



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS**

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS**

**MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS**

**MARCO ANTONIO DINIZ DO NASCIMENTO**

**USO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO COMO FERRAMENTA DE  
MONITORAMENTO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA CAATINGA  
ALAGOANA**

**Marechal Deodoro, Alagoas**

**2024**

**MARCO ANTONIO DINIZ DO NASCIMENTO**

**USO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO COMO FERRAMENTA DE  
MONITORAMENTO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA CAATINGA  
ALAGOANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional), como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Altanys Silva Calheiros

Marechal Deodoro, Alagoas

2024



**Dados Internacionais de Catalogação na  
Publicação  
Instituto Federal de Alagoas  
Campus Marechal Deodoro  
Biblioteca Dorival Apratto**

---

N244u

Nascimento, Marco Antonio Diniz do.

Uso do índice de vegetação como ferramenta de monitoramento do estado de conservação da caatinga alagoana / Marco Antonio Diniz do Nascimento. - 2024.

92 f. : il., color.

8.77 megabytes (PDF)

Inclui bibliografia e figuras.

Apêndices: p. 67-92.

Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Marechal Deodoro, Marechal Deodoro, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Altanys Silva Calheiros.

1. Uso do solo. 2. Cobertura vegetal. 3. Antropização. I. Título.  
II. Calheiros, Altanys Silva.

CDD: 363.7

---

**Maria Jôse Nascimento Leite Machado  
Bibliotecária – CRB 4/2125**



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS**

MARCO ANTONIO DINIZ DO NASCIMENTO

**USO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO COMO FERRAMENTA DE MONITORAMENTO  
DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA CAATINGA ALAGOANA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional) como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais.

Aprovado em 31 de janeiro de 2024.

**BANCA EXAMINADORA:**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ALTANYS SILVA CALHEIROS  
Data: 09/04/2024 17:17:05-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Altanys Silva Calheiros  
PPGTEC/IFAL  
Orientador

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MELCHIOR CARLOS DO NASCIMENTO  
Data: 25/04/2024 13:50:34-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Melchior Carlos do Nascimento  
PPGG/IGDema/UFAL  
Membro Externo

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** KLEYTHON DE ARAÚJO MONTEIRO  
Data: 25/04/2024 14:05:05-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Kleython da Araújo Monteiro  
PPGG/IGDema/UFAL  
Membro Externo

Marechal Deodoro, Alagoas  
2024

A Deus, sempre agradeço por tudo.

Dedico a todos meus familiares em especial, minha filha Isadora Ramos Diniz do Nascimento e meu filho Heitor Ramos de Araújo, minha esposa Máisa Raquel Ramos de Castro, minha mãe Rubenita Diniz do Nascimento, meu pai Antonio Carlos do Nascimento, minha irmã Sofia Carla do Nascimento e minha prima Clebia Avelino Diniz.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por até aqui ter me ajudado.

Agradeço a minha família por todo apoio, dedicação e por sempre acreditarem em mim, durante toda trajetória de vida e de curso.

Ao meu Orientador Professor Doutor Altanys Silva Calheiros, agradeço por ter aceitado desenvolver esse projeto, além de demonstrar toda dedicação, paciência, ensinamentos e profissionalismo para comigo.

Aos professores avaliadores professor Doutor Melchior do Nascimento e professor Doutor Kleyton Monteiro que fazem parte da banca, por aceitarem o convite em fazerem parte desse trabalho.

Aos meus amigos de profissão e de vida, com quem sempre pude muito aprender, Alex Nasario, Daniel Nivaldo e Esdras Andrade.

Aos amigos Alex Carneiro, Carlos Felix, José Brito e Messias Aguiar, por sempre se mostrarem dispostos, por todo profissionalismo e dedicação.

Obrigado!

NASCIMENTO, Marco Antonio Diniz. **Uso do índice de vegetação como ferramenta de monitoramento do estado de conservação da caatinga alagoana.** 66f. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – *Campus* Marechal Deodoro, Instituto Federal de Alagoas, Marechal Deodoro, 2024.

## RESUMO

Esta região de Caatinga apresenta importantes modificações em seu ambiente natural, principalmente ocasionadas pela remoção da cobertura vegetal nativa, muitas vezes resultante de desmatamento ilegal para diversos usos e exploração do solo. Diante disso, o presente estudo apresenta resultados do monitoramento das áreas cobertas pela vegetação nativa de Caatinga da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, que engloba os municípios de Delmiro Gouveia, Água Branca, Mata Grande, Pariconha, Piranhas, Olho D'Água do Casado e Inhapi, sertão do Estado de Alagoas. O método de pesquisa utilizado para alcançar os resultados de distribuição territorial e quantificação da cobertura vegetal de Caatinga foi dividido em: análise do índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI e Índice de Vegetação Melhorado – EVI; análise das áreas confrontantes com o canal do sertão em um raio de 5 km; cruzamento de áreas embargadas pelos órgãos ambientais por supressão de vegetação ilegal e monitoria do uso do solo dos anos de 2002 e 2022. Para obtenção dos resultados foi utilizado imagens do satélite Landsat 7, resolução espacial de 15 metros (pancromática) em escala cartográfica de 1: 25.000. O resultado das análises obtidas através do NDV e EVI não apresentaram resultados diferentes quanto a distribuição de vegetação Caatinga no solo, onde os valores em pixel correspondentes a presença de vegetação Caatinga variaram de 0,8 ano de 2002 e 0,6 ano de 2022 para presença de vegetação no resultado do NDV e 18,8 ano de 2002 e 16,5 ano de 2022 para resultados do EVI. A monitoria do uso do solo mostra que houve uma redução de 31% de vegetação Caatinga entre os anos de 2002 e 2022, além de áreas antropizadas em que se destaca o crescimento de 23% de áreas agropastoris e 11% de solo exposto. Por fim, a metodologia utilizada apresentou resultados satisfatórios para avaliação de cobertura vegetal, trazendo resultados de interesse ambiental, social e acadêmico.

**Palavras-chave:** Uso do solo, Cobertura Vegetal, Antropização.

Use of vegetation index as a monitoring tool for the conservation status of the Brazilian Caatinga in Alagoas state. 66f. 2024. Final Paper (Masters in Environmental Technologies). *Campus Marechal Deodoro*, Instituto Federal de Alagoas, Marechal Deodoro, 2024.

### **ABSTRACT**

The Caatinga region undergoes significant modifications in its natural environment, primarily caused by the removal of native vegetation cover, often resulting from illegal deforestation for various purposes and soil exploitation. Therefore, our study presents results on the monitoring of areas covered by native Caatinga vegetation in the Immediate Microregion of Delmiro Gouveia, which includes the municipalities of Delmiro Gouveia, Água Branca, Mata Grande, Pariconha, Piranhas, Olho D'Água do Casado, and Inhapi, located in the hinterland of the Alagoas state. To do so, the research method employed to achieve the results of territorial distribution and quantification of Caatinga vegetation cover is divided into: (i) analysis of the Normalized Difference Vegetation Index - NDVI and Enhanced Vegetation Index - EVI; (ii) analysis of areas adjacent to the 'canal do sertão' (aqueduct project) within a radius of 5 km; (iii) cross-referencing areas embargoed by environmental agencies due to illegal vegetation suppression; and (iv) monitoring land use for the years 2002 and 2022. To obtain the results, images from the Landsat 7 satellite were used, with a spatial resolution of 15 meters (panchromatic) at a cartographic scale of 1:25,000. The analyses obtained through NDVI and EVI did not show significant differences in the distribution of Caatinga vegetation on the ground. The pixel values corresponding to the presence of Caatinga vegetation varied from 0.8 in the year 2002 to 0.6 in the year 2022 for NDVI results, and from 18.8 in the year 2002 to 16.5 in the year 2022 for EVI results. On the other hand, the land use monitoring reveals a 31% reduction in Caatinga vegetation between the years 2002 and 2022, along with anthropized areas, highlighting a 23% growth in agropastoral areas and 11% in exposed soil. In conclusion, the methodology applied on this study yielded satisfactory results for assessing vegetation cover, providing outcomes of environmental, social, and academic interest.

**Keywords:** Anthropization. Land Use. Vegetation Cover.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localização geral da área de pesquisa.....	22
Figura 2.	Regiões Hidrográficas da área de estudo.....	23
Figura 3.	Localização das áreas de pesquisa.....	24
Figura 4.	Bases vetoriais e raster, Software QGIS (A), planilha em arquivos CSV dados Exel (B).....	29
Figura 5.	Bandas vermelho e infravermelho do satélite Landsat 8 utilizadas para o NDVI, e Bandas vermelho, infravermelho e azul do satélite Landsat 7, utilizadas para o EVI.....	30
Figura 6.	Dados tabulados em planilha (A), Interpolação IDW dos dados obtidos.....	32
Figura 7.	Precipitação média da década de 2002, entre os anos de 2002 a 2012.....	34
Figura 8.	Precipitação média da década de 2022, entre os anos de 2010 a 2022 .....	35
Figura 9.	Média pluviométrica (mm) correspondente aos anos de 2002 (série 1) e 2022 (série 2).....	36
Figura 10.	Temperatura média da área de estudo correspondente aos anos de 2002 – 2022.....	37
Figura 11.	Classificação dos solos da região de estudo.....	38
Figura 12.	Porosidade dos solos da região de estudo.....	40
Figura 13.	Mapa de cobertura vegetal por meio de NDVI (2002).....	41
Figura 14.	Mapa de cobertura vegetal por meio de EVI (2002).....	42
Figura 15.	Mapa de cobertura vegetal por meio de NDVI (2022).....	44
Figura 16.	Mapa de cobertura vegetal por meio de EVI (2022).....	44
Figura 17.	Comparativo de cobertura vegetal por município dos anos de 2002 (série 1) e 2022 (série 2).....	46
Figura 18.	Recorte de área do mapa de cobertura vegetal, município de Mata Grande em 2002.....	47
Figura 19.	Recorte de área do mapa de cobertura vegetal, município de Mata Grande em 2022.....	47
Figura 20.	Área de supressão vegetal, município de Delmiro Gouveia.....	48
Figura 21.	Área de supressão vegetal para expansão agrícola, município de Inhapi.....	49
Figura 22.	Distribuição dos assentamentos ruais inseridos da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia.....	50
Figura 23.	Área de desmatamento proxima ao canal do sertão, município de Água Branca.....	51
Figura 24.	Delimitação do canal do Sertão com buffer de 5 km para cada lado.....	52
Figura 25.	Áreas embargadas por desmatamento ilegal.....	53
Figura 26.	Localização da Unidades de Conservação dentro da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia.....	54
Figura 27.	Monumento Natural do São Francisco, município de Piranhas.....	55
Figura 28.	Uso e ocupação do solo da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, ano de 2002.....	55
Figura 29.	Uso e ocupação do solo da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, ano de 2022.....	57
Figura 30.	Comparativo das classes de uso do solo, entre os anos de 2002 (série 1) e 2022 (série 2).....	58
Figura 31.	RGB de imagem de satélite da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia no ano de 2002.....	59
Figura 32.	RGB de imagem de satélite da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia no ano de 2022.....	59

Figura 33.	Áreas com potencial de conservação na Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia.....	60
Figura 34.	Área de serra com cobertura vegetal localizada no município de Mata Grande..	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Identificação e coordenadas geográficas das parcelas de estudo.....	25
Tabela 2.	Informações do Satélite Landsat 7.....	27
Tabela 3.	Informações do Satélite Landsat 8.....	28
Tabela 4.	Identificação estações pluviométricas.....	31
Tabela 5.	Área de distribuição dos solos na região de estudo.....	39
Tabela 6.	Distribuição da área de textura dos solos na região de estudo.....	39
Tabela 7.	Percentual da taxa de cobertura vegetal da Região Imediata de Delmiro Gouveia, por município.....	43
Tabela 8.	Percentual da taxa de cobertura vegetal da Região Imediata de Delmiro Gouveia, por município.....	45
Tabela 9.	Valores das classes de uso do solo 2002.....	56
Tabela 10.	Valores das classes de uso do solo 2022.....	57

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	12
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	15
2.1 Bioma Caatinga.....	15
2.2 Uso e cobertura do solo.....	15
2.3 Sensoriamento remoto.....	17
2.4 Sistemas de informações geográficas – SIG.....	18
2.5 Histórico de ocupação do semiárido de Alagoas.....	20
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	22
3.1 Área de estudo.....	22
3.1.1 Localização da área de estudo.....	23
3.2 Materiais utilizados.....	25
3.2.1 Metodologia para desenvolvimento da pesquisa.....	25
3.3 Procedimentos Metodológicos.....	28
3.3.1 Cobertura Vegetal.....	29
3.3.2 Pluviometria e temperatura.....	30
3.3.3 Pedologia da área de estudo.....	32
3.3.4 Uso do solo.....	33
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	33
4.1 Avaliação geofísica da área.....	33
4.1.1 Média pluviométrica correspondente ao período de 2002 a 2022.....	34
4.1.2 Temperatura média do ar.....	36
4.2 Solos.....	37
4.2.1 Textura e porosidade dos solos.....	39
4.3 Análise da cobertura vegetal.....	40
4.3.1 Análise da cobertura vegetal em 2002.....	41
4.3.2 Análise da cobertura vegetal em 2022.....	43
4.4 Uso e ocupação do solo.....	48
4.4.1 Assentamentos ruais localizados na região de estudo.....	49
4.4.2 Canal do sertão.....	50
4.4.3 Áreas de embargo por desmatamento ilegal.....	52
4.4.4 Unidades de Conservação.....	53
4.4.5 Uso do solo 2002 - 2022.....	55
4.4.6 Análise dos parâmetros RGB 2002 - 2022.....	58
4.4.7 Áreas prioritárias.....	60
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	62
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	63
<b>APÊNDICE.....</b>	67

## 1. INTRODUÇÃO

O Bioma Caatinga tem ocorrência exclusiva no Brasil, sendo sua área principal localizada na Região Nordeste, ocorrendo também em pequeno trecho da Região Sudeste (norte do Estado de Minas Gerais), onde domina o clima semiárido (menos de 800 mm de precipitação/ano), totalizando 734 mil km<sup>2</sup> (SILVA *et al.*, 2004), o que equivale a cerca de 10% do território nacional. Oficialmente, é classificada como Savana Estépica (VELOSO *et al.*, 1991). Estima-se que 80% da vegetação encontre-se completamente modificada, devido ao extrativismo e a agropecuária, apresentando-se a maioria dessas áreas em estádios iniciais ou intermediários de sucessão ecológica (ARAÚJO FILHO, 1996).

O desmatamento elevado no Bioma Caatinga vem gerando processos de perda e redução em diversas áreas, alterando diretamente a biota, o microclima e os solos. Em Alagoas a Caatinga ocupa área que abrange do sertão ao agreste do estado, onde há grande demanda extrativista, o Bioma vem perdendo espaço e função, a qual é a segurar a biodiversidade existente na região (ARAÚJO FILHO, 1996).

A Caatinga pode ser encontrada em toda região do sertão e parte do agreste de Alagoas, formada pelos municípios de: Água Branca, Canapi, Inhapi, Mata Grande e Pariconha, Delmiro Gouveia, Olho D'água do Casado e Piranhas, Carneiros, Dois Riachos, Maravilha, Ouro Branco, Palestina, Pão de Açúcar, Poço das Trincheiras, Santana do Ipanema, São José da Tapera e Senador Rui Palmeira, Batalha, Belo Monte, Jacaré dos Homens, Jaramataia, Major Isidoro, Monteirópolis, Olivença e Olho D'água das Flores, Palmeira dos Índios, Arapiraca, Igaci, Estrela de Alagoas, Minador do Negrão e Cacimbinhas.

As principais ameaças ao bioma é a retirada indiscriminada dos recursos naturais e o desmatamento que se dá para diversos tipos de usos: utilização da madeira para lenha, expansão de pastos e cultivos agrícolas e construção de casas.

Na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenamento ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente. Como consequência natural, o uso de geoprocessamento em projetos ambientais requer o uso intensivo de técnicas de integração de dados e combine ferramentas de análise espacial, processamento de imagens e geoestatística (CÂMARA; MEDEIROS, 1996).

Com o advento da informática o seu crescente avanço tem possibilitado e estimulado a evolução das chamadas geotecnologias, dos sistemas de informações geográficas (SIG's) e a evolução dos sistemas computacionais para estudos de análise ambiental. Portanto sua disponibilização de imagens de satélite tem proporcionado excelentes resultados no processo de automação da maiorias dos trabalhos executados de forma convencional, e tem permitido o processamento de grande volume de informações relevantes para tomadas de decisão (CÂMARA; MEDEIROS, 1996; FERNANDES, 1998; CARVALHO, 2009; ALBUQUERQUE, 2012).

A utilização de índices de vegetação gerados de imagens de satélites se constitui em ferramentas importantes para o monitoramento das alterações naturais ou produzidas pelo homem nos ecossistemas (Feitosa *et al.*, 2004). Os índices de vegetação ressaltam o comportamento espectral da vegetação possibilitando distinguir diferentes tipos de uso e de outros alvos da superfície terrestre (Moreira, 2005). Embora muitos índices de vegetação existam, o mais usado e conhecido atualmente é o denominado Índice de Vegetação da Diferença Normalizada ou simplesmente NDVI (Francisco *et al.*, 2013). De acordo com Francisco *et al.*(2013), modelos relativamente simples podem descrever com certo grau de confiança os processos de degradação ambiental, facilitando a complementação de diagnósticos integrados dos recursos naturais e das suas relações com as atividades humanas.

A utilização de ferramentas de geotecnologias é um instrumento indispensável na avaliação e monitoramentos ambientais, pois fornecem informações rápidas e precisas, além de facilitar a aquisição e manipulação de dados de complexidade, possibilitando constante atualização de informações das áreas, principalmente daquelas consideradas sensíveis à ação do homem (AZEVEDO & MANGABEIRA, 2006).

É de fundamental importância o incentivo à pesquisa e o desenvolvimento de estudos voltados para esta área, voltados para a conservação e preservação dos remanescentes florestais de Caatinga, uma vez que se trata de um bioma de extrema fragilidade tanto em seus aspectos físicos, quanto no que diz respeito à exploração antrópica.

A mudança na cobertura vegetal é reconhecida como uma das mais tradicionais ações do homem sobre a natureza. A retirada da cobertura vegetal, mesmo que esta posteriormente venha a regenerar, causa alterações na biodiversidade da fauna e flora, uma vez que a cobertura

vegetal se constitui em um forte indicador de qualidade ambiental passível de monitoramento (SAMPAIO; ALCÂNTARA; SAMPAIO, 2006).

É importante ressaltar a relevância do trabalho, uma vez que, não há pesquisas atualizadas sobre essa temática na região do alto sertão Alagoano. Todavia, essa pesquisa possibilitará o planejamento de ações no sentido das tomadas de decisões sobre as ações mitigadoras de preservação e conservação das áreas de Caatinga do semiárido.

Assim sendo, o presente estudo teve como objetivo realizar o monitoramento do estado de conservação da Caatinga, na Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, e por meio do uso de técnicas de geoprocessamento, contempla os seguintes objetivos específicos:

- Realizar o levantamento de dados vegetativos na área de estudo;
- Criar banco de dados para a elaboração do NDVI e EVI;
- Elaborar mapas e gráficos como resultado do monitoramento do índice vegetativo;
- Elaborar mapa de uso do solo e confrontar com as atividades existentes na área de pesquisa.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 O Bioma Caatinga

Quanto a vegetação presente na região de estudo, varia de acordo com a classe de solos, vão desde as associações caducifólias mistas até a Caatinga Hiperxerófila. Portanto, pode-se dizer que às fâcies da vegetação da caatinga tem relação direta com a litologia (classe dos solos), sendo a influência do clima um fator preponderante para a gênese de ambos (FRANCO, 1983).

Conforme o supracitado, o clima é um fator preponderante para a existência da vegetação. Quanto mais árido – menor atuação da precipitação – mais rarefeitas são as formações vegetais, sendo inexistentes nas áreas onde predomina o clima mediterrâneo quente e seco, sem estação úmida. Nesse sentido, de acordo com Franco (1983), enquanto na Floresta Atlântica, a precipitação é maior do que a evaporação, na Caatinga, a precipitação é menor que a evaporação, dificultando deste modo, o desenvolvimento de espécies não adaptadas a aridez.

Nesse sentido, a vegetação da Caatinga está relacionada com o índice de aridez. A região possui dois tipos de Caatinga, Hipoxerófila e a Hiperxerófila. A Caatinga Hipoxerófila é a mais úmida dos tipos desta vegetação, considerada uma continuação das Associações Caducifólias Mistas com a Caatinga, o estrato herbáceo não recobre todo o solo, favorecendo assim o desencadeamento dos processos erosivos. Já a Caatinga Hiperxerófila é mais árida, possui três estados da vegetação (herbáceo, arbustivo e arbóreo), porém com porte mais baixo quando comparado à Caatinga Hipoxerófila, isso se deve ao índice de aridez, pois quanto mais secas as áreas, menor será o porte da vegetação.

### 2.2 Uso e Cobertura do Solo

Atualmente a degradação ambiental está fortemente ligada a fatores de uso e ocupação do solo, uma vez que as formas de ocupação e manejo ocasionam o tipo e o grau de impacto, o qual atinge de maneira diferente o ambiente, seja o solo, o ar ou a água (NOGUEIRA DE SOUZA, 2003).

