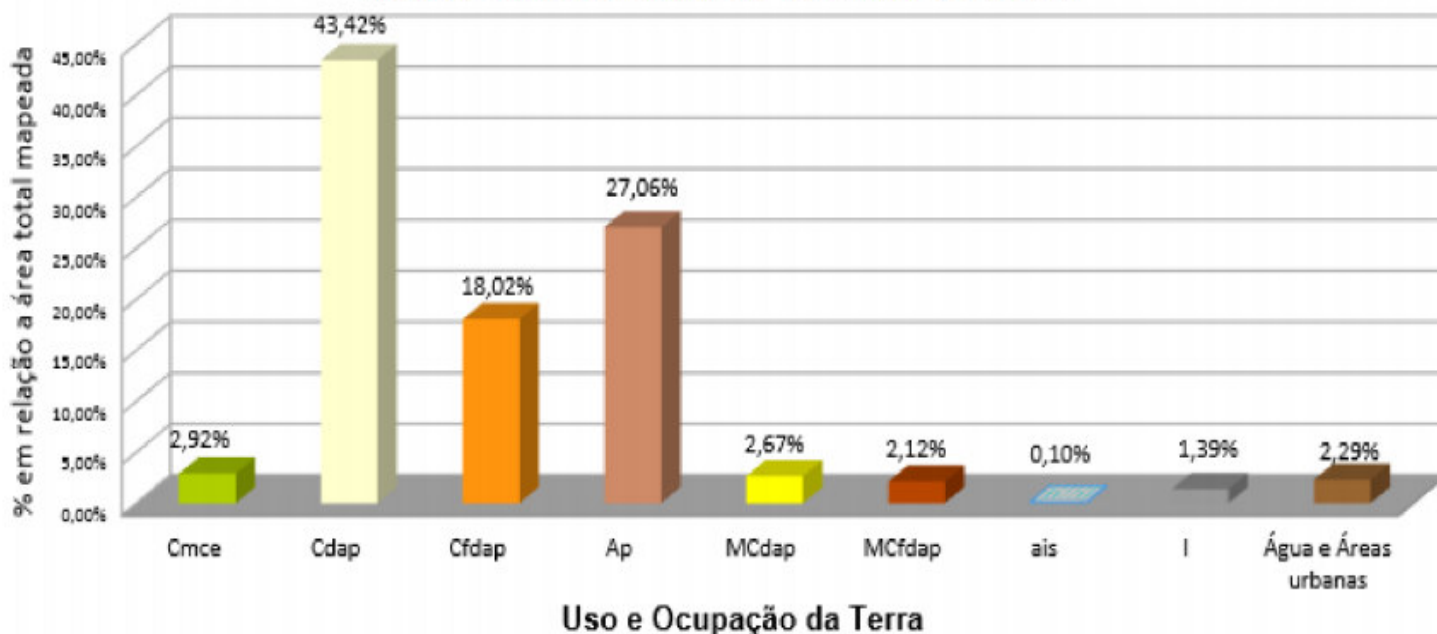
O núcleo II- Inhamuns de desertificação do estado do Ceará, está localizado na região oeste. A região possui características físicas de solos rasos e pedregosos, apresentando um escoamento superficial irregular, pois são solos mal drenados e rasos. Possui uma certa dificuldade para infiltração da água, por conta da presença de solo cristalino, além de uma alta taxa de evapotranspiração e um baixo aporte de chuvas anual, que não ultrapassa os 800 mm, o que facilita uma alta dinâmica de processos erosivos, que evolui para o processo de desertificação.

No mapa 4, está presente o levantamento que a FUNCEME realizou sobre o uso e ocupação do solo do núcleo II. O mapa foi dividido em duas folhas para melhorar a visualização.

Legenda

Classe	Caracterização
 Caatinga moderadamente conservada/extrativismo (Cmce)	Caatinga parcialmente conservada com características naturais remanescentes do recobrimento vegetal primário e com dinâmica ambiental progressiva, podendo apresentar porte arbustivo e herbáceo nas áreas já destituídas da vegetação original, em decorrência das ações de desmatamento.
 Caatinga degradada/agropecuária (Cdap)	Caatinga degradada com características do recobrimento vegetal primário transformadas e com dinâmica ambiental com tendências regressivas, com inclusões de afloramentos rochosos, culturas de subsistência e pastagens extensivas.
 Caatinga fortemente degradada/agropecuária (Cfdap)	Caatinga intensamente degradada submetida a processos de desertificação e com solos e biodiversidade irreversivelmente comprometidos, com presença dispersa de espécies de caatinga arbustivo-arbórea, arbustivo-herbácea, cactáceas, exposições rochosas, matações, solos erodidos com intensa utilização pelo pastoreio extensivo.
 Agropecuária (Ap)	Cobertura vegetal com espécies da caatinga arbustivo-arbórea, arbustivo-herbácea, destacando-se a agricultura e pecuária com exploração familiar, combinada com pastagens naturais ou cultivadas, para produzir alimento, renda e adquirir outros bens e serviços.
 Mata Ciliar degradada/agropecuária (MCdap)	Mata Ciliar ribeirinha degradada com características de recobrimento vegetal secundário transformado e com dinâmica ambiental com tendência regressiva, alterada pelas atividades humanas, como o extrativismo mineral e vegetal, agricultura e pecuária extensiva.
 Mata Ciliar fortemente degradada/agropecuária (MCfdap)	Mata Ciliar fortemente degradada com características secundárias fortemente transformadas, biodiversidade irreversivelmente comprometida e com dinâmica ambiental regressiva. Modificações promovidas pelas atividades humanas, como o extrativismo mineral e vegetal, agricultura e pecuária extensiva.
 Área inundação sazonal (ais)	Área baixa, plana, embutida na depressão sertaneja, submetida a inundações periódicas durante a estação chuvosa, precariamente incorporada à rede hidrográfica.
 Lajedos (l)	Exposições rochosas superficiais associadas ou não à ocorrência de matações ou caos de blocos.

Extensão territorial do Núcleo II - Inhamuns: 8.303,26 km²



Fonte: FUNCEME (2009)

Observar-se que a maior parte do território, faz parte da classificação de caatinga degradada/agropecuária (Cdap), com 43,42% do uso e ocupação do solo do núcleo do território do núcleo II, que são as áreas que apresentam características de afloramentos rochosos, pastagens extensivas e culturas de subsistências. Logo em seguida, identifica-se que 27,06% do uso e ocupação é usada para Agropecuária (Ap), que corresponde principalmente as atividades de: a agricultura e a pecuária familiar. Em seguida vem a classificação de caatinga fortemente degradada/agropecuária (Cfdap) com 18,02% do uso e ocupação do solo, que são as áreas degradadas pela desertificação, com perca da biodiversidade irreversivelmente comprometidos. Vale destacar que a porcentagem do território inserido na classificação de Caatinga moderadamente conservada/extratativismo (Cmce), é baixo, atingindo apenas 2,92% do território.

Analisando o mapa, é possível avaliar que grande parte do território de Tauá está inserido na classificação de Caatinga fortemente degradada/agropecuária (Cfdap), representando áreas que estão extremamente comprometidas, sua biodiversidade atualmente se encontra em perigo, pois pode se tornar algo irreversível, se não for corrigido. Vale ressaltar que esses problemas começariam a ser remediados, se fossem praticados manejos ambientais adequados nas atividades.

Na região do Núcleo II como um todo ainda são usadas técnicas de agricultura que não promovem o manejo do solo de forma correta. Um exemplo claro são as regiões de declive, que já apresentam sinais de erosão, não estão sendo feitos os recobrimentos da vegetação natural, que possui relação direta com as causas da desertificação do local, segundo o Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação no estado do Ceará, Núcleo Inhamuns, realizado pela FUNCEME em 2015.

De acordo com dados sobre os solos da região coletados pela FUNCEME (2015), entre os anos de 1995 a 2006, ocorreu um aumento nas áreas destinadas às pastagens, um acréscimo de lavouras temporárias, observadas nas cidades de Tauá e Independência, além da redução das matas e pastos naturais.

Para traçar um perfil dos fatores econômicos que podem estar sendo responsáveis pelo processo, nos três municípios que compõem o Núcleo foi realizado o levantamento das principais atividades econômicas que são desenvolvidas nos três municípios, para verificação de quais fatores econômicos antrópicos podem estar

contribuindo nesse caso com a desertificação do núcleo II. As informações estão registradas na tabela 5.

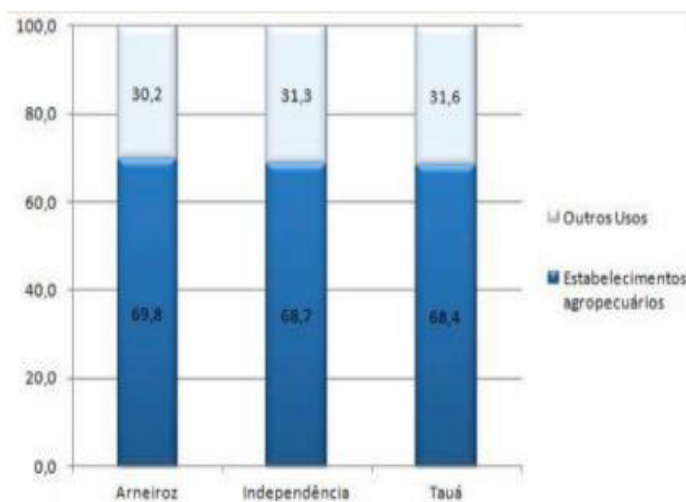
Tabela 5 -Atividades econômicas desenvolvidas no Núcleo II de desertificação

Cidade	Atividades econômicas
Tauá	Agricultura, Indústria, Administração pública e Pecuária.
Independência	Serviços, Agricultura, Indústria e Administração pública
Arneiroz	Agricultura, Indústria, Pecuária, Turismo religioso, e Administração pública

Fonte: BNB, IPECE, IBGE (2020).