Nesse sentido, a degradação ambiental é mais ampla que a degradação dos solos, pois envolve não só a erosão dos solos, mas também a extinção de espécies vegetais e animais, a poluição de nascentes, rios, lagos e baías, o assoreamento e outros impactos prejudiciais ao meio ambiente e ao próprio homem (GUERRA, 1998).

De acordo com Fellen e Catt (2004), a degradação dos solos não é a única forma de degradação ambiental, uma vez que os processos associados à perda do potencial produtivo dos solos são os principais responsáveis pela problemática da degradação ambiental em todo o mundo. Resultando, sobretudo de ações predatórias sobre os recursos naturais. O processo de degradação ambiental apresenta diferentes formas, porém a mais conhecida é a erosão dos solos.

A erosão dos solos causa uma grande perda da camada superficial do solo, recurso vital ao desenvolvimento da agricultura. Em contrapartida, a formação dos horizontes superficiais do solo é demorada. A degradação dos solos cobre uma série de processos complexos, que incluem erosão (tanto pela água como pelo vento), a expansão das condições ligadas aos desertos (chamada de desertificação), os movimentos de massa, e a contaminação dos solos, como por exemplo a acidificação e a salinização, são alguns desses processos.

Segundo Araújo (2013), a degradação ambiental pode ser proveniente, por exemplo, das condições atmosféricas adversas que vem sendo introduzidas pelo homem, provocando uma mudança no clima, em suas diversas escalas. Ou pode ser proveniente da própria cobertura vegetal e da população animal (densidade e diversidade), por meio da ação direta do homem e agravada por períodos de seca, de natureza mais ou menos cíclica (Sahel, sudeste da África e nordeste do Brasil).

Para Guerra (2014), diversos são os fatores causadores da degradação do solo, atuando de forma direta ou indireta, mas quase sempre a grande maioria das terras degradadas inicia esse processo com o desmatamento, que pode ser seguido por diversas formas de ocupação desordenada, como o corte de taludes para a construção de casas, rodovias e ferrovias; a agricultura, com o uso de queimada; vários tipos de mineração; irrigação excessiva; crescimento desordenado das cidades; superpastoreio; uso do solo para vários tipos de despejos industriais e domésticos, sem tratamento por quem recebe esses despejos. Enfim, de uma forma ou de outra, os solos tornam-se degradados, sendo muito difícil ou até impossível sua recuperação.

O conceito de degradação das terras se refere à deterioração ou perda total da capacidade dos solos para o uso presente e futuro (FAO, 1980). Segundo Araújo et al. (2013), tais perdas ocorrem principalmente por causa das principais formas de erosão (pelo vento e pela água) e das deteriorações químicas e física.

No que diz respeito a erosão, a forma mais comum é a perda da camada superficial do solo pela ação da água e/ou do vento. O escoamento superficial da água carrega a camada superficial do solo; isso ocorre sob a maioria das condições físicas e climáticas. A perda dessa camada do solo reduz sua fertilidade, uma vez que o solo se torna mais fino, menos penetrável às raízes, propiciando que estas se tornem cada vez mais superficiais; reduz-se a capacidade do solo de reter a água e torná-la disponível às plantas, e os nutrientes para as plantas são levados com as partículas erodidas. Outra forma mais extrema de erosão é a deformação do terreno, causada por ravinas e voçorocas (ARAÚJO et al., 2013).

Para Nogueira (2002), esse movimento turbulento de construção de um campo conceitual, é característico e essencial para a configuração de um campo multidisciplinar do conhecimento, como é a ciência dos riscos.

As regiões áridas e semiáridas espalham-se por todos os continentes do globo, ocupando 1/3 de toda a superfície da terra e abrigando cerca de 1/6 de toda a população, sendo estas as áreas mais propícias ao desenvolvimento do processo de desertificação, a qual consiste na degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante tanto das variações climáticas, como das derivações antropogênicas. Dentre outros países, o Brasil apresenta parte do seu território susceptível à ocorrência desse tipo de fenômeno, tendo em vista a prática de determinados usos do solo em condições de climas secos, presentes num vasto território da Região Nordeste e numa pequena porção da Região Sudeste localizada ao norte do Estado de Minas Gerais e nordeste do Espírito Santo (BRASIL, 2004).

### 2.3 Sensoriamento Remoto

A humanidade vem se adaptando e integrando conhecimentos adquiridos a partir do trato com a terra há muitas décadas, modificando-se com o grau de evolução do contexto científico vigente e tornando mais completos na medida em que novas relações indivíduo-ambiente vão sendo evidenciadas. Esses conhecimentos integrados de modo sistemático têm dado origem a diversas metodologias destinadas à avaliação da superfície da terra (FERNANDES et al., 1998).

A partir da década de setenta, com o lançamento dos satélites Landsat tem-se utilizado em muitas pesquisas, informações sobre os diferentes alvos da superfície terrestre, coletados a

nível orbital e que são de grande importância no estudo dos recursos naturais (MOREIRA & ASSUNÇÃO, 1984).

O uso de imagens de satélites é bastante empregado nessas metodologias, possibilitando, assim, periodicidade regular de cenas, maior capacidade de atualização de processos na superfície terrestre e inclusão de um grande campo do espectro eletromagnético (IZOLA et al, 1998).

Segundo (Lillesand e Kiefer (1994), “Sensoriamento Remoto é a ciência e a arte de se obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno, por meio de análise de dados adquiridos por um sistema que não está em contato com este objeto, área ou fenômeno sob investigações”.

O comportamento espectral dos diferentes alvos presentes na superfície terrestre é produto da complexa interação entre a energia solar e matéria, condicionado também por outros aspectos do contexto ambiental. Desta forma, o entendimento do comportamento espectral da cobertura vegetal e dos solos é imprescindível para uma aplicação do Sensoriamento Remoto (PINTO, 1991).

O sensoriamento remoto tem, como principal base de estudo a radiação eletromagnética (REM), que consiste no ato ou efeito de emitir e propagar a energia em forma de ondas eletromagnéticas, através do espaço. O Sol é a mais importante fonte natural de REM que, ao interagir com as diversas substâncias da superfície da Terra, origina uma série de fenômenos: reflexão, absorção, transmissão, luminescência, aquecimento, etc (DPI/INPE, 1996).

A faixa do espectro eletromagnético mais usada em sensoriamento remoto está entre 0,3 e 15,0  $\mu\text{m}$ , pois nesta faixa os componentes ópticos associados à coleta de informações sobre fenômenos de reflexão e refração, tais como lentes, espelhos, prismas e outros, são utilizados para coletar e reorientar a radiação (DPI/INPE, 1996).

#### 2.4 Sistemas de Informações Geográficas - SIG

Lombardo e Carvalho (1979), os pioneiros no trabalho baseado em interpretação de imagens de satélite e integração dos dados geoecológicos para o estudo da desertificação. Com o trabalho intitulado, Análise Preliminar das Potencialidades das Imagens LANDSAT para Estudo de Desertificação, a partir da interpretação visual e digital de imagens de satélite, os autores definiram 11 unidades ambientais e seu grau de risco à desertificação.

Para Xavier (1997 apud Silva e Zaidan 2007), o Geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de conceitos, métodos e técnicas, que ocorrem em torno de um instrumental disponível pela engenhosidade humana. Este conjunto de conceitos, métodos e técnicas podem estar ligados a uma finalidade principal, sendo frequentemente desenvolvidos em função de interesses posteriores, como é o caso do Geoprocessamento, que até os dias atuais, está ligado às atividades bélicas, em associação com o Sensoriamento Remoto, na obtenção de dados ambientais atualizados, visando à execução de análises da distribuição territorial de eventos e entidades de interesse militar.

Segundo Câmara (2004), o termo Geoprocessamento é a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para a coleta e o tratamento da informação geográfica. Estas ferramentas computacionais são chamadas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), também conhecido como GIS (do inglês Geographic Information System).

Como a desertificação ocorre em diversas escalas espaciais, os produtos de Sensoriamento Remoto, analisados por meio de geoprocessamento, são reconhecidamente meio eficientes e rápidos para realizar diagnósticos de situações ambientais complexas (SILVA & ZAIDAN, 2004).

A tecnologia de geoprocessamento consiste em uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. Os dados tratados em geoprocessamento têm, como principal característica, a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados. Esta tecnologia engloba dois aspectos importantes: a expressão espacial dos entes envolvidos (ou de seus atributos) e a abrangência ampla da tecnologia, reunindo a coleta, o tratamento, as aplicações e o próprio desenvolvimento das ferramentas e sistemas utilizados. Além disso, dentre essas ferramentas e sistemas têm destaque os SIGs, pois tratam especificamente da questão da análise espacial de dados geográficos (ASSAD & SANO, 1998).

Um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados. Isto é, localizados na superfície terrestre e em uma projeção cartográfica qualquer, devido à sua ampla gama de aplicações, em que se incluem temas como agricultura, floresta, cartografia, entre outros. Um SIG, de acordo com CÂMARA e MEDEIROS (1998) pode ser usado como ferramenta para produção de mapas temáticos; como suporte para análise espacial de fenômenos; e como um banco de dados geográficos com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Pode-se dizer, então, que as três visões apresentadas anteriormente são, antes, convergentes que conflitantes e refletem a importância do tratamento da informação geográfica dentro de uma instituição. Em outras palavras, isto mostra uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização.

Por sua vez, as características fisiográficas reúnem elementos indispensáveis para composição dos indicadores socioambientais, amplificando a capacidade da análise espacial sobre as áreas socialmente vulneráveis. Assim, o geoprocessamento assumiu posição de destaque na presente pesquisa, pois a integração espacial das variáveis temáticas selecionadas para identificação das áreas de vulnerabilidade físico-ambiental somente foi possível devido à capacidade operacional desse recurso tecnológico (NASCIMENTO, 2016).

## 2.5 Histórico de Ocupação do Semiárido de Alagoas

A expansão do domínio holandês, entre os anos de 1630 e 1654, à beira do rio São Francisco, nesse período a ocupação do Alto Sertão Alagoano deu-se pela migração populacional ocorrida principalmente vinda de Pernambuco, que até então que dominava toda essa porção do nordeste à norte do Rio São Francisco. A promessa de expansão de áreas para a demanda da produção da cana-de-açúcar, impulsionaram o êxodo do setor leste dos estados de Pernambuco e Alagoas, a ocuparem áreas do semiárido. Os rios e os caminhos abertos com o gado eram os principais meios para estes deslocamentos durante o período colonial (SANTOS, 2011).

Segundo França e Cruz (2013), enquanto a cana-de-açúcar fazia prosperar as localidades próximas ao litoral e zona da mata, a pecuária, a cultura de algodão e as culturas de subsistência faziam prosperar as terras do semiárido, graças ao avanço das ocupações e povoamentos dessas regiões.

De acordo com Santos (2011), a região não favorecia a cultura agrícola pelo fato do baixo índice de chuvas e outros aspectos a exemplo do solo, que impediam o avanço de cultivo principalmente da cana. Por outro lado, à pecuária de bovino e em destaque caprinos, foram o fator econômico a impulsionar a economia no sertão alagoano.

Em Janeiro de 1913 o então empresário Delmiro da Cruz Gouveia, instalou na região do alto sertão de Alagoas às margens do Rio São Francisco divisa com Bahia, a Usina Hidrelétrica

da Cachoeira de Paulo Afonso, sendo a primeira do Nordeste, a qual tinha como objetivo fornecer energia elétrica a uma grande indústria têxtil chamada de Companhia Agro Fabril Mercantil, localizada na cidade de Pedra, atualmente o município de Delmiro Gouveia (NASCIMENTO, 2012).

Com a instalação da fábrica têxtil na região, veio a necessidade do fornecimento da matéria prima para produção com a finalidade de suprir demandas, com isso, houve o interesse e o incentivo do plantio em extensas áreas, em que antes eram cobertas por vegetação nativa de Caatinga, deu-se lugar às plantações de algodão (*Gossypium hirsutum*), principalmente nas regiões que se estendem aos municípios de: Delmiro Gouveia, Pariconha, Água Branca, Mata Grande, Canapi e Ouro Branco (NASCIMENTO, 2012).

Com a queda da economia mundial por volta de 1930, somados às dificuldades geofísicas do semiárido, houve o abalo e quebra econômica na região do alto sertão, levando aos produtores de algodão abandonarem o cultivo e substituir por outras atividades, à exemplo do gado leiteiro, agricultura de rodízio: feijão, milho, palma-forrageira e mandioca. A alta rotatividade de plantios, o avanço de áreas para aumento de produção e falta de assistência técnica especializadas, tornaram dessas regiões propícias a sofrerem desgastes físicos, principalmente pelo fator hidrológico e pedológico (NASCIMENTO, 2012).

A falta de cobertura vegetal, em sua maioria, proveniente de desmatamento, é um dos principais fatores, que eleva o aceleramento da diminuição da biodiversidade. Há ponto em que a eliminação da quase totalidade da diversidade da vegetação, reduz a diversidade animal pela alteração do habitat e pela diminuição das fontes de alimentos (MENDES, 1997).

A exposição do solo à ação dos agentes erosivos (vento, chuva e sol), aumenta a fragilidade e temperatura do solo, que propicia a oxidação da matéria orgânica. O aumento da fragilidade do solo provoca a elevação da temperatura atmosférica alterando os microclimas locais. O solo, desnudo e desprotegido, fica exposto à erosão eólica, hídrica e solar, que arrasta as pequenas partículas (argila, silte e grânulos orgânicos) ou as põe em suspensão na atmosfera, as quais são levadas pelo vento, tornando-o menos fértil e com menor capacidade de armazenamento de água.

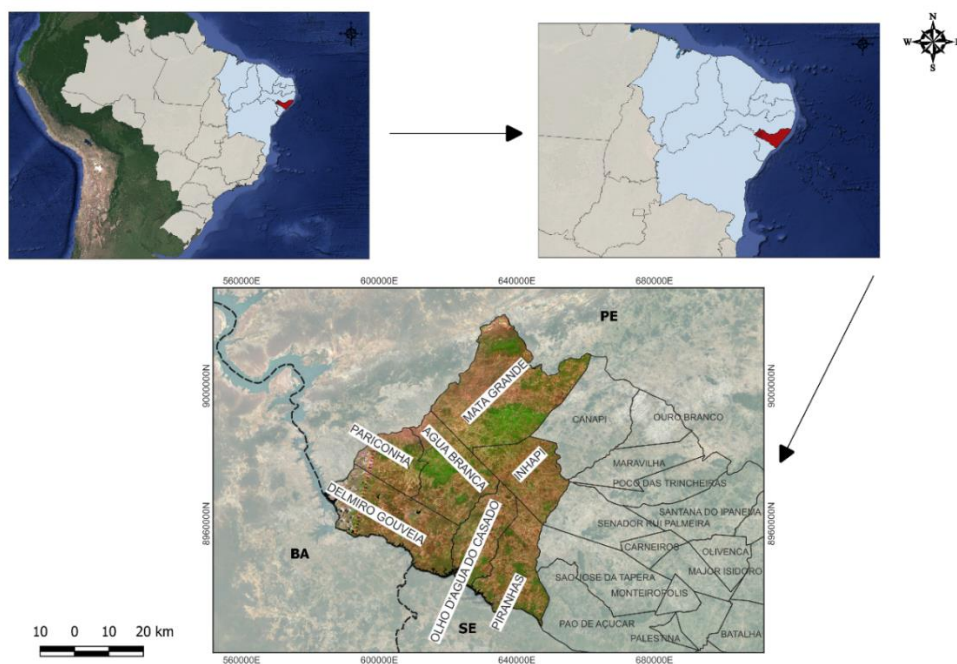
A erosão hídrica laminar retira os horizontes superficiais do solo, acentua a ocorrência de afloramentos rochosos, aumenta a mobilização e o espalhamento do material grosseiro que recobre grande parte da superfície, assoreia os cursos de água e os açudes, modifica as

propriedades físicas e empobrece quimicamente o solo. A oxidação da matéria orgânica da camada superficial do solo, induzida pelo calor da elevada radiação solar direta, também diminui suas fertilidade e capacidade de acumulação de água (MENDES, 1997) além de diminuir a fertilidade, pela morte dos microrganismos decompositores da matéria orgânica. Tais fatos acima citados, podem levar a aceleração de fatores que contribuem para um processo de desertificação.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

O trabalho de pesquisa foi realizado na região do alto sertão de Alagoas, localizada na Mesorregião Geográfica do Sertão Alagoano e Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia (Figura 1), que compreende os municípios de Delmiro Gouveia, Piranhas, Olho D'Água do Casado, Pariconha, Água Branca, Mata Grande e Inhapi, compreende uma área de 3.369 km<sup>2</sup> e população de 148.870 habitantes, inseridos entre as coordenadas geográficas 9°19'43.47" S e 38°12'48.01" O e 9°15'52.26" S e 37°18'53.15" O, com altitude oscilando entre 160 e 180 m nas áreas marginais ao Rio São Francisco e 480 m e 620 m nas regiões serranas (IBGE, 2022).

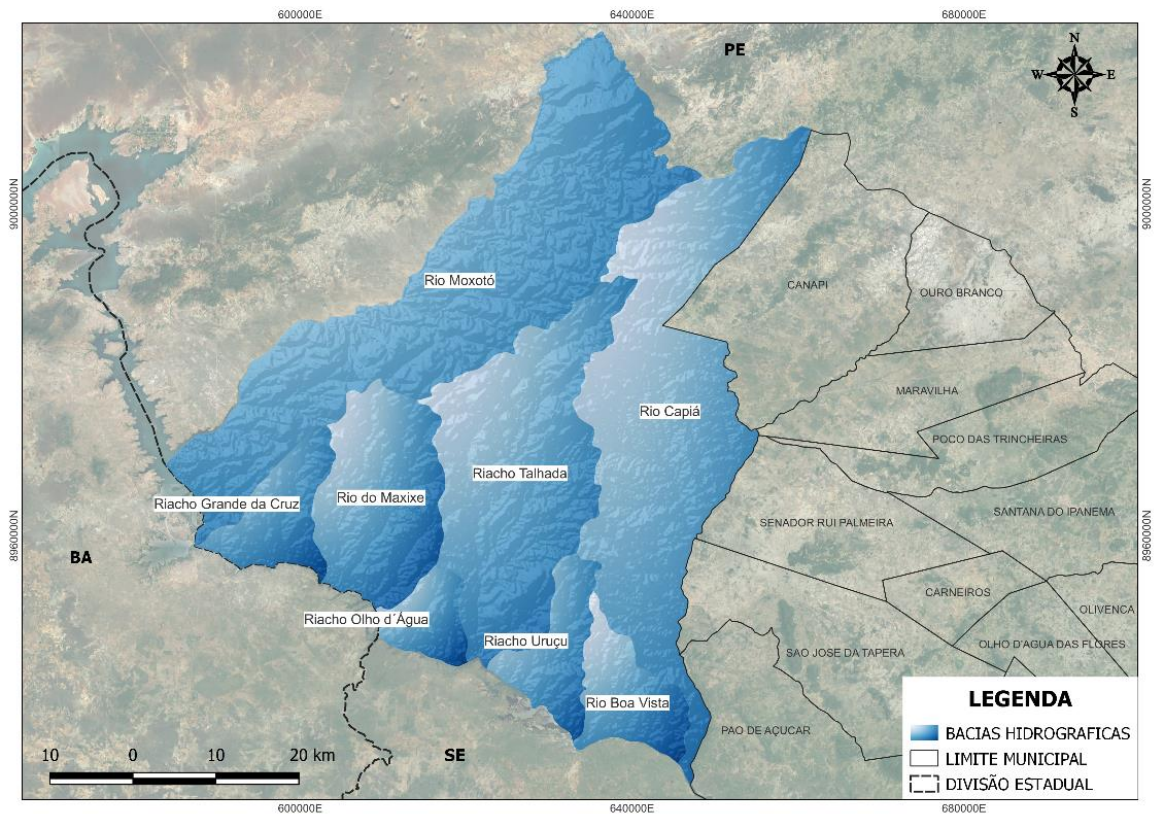


**Figura 1 - Localização da área de estudo, alto sertão de Alagoas.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

### 3.1.1 Localização da área de estudo

A região de estudo está inserida em sua porção principal na bacia hidrográfica do São Francisco, além das bacias de influência direta (Figura 2), localizadas na região do Rio Moxotó, Riacho Grande da Cruz, Riacho do Maxixe, Riacho Olho D'Água, Riacho do Talhado, Riacho Uruçu, Rio Boa Vista e Rio Capiá, (ALAGOAS 2021).