Observa-se que, nos três municípios a agricultura e pecuária são atividades que fazem parte das atividades que trazem renda a população. Confrontando com dados bibliográficos para validar os dados, encontrou-se dados do IBGE, informando que a maior parte das terras do Núcleo II, são destinadas a agricultura, além de ter ocorrido um aumento no uso das terras para pastagens. No site do IBGE foi obtido a seguinte relação presente na figura 7, onde observa-se que os três municípios possuem mais de 60% de seu território com suas terras sendo utilizadas para as atividades agropecuárias.

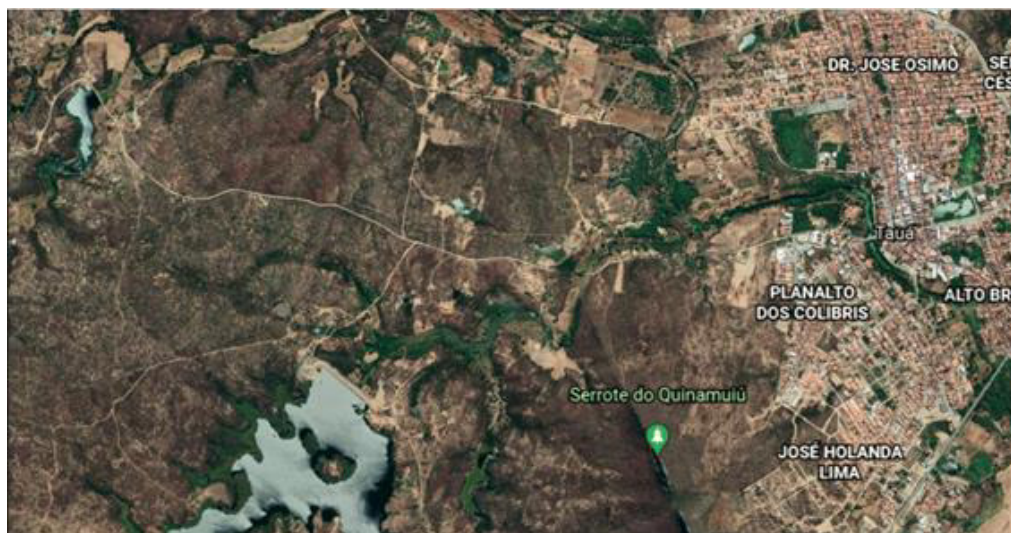
Figura 7 - Uso e ocupação do solo para agricultura no núcleo II de desertificação



Fonte: IBGE (2007)

Usando o Google Earth foi localizado a cidade de Tauá, e feito uma captura aérea de uma parte de seu território, presente na figura 8, para demonstrar a vegetação que a região possui. Nota-se a presença de características intrínsecas da caatinga, com pouca vegetação, principalmente na época que a captura foi realizada, no período seco da região, onde a vegetação já perdeu suas folhas. Para melhorar a visualização foi coletado a figura 9, retirada do livro Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis a desertificação do estado do ceara-Núcleo Ihamuns, da FUNCEME (2015), que mostra de forma mais clara essas características da vegetação da caatinga, comentada anteriormente.

Figura 8 - Vista aérea do município de Tianguá



Fonte: Google Earth (2021)

Figura 9 - Município de Tianguá



Fonte: FUNCEME (2015)

5.2.1.3 Núcleo III

O terceiro núcleo de desertificação do estado do Ceará está localizado na região no Médio Jaguaribe, possuindo características de índices pluviométricos baixos, com solos rasos e possuindo rochas cristalinas em quase toda sua extensão. Possui taxas anuais de evapotranspiração de até 1000 mm, com média de 775 mm, e temperaturas que variam de 23° C a 29° C. A paisagem natural da região já apresenta características intrínsecas de marcas de desertificação que o seu solo está passando de acordo com informações da FUNCEME.

A economia da região gira em torno de atividades da agricultura, da pecuária, da mineração e do extrativismo para produção de carvão. A cidade de Jaguaribe, se destacou com o maior índice de extrativismo de lenha entre os anos de 1998 a 2007, de acordo com o levantamento realizado pelo PAE (2010). Na pecuária da região, a pecuária extensiva tem como destaque a criação de bovinos, suínos, ovinos, caprinos, asininos e equinos. Destaca-se o manejo ambiental quando feito, é de forma inadequada, e insignificante para que ocorra a preservação do solo com essas atividades.

Na tabela 6 está presente o levantamento das atividades econômicas dos municípios que compõem o núcleo III, para visualização atividades antrópicas que

podem contribuir para o processo de desertificação em cada município. Observa-se que em todos os municípios consta-se as atividades de agricultura e pecuária. Vale ressaltar os municípios de Jaguaretama, Jaguaribe, e Alto Santo, que possuem o extrativismo vegetal, que contribui para os processos de degradação. E além do extrativismo vegetal, o município de Alto Santo, destaca-se com a exploração mineral.

Tabela 6 - Atividades econômicas desenvolvidas no Núcleo III de desertificação

Cidade	Atividades econômicas
Jaguaretama	Agricultura, Pecuária extensiva, Artesato, Extrativismo vegetal, e Administração pública
Jaguaribara	Agricultura, Comércio, Indústria, Pecuária e Administração pública
Jaguaribe	Agricultura, Comércio, Indústria, Pecuária, Administração pública, e Extrativismo vegetal
Alto Santo	Agricultura, Pecuária extensiva, Comércio e Extrativismo vegetal, Mineração, Artesanato e
Morada Nova	Comercio, Agricultura, Pecuária, Indústria, Apicultura e Administração pública

Fonte: BNB, IPECE, IBGE (2020).

Para visualização espacial do território atualmente e sua vegetação, foi feito um registro fotográfico do núcleo III da região rural de Morada Nova, figuras 10 e 11. Não foi encontrado nas bibliografias um mapa sobre uso e ocupação do solo, como dos outros núcleos de desertificação e por esse motivo não é apresentado nesse trabalho.

Figura 10- Município de Morada Nova levantamento 1



Fonte: Maia, R (2021)

Figura 11- Município de Morada Nova levantamento 2



Fonte: Maia, R (2021)

As fotos são correspondentes ao interior do sertão de Morada Nova, onde é possível observar, que é uma região que já apresenta pedregulhos e solo com pouca vegetação, evidenciando características do processo de desertificação que a região possui.

5.2.2 Análise dos dados sobre a desertificação no estado do Ceará

O estado do Ceará é propício ao desenvolvimento do processo de desertificação, devido as suas condições geomorfológicas, como discutindo anteriormente, mas evidencia-se que o processo está sendo acelerado, devido as atividades econômicas que são desenvolvidas nos três núcleos de desertificação, principalmente as atividades advindas da agricultura e pecuária. Ressalta-se que a falta de manejo ambiental adequado, é histórico, se mantem até hoje em sua grande maioria com técnicas rudimentares, principalmente na agricultura de subsistência, praticadas por famílias do interior do estado, que passam de geração em geração técnicas inadequadas, como as queimadas para limpeza do terreno para a plantação de suas lavouras, o desmatamento sem controle para uso da madeira como fonte para cozimentos de alimentos, a pastagem na pecuária e a irrigação para manutenção das plantações em períodos de estiagem, feitas de formas incorretas. Na maioria dos casos, por falta de conhecimentos dos agricultores, que essas práticas estão trazendo o empobrecimento do solo, o que acarreta no uso do solo até seu esgotamento, e abandono da área, para procura de um novo espaço para explorar.

Por meio de análise aos mapas da FUNCEME, notou-se que no Núcleo I, as cidades que a mancha de desertificação atinge quase todo o território são os municípios de: Irauçuba, Miraima e Sobral, evidenciando Irauçuba que de acordo com FUNCEME em 2016, ao menos 23,29% de seu território está fortemente degradado, em processo de desertificação. No Núcleo II, o município de Independência é extremamente atingido pelo processo de desertificação, juntamente com Tauá. No Núcleo III, evidencia-se Jaguaribe e Jaguaratema. Analisando as duas séries históricas de 1992 e 2016, nota-se um avanço na área de desertificação do Núcleo I. Dos três núcleos do estado, o núcleo de Irauçuba é o que apresenta maior área fortemente degradada em processo de desertificação.

As medidas de aplicação de manejo ambiental nos solos, é uma das soluções que podem começar a pausar esse avanço das manchas de desertificação no estado, além da conscientização dos agricultores sobre os problemas que as técnicas rudimentares estão causando aos solos. Alguns projetos já estão sendo desenvolvidos em algumas cidades, e percepção de muitas pessoas já começou a mudar sobre o assunto, como em Irauçuba, que foi a primeira cidade do país a construir seu próprio plano de combate à desertificação no ano de 2009. No município de Independência o Conselho e Gestão do

Meio Ambiente, instaurou o Projeto “Aduba Sertão”, que visa incentivar o manejo ambiental adequado do solo. O governo do estado do Ceará instaurou o Projeto de Desenvolvimento Rural Sustentável – PDRS, que é uma política pública do governo, que tem como um dos públicos-alvo, as regiões que estão em processo de desertificação, tendo como objetivo apoiar a agricultura familiar, de forma sustentável e inovadora.

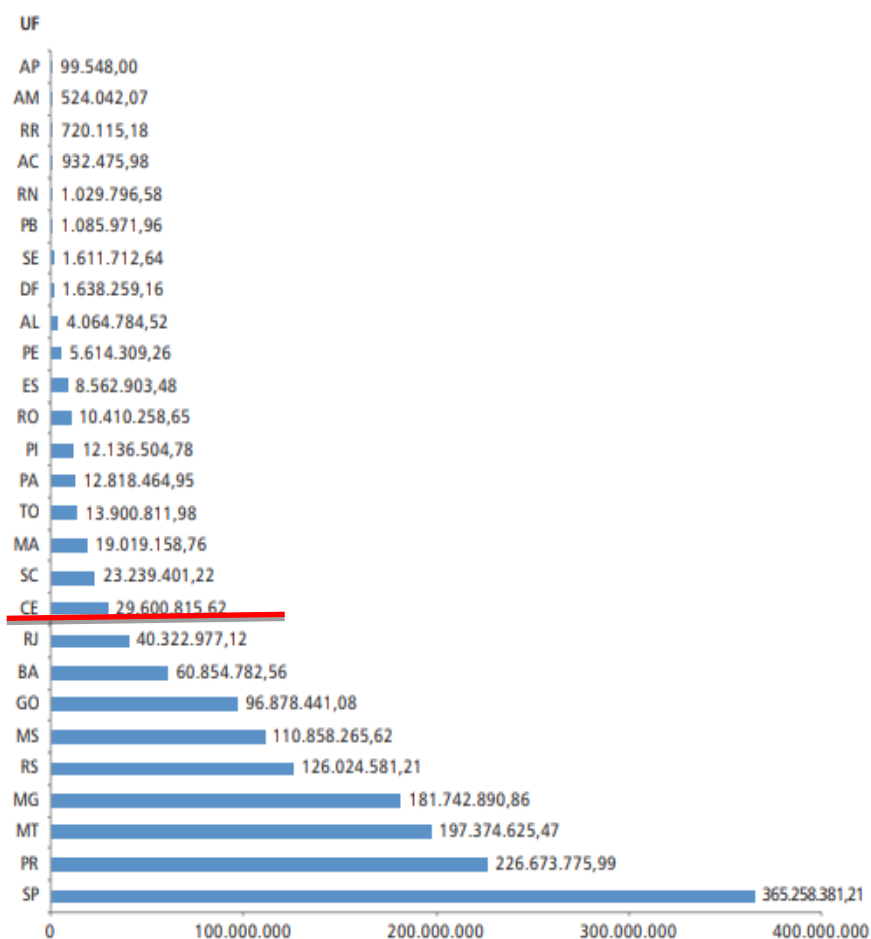
5.3 Poluição dos lençóis freáticos por agrotóxicos

5.3.1 O uso de Agrotóxicos no Ceará

O estado do Ceará está intimamente ligado a produção agrícola em suas terras, destacando-se na região a produção de fruticultura. Para que seja possível aumentar a produção e a qualidade dos alimentos produzidos, de forma barata e rápida, o uso de agrotóxicos se tornou uma saída para grande parcela dos produtores da região, tanto os pequenos como médios produtores, para que seja possível obter o aumento da fertilidade do solo e a contenção de pragas nas plantações.

O banco de informações sobre os produtos agroquímicos e afins registrados no Ministério da Agricultura-Agrofit, apresenta um levantamento de quanto cada estado brasileiro consumiu de agrotóxicos no ano de 2014, como pode ser visto na figura 12. Observa-se que os volumes de agroquímicos no estado ainda são bastante significativos, em relação à quantidade utilizada em outros estados, e o estado do Ceará não é um dos maiores consumidores do Brasil desse material.

Figura 12 - Levantamento do consumo de agrotóxicos por cada estado do Brasil

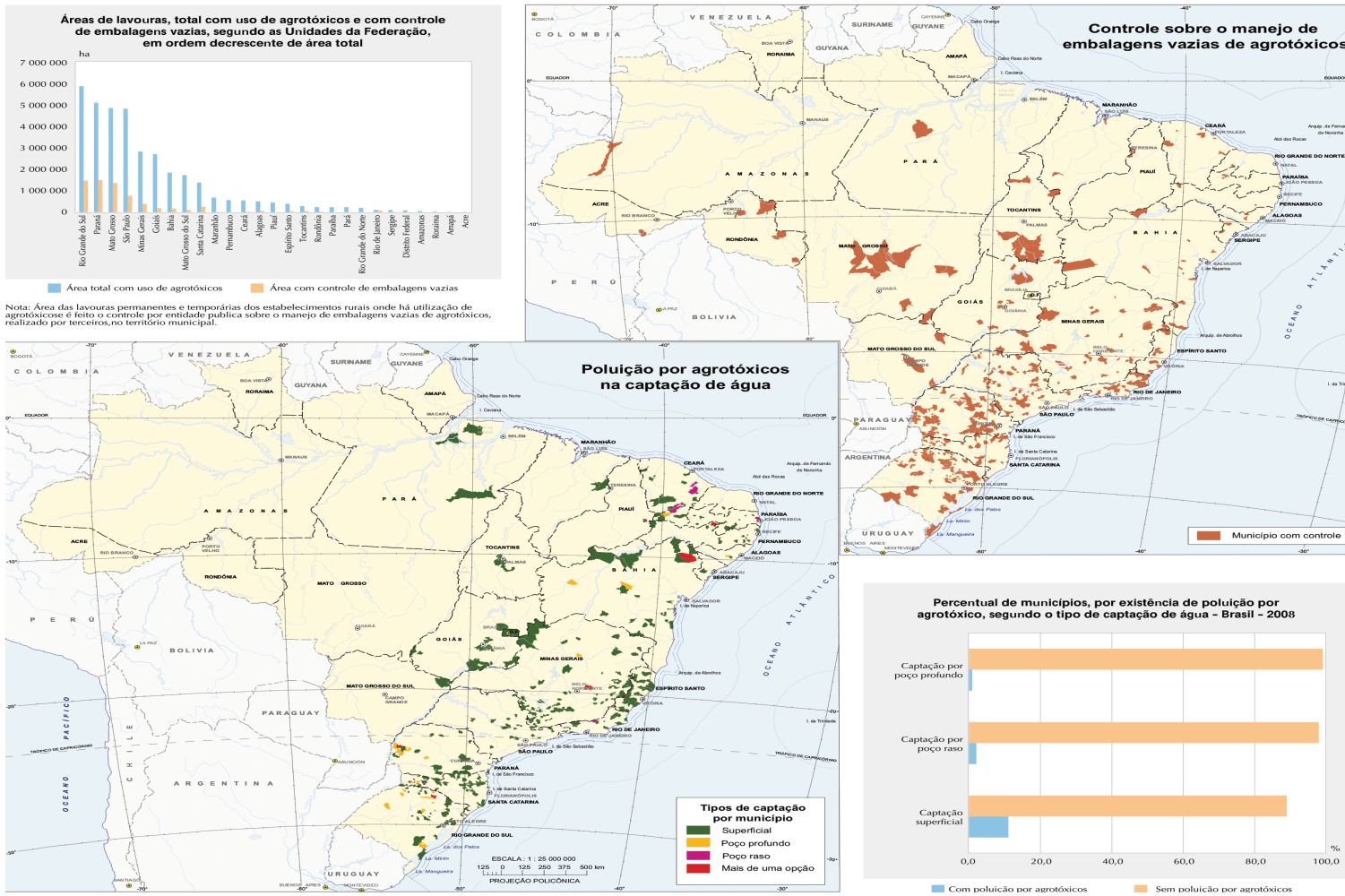


Fonte: Agrofit (2014)

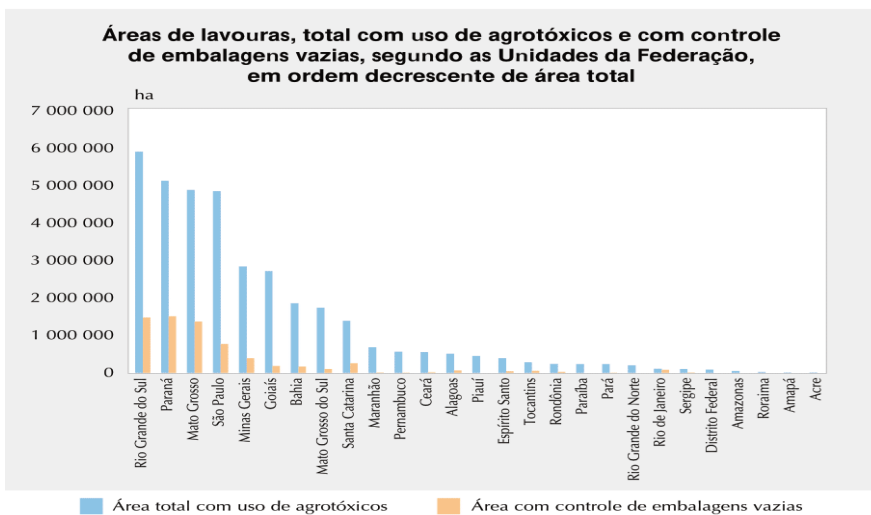
Embora os agrotóxicos sejam uma solução rápida e barata para os problemas nas produções agrícolas, problemas relacionados a descargas inadequadas dos mesmos ou de suas embalagens, acabam trazendo contaminação ao meio ambiente. Por exemplo, pesticidas e herbicidas utilizados que tenham baixa taxa de degradação, podem acabar sendo responsáveis pela contaminação de corpos d'água, através do processo de lixiviação. O IBGE divulgou, no ano de 2011, o Atlas de Saneamento e Saúde, que contém o levantamento do Manejo de embalagens vazias de agrotóxicos e poluição na captação de água no Brasil, no ano de 2008, que pode ser visualizado na figura 13, que foi separada em quatro partes para melhorar a visualização das informações.