**Figura 2 – Regiões Hidrográficas da área de estudo.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

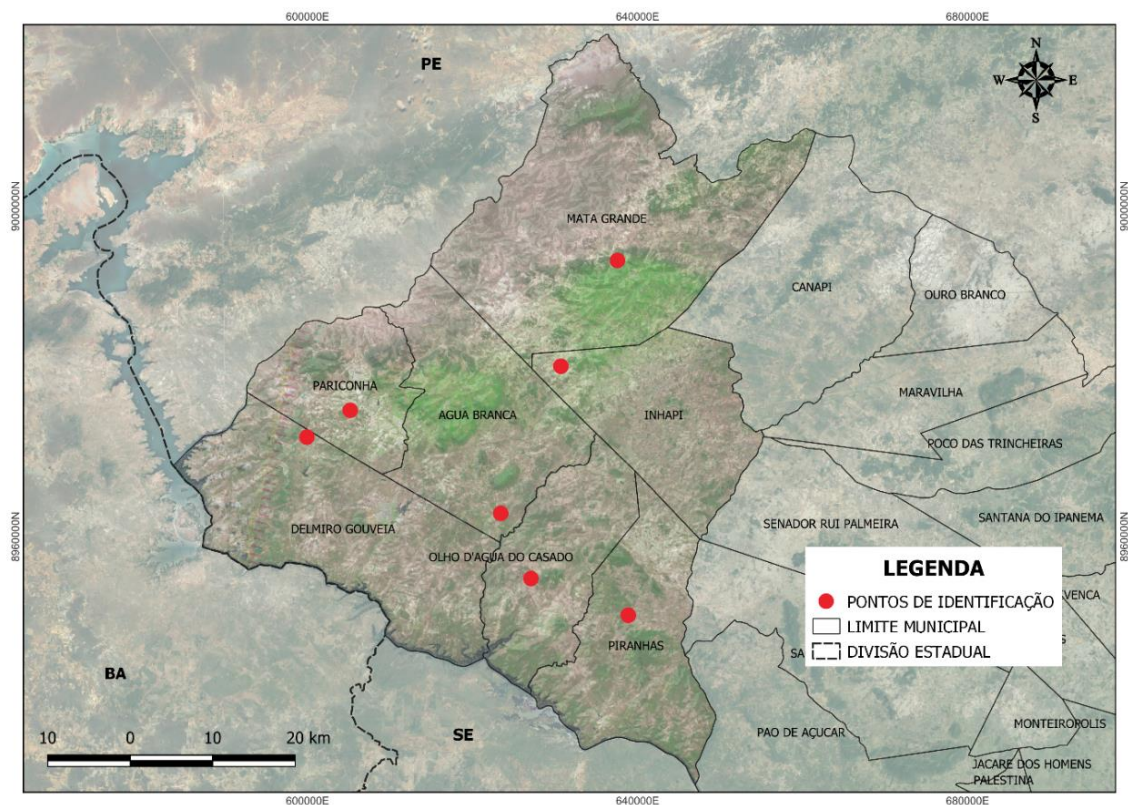
O Estado de Alagoas, em função da sua localização na região Nordeste, tem como principais características climáticas as irregularidades da precipitação pluviométrica e a pouca variação sazonal da radiação solar, do fotoperíodo e da temperatura do ar. A proximidade da linha do Equador é fator que condiciona um número elevado de incidência de horas sol por ano e, conseqüentemente, índices acentuados de evapotranspiração.

De acordo com a classificação de Köppen, toda a metade ocidental do estado, que corresponde ao agreste e sertão, apresenta condições semiáridas, com clima BSh, isto é, seco e quente, com precipitação pluviométrica média anual no sertão entre 400 mm a 600, apresenta

temperatura média entre 22 °C e 31 °C. Essas condições térmicas da região, de forma geral, não possuem importantes variações no decorrer do ano (NINER1989).

Os solos encontrados na área de pesquisa que envolve os 7 municípios da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, são constituídos em sua grande porção por solos predominantes, os quais são formados pelos: Luvisolos Cromicos, Planossolos Haplicos, Neossolos Regolíticos e Neossolos Quartizarenicos (EMBRAPA, 2012).

A interação e conferência dos dados levantados na pesquisa, para pontos de identificação de problemas e ausência que identificassem a falta de cobertura vegetal, abrangeu 7 áreas de campo (Figura 3), as quais foram selecionadas uma para cada município (Tabela 1), onde a escolha das parcelas, apresentaram alguns fatores característicos comum entre as áreas, como: falta de cobertura vegetal, exposição do solo, exposição hídrica, agricultura, pecuária e área em abandono.



**Figura 3 - Localização das áreas de pesquisa**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

**Tabela 1 – Identificação e coordenadas geográficas das parcelas de estudo.**

<b>Identificação</b>	<b>Municípios</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
A	Delmiro Gouveia	9°19'24.63"S	38°11'39.43"O
B	Pariconha	9°15'29.95"S	38° 2'55.19"O
C	Água Branca	9°21'20.44"S	37°51'44.84"O
D	Mata Grande	9° 1'38.92"S	37°43'0.01"O
E	Piranhas	9°24'55.29"S	37°41'49.52"O
F	Inhapi	9°19'9.40"S	37°42'52.76"O
G	Olho D'Água do casado	9°22'15.38"S	37°48'25.46"O

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2022).

### 3.2 Materiais utilizados

#### 3.2.1 Metodologia para desenvolvimento do trabalho

Para as discussões e resultado referentes à pesquisa é de fundamental importância compreender quais ferramentas de utilização para obtenção e desenvolvimento de dados sejam adequados com o trabalho, que tem como objetivo analisar a distribuição de vegetação Caatinga na Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, para qual, aplicou-se dois índices de vegetação: Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI e Índice de Vegetação Melhorado – EVI.

Os índices de vegetação ressaltam o comportamento espectral da vegetação possibilitando distinguir diferentes tipos de uso e de outros alvos da superfície terrestre (MOREIRA, 2005).

O Índice de Vegetação Melhorado (EVI), desenvolvido visando otimizar o sinal da vegetação. Este apresenta maior sensibilidade em regiões com alta densidade de biomassa, por ter sido melhorado por meio da redução da influência da atmosfera e da dissociação do sinal de fundo do dossel vegetal (HUETE, 2002).

O cálculo desse índice é baseado na equação 2: (2) Sendo: G = fator de ganho, geralmente assume valor de 2,5;  $\rho_{IVP}$  = refletância do infravermelho próximo  $\rho_V$  = refletância do vermelho;  $\rho_A$  = refletância na banda espectral do azul; L = ajuste de fundo do dossel vegetal

(L=1); C1 e C2 = coeficientes de ajuste da influência dos aerossóis (C1=6; C2=7,5), onde a fórmula corresponde:

$$\mathbf{EVI} = 2.5 * ((\mathbf{NIR} - \mathbf{VERMELHO}) / ((\mathbf{NIR}) + (\mathbf{C1} * \mathbf{VERMELHO}) - (\mathbf{C2} * \mathbf{AZUL}) + \mathbf{L}))$$

Segundo Huete (2002), enquanto o NDVI é sensível à presença de clorofila na vegetação, o EVI é mais responsivo às variações estruturais do dossel, incluindo o índice de área foliar (IAF), tipo de dossel, fisionomia da planta e a arquitetura do dossel (GAO, 2000).

Embora muitos índices de vegetação existam, o mais usado e conhecido atualmente é o denominado Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, ou simplesmente NDVI (FRANCISCO, 2013).

O NDVI consiste em auxiliar no monitoramento das áreas com cobertura vegetal existentes na superfície, sendo que toda a vegetação se destacará e se classificará, pelo grau de altura referente a superfície, porte arbóreo e robustez. Assim deixando em destaque o que são fragmentos de vegetação nativa com outros tipos de área (vegetadas, lavouras e pastagem).

A obtenção do índice de vegetação NDVI foi realizada através do processamento de imagens, executado por meio de expressão algébrica realizada pela calculadora raster, onde:

$$\mathbf{IVDN} = (\mathbf{NIR} - \mathbf{RED}) / (\mathbf{NIR} + \mathbf{RED})$$

$$\mathbf{RED} = \mathbf{Vermelho}$$

$$\mathbf{NIR} = \mathbf{Infravermelho}$$

Para a aquisição dos resultados a partir das análises dos Índices NDVI e EVI, decidimos trabalhar com os satélites LANDSAT7 e LANDSAT8. O qual, o satélite LANDSAT7, possui sete bandas, com numeração de 1 a 7, sendo que cada banda representa uma faixa do espectro eletromagnético captada pelo satélite. O satélite apresenta a característica de repetição, isto é, observa a mesma área a cada 16 dias. A resolução geométrica das imagens em todas as bandas é de 30 m. O sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) do Landsat 7, é capaz de ampliar as possibilidades de uso dos produtos Landsat, oferecendo a versatilidade e eficiência a resolução espacial da banda 6 (infravermelho termal) para 60 metros, banda pancromática operante que permite a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução, o que significa que cada píxel da imagem representa uma área no terreno de 0,09 ha (Tabela 2).

**Tabela 2 – Informações Satélite Landsat 7.**

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectro
ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus)	(B1) AZUL	0.45 - 0.515 $\mu\text{m}$
	(B2) VERDE	0.525 - 0.605 $\mu\text{m}$
	(B3) VERMELHO	0.63 - 0.69 $\mu\text{m}$
	(B4) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.76 - 0.90 $\mu\text{m}$
	(B5) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.55 - 1.75 $\mu\text{m}$
	(B6) INFRAVERMELHO TERMAL	10.4 - 12.5 $\mu\text{m}$
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.09 - 2.35 $\mu\text{m}$
	(B8) PANCROMÁTICO	0.52 - 0.90 $\mu\text{m}$

Fonte: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-7>

O Satélite Landsat 8, carrega o Operational Land Imager (OLI) e o Sensor Infravermelho Térmico (instrumentos TIRS). O OLI mede nas porções visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas (VNIR, NIR e SWIR) do espectro (Tabela 3). O TIRS mede a temperatura da superfície terrestre em duas bandas térmicas com uma nova tecnologia que aplica física quântica para detectar calor. As imagens do Landsat 8 têm resoluções espaciais pancromáticas de 15 metros e multiespectrais de 30 metros ao longo de uma faixa de 185 km.

O mapeamento temático a partir de cada uma dessas bandas depende, ainda, das características da área em estudo (região plana ou acidentada); época do ano (inverno ou verão); ou de variações regionais (Nordeste, Sudeste, Sul, Amazônia, Pantanal). Os trabalhos de interpretação das imagens se tornam mais fáceis quando o fotointérprete tem conhecimento de campo, (SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS – USGS, 2023).

**Tabela 3 – Informações Satélite Landsat 8.**

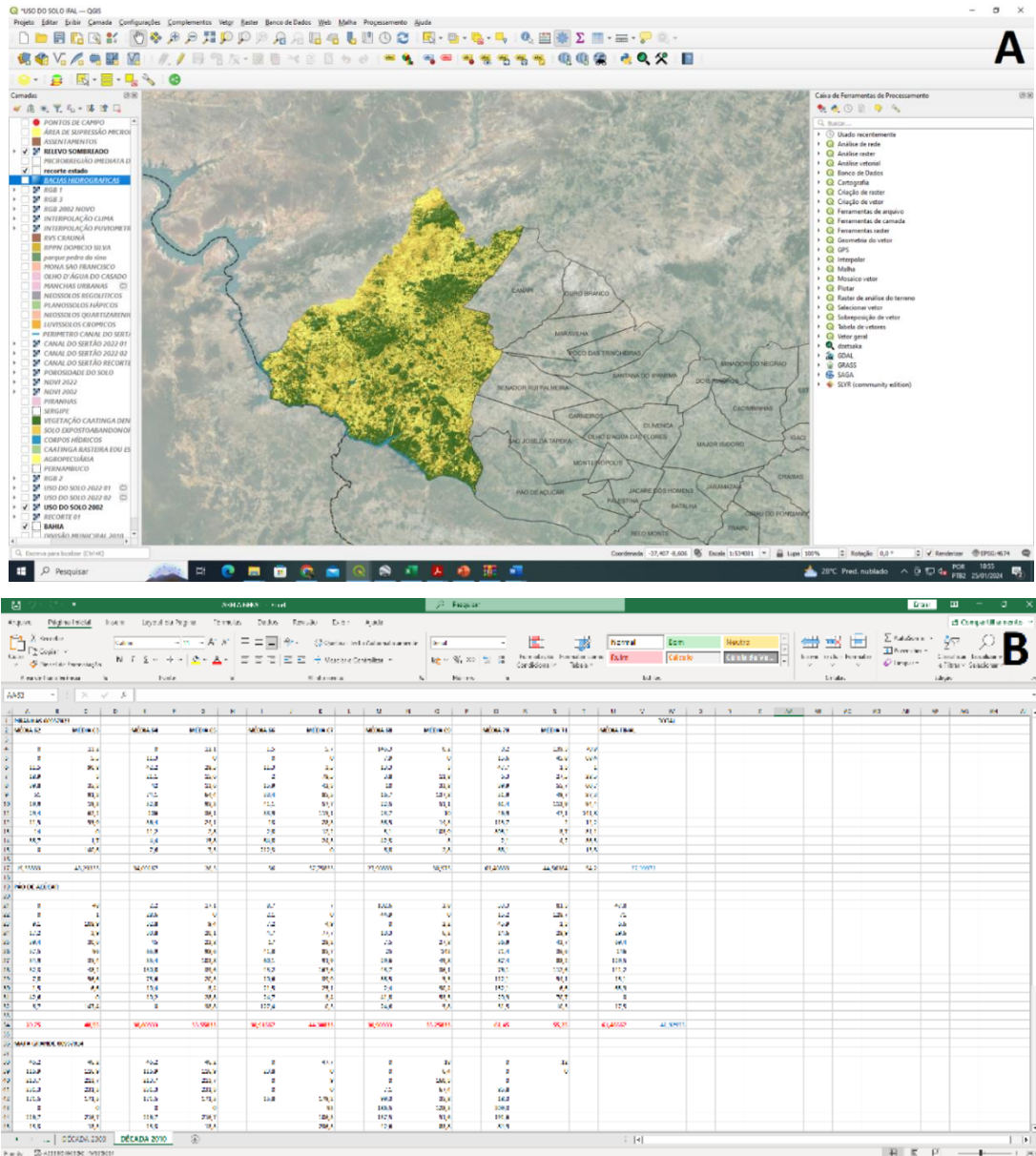
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral
OLI (Operational Land Imager)	(B1) COSTAL	0.433 - 0.453 $\mu\text{m}$
	(B2) AZUL	0.450 - 0.515 $\mu\text{m}$
	(B3) VERDE	0.525 - 0.600 $\mu\text{m}$
	(B4) VERMELHO	0.630 - 0.680 $\mu\text{m}$
	(B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.845 - 0.885 $\mu\text{m}$
	(B6) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.560 - 1.660 $\mu\text{m}$
	(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.100 - 2.300 $\mu\text{m}$
	(B8) PANCROMÁTICO	0.500 - 0.680 $\mu\text{m}$
	(B9) Cirrus	1.360 - 1.390 $\mu\text{m}$

Fonte: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>

### 3.3 Procedimentos metodológicos

Para produção dos bancos de dados, elaboração das bases de dados e confecção dos mapas, todos os procedimentos se dão através de geoprocessamento e sensoriamento remoto. A aquisição de dados vetoriais foi feita por meio de bases cartográficas: nova divisão municipal e Manual Técnico de Pedologia, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, referentes aos anos de 1980 e 2020 (IBGE, 2022), shapefiles pela base de dados do Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas – IMA/AL, para os anos de 2010 a 2022 (IMA, 2022). Para os solos foram consultados os dados disponibilizados pela Empresa Brasileira de Agropecuária – EMBRAPA (EMBRAPA, 2011; 2018), em escalas geográficas 1:250.000 e 1:100.000, Datum SIRGAS 2000.

Para integração dos dados através do geoprocessamento, foi utilizado o Software QuantumGis (QGIS), versão 3.22.8 (Figura 4 A), tabulação dos dados Microsoft Exel onde as parcelas inseridas nas áreas de estudo, foram demarcadas através de Sistema de Posicionamento Global (GPS), modelo Etrex 30, marca Garmin, acompanhado por anotações de campo e levantamento prévio das condições existentes na área. Todos os dados adquiridos em campo foram tabulados em arquivo Microsoft Exel, em arquivo de Valores Separados por Vírgula – CSV (Figura 4 B), para formação dos bancos de dados.



**Figura 4 – Bases vetoriais e raster, Software QGIS (A), planilha em arquivos CSV dados Exel (B).**  
 Fonte: Marco Antonio Diniz do Nascimento, julho, 2023

### 3.3.1 Cobertura vegetal

A elaboração dos dados referentes à cobertura vegetal da área de estudo, se deu pelo processo digital de imagem por meio de índice multispectral extraído do satélite Landsat 7 e Landsat 8.

Cada banda acima citada, corresponde a uma cena em que a área de estudo está inserida, portanto, para o recorte que engloba todos os 7 municípios da pesquisa, foi necessário utilizar-se ao todo, três cenas, cada uma envolvendo duas bandas correspondentes para o NDVI e três

bandas para o EVI (Figura 5). Em seguida, as imagens foram recortadas com a delimitação dos municípios da pesquisa, e por fim, elaborado o mosaico.



**Figura 5 – Bandas verde e infravermelho do satélite Landsat 8 utilizadas para o NDVI, e Bandas verde, infravermelho e azul Landsat 7, utilizadas para o EVI.**

Fonte: Marco Antonio Diniz do Nascimento, maio, 2023.

### 3.3.2 Pluviometria e Temperatura

Para obtenção dos dados brutos de precipitação e temperatura foram obtidos a partir das estações pluviométricas disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas – ANA, através da plataforma HIDROWEB.

Para análise da pesquisa, foram levados em consideração dados mensais e anuais para que pudessemos determinar as médias de precipitação e temperatura em décadas, da série histórica selecionada de 60 anos (1962 – 2022). Para isso, definimos um ano normal, seco e chuvoso, seguindo a metodologia proposta por Sant’anna Neto (1990).

Neste estudo, foram utilizadas 2.880 séries históricas, referente aos meses chuvosos e de estiagem, durante o período de 60 anos. Os dados foram extraídos através de estações pluviométricas localizadas na região de estudo, onde das 12 estações pesquisadas, só 4 dispunha de dados pluviométricos que abarcam toda série histórica no período de 2002 à 2022 (Tabela 4).

**Tabela 4 – Identificação das estações pluviométricas.**

<b>Estação</b>	<b>Código</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
Piranhas	00937023	-9.607716	-37.763705
Mata Grande	00937014	-9.120332	-37.891362
Pão de Açúcar	00937018	-9.749166	-37.430833
Santana do Ipanema	00937032	-9.370642	-37.246445

Fonte: Marco Antonio Diniz do Nascimento, maio, 2023.

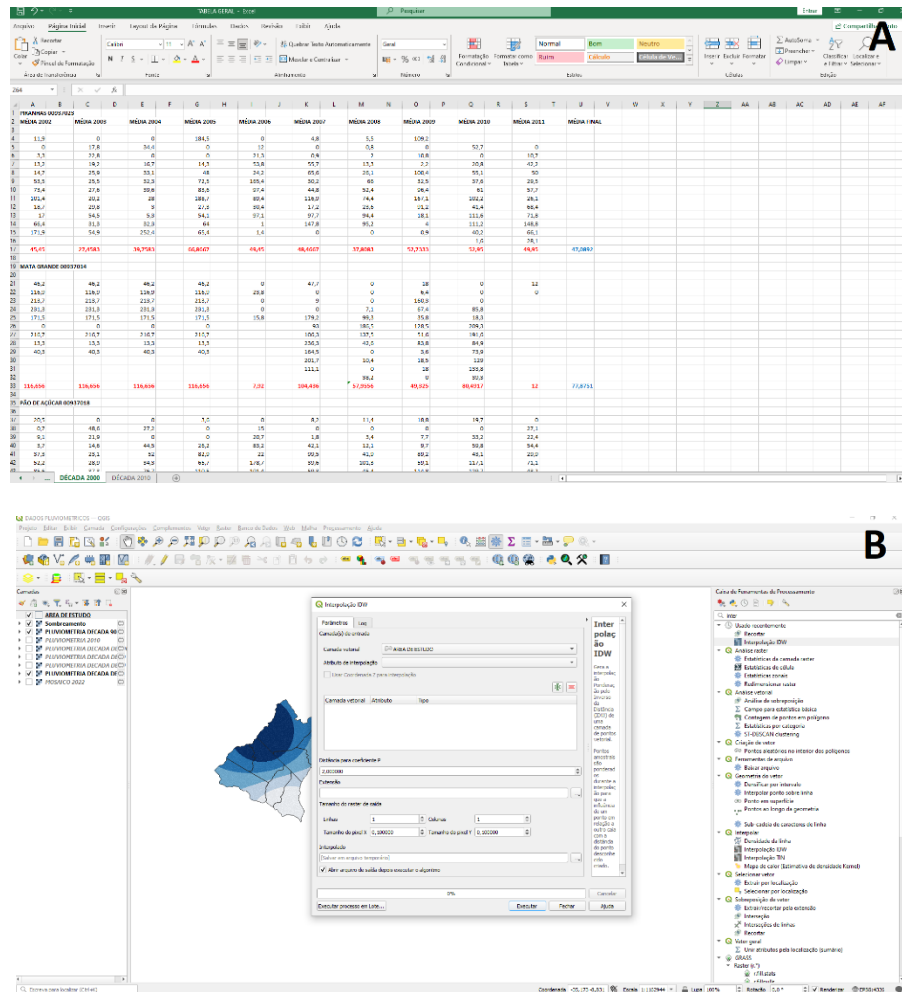
Para organização e tabulação dos dados, utilizou-se planilhas criadas através do Microsoft Excel. Para início da análise das precipitações para um período relativamente longo, obteve-se as médias aritméticas de acordo com Galvani e Rebiota (2005). Este é o procedimento mais simples e comum passível de ser aplicado a um conjunto de dados. Esta medida de tendência central expressa o somatório de todos os elementos da série, dividido pelo número total de elementos, como demonstrado na seguinte equação:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Onde  $\bar{x}$  é o somatório de todos os elementos da série  $x_1, x_2, x_3...$  dividido pelo número de elementos  $n$ .