Figura 13 - Poluição na captação de água no Brasil e transporte de embalagens de agrotóxicos

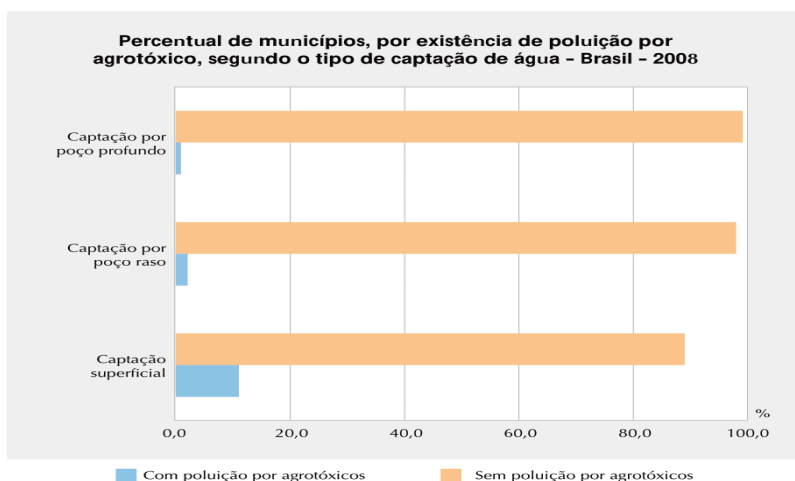
Manejo de embalagens vazias de agrotóxicos e poluição na captação de água - 2008

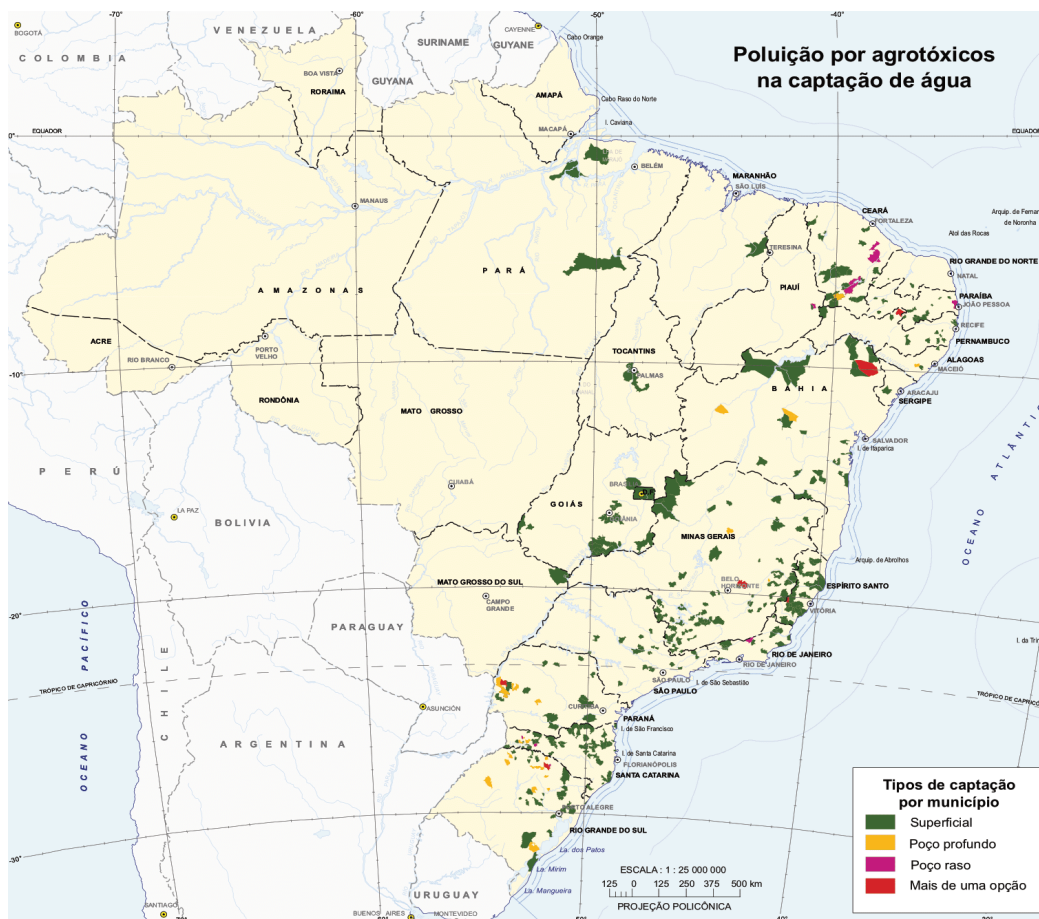


Fonte: IBGE(2011)



Nota: Área das lavouras permanentes e temporárias dos estabelecimentos rurais onde há utilização de agrotóxicos e é feito o controle por entidade pública sobre o manejo de embalagens vazias de agrotóxicos, realizado por terceiros, no território municipal.





Avaliando as informações que o mapa traz, pode-se aferir no gráfico do canto superior esquerdo, os dados acerca da área que faz uso de agrotóxicos, e o manejo de embalagens vazias no estado do Ceará. A área total usada com o uso de agrotóxico no estado, é abaixo de 1.000.000 hectare, e o controle de embalagens vazias é extremamente pequeno. Essa informação fica melhor de ser visualizada no mapa do canto superior direito, onde traz informações sobre o controle sobre embalagens vazias, e percebe-se que o Ceará possui poucas áreas com manejo sobre essas embalagens, principalmente em comparação com região sul e sudeste do Brasil. De acordo com o Portal Notícias agrícolas (2019), o Ceará possui apenas três postos de recebimento de embalagens dos defensivos agrícolas, sendo eles localizados em, Quixeré, Ubajara e Abaiara.

No mapa do canto inferior esquerdo, que fala sobre a poluição por agrotóxicos na captação de água, percebe-se que no estado do Ceará, a contaminação ocorre principalmente na captação superficial, por conta do material ser levado pela ação do vento, atingido as áreas vizinhas a aplicação e chegando nas fontes de água. Entretanto, a contaminação tanto em

poços profundos, quanto em poços rasos também é presente, por conta desse material ser carregado na irrigação, podendo infiltrar no solo, e atingir as águas profundas.

O Ceará é destaque pelo uso de agrotóxicos no perímetro irrigado da Bacia do Rio Jaguaribe, que é uma região que recebeu muitas empresas tanto de porte médio quanto transnacionais na metade do século XX. Entre essas empresas, se instalou as produtoras de agrotóxicos. O índice da exportação da região é elevado, e para atingir as altas produções, e os padrões dos produtos ofertados, os produtores fazem o uso de agrotóxicos para atingir essas metas. Outra região do estado que tem destaque nesse uso, é a região de Tianguá, que é uma das maiores consumidoras de agrotóxicos do estado. Nos tópicos abaixo, foram exploradas as características de consumo dessas duas regiões, e os impactos que estão trazendo.

5.3.2 Perímetro irrigado Bacia hidrográfica do rio Jaguaribe

No estado se destaca o perímetro irrigado da região da Bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, que historicamente, a partir dos anos de 1980, teve incentivos fiscais para a vinda de empresas de grande e médio porte para a região, inclusive empresas produtoras de agrotóxicos, aumentando assim a produção local. O uso de agrotóxicos é de forma mais intensa na região do baixo Jaguaribe, por conta das produções agrícolas, que é composta por 10 municípios, sendo eles Limoeiro do Norte, São João do Jaguaribe, Ibicuitinga, Jaguaruana, Morada Nova, Palhano, Quixeré, Alto Santo, Tabuleiro do Norte e Russas (SOUSA *et. al*, 2009).

A região do perímetro irrigado de Jaguaribe-Apodi, que engloba em seu território as cidades de Limoeiro do Norte e Quixeré, é uma potência na produção de fruticultura, possuindo grandes empresas de agronegócio. O município de Limoeiro do Norte é conhecido pela produção de mamão, banana, milho, arroz, milho e sorgo granífero e o município de Quixeré é um grande exportador de melão, sendo utilizado os agrotóxicos para manter uma linha de produção alta e produtiva.

A aplicação de agrotóxicos é feita como forma de diminuir as perdas naturais que as lavouras possuem. De acordo com a EMBRAPA (2018), a aplicação de agrotóxicos na região do perímetro irrigado de Jaguaribe-Apodi era realizada em sua grande maioria pela técnica de pulverização aérea, que resultava que apenas 32% desse material atingissem as plantas, e o restante desse material, que correspondem a 68% fossem perdidos pelo meio, podendo atingir até 32 km de áreas vizinhas, contribuindo para a contaminação dos lençóis

freáticos e dos ambientes circundantes. Ainda de acordo com a Embrapa, esses percentuais referem-se a condições ideais, onde não levam em conta problemas de calibração do equipamento, nem do efeito da temperatura, onde altas temperaturas podem acarretar a volatilização das moléculas, aumentando a evaporação das gotas, e baixas temperaturas, que dificultam a absorção material pelas plantas, e nem da interferência do vento.