Após tabulação, separação e obtenção dos dados (Figura 6 A), as tabelas foram geoprocessadas por meio de arquivos csv, no QGIS, posteriormente processados por meio de interpolação IDW (Figura 6 B), que é um dos métodos de interpolação espacial mais popularmente utilizados. Este método consiste na média ponderada espacial baseada nos

valores dos pontos vizinhos ao ponto em que se deseja interpolar. Assim é possível combinar a mudança gradual no valor estimado de acordo com a distância (BABAK; DEUTSCH, 2009).



**Figura 6 – Dados tabulados em planilha (A), Interpolação IDW dos dados obtidos**

Fonte: Marco Antonio Diniz do Nascimento, julho, 2023.

### 3.3.3 Pedologia da área

Quanto aos solos da região de pesquisa, a grande maioria apresenta textura arenosa a média nos horizontes superficiais e média a argilosa no B plânico, tipicamente com argila de atividade alta, nos domínios da Caatinga, sendo também um valor aproximado para o contexto de toda a região semiárida (JACOMINE, 1996).

A maioria dos solos do Semiárido Nordestino são Neossolos Litólicos e Luvisolos, que por sua vez são solos que apresentam limitações agrícolas, quanto à infiltração de água bem como pela pedregosidade devido a serem pouco profundos.

Para aplicabilidade dos dados referentes a solos, utilizou-se das informações contidas no Manual Técnico de Pedologia, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1980 e 2020) e Solos, pela Empresa Brasileira de Agropecuária – EMBRAPA (2011 e 2018).

### 3.3.4 Uso do solo

Segundo Avery e Berlin (1992) e Meneses (2001) o sensoriamento remoto consiste em uma técnica para obter informações sobre objetos através de dados coletados por instrumentos que não estejam em contato físico como os objetos investigados. Esta técnica tem sido utilizada para a caracterização de mudanças na superfície, para a comparação do estado de alvos em diferentes épocas e em diferentes localizações e para a determinação de parâmetros da superfície com base em modelos que usam as medidas de radiação refletida pela superfície (ANTUNES & TAVARES JÚNIOR, 2005; TEILLET., 2001).

Para a obtenção dos resultados de uso do solo, foram utilizadas as imagens do satélite Landsat 7, correspondente ao ano de 2002 e Landsat 8, referente ao ano de 2022, em seguida foi realizada através do Software, QGIS, a classificação supervisionada, que consiste em identificar através de pontos de controle os atributos e usos da superfície de estudo, por fim foi realizado o coeficiente *Kappa* para avaliar o nível de concordância ou reprodutibilidade entre dois conjuntos de dados.

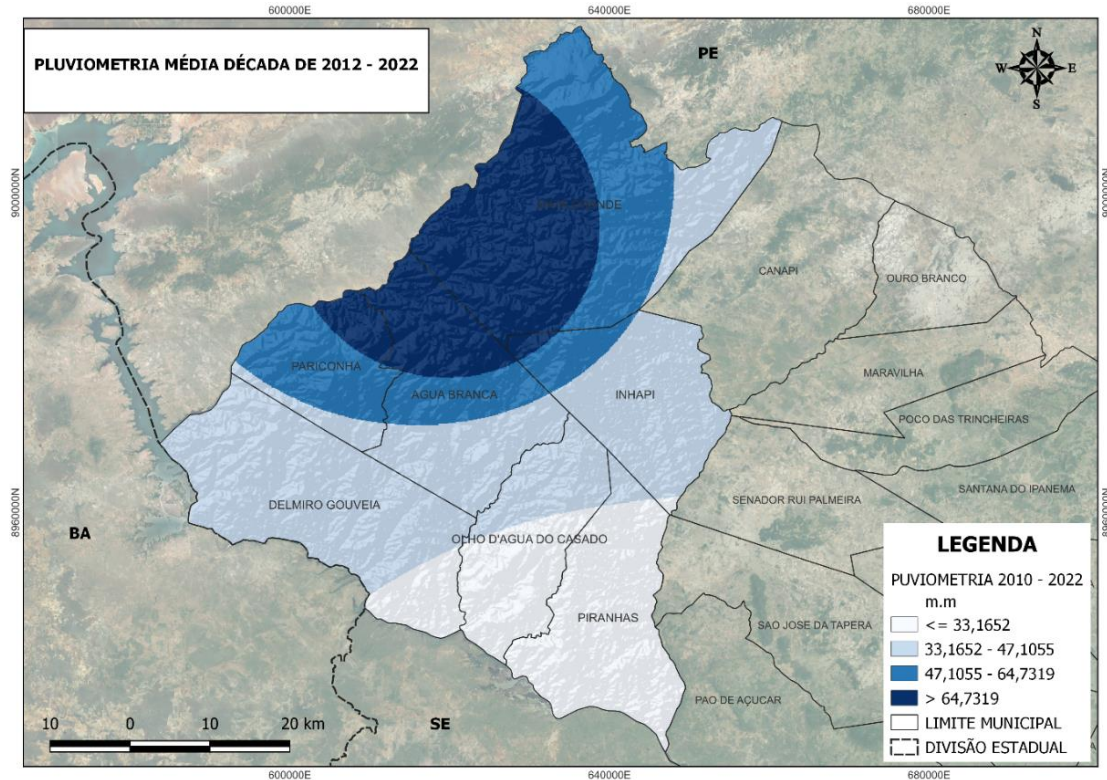
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os seguintes resultados aqui apresentados, correspondem aos dados geoambientais da pesquisa, as variáveis e os resultados aqui demonstrados por meio de mapas temáticos, que revela em escala de níveis a situação do ambiente físico da área estudada.

### 4.1 Avaliação geofísica da área

Os elementos preliminares aqui apresentados, é resultado da tabulação e mensuração de dados correspondente aos 7 municípios que englobam a área de pesquisa. As informações aqui expostas, serão apresentadas em modo de mapas cartográficos, representados através de valores e pesos atribuídos a cada tipologia estudada.





**Figura 8 – Precipitação média da década de 2010, entre os anos de 2012 a 2022.**

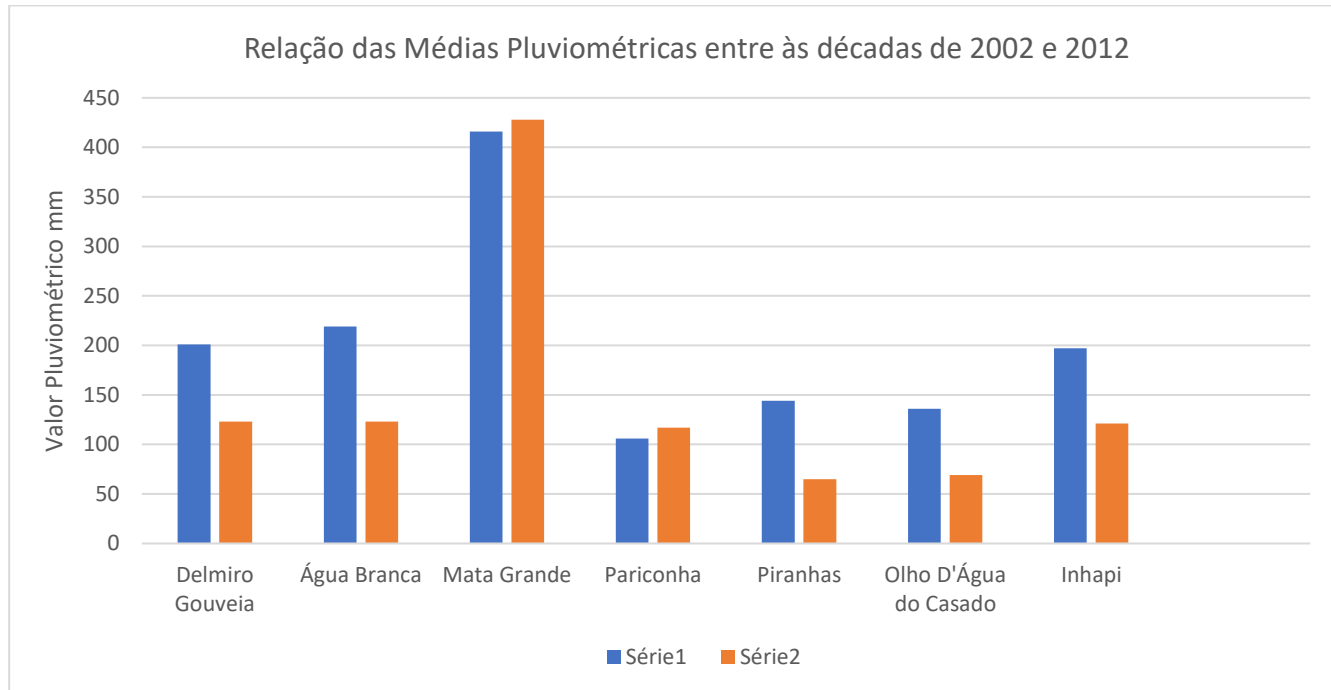
Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

Verifica-se que o índice de menor valor pluviométrico dos períodos levantados  $\leq 33,1652$  mm, retrata à década de 2012 a 2022, e maior valor de índice de precipitação ocorrido no período corresponde a década de 2002 a 2012  $\geq 71,1130$  mm.

No entanto, nota-se que a maior concentração das precipitações, ocorrem em regiões mais elevadas, com altitudes superiores a 400 m, como em destaque os municípios de Água Branca, Mata Grande e Pariconha, com médias entre  $47,1055 > 71,1130$  mm. Os municípios de Piranhas e Olho D'Água do Casado obtiveram médias pluviométricas mais baixas que correspondem entre  $33,1662 \leq 48,8222$ .

Os valores mais altos de precipitação, podem estar atrelados a evapotranspiração, uma vez que, as áreas dos municípios de Mata Grande, Pariconha e Água Branca, são próximas e obtêm maior concentração de cobertura vegetal de Caatinga. Ainda pela análise das duas figuras anteriores, também houve uma redução na área de maior intensidade de chuvas, bem perceptível quando se olha para segunda faixa de maior intensidade de chuvas, onde há uma redução significativa de território na segunda imagem.

A sinuosidade dos valores pluviométricos distribuídos pela região apresenta uma redução média de 6,5 % do índice de chuvas nas últimas duas décadas de 2002 – 2022, onde, comparando os valores por município (Figura 9), é de se notar que todos os 7 municípios da área de estudo sofreram redução no índice de chuvas.



**Figura 9 – Média pluviométrica (mm) correspondente aos anos de 2002 série 1 à 2022 série 2.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

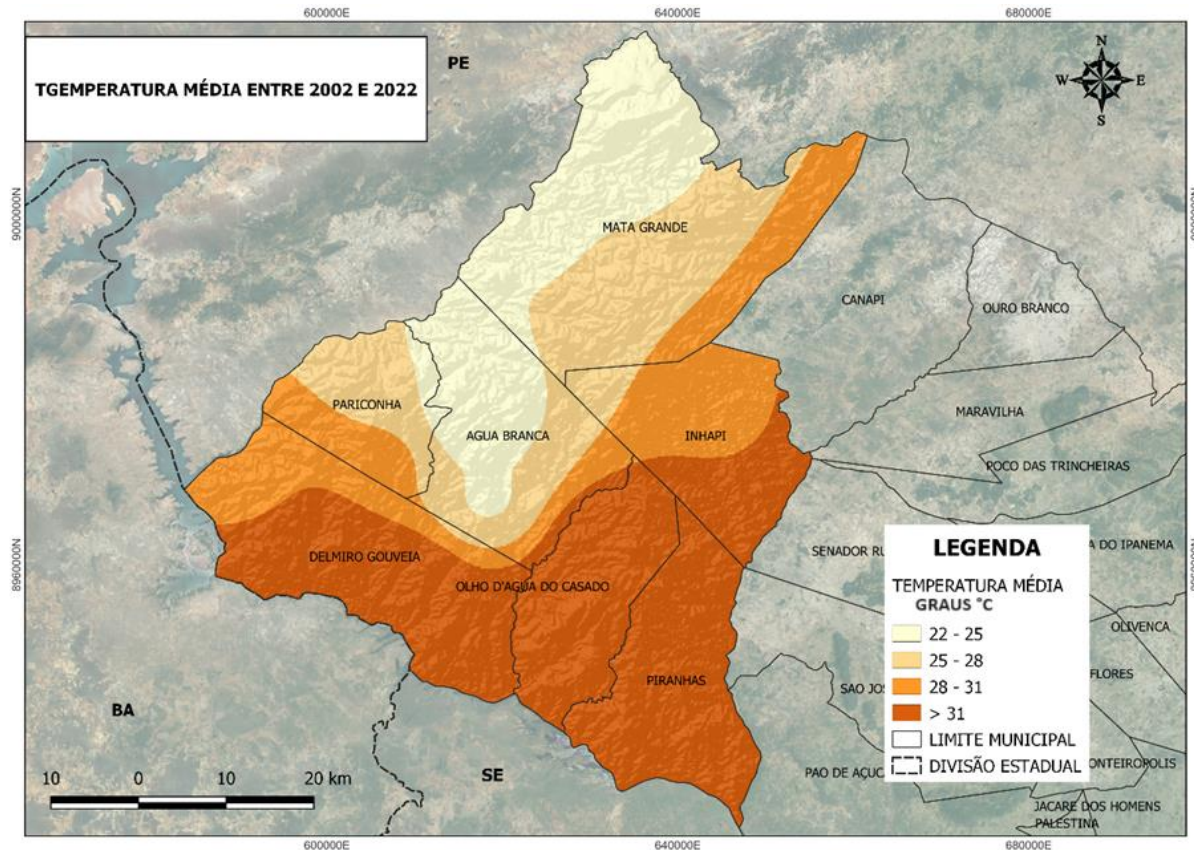
#### 4.1.2 Temperatura média do ar

O clima pode ser entendido como as condições atmosféricas médias de uma região. Os sistemas de classificações climáticas são de grande importância, pois analisam e definem os climas levando em consideração vários elementos climáticos ao mesmo tempo, facilitando a troca de informações e análises posteriores para diferentes objetivos (ROLIN, 2007).

Dentro dos padrões que definem o clima, estão as isotermas, ou, medidas de uma variação que define a temperatura. Para o estado de Alagoas há uma variância de 6 °C (21 °C a 27 °C), onde de forma geral, as isotermas inferiores a 24 °C são encontradas no estado, onde as cotas altimétricas são superiores a 300 m, correspondendo aos fragmentos do planalto da Borborema.

No extremo oeste do estado, onde se situa o alto sertão, estendendo-se a temperaturas médias na calha do rio São Francisco, os valores podem chegar entre 25 °C > 31 °C nos períodos

mais secos, e, 28 °C e 22 °C nos períodos mais frios (EMBRAPA, 2012). Na região de estudo (Figura 10), verificam-se que as temperaturas do ar médias máximas e mínimas têm variações térmicas da ordem de 3 °C a 5 °C, respectivamente.



**Figura 10 – Temperatura o média da área de estudo correspondente aos anos de 2002 - 2022.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

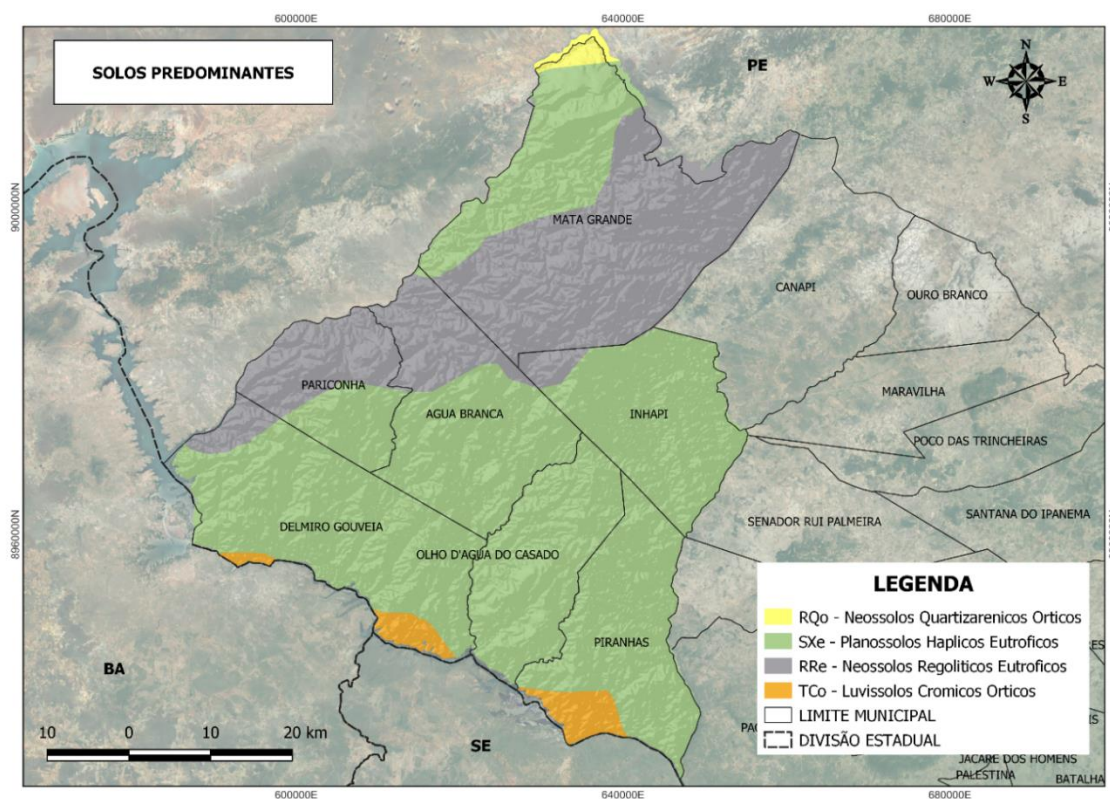
Os municípios de Água Branca e Mata Grande, estão entre as regiões que detêm as maiores altitudes do estado, permitindo que mesmo em uma região de semiárido, nos períodos chuvosos ou noturnos é comum a ocorrência de temperaturas médias do ar mais amenas, com média na casa dos 22 °C – 25 °C. Por outro lado, os municípios de Delmiro Gouveia, Olho D'Água do Casado e Piranhas (estes na calha do São Francisco), apresentam temperaturas > 27 °C.

## 4.2 Solos

Os dados referentes aos solos (Figura 11) foram analisados de uma forma mais ampla, tendo como referência a predominância dos tipos de solos distribuídos na região, onde predominam os Neossolos Regolíticos - típico no ambiente semiárido do nordeste brasileiro, os

quais possuem minerais primários de fácil alteração em quantidade significativa na massa do solo e apresenta textura arenosa a média, e pequena diferenciação entre horizontes no perfil; os Neossolos Quartizarênicos - derivado de rochas ou sedimentos de natureza essencialmente quartzosa, apresenta textura arenosa até 1,5 m de profundidade e ocorre em relevo suave ondulado, com pequena diferenciação entre horizontes no perfil; os Luvisolos - solo raso e pouco profundo típico do ambiente semiárido, rico em bases e com argila de atividade alta, apresenta acúmulo de argila em subsuperfície, caracterizado pelo horizonte B textural (Bt). Possui nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt em função da cor, textura e estrutura; e por fim os Planossolos - característico por acúmulo significativo de argila em subsuperfície (horizonte B plânico). É um solo imperfeitamente a mal drenado, apresentando cor pálida, com ocorrência dominante em relevo suave ondulado e plano (EMBRAPA, 2014).

A distribuição dos solos na região de estudo nos mostram a ocupação dos mesmos nas áreas, com destaque para os Neossolos Regolíticos Eutróficos, predominantes nas regiões de maior altitude e Planossolos Háplicos Eutróficos responsáveis por ocupar mais de 60% de toda área (Tabela 5).