No ano de 2015, a Assembleia Legislativa do estado do Ceará, promulgou o Projeto de Lei 18/2015, que determina a proibição da técnica de pulverização aérea no estado, visto que traz grandes riscos à saúde humana. No ano de 2019, a Lei nº 16.820/2019 foi aprovada pelo governo do estado do Ceará, proibindo o uso da técnica de pulverização aérea no estado do Ceará, se tornando o primeiro do estado brasileiro a fazer essa proibição.

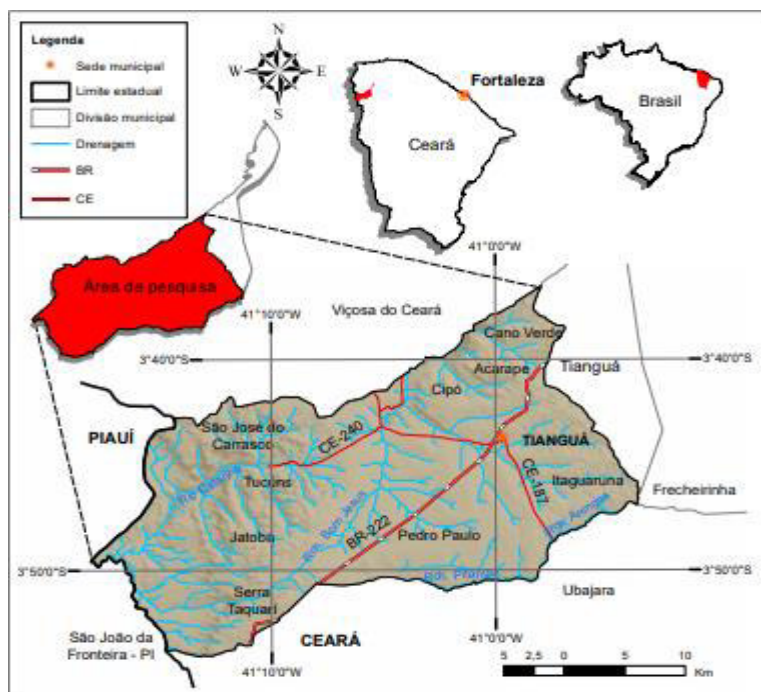
A prática de pulverização aérea, quando utilizada na região do perímetro irrigado, era realizadas principalmente usando produtos das classes de toxicologia I e II (extremamente tóxico e altamente tóxicos), que são os agrotóxicos mais tóxicos comercializados. De acordo com pesquisas realizadas pelo LABOMAR-UFC, em Aracati e no Baixo Jaguaribe, dos 198 ativos identificados na região por conta da pulverização aérea, tanto nas águas superficiais como em águas subterrâneas, estão presentes 48% de produtos da classe de toxicologia I e II, ou seja, cerca de 95 ativos, pertencem as classes mais nocivas, tanto ao solo, quanto às águas subterrâneas, e ao próprio ser humano. A classificação de contaminação foi obtida pelos pesquisadores do LABOMAR-UFC, correspondem a um potencial de contaminação das águas superficiais de 59,6%, classificado de alto a médio, e um potencial de contaminação das águas subterrâneas de 64%. Ainda existe um sério problema que ocorre sobre esses produtos, pois para muitos deles não existem pesquisas, o que dificulta a investigação de como se dá o transporte a evolução da sua contaminação.

Salienta-se que na região, o abastecimento de água que é feito pela população em sua maioria por poços profundos, uma contaminação dos lençóis freáticos por agrotóxicos, geram consequências para a saúde da população, através do consumo de água contaminada. Pesquisas realizadas pelo Núcleo TRAMAS (2016), grupo da Universidade Federal do Ceará de Trabalho, Meio Ambiente e Saúde para a Sustentabilidade, através de análises da água subterrânea da Chapada do Apodi, que pertence ao perímetro irrigado de Jaguaribe-Apodi, em 46 amostras coletadas, indicaram a presença de contaminação por agrotóxicos.

5.3.3 Tianguá

O município de Tianguá, pertencente a Área de Proteção Ambiental (APA) da Ibiapaba, contempla além de Tianguá, o município de Viçosa do Ceará. Distante 317 km da capital do estado, Fortaleza, a cidade de Tianguá é pertencente a Bacia da Parnaíba. O mapa 5, mostra a localização do município de Tianguá (SOUSA *et. al*, 2016).

Mapa 5 - Localização do município de Tianguá



Fonte: Rafael Rolim de Sousa (2016)

O município de Tianguá é um grande produtor de algodão, abacate, abacaxi, banana, feijão, milho mandioca, caju, batata-doce, tomate, cana de açúcar, pequi, arroz e café, e com isso o uso de agrotóxicos para aumento das culturas, é realizado de forma bastante intensa na região. O município está inserido na Bacia Sedimentar do Meio Norte, possuindo um dos aquíferos mais importantes no abastecimento por meio de águas subterrâneas, o Aquífero Serra Grande, tendo suma importância para a agricultura local, o lazer da população, e uso na irrigação.

O uso de pesticidas nas regiões próximas a Tianguá é considerado uma das mais críticas do estado. De acordo com pesquisas realizadas por Barreto *et al.* (2011), no município são usados ao todo 37 tipos de agrotóxicos, distribuídos em 48 tipos diferentes de produtos comerciais. Amostras do monitoramento de poços analisadas por Barreto *et al.* (2001) identificaram, a presença dos pesticidas: atrazina, simazina e metil paration, e o metamidofós, sendo o último que apresentou a maior concentração. No entanto, embora o

município de Tianguá seja uma das áreas que mais utiliza agrotóxicos no estado, ainda existe poucas informações sobre os níveis de contaminação por esses fitossanitários.

5.3.3 Análise de informações sobre poluição no estado do Ceará

Embora o estado do Ceará não seja o maior consumidor de agrotóxicos do Brasil, a contaminação às águas superficiais e subterrâneas trazem consequências drásticas a população. A água usada para consumo da população em sua grande maioria, é feita por poços profundos, principalmente em períodos de seca, quando os rios perenes secam. Os números de pessoas doentes de câncer na região do Jaguaribe é um dos mais altos do estado e pesquisas estão sendo feitas para traçar a relação da contaminação das águas de consumo por agrotóxicos e esse aumento de pessoas doentes por câncer. Ainda existe o problema de não ocorrer um manejo intensivo de embalagens vazias no estado, o que abre mais possibilidades de contaminação pelo descarte incorreto, como indicaram os dados anteriormente mostrados.

Um grande passo foi instaurado no estado sobre a proibição do uso de pulverização aérea, que representava uma das maiores fontes de contaminação, por conta da perda de materiais que se dissipavam nas regiões vizinhas as plantações, sem atingir o alvo, mas vale ressaltar que é uma Lei que ainda gera muita discussão, e que já foi tentado a suspensão em 2020. Ainda existe um longo caminho a percorrer para diminuir esses níveis de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, que começam por estudos sobre o uso adequado, da aplicação dosagens corretas e do tempo para que ocorra a degradação no ambiente, do tipo de agrotóxico adequado pra cada situação que fazem parte, juntamente com outras ações, do manejo ambiental adequado para mitigar ao máximo os impactos ambientais devido às atividades agrícolas.

5.4 Erosão no Ceará

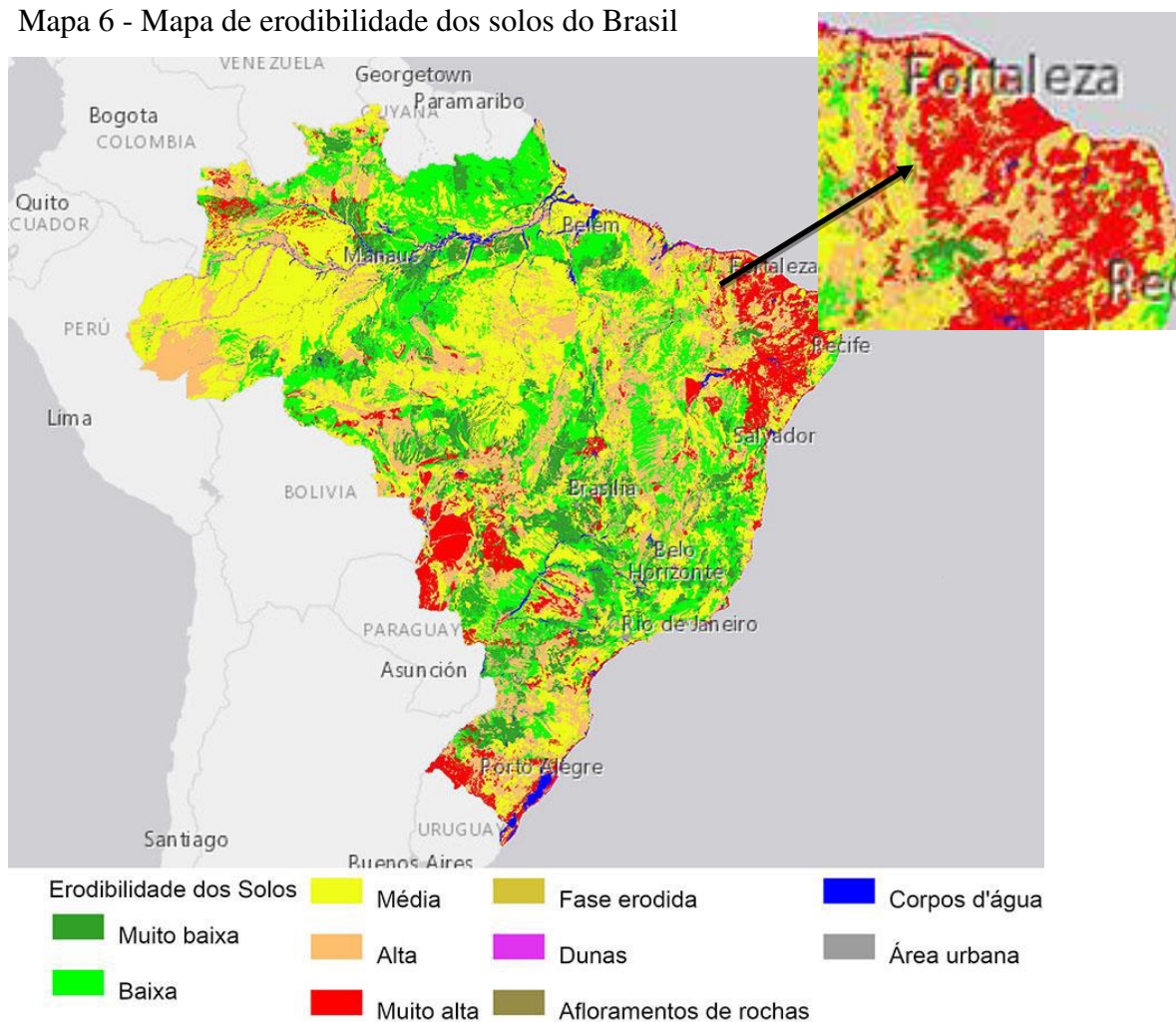
O processo erosivo no Ceará, é um dos processos que caracterizam a formação da paisagem que o estado atual. Os seus níveis variam, de acordo com as características físicas do solo, e por diferentes motivos, que oscilam desde as condições naturais da região, como a especulação imobiliária crescente, e quanto ao uso do solo para o cultivo da agricultura.