**Figura 11 – Classificação dos solos da região de estudo.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

**Tabela 5 – Área de distribuição dos solos na região de estudo.**

<b>Solos</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
Neossolo Quartzarenicos Orticos	22	0,4
Neossolos Regolíticos Eutróficos	984	30,0
Planossolos Hsplicos Eutróficos	2.238	66,7
Luvissolos Cromicos Orticos	125	2,9

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

#### 4.2.1 Textura e Porosidade do solo

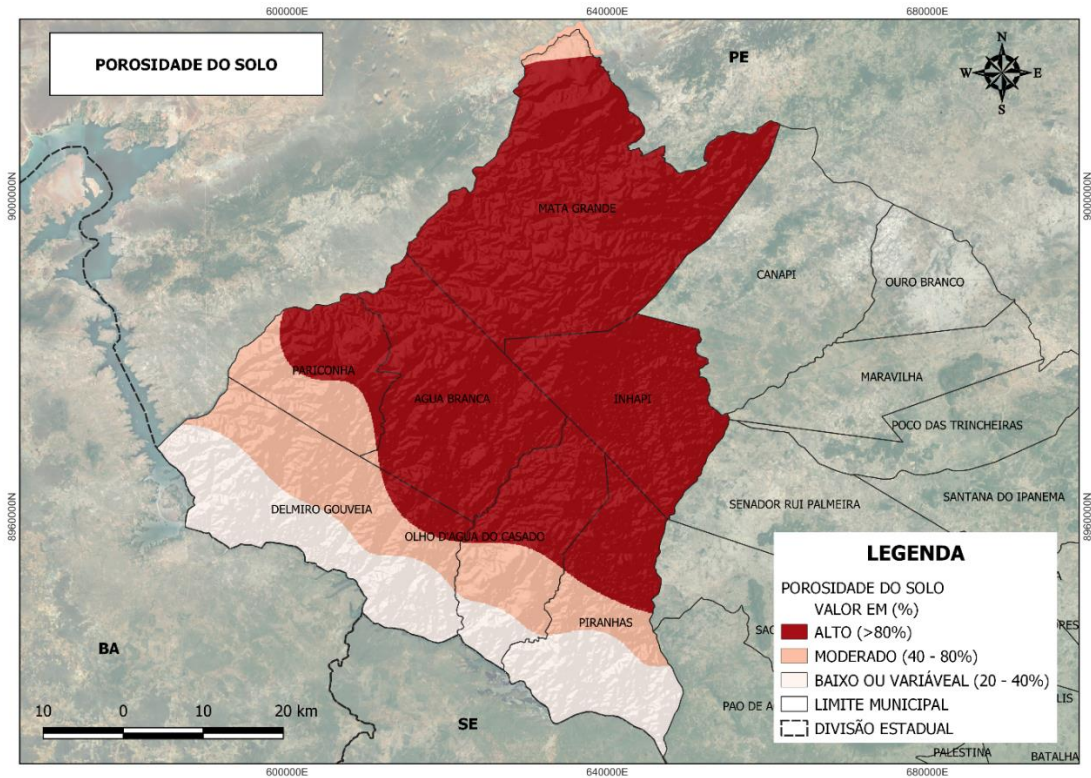
A classificação da textura dos solos da área de estudo, leva em consideração a distribuição e classificam em dois grupos: Predominantemente – Arenoso e Predominantemente - Argilo-Síltico-Arenoso. A distribuição da textura dos solos na área de estudo, nos indica que há dominância dos solos Argilo-Síltico-Arenoso em quase toda a área, enquanto a distribuição dos solos Arenoso é inferior a 10% de cobertura de toda área (Tabela 6).

**Tabela 6– Distribuição da área de textura dos solos na região de estudo.**

<b>Solos</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
Predominantemente Arenoso	313	9,3
Predominantemente Argilo-Síltico-Arenoso	3.056	90,7

Fonte: Marco Antonio Diniz do Nascimento, novembro, 2023.

A textura do solo é um dos principais vetores relacionado a sua porosidade (Figura 12), que indica e interfere na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e ramificação das raízes no solo e, conseqüentemente, no aproveitamento de água e nutriente disponíveis (TOGNON, 1991).



**Figura 12 – Porosidade dos solos da região de estudo.**Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

A porosidade total do solo é a fração do volume total em um determinado volume de solo passível de ser ocupada por água e/ou ar. O conhecimento da porosidade total é importante para se entender o movimento e a retenção de água, ar e solutos no solo, entre outros aspectos.

O solo arenoso possui grande quantidade de areia (> 85%). Esse tipo de solo é muito permeável, retêm pouca água disponível às plantas, pois a água percola facilmente pelo espaço poroso formado entre os grãos de areia (EMBRAPA 2017).

A predominância do nível de porosidade na região de pesquisa, se distribui em maior parte, nas áreas de ocorrência dos Neossolos Regolíticos e Planossolos Háplicos, já os índices mais baixos, ocorrem em áreas com maior presença de afloramento rochoso, a exemplo das áreas limítrofes com o Rio São Francisco, nos municípios de Delmiro Gouveia, Olho D'Água do Casado e Piranhas.

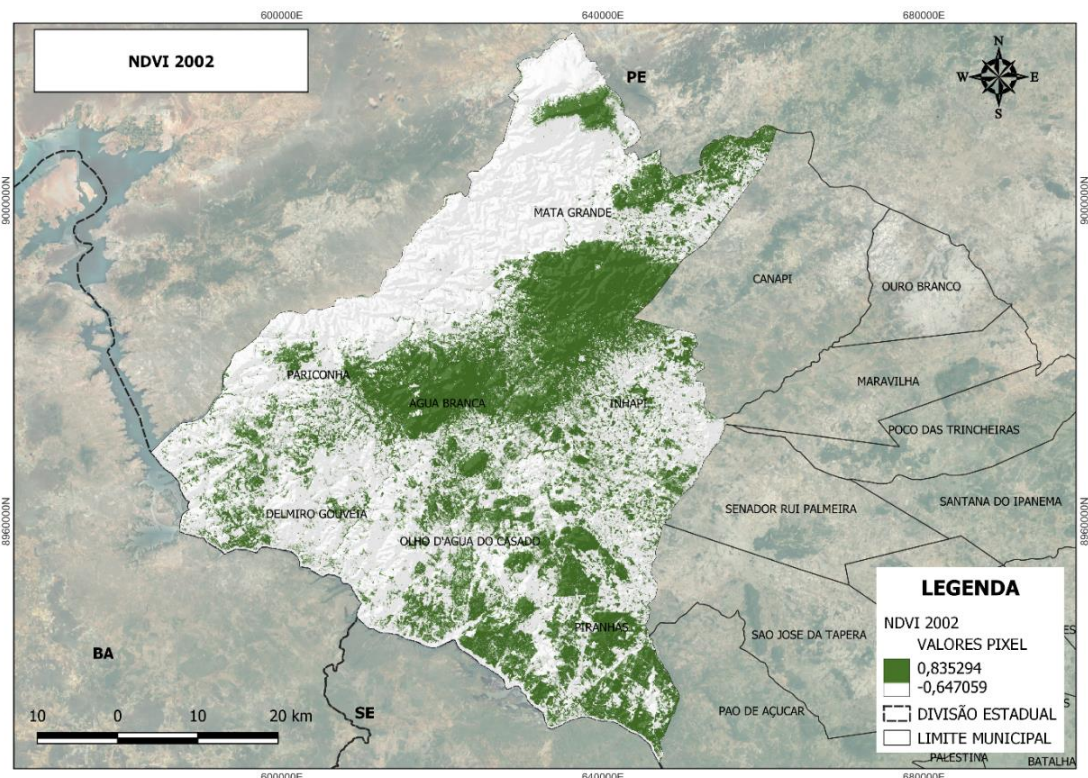
### 4.3 Análise da Cobertura vegetal

A distribuição espacial da cobertura vegetal na área de estudo, se concentra em sua maior totalidade em Caatinga hipoxerófila e está em grande parte associada à savana estépica

parque e à gramíneo-lenhosa. No entanto, pode compreender espécies de outras fitofisionomias, como é o caso do xiquexique (*Pilocereus gounellei*) e do pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), presentes na savana estépica arborizada. Ocorre sobretudo na depressão sertaneja, manifestando significativas variações de porte e densidade, onde suas formas mais degradadas se encontram nos ambientes atrelados à desertificação no nordeste brasileiro. Alguns exemplares típicos e indicadores dessa fase de caatinga são: favela (*Cnidoscolus phyllacanthus*), pinhão brabo (*Jathropha pohiliana*), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) e xiquexique (*Pilocereus gounellei*) (IBGE, 2012; ARAÚJO FILHO, 2017).

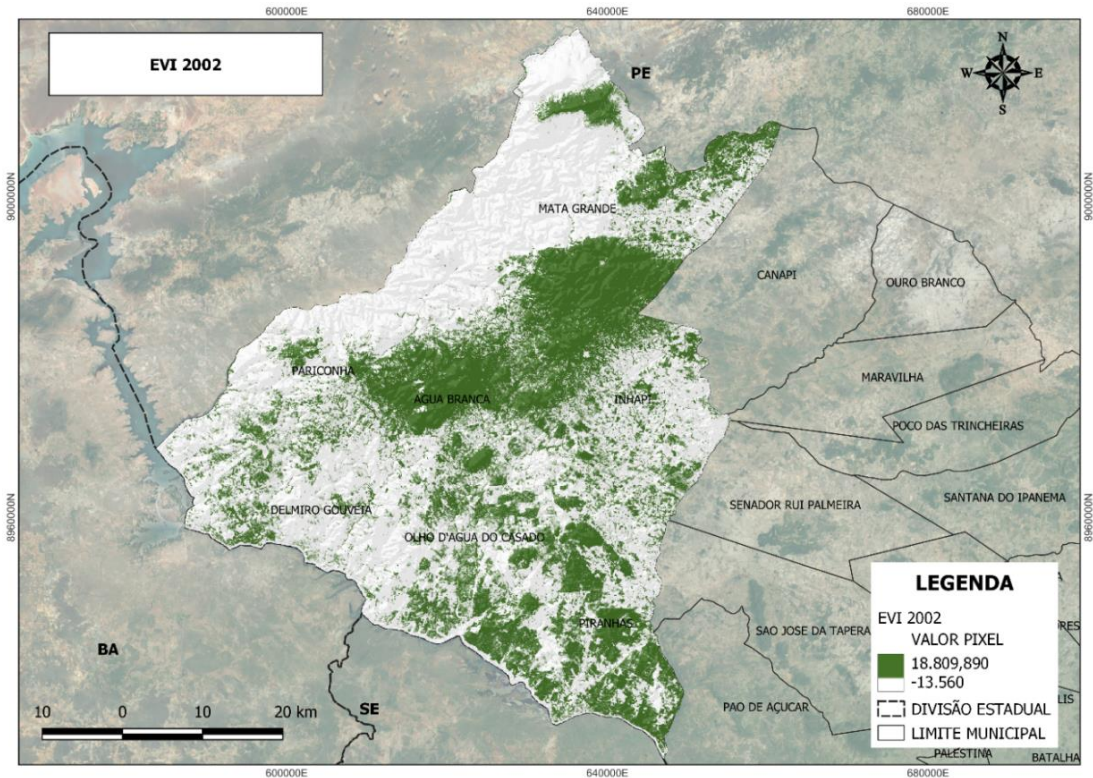
#### 4.3.1 Análise de cobertura vegetal 2002

Os mapas a seguir, nos mostram a espacialização da vegetação Caatinga, nos municípios da Região Imediata de Delmiro Gouveia. Os resultados obtidos através do NDVI (Figura 13) e EVI (Figura 14), trazem resultados do grau vegetativo do ano de 2002.



**Figura 13 – Mapa de cobertura vegetal por meio de NDVI (2002).**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).



**Figura 14– Mapa de cobertura vegetal por meio de EVI (2002).**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

De acordo com o apresentado nos mapas acima, os resultados obtidos através do NDVI e EVI, não divergiram quanto os valores em km<sup>2</sup>, nem na distribuição da cobertura de vegetação Caatinga nas áreas. O NDVI obteve resultados de -0.647059 a 0, para pixels referentes às áreas com ausência de vegetação e valor de 0,835294 (valor próximo a 1), para pixels que determinam a presença de cobertura vegetal.

Seguindo essa mesma lógica de parâmetros, os resultados obtidos pelo EVI, variaram de -13,560 a 1, para pixels referentes a áreas com ausência de vegetação e valor de 18,809,980 (valor acima de 1), para pixels que determinam a presença de cobertura vegetal.

Os resultados nos mostram que no ano de 2002, a vegetação de Caatinga, ocupava uma área de 1.414 km<sup>2</sup>, isso corresponde a 42% do território da área da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, que envolve 7 municípios.

A vegetação apresentou comportamento diferente quanto a sua distribuição por município (Tabela 7), a exemplo das áreas que apresentam fragmentos característicos de corredores e vegetação mais densa, identificados nos municípios com maior altitude, e regiões que apresentam vegetação mais espaçadas, especificamente nas áreas em torno do Rio São Francisco, como nos municípios de Delmiro Gouveia, Olho D'Água do Casado e Piranhas.

**Tabela 7 – Percentual da taxa de cobertura vegetal da Região Imediata de Delmiro Gouveia, por município.**

Municípios	Área de Caatinga (km <sup>2</sup> )	Área de Caatinga (%)
Delmiro Gouveia	201	14,2
Olho D'Água do Casado	136	9,5
Mata Grande	416	29,4
Piranhas	144	10,2
Pariconha	106	7,4
Inhapi	197	14,0
Água Branca	219	15,3

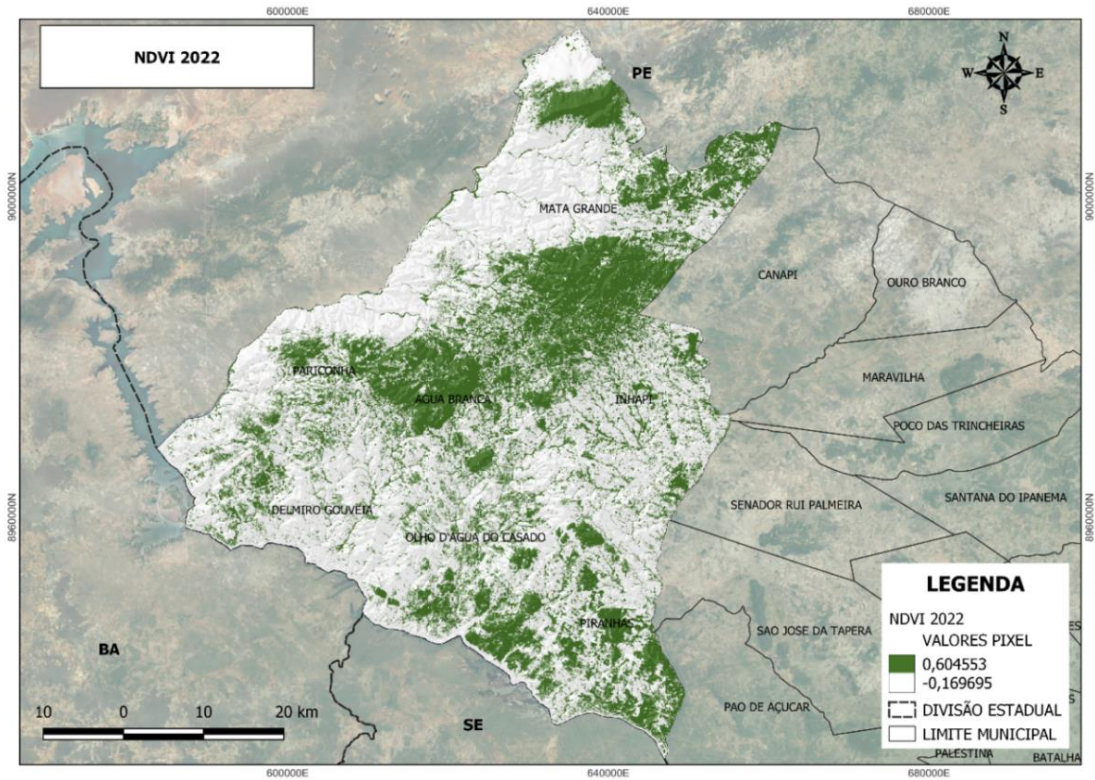
Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

#### 4.3.2 Análise da Cobertura vegetal da área ano de 2022

Seguindo a mesma metodologia adotada para a análise de vegetação anterior, do ano de 2002, os resultados obtidos através do NDVI e EVI (Figuras 15 e 16), para o ano de 2022, a fim de comparar o estado de conservação e distribuição da Caatinga duas décadas após a análise anterior.

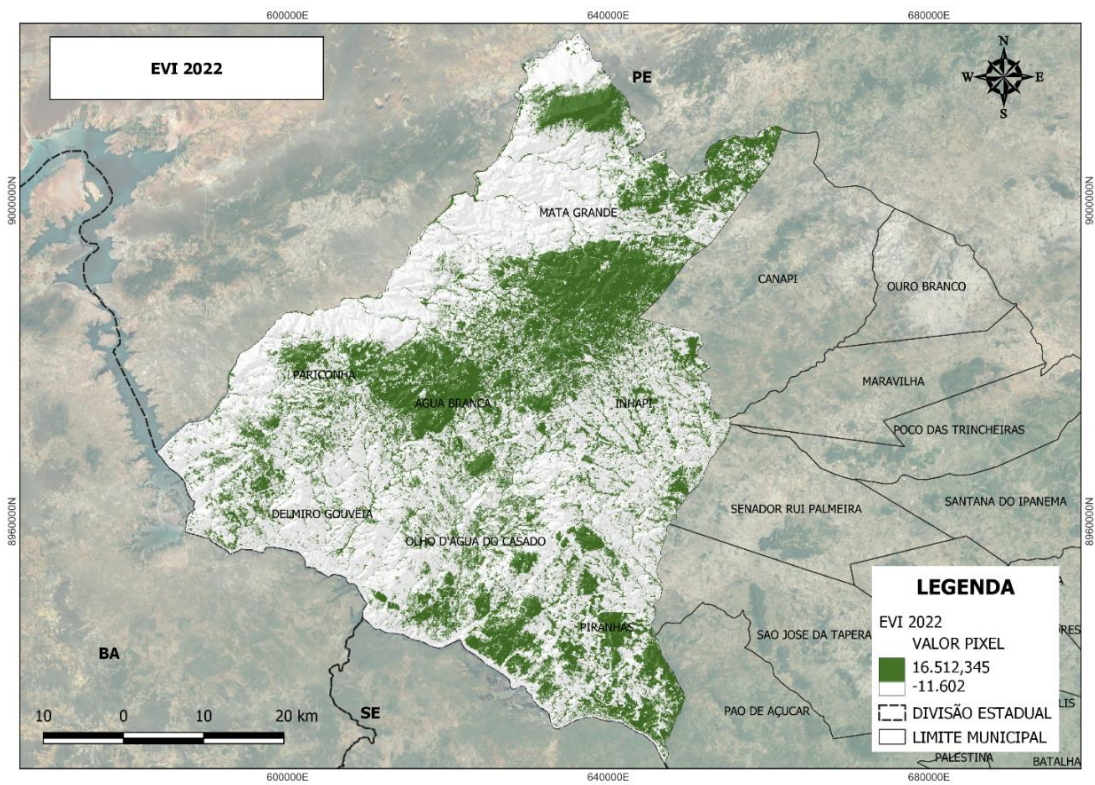
As duas análises tanto NDVI 2002 - 2022, quanto EVI 2002 - 2022, possuem suas importâncias em relação ao trabalho e seguem os mesmos critérios estabelecidos, bem como da escala usada, equação e projeção, para que não haja divergência de resultados por parte da elaboração.

Os resultados do ano de 2002, nos mostram um adensamento de vegetação nas regiões mais altas, isso pode estar relacionado a temperaturas mais amenas e pluviosidade mais eficaz. Uma vez que esse tipo de vegetação tem sua predominância classificada em Caatinga hipoxerófila onde está mais relacionada à savana estépica florestada e à arborizada, entretanto não é restrita a estes subgrupos. Compreende áreas mais altas, sendo diversa em seu aspecto fisionômico e florístico, devido às diferenciações nas características pedológicas onde se faz presente. Algumas espécies indicadoras dessa fase de caatinga são: ouricuri (*Syagrus sp.*), tamboril (*Enterolobium tibouva*) e mulungu (*Erythrina velutina*) (ARAÚJO FILHO, 2017).



**Figura 15 – Mapa de cobertura vegetal por meio de NDVI (2022).**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).



**Figura 16 – Mapa de cobertura vegetal por meio de EVI (2022).**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

Os resultados obtidos através do NDVI e EVI, não divergiram quanto os valores em km<sup>2</sup>, nem na distribuição da cobertura de vegetação Caatinga nas áreas. O NDVI obteve resultados de -0.169695 a 0, para pixels referentes as áreas com ausência de vegetação e valor de 0,604553 (valor próximo a 1), para pixels que determinam a presença de cobertura vegetal.

Os resultados obtidos pelo EVI, variaram de -11,602 a 1, para pixels referentes a áreas com ausência de vegetação e valor de 16,512,345 (valor acima de 1), para pixels que determinam a presença de cobertura vegetal.

Os resultados nos mostram que no ano de 2022, a vegetação de Caatinga, ocupa uma área de 1.046,3 km<sup>2</sup>, isso corresponde a 31% do território da área da Região Imediata de Delmiro Gouveia, que envolve 7 municípios (Tabela 8).