O estado em grande parte do ano sofre com as secas, altas temperaturas, e níveis elevados de evapotranspiração, que combinados com a exploração antrópica de seus solos acabam deixando o solo cearense em uma grande extensão de solos frágeis, e propensos a

perdas de matérias por meio da erosão eólica, e a erosão laminar. O CPRM-Serviço Geológico do Brasil (2014) cita que quando chuvas torrenciais atingem o estado, que ocorrem em curtos períodos, acabam trazendo perdas de materiais, em decorrência do fluxo da água não encontrar praticamente nenhuma barreira, ao atingir o solo, além da baixa capacidade de infiltração que a região possui. Nisso os materiais acabam sendo carregados, representando um importante de desgaste da superfície.

Um estudo realizado pela Embrapa em 2020, mapeou a erodibilidade dos solos no Brasil, que representa a suscetibilidade que determinado solo tem ao processo erosivo. Foi analisado a capacidade que determinado solo tem de suportar à erosão advinda da água, de acordo com suas características intrínsecas. Esse levantamento está presente no mapa 6, onde foi realizado uma aproximação no estado do Ceará para melhorar a visualização.

Mapa 6 - Mapa de erodibilidade dos solos do Brasil



Fonte: EMBRAPA (2020)

Analisando o mapa, verifica-se que a maior parte do estado, está na classificação de erodibilidade dos solos muito alta a alta, , demonstrando o quanto os solos do estado são suscetíveis ao processo erosivo.

A EMBRAPA realizou no ano de 2002 um levantamento denominado “as Limitações do Uso dos Solos do Estado do Ceará por Suscetibilidade à Erosão”, através de consultas bibliográficas ao Levantamento Exploratório-Reconhecimento dos Solos do Estado do Ceará (Brasil, 1973). Nesse levantamento foram definidos graus de suscetibilidade à erosão dos solos no estado. Na tabela 7, mostra as bacias e os municípios que as compõe, cujos solos estão enquadrados em classes de susceptibilidade à erosão, juntamente com o percentual de ocupação do território cearense: nulo, ligeiro, moderado, forte, e muito forte.

Tabela 7 - Reconhecimento dos solos no estado do Ceará relacionados ao grau de suscetibilidade a erosão

Categoria	Características	Municípios que foram detectados	Porcentagem (%)
Nulo	Esses solos apresentam características de serem praticamente não suscetíveis a erosão, possuindo boa permeabilidade e declive que tem variação de 0 a 3%. Quando são utilizados para o cultivo na agricultura, apresentam pouca probabilidade que ocorra erosão, podendo até acontecer em regiões que o declive seja perto de 3%, quando estes são usados para cultivo em um intervalo dez a vinte anos, mas é considerada uma erosão ligeira, de que possui uma solução rápida, sendo resolvida com um manejo ambiental adequado.	Baixo Jaguaribe: Aracati, Itaiçaba, Jaguaretama, Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte, e uma parte alta da "cuesta" do Apodi.	9,70%
Ligeiro	Esses solos apresentam características de serem pouco suscetíveis a erosão. Quando as áreas que possuem esse tipo de solo, são usadas para cultivo da agricultura, pode ocorrer uma erosão que apresenta sinais de fenômenos ligeiros, só sendo mais identificável os danos causados no solo, depois de anos de uso.	Trechos do litoral, Baixo Jaguaribe e Sertões dos Inhamuns	15,60%
Moderado	Esses solos apresentam características de serem moderadamente suscetíveis a erosão. Quando são usados para agricultura, a erosão é moderada no início, entretanto com o tempo, vai se agravando de forma acelerada.	Região dos Sertões dos Inhamuns e Salgado, Baixo Jaguaribe e trechos de Ibiapaba, Cariri, Baturité e do Litoral.	54,10%
Forte	Esses solos apresentam características de serem fortemente suscetíveis a erosão. Quando são usados para cultivo da agricultura, os fenômenos apresentados são fortes, e rápidos.	Baturité, trechos dos Sertões dos Inhamuns e Salgado, Sertões Cearense, Sertões de Quixeramobim e do Médio Jaguaribe.	6,70%
Muito Forte	Os relevos apresentam características de serem fortemente suscetíveis a erosão. Quando usados para cultivo na agricultura, os seus solos serão destruídos em um curto período anual.	Sertão de Quixeramobim, Médio Jaguaribe, Sertões Cearense, Baturité, Litoral e Ibiapaba.	13,90%

Fonte: EMBRAPA (2002), modificado pela autora

É observado por meio desses dados, que grande parte do território cearense, se encontra na categoria moderado, apresentando 54,1% de seu território moderadamente suscetível a erosão, que é relativo se o solo for usado por muito tempo na agricultura, sem os devidos manejos, a região vai ser atingida pelo problema da erosão. Logo após, vem a categoria ligeiro, cobrindo 15,6%, que representa a regiões que são pouco suscetíveis a erosão, em terceiro lugar, vem um destaque, que é a categoria muito forte, que representa os relevos, com 13,9% do território cearense estando suscetível a seus solos serem destruídos em poucos anos, se usados para a agricultura.

Por meio desses dados foi analisado os municípios que estão enquadrados na classificação muito forte, forte, e moderado, que são os solos mais suscetíveis a erosão, pode-se traçar um perfil de quais municípios ou regiões são mais suscetíveis aos processos erosivos.

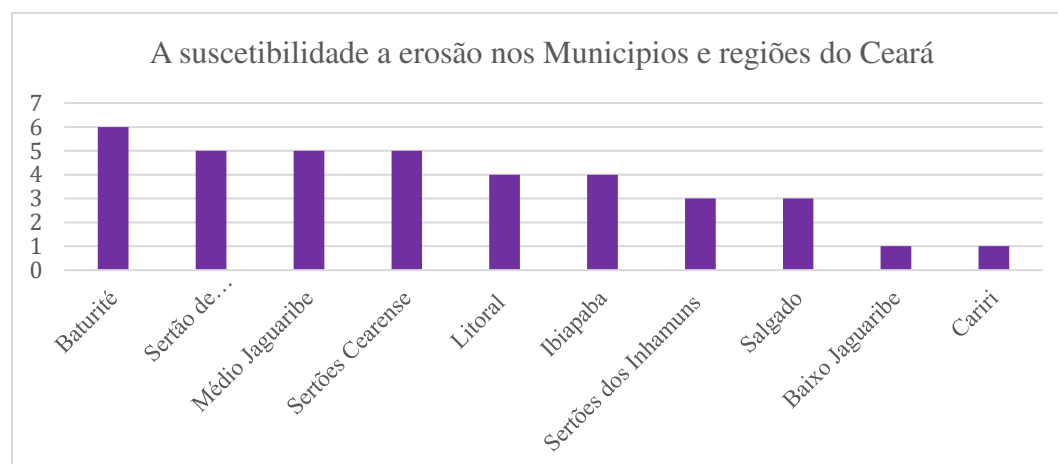
Foi usado um sistema de pesos, onde as regiões enquadradas em muito forte, tem peso 3, forte tem peso 2, e moderadamente tem peso 1, após foi somado todos os pesos, e montando um gráfico para demonstrar qual região está mais suscetível a erosão. A tabela 8 traz o levantamento dos municípios, e sua classificação, o gráfico 1, demonstra qual município apresenta mais suscetibilidade a erosão, por conta das classificações.