**Tabela 8 – Percentual da taxa de cobertura vegetal da Região Imediata de Delmiro Gouveia, por município.**

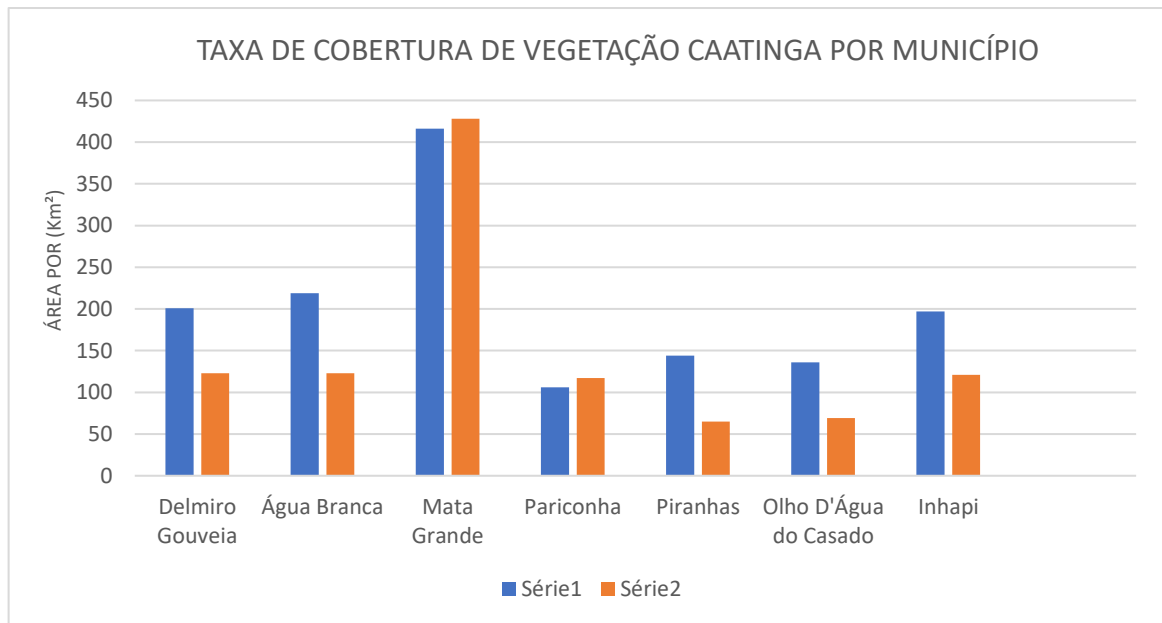
Municípios	Área de Caatinga (km <sup>2</sup> )	Área de Caatinga (%)
Delmiro Gouveia	123	11,6
Olho D'Água do Casado	69	6,6
Mata Grande	428	41,2
Piranhas	65	6,3
Pariconha	117	11,2
Inhapi	121	11,5
Água Branca	123	11,6

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

Conforme os resultados obtidos e comparados, é possível identificar que entre os anos de 2002 e 2022, houve uma redução de 367 km<sup>2</sup> que corresponde 26% da área de cobertura de vegetação Caatinga, onde no ano 2002 essa área media 1.414 km<sup>2</sup> ou 42%.

Conforme a tabela acima, todos os municípios tiveram perda significativa de área de vegetação Caatinga em seus territórios entre os anos de 2002 e 2022, a salvar, os municípios de Mata Grande e Pariconha que apresentaram um aumento de cobertura vegetal em 3% e 10,8% respectivamente. Os municípios de Piranhas, Delmiro Gouveia, Olho D'Água do Casado

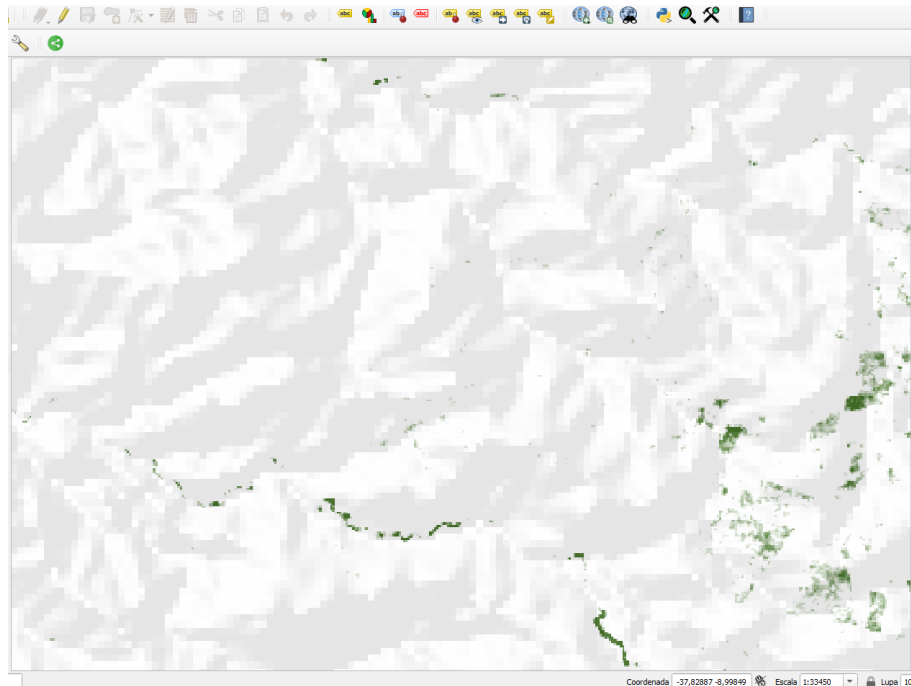
e Água Branca, foram os que mais apresentaram diminuição de área de vegetação, com taxas que variam de 41% a 52% de perda de vegetação Caatinga em seus territórios, (Figura 17).



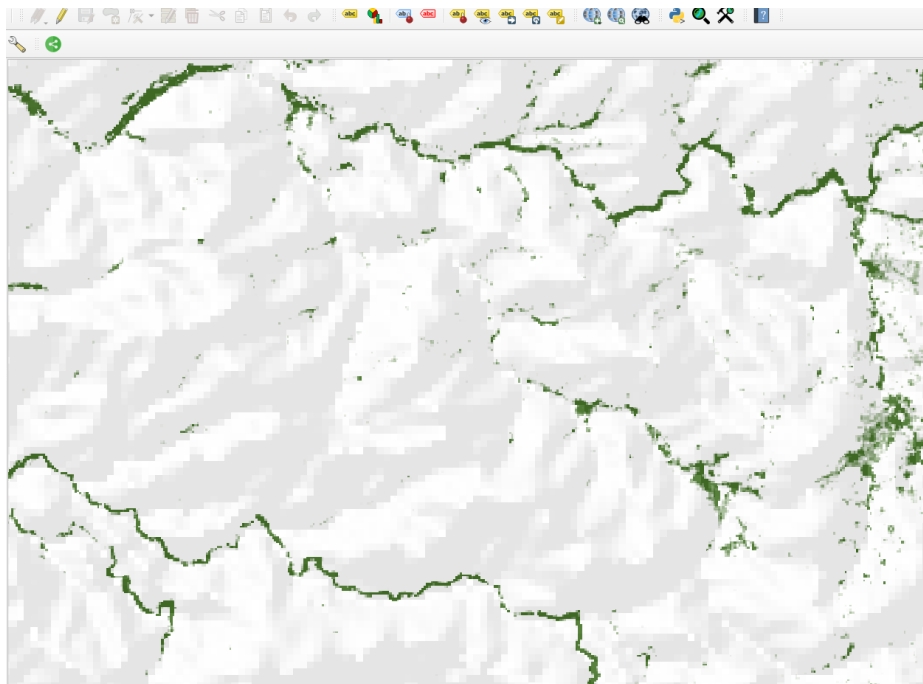
**Figura 17– Comparativo de cobertura vegetal por município dos anos de 2002 série 1 à 2022 série 2.**  
Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

Ao analisar e comparar os mapas em seus respectivos períodos, é de se notar nas áreas que correspondem o ano de 2022, a perda de adensamento de vegetação na maior parte das regiões. Por outro lado, é possível identificar que em algumas áreas houve um pequeno aumento de cobertura vegetal, principalmente em regiões características de corpo hídrico de rios e riachos, principalmente no Município de Mata Grande (Figuras 18 e 19).

Esse resultado do aumento vegetativo nessas áreas pode estar relacionado a políticas públicas no que se refere a flora em um âmbito nacional. A Lei Federal Nº 12.651 (Código Florestal), estabelece e determina medidas para Áreas de Proteção Permanente (em que essas se enquadram com a realidade observada), uma vez que as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, perene e intermitente, desde a borda da calha do seu leito regular, pelo efeito da Lei, são obrigados a existir.



**Figura 18 – Recorte de área do mapa de cobertura vegetal, município de Mata Grande 2002.**  
Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).



**Figura 19 – Recorte de área do mapa de cobertura vegetal, município de Mata Grande 2022.**  
Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

Segundo a Lei Federal Nº 12.651, em seu Artigo 3º, Inciso II, determina Área de Preservação Permanente como: *área protegida, coberta por vegetação nativa, com a função*

*ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.*

#### **4.4 Uso e ocupação do solo**

A região semiárida do sertão de Alagoas por anos vem sendo explorada por diversas atividades em sua maioria voltadas a agricultura e pecuária, o que tornam-se muitas vezes atividades exploratórias, pelo fato do descontrole da ocupação do espaço que leva a perda desenfreada de vegetação (Figura 20 e 21), seja para ampliação de áreas preexistentes ligadas a agricultura, pecuária, turismo, obra pública, ou implementação de novas atividades.



**Figura 20 – Área de supressão vegetal, município de Delmiro Gouveia.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

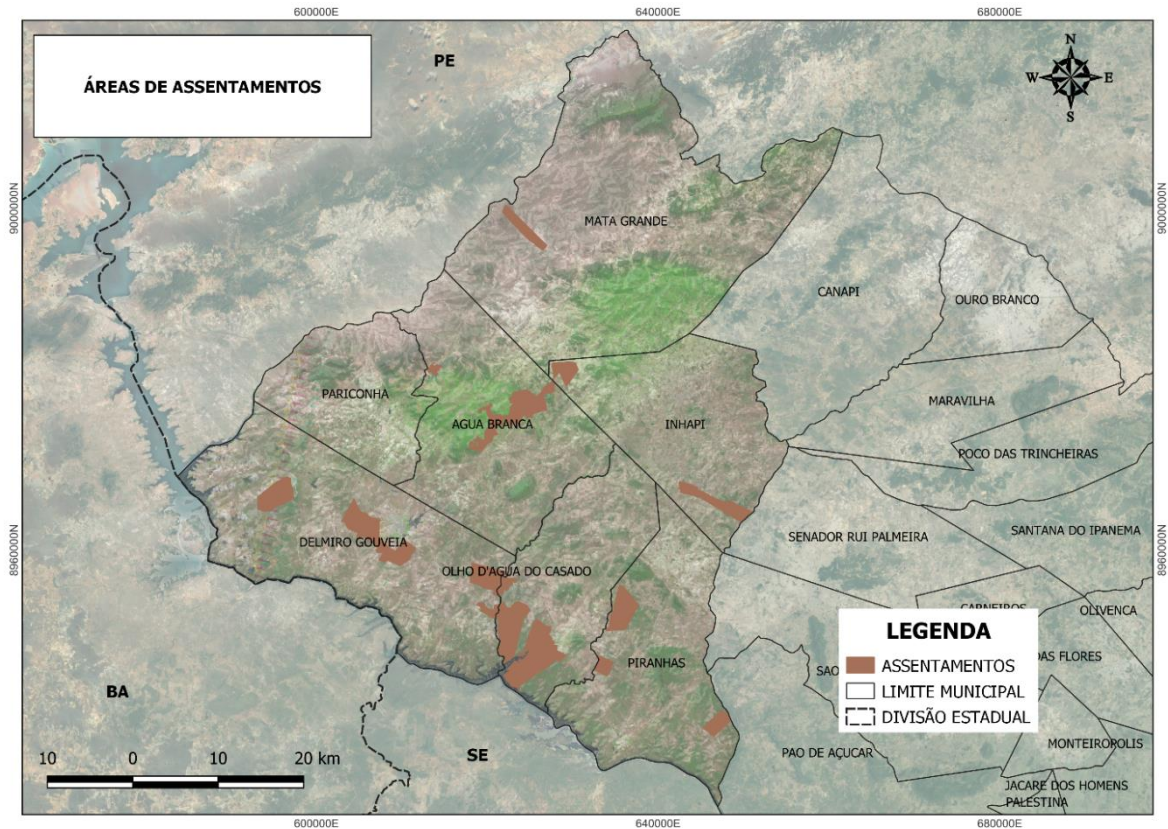


**Figura 21 – Área de supressão vegetal para expansão agrícola, município de Inhapi.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

#### 4.4.1 Assentamentos rurais da região

A agricultura e pecuária são umas das principais economias que movimentam essa região do semiárido. Isso remete como a principal fonte econômica de diversas famílias que vivem através da agricultura familiar, uma vez que a Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia ocupa em seu território 18 assentamentos ruais, a saber: Bezerros, Genivaldo Moura, Bom Jesus, Jurema, Nova Esperança, Olho D'Água, Costa, Lagoa das Pedras, Samambaia, Dois Irmãos, Lagoa da Cachoeira, Malhada Vermelha, Vale do Surubim, Sítio Paraíso, Cobras, Todos os Santos, Salgadinho e Delmiro Gouveia (Figura 22), reconhecidos oficialmente pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), distribuídos nos sete municípios que compõem a região imediata.



**Figura 22 – Distribuição dos assentamentos rurais inseridos da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

#### 4.4.2 Canal do sertão

Ao longo dos anos, a região do alto sertão de Alagoas vem sofrendo variáveis mudanças físicas que acabam implicando na paisagem da região. Essas mudanças se dão pelo crescimento turístico da região assim como a instalação de algumas obras públicas, a exemplo do canal artificial do sertão, que teve o início de sua instalação em meados dos anos 2000 e sua frequente ampliação até o presente.

Tal fato atraiu a perspectiva de “desenvolvimento” do semiárido alagoano, com a ideia da chegada da água em abundância e desenvolvimento agrário na região.

Apesar da “boa ideia” em desenvolver essa região, levando água para as regiões mais escarças, a implementação da obra hídrica do canal, trouxe consigo alguns problemas que permeiam até os dias atuais, a exemplo da falta de capacitação técnica para utilização do

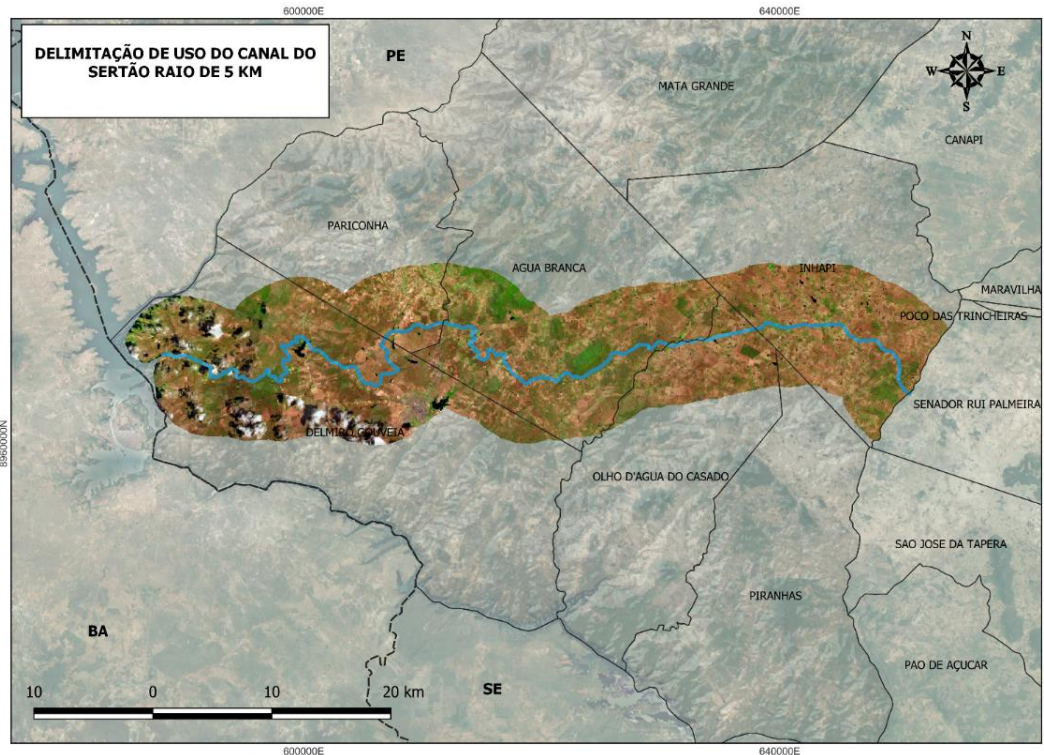
mesmo, além de uma demanda exploratória de perda de cobertura vegetal do solo, através de constantes processos de desmatamento de vegetação Caatinga, para ampliação de áreas agrícolas e pecuária extensiva (Figura 23).



**Figura 23 – Área de desmatamento próxima ao canal do sertão, município de Água Branca.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

Hoje o canal do sertão possui uma extensão de 93.5 Km, que passando pelos municípios de Delmiro Gouveia, Pariconha, Água Branca, Olho D'Água do Casado e Inhapi, inseridos dentro da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia (Figura 24). Vale salientar que o referido canal ainda passará por outros 12 municípios até seu ponto final, no município de Arapiraca.



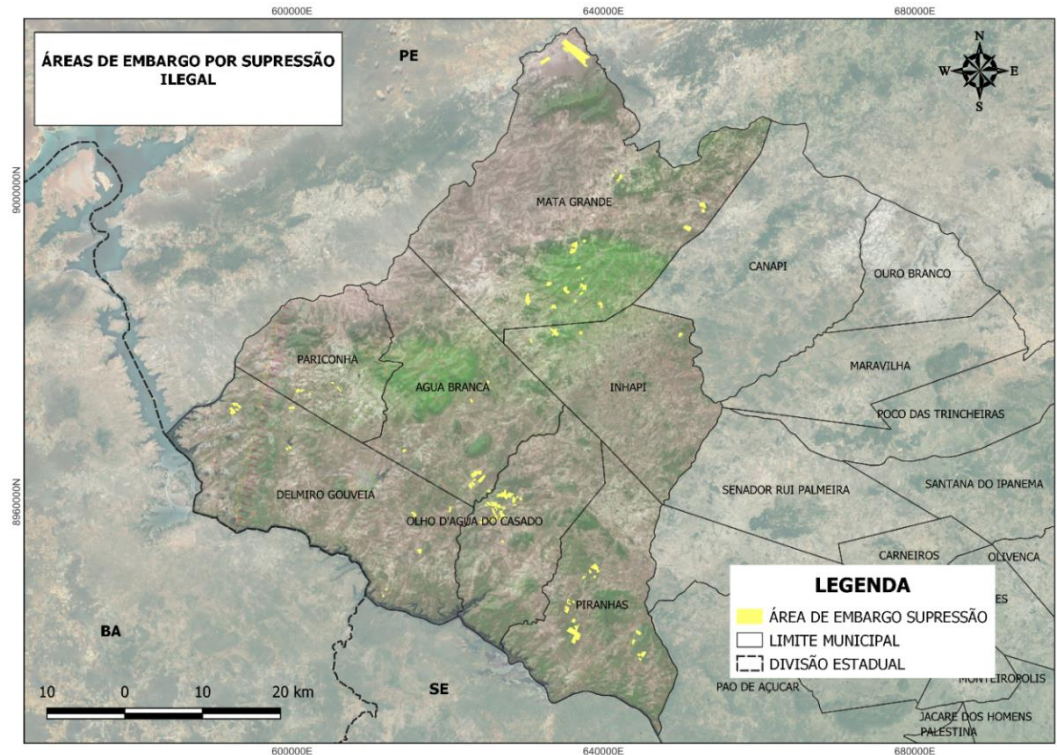
**Figura 24– Delimitação do canal do Sertão com buffer de 5 km para cada lado.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

#### 4.4.3 Áreas de embargo por desmatamento ilegal

O constante crescimento das demandas de produção rural na região do alto sertão, acende um alerta aos órgãos ambientais decorrentes de excessivas atividades de queimadas e desmatamento irregular. As atividades de supressão de vegetação são passíveis de licenciamento ambiental, desde que para cada fração de área suprimida seja compensada a mesma área. As compensações ambientais para desmatamento são condicionantes obrigatórias no ato do licenciamento. Esse mecanismo garante de certa forma a permanência da vegetação nativa de Caatinga na região, (IMA, 2023).

A não prática da tramitação legal para que seja realizado um desmatamento, faz com que os órgãos ambientais, adotem constantes fiscalizações com a finalidade de coibir o avanço das práticas de desmatamento ilegal. Atualmente, a região onde estão inseridos os 7 municípios que formam a Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, conta com 149 áreas de embargo por pratica ilegal de desmatamento de vegetação Caatinga, essas áreas embargadas somam uma totalidade de 1.596 hectares (Figura 25).