Tabela 8 - Levantamento dos municípios e regiões com mais suscetibilidade a erosão

Municípios e regiões	Muito Forte	Forte	Moderado	Peso final
Baturité	3	2	1	6
Sertão de Quixeramobim	3	2	-	5
Médio Jaguaribe	3	2	-	5
Sertões Cearense	3	2	-	5
Litoral	3	-	1	4
Ibiapaba	3	-	1	4
Sertões dos Inhamuns	-	2	1	3
Salgado	-	2	1	3
Baixo Jaguaribe	-	-	1	1
Cariri	-	-	1	1

Fonte: Autora (2021)

Gráfico 1: classificação dos municípios e regiões do Ceará quanto e a suscetibilidade a erosão



Fonte: Autora (2021)

De acordo com os levantamentos, é possível verificar que a cidade Baturité possui em seu território as 3 classificações de solos que são extremamente suscetíveis a erosão, recebendo assim peso 6, demonstrando a sua suscetibilidade a sofrer o processo erosivo, principalmente se usado para a agricultura. Logo em seguida vem as regiões do Sertão de Quixeramobim, Médio Jaguaribe e Sertões Cearenses, sendo classificados em muito forte, e forte, recendo peso 3, indicando que se os seus solos forem usados para agricultura, sofreram a perda deles rapidamente. O Litoral e Ibiapaba, receberam peso 4, sendo enquadrados na classificação muito forte e moderado, demonstrando que possuem regiões que são extremamente frágeis, e se usadas para agriculturas, os solos são destruídos rapidamente, e tem regiões, que demoram um pouco mais para sentir os efeitos das perdas causadas pela agricultura, mas seus solos também são destruídos com o tempo. Os Sertões de Inhamuns e Salgado, receberam peso 3, não tendo em suas regiões solos enquadrados na suscetibilidade muito forte, mas a classificação possui solos com suscetibilidade a erosão forte e moderado. O Baixo Jaguaribe e Cariri receberam peso 1, pois das classificações analisadas de mais suscetíveis, eles se enquadram em áreas que podem sofrer erosão no início de forma moderada, mas caso não venha a se ter controle, o processo aumenta de forma considerável.

Analisando a região da cidade que apresentou dados sobre o maior índice para a suscetibilidade a erosão, o município de Baturité, foi sofreu a ocupação humana por conta de seu clima mais ameno, e mais propicio ao cultivo de culturas agrícolas. O café, a cana de açúcar, e a fruticultura, se tornaram grandes atividades com o tempo na região. Analisando as estruturas de formação de seus solos, Silva *et. al* (2016), relata que a região possui relevos que são dependentes de litotipos antigos do embasamento cristalino, estruturas que sofrem muito com o movimento de terras, escorregamentos e possuem taludes instáveis, o que combinado com as monoculturas da agricultura tornam a região muito suscetível ao processo erosivo.

6 CONCLUSÃO

Por meio desta pesquisa, verificou-se que a desertificação, a poluição dos lençóis freáticos e a erosão, são os processos que ocorrem no estado, distribuídas em diferentes regiões do Ceará, sendo a agricultura e a pecuária os principais fatores que estão causando o aumento dessa degradação ambiental. Analisando as informações coletadas durante a pesquisa, foi possível identificar que a desertificação dentre os processos citados, é o que está causando mais perdas ao estado, e está se alastrando de forma rápida, deixando terras inférteis, causando problemas a biodiversidade aos produtores que tem como única renda, a agricultura.

Embora estejam começando a ser desenvolvidas políticas públicas e ações da população, para mitigar esses efeitos, ainda existe um longo caminho a ser percorrido, pois a maioria das atividades do estado que contribuem para a degradação ambiental, não tem manejo ambiental adequado, já que grande parcela da população que realizam tais atividades não tem conhecimento sobre quais as formas corretas de manejo que devem ser aplicadas.

Embora as condições geomorfológicas do estado do Ceará, já sejam propícias ao desenvolvimento de processos de degradação ambiental, partes desses processos não estariam tão avançados se a população tivesse mais acesso e incentivos a práticas sustentáveis, muitos deles ainda praticam atividades que causam grande impacto ambiental, por não saber as perdas que tais ações causam ao meio, que eles usam para trabalho. Outro problema também está na aplicação de agrotóxicos, que muitos produtores, principalmente os de pequeno porte não tem conhecimento de qual agrotóxico usar e nem da quantidade correta que é realmente necessária para usar em suas plantações. Assim, acabam não só trazendo contaminação ao local e colocando em risco a própria saúde, como também podem prejudicar as suas plantações, além de possuir mais ações e dados sobre o uso de agrotóxico nos outros estados do Brasil, principalmente da região sul e sudeste, quando se compara os dados que o Ceará.

Dessa forma, visualiza-se que grande parte dos problemas de degradação ambiental do estado, devem ser corrigidos através da adoção de um manejo ambiental adequado, para cada atividade, e para cada tipo de solo. As instruções sobre a aplicação de técnicas adequadas sobre o manejo ambiental devem ser levadas às áreas rurais, através da elaboração e aplicação de políticas públicas, que ajudem a remediar o problema. Caso ações neste sentido não sejam feitas, e continuem sendo realizadas práticas agrícolas da mesma forma, o Ceará tende a perder mais terras para erosão, para a desertificação, e ter águas

contaminadas por agrotóxicos, trazendo grandes consequências tanto ambientais, sociais e econômicas a população.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, G; FORMIGA, A; GOMES, M; MOREIRA, D. **Análise da evolução do processo de desertificação e degradação ambiental no estado do Ceará e seus impactos sociais.** VII CONNEPI, Palmas -TO, 2012.

ALBUQUERQUE, D; SOUZA, S; SOUZA, A; SOUSA, M. **Cenário da desertificação no território brasileiro e ações de combate à problemática no Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. Edição especial - Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens.** Curitiba, Vol. 55, p. 673-696, dez. 2020.

ANDRADE, J; MAIA, C. **Erosão de margens em rios semiáridos: estudo na sub-bacia do baixo Jaguaribe – Ceará – Brasil.** Rev. Bras. Geomorfol. (Online), São Paulo, v.19, n.4, (Out-Dez) p.859-870, 2018.

ARAÚJO, G; GUERRA, A; ALMEIDA, J. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas.** 6.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 24-45.

APRECE. **Ceará é o primeiro Estado a proibir a pulverização aérea de agrotóxicos.** Fortaleza, 2019. Disponível em: < <https://aprece.org.br/blog/noticia/ceara-e-o-primeiro-estado-a-proibir-a-pulverizacao-aerea-de-agrotoxicos/>> Acesso em: 07/08/2021.

AVELINO, F; TEIXEIRA, Z; SILVA, F; PEREIRA, D . **Análise de agrotóxicos em águas da Chapada do Apodi, Ceará, Brasil.** III Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. São Paulo, 2013.

BASTOS, F; LIMA, J; CORDEIRO, A. **A influência dos aspectos geomorfológicos nas áreas degradadas suscetíveis à desertificação no estado do Ceará, Brasil.** Paisagem e ambiente: ensaios - N. 38 - SÃO PAULO - P. 57 - 69 – 2016.

BARRETO, F. **Contaminação da água subterrânea por pesticidas e nitrato no município de Tianguá, Ceará.** 2006, 183 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil/Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

BARRETO, F; ARAÚJO, J; NASCIMENTO, R. **Caracterização preliminar da carga de agrotóxico presente na água subterrânea em Tianguá-Ceará (Brasil)**. XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Cuiabá, 2004.

BERTONI, J; NETO, F. **Conservação do Solo**. 8. ed. São Paulo: Ícone, 2012. p. 17-220.

BRASIL. **Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Brasília-DF. 31 de agosto de 1981.

BRASIL. **Convenção Internacional de Combate à Desertificação nos Países afetados por Seca Grave e/ou Desertificação, Particularmente na África**. Brasília-DF, 1998.

BNB. **Informações Socioeconômicas municipais**. 2020.

CANUTO, T; GAMA, A; BARRETO, F; NETO, M. **Estimativa do risco potencial de contaminação por pesticidas de águas superficiais e subterrâneas do município de Tianguá-Ce, com aplicação do método de Goss e índice de Gus**. XVI Congresso Brasileiro de águas subterrâneas e XVII Encontro nacional de perfuradores de poços. São Luís, 2010.

CUNHA, N; LIMA, N; GOMES, M. BRAGA, M. **A Intensidade da Exploração Agropecuária como Indicador da Degradação Ambiental na Região dos Cerrados, Brasil**. Rev. Econ. Sociol, Piracicaba, SP, vol. 46, no 02, p. 291-323, abr/jun 2008.

CUNHA, T; SÁ, I; TAURA, T; DRUMOND, M. **Mapeamento da desertificação da mesorregião Sul do Ceará com base na cobertura vegetal e nas classes de solos**. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife-PE, v.07, n.03, 572-583, 2014.

DELLAMATRICE, P; MONTEIRO, R. **Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental. Campina Grande v.18, n.12, p.1296–1301, 2014.

ECODEBATE. Mapa da contaminação por agrotóxico no Brasil. Campinas, 2015. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2016/07/15/pesquisadora-da-usp-monta-mapa-da-contaminacao-por-agrotoxico-no-brasil/>> Acesso em: 04/08/2021.

EMBRAPA. **Mapa de erodibilidade dos solos do Brasil**. Fortaleza, 2020. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/58207136/pesquisadores-geram-mapas-de-suscetibilidade-e-vulnerabilidade-dos-solos-brasileiros-a-erosao-hidrica>> Acesso em: 15/08/2021.

EMBRAPA. **Limitações do Uso dos Solos do Estado do Ceará por Suscetibilidade à Erosão**. Fortaleza, 2002.