**Figura 25 – Áreas embargadas por desmatamento ilegal.**

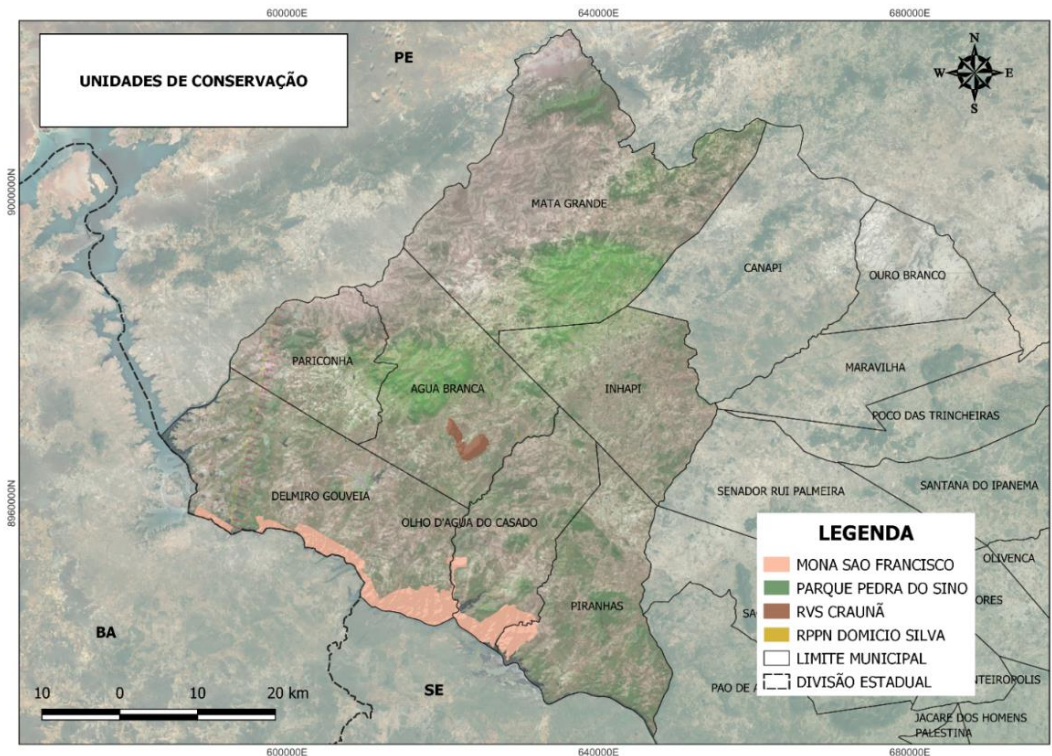
Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

#### 4.4.4 Unidades de Conservação

A Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, por ocupar uma área de extensão territorial significativa, se diversifica bastante no que compete a abrigar atividades e equipamentos em seu território, um desses exemplos de ocupação são as Unidades de Conservação (UC), existentes na área.

As UC são áreas com características naturais relevantes, criadas e protegidas pelo Poder Público com objetivos de conservação. No território da área de estudo, existem quatro UC's (Figura 26), de seguimentos diferentes a saber: Monumento Natural do São Francisco, é uma Unidade de Conservação Federal, criado pelo Decreto de Lei s/n. ° de 05 de junho de 2009 (Figura 27), abrange os municípios alagoanos de Delmiro Gouveia, Piranhas e Olho D'Água do Casado, ocupando uma área de 9.987 ha; Refúgio de Vida Silvestre dos Morros do Craunã e do Padre, popularmente conhecido como Craunã, e do Padre, criado através do Decreto, 17935, 30/01/2012, é uma Unidade de Conservação estadual, o qual possui uma área de 1.100 ha e está localizado no município de Água Branca; Parque Municipal da Pedra do Sino, localizado no município de Piranhas, ocupa uma área de 21,7 ha, foi criado pela Lei Municipal nº 18/2009 e; Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Domicio Silva, localizada entre

os Municípios de Água Branca e Olho D'Água do Casado. Possui uma área de 10 ha, reconhecida através da PORTARIA Nº 65, DE 04 DE JUNHO DE 2021.



**Figura 26– Localização da Unidades de Conservação dentro da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

Para entender como as atividades se distribuem e ocupam o espaço de uma determinada região, é importante que haja o conhecimento de quais são as principais atividades que fazem parte deste contexto. As atividades de uso do solo da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, conforme escala geográfica adotada, dividiu-se em vegetação de Caatinga, solo exposto, agropecuária e corpos hídricos.

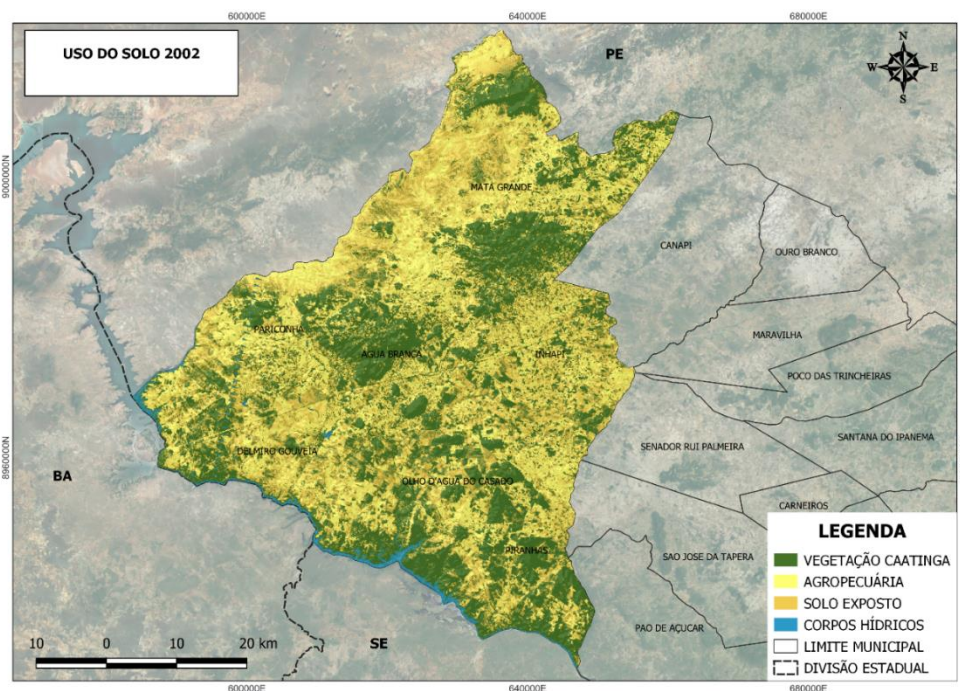


**Figura 27– Monumento Natural do São Francisco, município de Piranhas.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

#### 4.4.5 Uso do solo 2002 - 2022

Para a análise de dados comparativos entre os períodos, a elaboração do uso do solo foi realizada para o ano de 2002 (Figura 28) e 2022 (Figura 29).



**Figura 28 – Uso e ocupação do solo da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, ano de 2002.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

Ao analisarmos o mapeamento de uso e ocupação do solo, é possível observar a distribuição das classes pela área de estudo, já que se trata de uma região complexa com diversas atividades incluídas dentro de uma área que ocupa 3.369 km<sup>2</sup>. Os resultados dos parâmetros de cada classe, nos revela que no ano de 2002 a área de vegetação Caatinga ocupava uma área de 42% do território da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, o os 58% restantes, eram ocupadas por atividades antrópicas

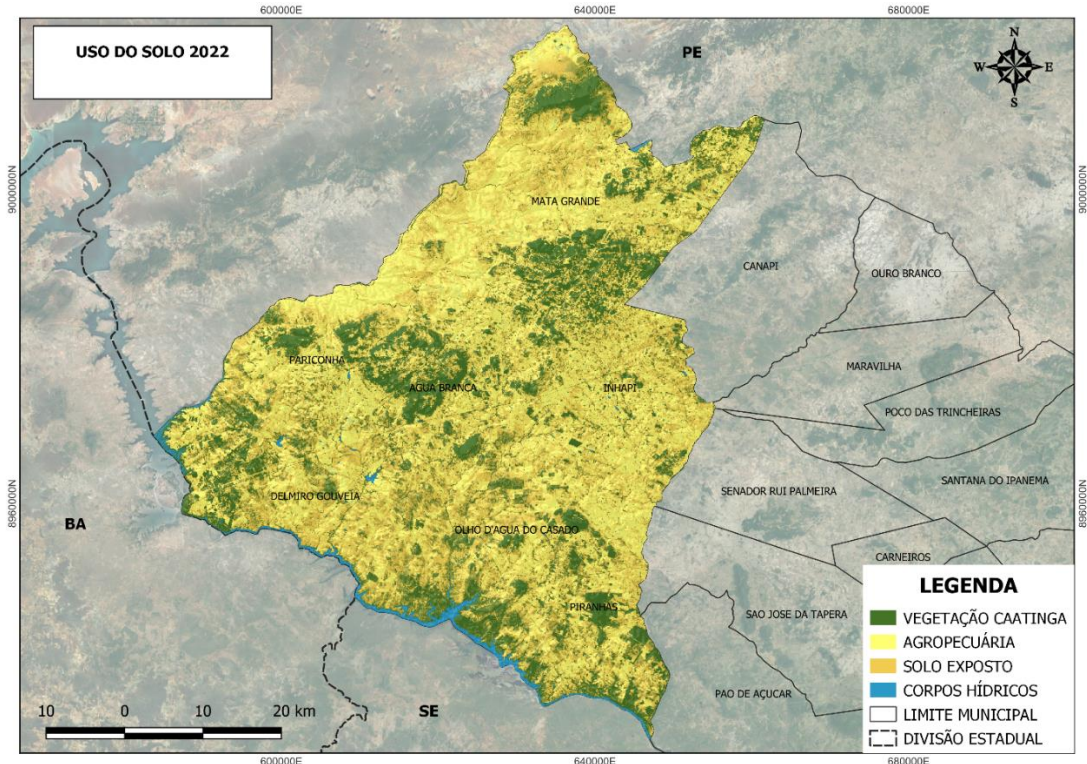
As atividades voltadas para agricultura e pecuária correspondiam a 38,9%. Já as áreas de solo exposto, ondem também se inserem as machas urbanas, afloramento rochoso e áreas passíveis de preparo do solo para agropecuária, corresponde a 19,1% do território. Juntas, essas duas áreas detêm uma das principais atividades econômicas da região, agricultura e pecuária (Tabela 9).

**Tabela 9 – Valores das classes de uso do solo 2002.**

Classes	Área em (km <sup>2</sup> )	Área em (%)
Vegetação de Caatinga	1.414	42,0
Agropecuária	1.309	38,7
Solo Exposto	645	19,2
Corpos Hídricos	0,0001	0,1

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

Os dados extraídos no mapeamento do uso do solo do ano de 2022 (Figura 29), nos mostra que houve uma redução significativa nas áreas e suas respectivas classes.



**Figura 29 – Uso e ocupação do solo da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, ano de 2022.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

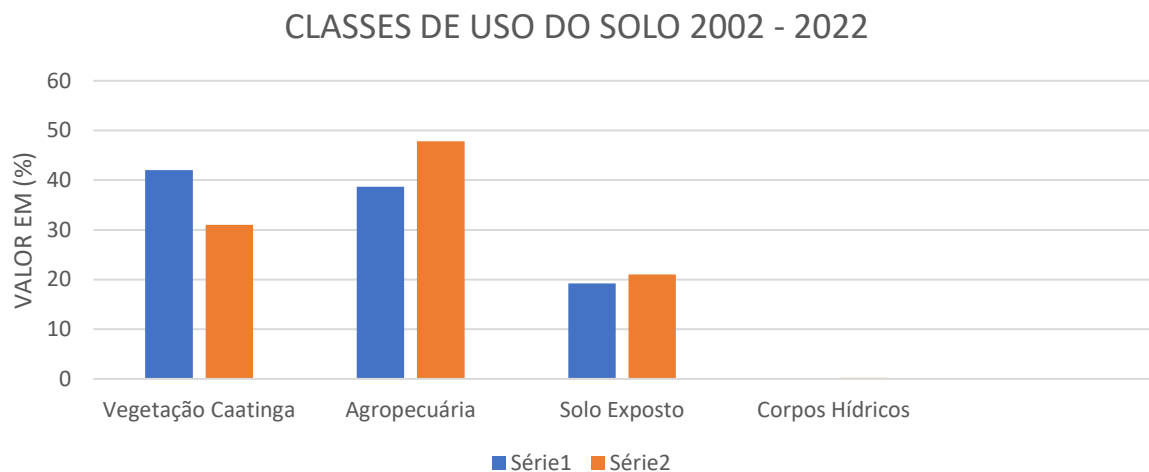
As áreas correspondentes a vegetação Caatinga ocupam área relativa a 31% do território da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, demonstrando uma perda de área de cobertura vegetal de 26%. Por outro lado, as áreas que detêm atividades de agropecuária tiveram um aumento significativo de 23%, correspondendo a 47,8% da área total da Região (Tabela 10).

**Tabela 10 – Valores das classes de uso do solo 2022.**

Classes	Área em (km <sup>2</sup> )	Área em (%)
Vegetação de Caatinga	1.044	31,0
Agropecuária	1.610	47,8
Solo Exposto	715	21,0
Corpos Hídricos	0,0002	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

A relação entre as duas análises de uso do solo, demonstra o aumento significativo de atividades ligadas a agropecuária, bem como o aumento de áreas que contem solo exposto e corpos hídricos. Essa ligação entre as atividades e seus constantes crescimento tem relação com o processo de desenvolvimento da região do semiárido, que após duas décadas vem ganhando espaço para ampliação da malha viária, expansão urbana, desenvolvimento agrário, obras hídricas e instalação de novas fontes de recursos (Figura 30).

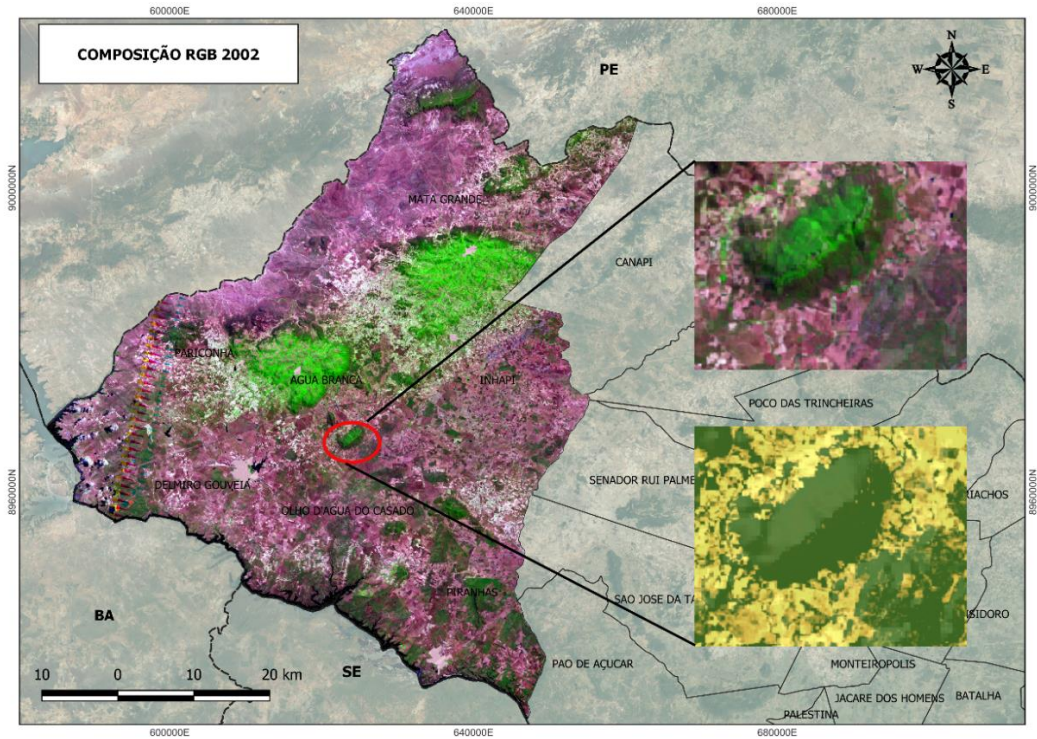


**Figura 30 – Comparativo das classes de uso do solo, entre os anos de 2002 série 1 à 2022 série 2.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

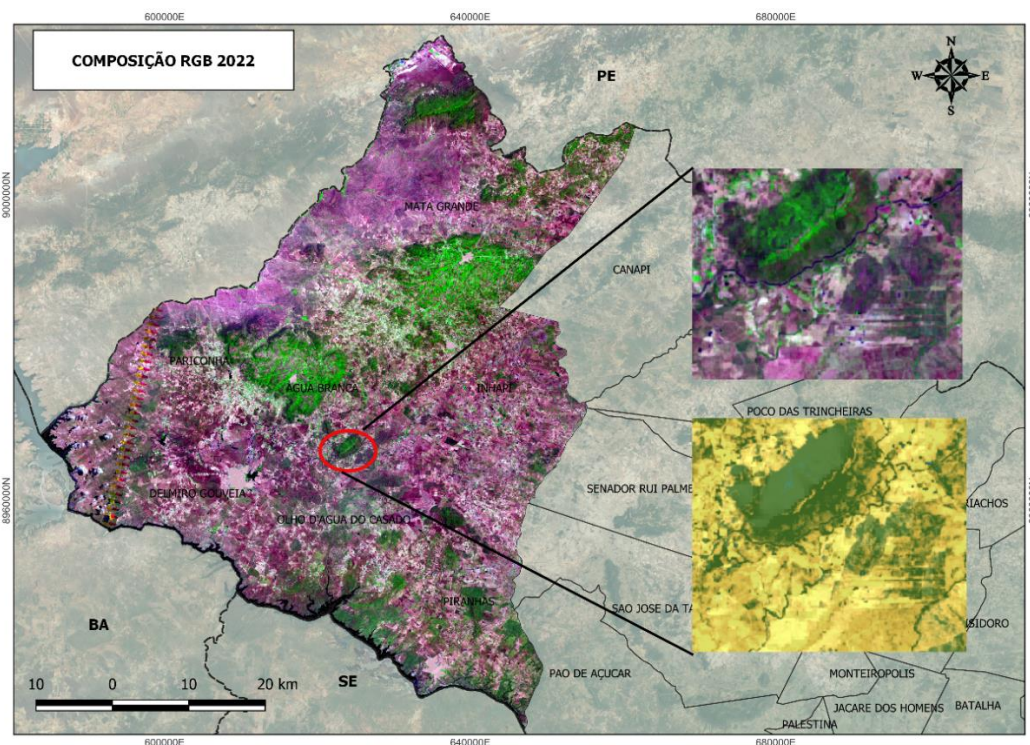
#### 4.4.6 Análise dos parâmetros RGB 2002 - 2022

Os mapas a seguir (Figuras 31 e 32) nos mostram através de recorte e ampliação uma mesma área no ano de 2002 e 2022, como modo de investigação e avaliação do uso do solo.



**Figura 31 – RGB de imagem de satélite da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia no ano de 2002.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).



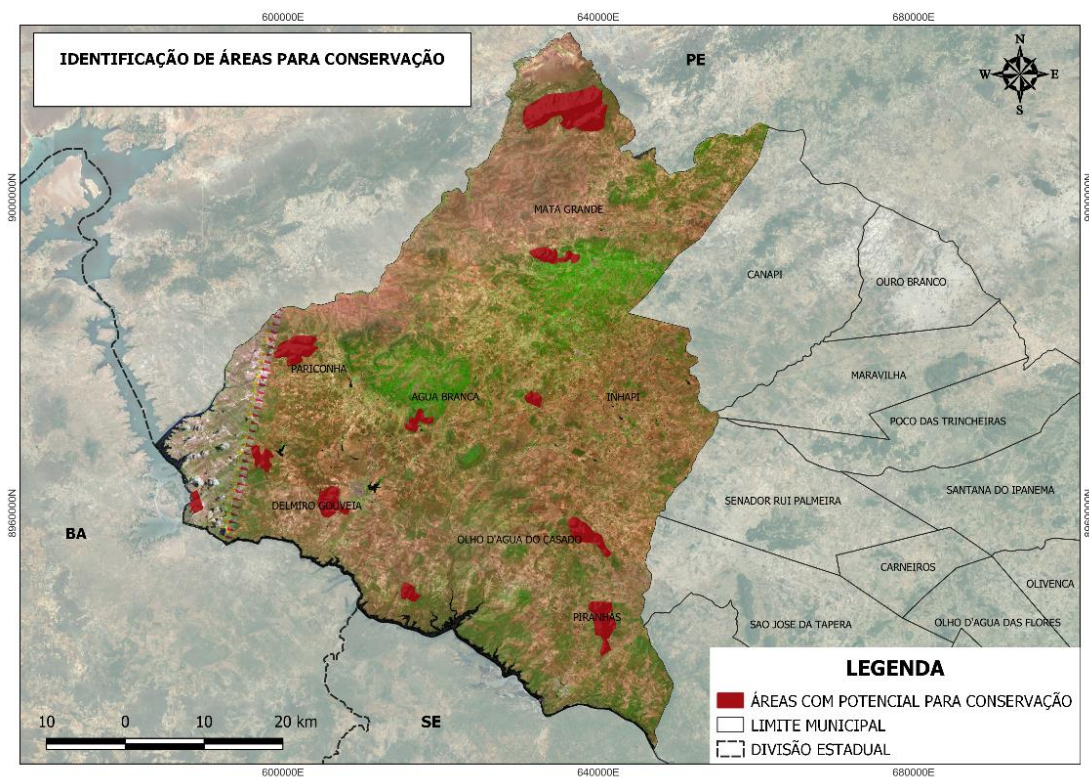
**Figura 32 – RGB de imagem de satélite da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia no ano de 2022.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

O cálculo do valor Z, o qual teve como base os valores de variância para o índice Kappa, que possui intervalos determinados que caracterizam a acurácia da classificação realizada em relação a veracidade, onde permitiu comparar a validação dos resultados e afirmar a veracidade das classes de uso do solo, o qual apresentou significativos próximos a 1. A análise dos valores do índice Kappa resultaram em 0.9761, para as classes de uso do solo no ano de 2002, e, 0,9622 para as classes do ano de 2022, onde o valor médio do índice Kappa foi 0,9691 que corresponde a 96,91% de veracidade. Isso se deve ao método utilizado para a classificação, que utiliza de intervalos definidos pelo usuário para a definição da classificação de um pixel em uma ou outra classe.