FERREIRA, M. **A expansão do agronegócio no semiárido Cearense e suas implicações para a saúde, o trabalho e o ambiente**. Interface, COMUNICAÇÃO SAÚDE EDUCAÇÃO, São Paulo, 2016; 20(58):649-60, 2016.

FUNCEME. **Ações de recuperação de área degradada realizadas pela Funceme proporcionam melhoria na qualidade de vida em comunidade de Jaguaribe**. Fortaleza, 2019. Disponível em: < <http://www.funceme.br/?p=5113>> Acesso em: 05/07/2021.

FUNCEME. **Área Susceptível à Desertificação: Núcleo I - Irauçuba/Centro-Norte Uso e Ocupação da Terra**. Fortaleza, 2009.

FUNCEME. **Área Susceptível à Desertificação: Núcleo II - Inhamus Uso e Ocupação da Terra**. Fortaleza, 2009.

FUNCEME. **Áreas degradadas em processo de desertificação no ano 1992**. Fortaleza, 1992.

FUNCEME. **Áreas degradadas em processo de desertificação no ano 2016**. Fortaleza, 2016.

FUNCEME. **Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação no estado do Ceará núcleo II – Inhamuns**. Fortaleza, 2015.

FUNCEME. **Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação no estado do Ceará núcleo I – Irauçuba/Centro-Norte**. Fortaleza, 2015.

FIOCRUZ. **Nota técnica Fiocruz – Ceará.** Fortaleza, 2015.

GAMA, A; OLIVEIRA, A; CAVALCANTE, R. **Inventário de agrotóxicos e risco de contaminação química dos recursos hídricos no semiárido cearense.** Quim. Nova, Fortaleza, Vol. 36, No. 3, 462-467, 2013.

GAMA, A. **O impacto de herbicidas utilizados nas atividades agrícolas – rio Jaguaribe-Ceará.** 2012, 84 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

GUERRA, A; JORGE, M. **Degradação dos solos no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 19-345.

IBGE. **Atlas de saneamento 2011.** Rio de Janeiro, 2011.

IPECE. **Ceará em mapas.** Fortaleza, 2007. Disponível em: <
<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/>> Acesso: 27 de maio de 2021.

IPECE. **Perfil básico municipal.** Fortaleza, 2009.

JÚNIOR, E. **Economia política da urbanização da região do Baixo Jaguaribe-CE: dinâmica populacional e novas formas de consumo, emprego e renda.** Geosul, Florianópolis, v. 20, n. 40, p 129-146, jul./dez. 2005.

LANDIM, R; SILVA, D; ALMEIDA, H. **Desertificação em Irauçuba (CE): Investigação de Possíveis Causas Climáticas e Antrópicas.** Revista Brasileira de Geografia Física 01 (2011) 01-21. Recife, 2011.

LEITE, F; OLIVEIRA, S; BARRETO, M; CARVALHO, G. **Degradação ambiental e susceptibilidade aos processos de desertificação na região do médio Jaguaribe- ce.** Anais XI SBSR, Belo Horizonte, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 1315 – 1322, 2003.

LIMA, A. **Limitações do uso dos solos do Estado do Ceará por suscetibilidade à erosão.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002.

LIMA, J; CORDEIRO, A; BASTOS, F. **A influência dos aspectos geomorfológicos nas áreas degradadas suscetíveis à desertificação no estado do Ceará, Brasil.** Paisagem e Ambiente: ensaios - N. 38 - São Paulo - P. 57 - 69 – 2016.

LLOSÁ, M; GONZÁLVEZ, V; PORCUNA, J. **El papel de la agricultura ecológica en la disminución del uso de fertilizantes y productos fitosanitarios químicos.** VII Congreso SEAE. Zaragoza, 2006.

LUSTOSA, J; GUERRA, M; SOUZA, M. **Desertificação em áreas semiáridas do nordeste brasileiro: o caso do município de Jaguaribe, Ceará.** Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, Set. Recife, 2010.

MANTOVANI, E. **Compactação do solo.** Inf, Agropec., Belo Horizonte, (147),1987.

MARTINNI, L; LANNA, A. **Medidas compensatórias aplicáveis à questão da poluição hídrica de origem agrícola.** Revista Brasileira de recursos hídricos, V. 8, 111-136, 2003.

MARINO, M; FERNANDES, D; ARAÚJO, A. **Vulnerabilidade física de parte do litoral leste do Ceará à erosão.** Desenvolv. Meio Ambiente, Curitiba, v. 38, p. 253-281, agosto 2016.

MENEGUZZO, I; CHAICOUSKI, A. **Reflexões acerca dos conceitos de degradação ambiental, impacto ambiental e conservação da natureza.** Geografia, Londrina, v. 19 n. 1. p. 181-185. 2010.

MEIRA, S; MARINHO, A; SILVA, E. **Fator solo em núcleos de desertificação no estado do Ceará, Brasil.** Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 21, n. 2, Dossiê: Estudos da Geografia Física do Nordeste brasileiro, p. 227-240, Set, 2019.

MILHOME, M; SOUSA, D; LIMA, F; NASCIMENTO, R. **Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE.** Eng Sanit Ambient, Rio de Janeiro, v.14 n.3 | jul/set 2009 | 363-372, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Brasília, 2005.

NASCIMENTO, C. **Levantamento sobre a agricultura familiar e o uso de agrotóxicos no estado do Ceará**. 2018, 46 f. Monografia (Especialista em gestão de recursos hídricos) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2018.

NOTÍCIAS AGRICOLAS. **Ceará ganha terceiro posto de recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos**. Fortaleza, 2019. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/agronegocio/239204-ceara-ganha-terceiro-posto-de-recebimento-de-embalagens-vazias-de-agrotoxicos.html#.YSI5AY5KjIU>> Acesso em: 22/08/2021.

NUNES, L; FILHO, J; SOUSA, F; SILVA, N; MENESES, R. **Impacto do pousio na recuperação de um solo em processo de desertificação no município de Irauçuba-Ce**. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30, Recife. Solos, sustentabilidade e qualidade ambiental: [palestras e trabalhos], 2005.

OLIVEIRA, A. **Avaliação ambiental e forma de transporte de agrotóxicos organoclorados no rio Jaguaribe-ce**. 2012, 102 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

PAE. **Programa de Ação Estadual de Combate à desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE-CE**. Fortaleza, 2010.

QUEIROZ, F; LIMA, P; MAYORGA, M; CABRAL, N. **A propensão à degradação ambiental na mesorregião de Jaguaribe no estado do Ceará**. 2007, 133 f. Dissertação (Mestrado em Economia Ecológica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

RIGOTTO, R; PESSOA, V. **Estudo epidemiológico da população da região do Baixo Jaguaribe exposta à contaminação ambiental em área de agrotóxicos**. *Tempus. Actas em Saúde Coletiva*. Fortaleza, vol. 4, n. 4, p. 142-143. 2009.

SALES, A. **Ensaio sobre degradação ambiental na América Latina e no rural brasileiro.** 2018, 72 f. Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural Sustentável) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

SAMPAIO, E; ARAÚJO, M; SAMPAIO, Y. **Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil.** XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Recife, 2005.

SARAIVA, I. **O emprego da reserva legal no município de Irauçuba/Ce.** 2013, 112 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Ambiental) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

SILVA, G; SANTOS, F; DUARTE, C; SOUTO, M; SABADIA, J. **Levantamento da susceptibilidade à erosão, escorregamentos e/ou movimentos de massa na APA da Serra de Baturité/CE a partir do emprego de dados SRTM e imagens Landsat 8.** Revista de Geologia, Fortaleza-CE, vol. 29, nº 1, 147-160, 2016.

SILVA, J; VIDAL, C; BARRO, L; FREITA, F. **Aspectos da degradação ambiental no nordeste do Brasil.** R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 7, n. 2, p.180-191, abr./jun. 2018.

SILVA, N; FILHO, J. **Impactos e Mitigação do antropismo do núcleo de desertificação de Irauçuba-Ce.** Fortaleza: UFC. p. 21-45. (Estudos da Pós-Graduação), 2015.

SOUSA, M; NASCIMENTO, F. **Estudos geoambientais de bacias hidrográficas em áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste do Brasil.** CUADERNOS DE GEOGRAFÍA | REVISTA COLOMBIANA DE GEOGRAFÍA | Vol. 24, n.º 1, ene.-jun. del 2015.

SDA. **Projeto São José IV. Fortaleza, 2012.** Disponível em: <
<https://www.sda.ce.gov.br/download/projeto-sao-jose-iv/>> Acesso em: 22/08/2021.

SHAKABARA, M et. al. **Theoretical reservoir ecology and its applications.** Academy of Sciences International Institut of Ecology and Backhuuis Publishers, São Carlos, 1999. 585p.

TRAMAS. **Os agrotóxicos causam graves efeitos sobre a saúde humana.** Fortaleza, 2016.

TRIGUEIRO, E; OLIVEIRA, V; BEZERRA, C. **INDICADORES BIOFÍSICOS E A DINÂMICA DA DEGRADAÇÃO/ DESERTIFICAÇÃO NO BIOMA CAATINGA: estudo de caso no município de Tauá, Ceará.** REDE – Revista Eletrônica do Prodepa, Fortaleza, v. 3, n.1, p. 62-82, jun. 2009. ISSN 1982-5528, 2009.

UCHOA, V; SIQUEIRA, R; SILVA, D; MARTINS, S. **Impactos Ambientais das Atividades Agrícolas em Roraima.** Agro@mbiente On-line, vol. 2, no.1, jan/jun, Boa Vista, 2008.