#### 4.4.7 Áreas prioritárias

Apesar dos constates processos de perturbação e perda de vegetação natural, a Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia apresenta áreas com potencial de conservação (Figura 33).



**Figura 33 – Áreas com potencial de conservação na Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

Conforme análise do uso do solo, foram identificadas algumas áreas que apresentam um certo grau de volume de vegetação Caatinga. Essas áreas comumente dispõem de variedade florística e abrigo para fauna, além de a pressão antrópica nas adjacências ser menor que as demais (Figura 34).

Conforme esses requisitos, também foram observados o arredondamento de suas bordas, que conforme alguns estudos que trata do índice de circularidade, onde a tendência de forma mais arredonda indica que o interior do fragmento florestal pode estar mais protegido e a tendência de forma mais alongada permiti presumir que o fragmento está mais sujeito aos efeitos de borda e maior grau de perturbação (NASCIMENTO 2011).

Ao todo foram identificadas 12 áreas que juntas somam uma área de 11.113 ha, distribuídas nos municípios de Delmiro Gouveia, Piranhas, Pariconha, Água Branca, Olho D'Água do Casado e Mata Grande.



**Figura 34 – Área de serra com cobertura vegetal localizada no município de Mata Grande.**

Fonte: Elaborado pelo autor, novembro (2023).

As áreas propícias a unidades de conservação, são áreas com características naturais relevantes, instituídas pelo poder público, que têm entre suas finalidades a preservação, o uso sustentável e a recuperação dos ambientes naturais. A importância da criação de novas unidades de conservação, traz de certa forma uma garantia da manutenção florística do local contribuir

para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais; proteger as espécies ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional; contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais; promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais.

As unidades de conservação são o principal instrumento para o equilíbrio, sustentabilidade, preservação e conservação dos ambientes naturais.

## **5 CONCLUSÕES**

Conforme as análises realizadas através dos resultados obtidos no trabalho, podemos observar a importância das geotecnologias como ferramentas de grande importância para trabalhar com temas geoambientais, trazendo eficiência nos resultados e mostrando em larga escala os possíveis problemas e soluções para as áreas de estudo, principalmente aquelas que apresentam áreas de maior escala geográfica.

A análise dos resultados obtidos através das imagens, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, nos revela que a ocupação do território do semiárido do sertão de alagoas, trouxe danos aos recursos naturais (principalmente a vegetação) de forma predatória, como forma de ampliação de áreas para a agricultura e pecuária.

Os resultados nos revelam que a perda de vegetação nativa de Caatinga ocasiona uma diminuição significativa na taxa de cobertura vegetal nativa, na Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, indicando que todos os 7 municípios apresentam área vegetada inferior a 50% do seu território.

Os resultados obtidos através do NDVI e EVI para os anos de 2002 e 2022, permitiram analisar e comparar a distribuição e o grau de vegetação das últimas duas décadas.

A análise dos resultados do uso do solo possibilita observar o recuo de área de Caatinga e o avanço de atividades ligadas a agricultura e pecuária nos últimos 20 anos.

Com isso, concluímos nesse estudo que as ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, são eficazes na análise de estudos geoambientais, possibilitando criar estratégias e buscar solucionar problemas ambientais, ou até mesmo no auxílio de políticas públicas para que sejam adotadas formas de mitigar e prevenir que novas áreas de vegetação de Caatinga continuem perdendo território.

## 6 REFERÊNCIAS

- Antunes, M. A. H. Tavares Júnior J. B. **Calibração do sensor CCD-CBERS II com dados do ASTER In**: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. Anais São José dos Campos: INPE 2005. P. 775-781. Disponível na biblioteca digital URLib: < marte.dpi.inpe.br/rep-/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.22.09.38 >. Acesso em 12/10/2006
- ARAÚJO FILHO, J.C.; RIBEIRO, M.R.; BURGOS, N.; MARQUES, F.A. Solos da Caatinga. In: CURI, N. et al. (ed) **Pedologia – solos dos biomas brasileiros**. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileiro da Ciência do Solo, p. 227-260, 2017.
- AB' SÁBER, A. N. **O Domínio Morfo-climático Semi-Árido das Caatingas Brasileiras**. Geomorfologia. 43. São Paulo, IGEOG-USP, 1974.
- ASSAD, Eduardo Delgado & SANO, Edson Eyji. (eds.). **Sistema de informações geográficas**. Aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. 434 p.
- BAGNOULS, F.; GAUSSEN, H. **Saison sèche et indice xerothermique**. Toulouse: Faculté de Sciences de Toulouse, 1953.
- Brito, M. C.; Ferreira, C. C. M. 2011. **Paisagem e as diferentes aborda-gens geográficas**. Revista Geogra-fia, Juiz de Fora – MG, v. 2, n.1, p. 1-10.
- CÂMARA, G e AGUIAR, A. P. (eds.), **SPRING Programming Manual**. São José dos Campos, INPE (1996).
- CEPAL. **Vulnerabilidad sociodemográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas**. Brasília: CEPAL/ ECLAC, 2002.38p.
- CONTI, J.B. **O conceito de desertificação. Climatologia e Estudos de Paisagem**. RioClaro, vol.3, n.2, jul -dez.2008.
- CONTI, J. B. **Desertificação nos trópicos: proposta de metodologia de estudo aplicada ao Nordeste brasileiro**. 1995. 271 f. Tese (Livre-Docência em Geografia Física) - USP, São Paulo.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Banco de Dados de Solos – BD Solos**. 2014. Disponível em: [https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta\\_publica.html](https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta_publica.html). Acesso em: 01 mai. 2021.
- FULLEN, M.A; CATT, J.A. **Soil Management-problems and solutions**. Oxford: Oxford University Press. 2004.
- GUERRA; BOTELHO, R. G. M. **Erosão dos solos**. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p.181-227.

GUERRA, A.J.T. **Degradação dos Solos - Conceitos e Temas**. In: GUERRA, A. J. T; JORGE, M. C. O. (Org.). **Degradação dos Solos no Brasil**. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014, v. 1, p. 15-50.

GHOSH, T.K. **Environmental impacts Analysis of desertification through remote sensing and land based information system**. *Journal of Arid environments*, 25:141-150. 1993.

HERACLIO DO REGO, ANDRE. **Os sertões e os desertos: o combate à desertificação e a política externa brasileira**. 1. ed. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2012. v. 1. 204p

HAMILTON, R.; ARCHBOLD, J. Meteorology of nigeria and adjacent territory. **Quartely Journal Royal Meteorological Society**, v. 71, p. 246–260, 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFICA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFICA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFICA E ESTATÍSTICA - IBGE. **CENSO Demográfico**: IBGE, 2022.

JACOMINE, P. K. T. Solos sob caatingas: características e uso agrícola. In: V. H. ALVAREZ V.; L. E. F. FONTES & M. P. F. FONTES (ed.). **O solo nos domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: Soc. Bras. Ci. Solo, p. 95-11, 1996.

LOMBARDO, M. A.; CARVALHO, V. **Análise preliminar das potencialidades das imagens Landsat para estudo de desertificação**. São José dos Campos: INPE, 1979.

MAINGUET, M. **L’homme et la sécheresse**. Paris: Masson, 1995, 311 p. (Collection Géographie) traduzido.

Matallo. H.J. **A desertificação no Mundo e no Brasil**. Brasília – DF, Organização das Nações Unidas – UNESCO, 2003, 82 pag.

Matallo. H.J. **Indicadores de Desertificação**, Brasília – DF, Organização das Nações Unidas – UNESCO, 2001, vol. 2, 80 pag.

Nascimento, F. 2018. **Método e Ope-racionalidades na Relação Am-biental entre Bacias Hidrográficas e Áreas Susceptíveis à Desertifi-cação na América Latina e Brasil**. REUMAM, v. 1, n. 2.

Nascimento, M. C. do, **Contribuição Metodológica para Seleção de Indicadores de Vulnerabilidade Socioambiental por meio das Geotecnologias à Região Metropolitana de Maceió**, Rio Claro – SP, Tese. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2016.

NASCIMENTO, Edvaldo Francisco. **Delmiro Gouveia e o Processo Educacional Desenvolvido no Núcleo Fabril da Pedra, no Sertão de Alagoas (1902 – 1926)**. Maceió – AL, Dissertação. Mestrado em Educação Brasileira, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, 2012.

NIMER, E. **Subsídio ao Plano de Ação Mundial para Combater a Desertificação - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA)**. In: Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 42(3), 1980.

NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal**. 2002. 260 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2002.

PERES FILHO, A. **Estudo revela efeitos do uso inadequado dos solos**. Jornal da UNICAMP, ed. 226, 2003. Disponível para acesso no site:  
[http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/agosto2003/ju226pg11.html](http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/agosto2003/ju226pg11.html)

ROMKENS, M. J. M., S. N. PRASAD & J.W. A POESEN. Soil Erodibility na Properties. In: **AnalsoftheVIII CONGRESSoftheISSS**, Hamburg, p.492–503, out.1987.

SATÉLITE LANDSAT- 7 e 8. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>. Aquisição em 11 de março de 2023.

SOBRINHO, V. **Panorama da desertificação no Estado do Piauí**. Secretaria de Estado de Recursos Hídricos do Estado do Piauí. Relatório de consultoria. Teresina, Piauí, novembro de 2005.

SILVA, J.X.da, ZAIDAN, R.T. **Geoprocessamento & Análise Ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

Soares, D. B., Nóbrega, R. S., Olivei-ra, M. F., F. 2011. **Sobre o Processo de Desertificação** (About the Desertification Process). Revista Brasileira de Geografia Física, v. 4, n. 1, p. 174-188.

TAVARES DE MELO, S. Desertificação: etimologia, conceitos, causas e indicadores. **Revista da UNIPÊ**, João Pessoa v. 2, n. 2, p. 19-33, 1998.

TEINKE, E. T. **Climatologia Fácil**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. v. 1. 144p.

Teillet, P. M., Fedosejevs, G., Gauthier, R. P., O’neill, N. T., Thome, K. J., Biggar, S. F., Ripley, H., Meygret, A. **A generalized approach to the vicarious calibration of multiple Earth observation sensors using hyperspectral data**. Remote Sensing of Environment, v. 77, p. 304– 327, 2001.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, Drexel Institute of Technology-Laboratory of Climatology. **Publications in Climatology**, v. 8, n. 1, p. 104, 1955.

THOMAS, S.G. **Arid Zone Geomorphology**. Third Edition, School of Geography and the Environment, University of Oxford, UK. 2011. Pag. 89 – 145, 368 – 526.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Metodologia para Identificação de Processos de Desertificação: Manual de Indicadores**. In: Encontro dos Órgãos de Preservação e Controle Ambiental do Nordeste: anais. Recife: Sudene, 1978.

VELOSO, H. P.; GOES-FILHO, L. **Fitogeografia brasileira**. Classificação fisionômico-ecológica da vegetação Neotropical. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL, Boletim Técnico, Série Vegetação 1, p. 1-79, 1982.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 123p.

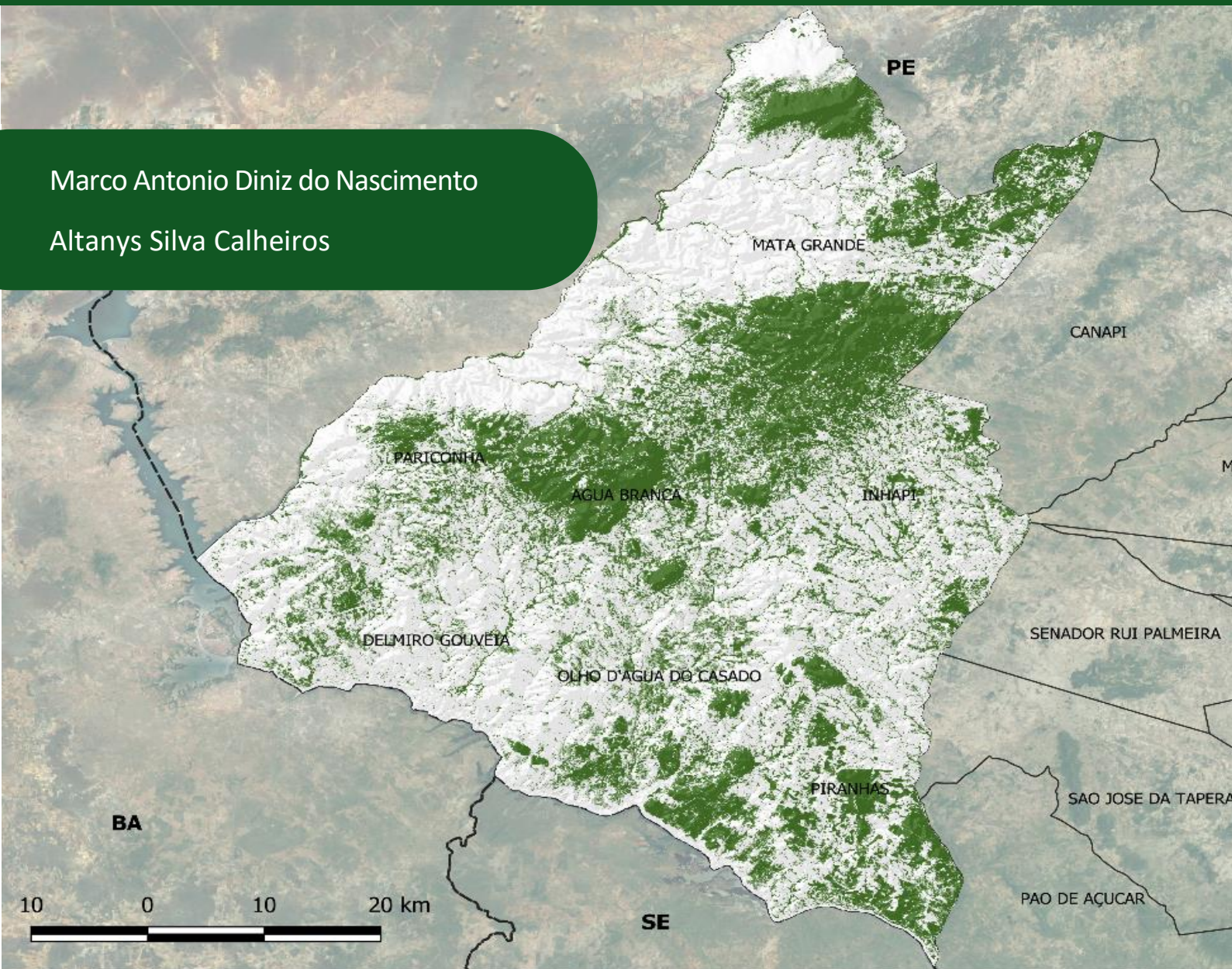
VERDUM, R. ; QUEVEDO, D. ; ZANINI, L. ; CÂNDIDO, L. Desertificação: questionando as bases conceituais, escalas de análise e conseqüências. **GEOgraphia** (UFF), Niterói, v. 3, n.6, p. 119-132, 2000.

## **APÊNDICE**

# **MONITORAMENTO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA CAATINGA ALAGOANA POR MEIO DO ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL**

# MONITORAMENTO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DA CAATINGA ALAGOANA POR MEIO DO ÍNDICE DE COBERTURA VEGETAL

Marco Antonio Diniz do Nascimento  
Altanys Silva Calheiros



# EXPEDIENTE TÉCNICO

INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS - IFAL  
CAMPUS MARECHAL DEODORO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS - PPGTEC

Autores:

Marco Antonio Diniz do Nascimento

Altanys Silva Calheiros



**Dados Internacionais de Catalogação na  
Publicação  
Instituto Federal de Alagoas  
Campus Marechal Deodoro  
Biblioteca Dorival Apratto**

---

N244m

Nascimento, Marco Antonio Diniz do.

Monitoramento do estado de conservação da caatinga alagoana por meio do índice de cobertura vegetal / Marco Antonio Diniz do Nascimento, Altanys Silva Calheiros. - 2024.

24 f. : il., color.

2.82 megabytes (PDF)

Inclui bibliografia e figuras.

Produto Técnico derivado da dissertação: Uso do índice de vegetação como ferramenta de monitoramento do estado de conservação da caatinga alagoana (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus Marechal Deodoro*, Marechal Deodoro, 2024.

1. Uso do solo. 2. Cobertura vegetal. 3. Antropização. I. Título.  
II. Calheiros, Altanys Silva.

CDD: 363.7

---

**Maria Jôse Nascimento Leite Machado  
Bibliotecária – CRB 4/2125**



Ministério da Educação  
Instituto Federal de Alagoas - IFAL  
Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - PRPPI

**Reitor:**

Carlos Guedes de Lacerda

**Pró-reitora de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação:**

Eunice Palmeira da Silva

**Autores:**

Marco Antonio Diniz do Nascimento

Altany's Silva Calheiros

**Programa de Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais**

Rua Lourival Alfredo, 176 - Poeira, Marechal Deodoro - AL, CEP: 57160-000IFAL - Campus Marechal Deodoro

**Área de Concentração:** Tecnologias Ambientais

**Linha de Pesquisa:** Manejo e Monitoramento Ambiental

**Coordenadora:**

Profa. Dra. Sheyla Karolina Justino Marques

**Produto Técnico e Tecnológico:** Mapa

**TODOS OS DIREITOS RESERVADOS**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

# SUMÁRIO

Apresentação	5
Introdução	7
Descrição do produto	8
Metodologia	10
Mapas Temáticos	12
Conclusão	18
Referências Bibliográficas	19



# APRESENTAÇÃO

Este Produto Técnico é derivado da dissertação de mestrado do discente Marco Antônio Diniz do Nascimento, intitulada “Uso do índice de vegetação como ferramenta de monitoramento do estado de conservação da caatinga alagoana”, sob orientação do Prof. Dr. Altanys Silva Calheiros, defendida em janeiro de 2024, no Programa de Pós-Graduação Tecnologias Ambientais, modalidade Mestrado Profissional, do Instituto Federal de Alagoas, campus Marechal Deodoro, vinculado à área de concentração em Tecnologias Ambientais, e linha de atuação em Manejo e Monitoramento Ambiental.

O produto foi desenvolvido tendo como ponto de partida a demanda identificada junto à Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Delmiro Gouveia, cujo Município estar inserido no alto sertão alagoano, com o objetivo de auxiliar na identificação do nível de degradação da Caatinga situada na Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, no estado de Alagoas.

Para a obtenção dos resultados, fez-se uso de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, com processamento de dados de imagens de satélite de séries temporais arquivadas nos satélites Landsat 7 e 8, com posterior elaboração de banco de dados e confecção dos mapas temáticos. Os mapas gerados e as informações contidas neste produto podem auxiliar gestores ambientais e tomadores de decisão a promover ações que promovam a redução de impactos ambientais decorrentes da degradação do uso do solo e da Caatinga, em nível local, regional e/ou nacional.

O presente produto busca contribuir para a compreensão da dinâmica e importância da cobertura vegetal da Caatinga para a preservação do ambiente, fornecendo informações importantes para a gestão ambiental e planejamento territorial da região onde ela está inserida. Salienta-se que este produto ficará à disposição das Instituições Ambientais e de toda a Sociedade que desperte interesse pela temática, por meio de acesso livre na página do Curso de Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais, no sítio <https://www.ifal.edu.br/ppgtec/produtos-tecnico-tecnologicos-ptts>, para uso sempre que necessário.

**Boa leitura!**

# INTRODUÇÃO

A região da Caatinga apresenta importantes modificações em seu ambiente natural, principalmente ocasionadas pela remoção da cobertura vegetal nativa, muitas vezes resultante de desmatamento ilegal para diversos usos e exploração do solo. Diante disso, o presente estudo apresenta resultados o monitoramento das áreas cobertas pela vegetação nativa de Caatinga da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, que engloba os municípios de Delmiro Gouveia, Água Branca, Mata Grande, Pariconha, Piranhas, Olho D'Água do Casado e Inhapi, inseridos no sertão do Estado de Alagoas.

Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado imagens dos Satélites Landsat 7, correspondente ao ano de 2002 e Landsat 8, referente ao ano de 2022. O método da pesquisa para alcançar os resultados de distribuição territorial e quantificação da cobertura vegetal de Caatinga foi dividido em: análise do índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e Índice de Vegetação Melhorado (EVI); análise das áreas confrontantes com o canal do sertão em um raio de 5 km; assentamentos rurais, unidades de conservação, cruzamento de áreas embargadas pelos órgãos ambientais por supressão de vegetação ilegal e monitoria do uso do solo dos anos de 2002 e 2022, os quais são apresentados em outros produtos.

Os mapas obtidos através dos resultados das análises, servem como ferramentas de auxílio para novas pesquisas a serem desenvolvidas, subsídio em planejamento de gestões públicas e Organizações Não Governamentais (ONG's) de apoio a conservação ambiental, como forma de orientação, tomada de decisões e compreensão do comportamento da vegetação de Caatinga e sua distribuição territorial na Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia.

## DESCRIÇÃO DO PRODUTO

A Caatinga pode ser encontrada em toda região do sertão e parte do agreste de Alagoas, formada pelos municípios de: Água Branca, Arapiraca, Batalha, Belo Monte, Cacimbinhas, Canapi, Carneiros, Delmiro Gouveia, Dois Riachos, Estrela de Alagoas, Igaci, Inhapi, Jacaré dos Homens, Jaramataia, Major Isidoro, Maravilha, Mata Grande, Minador do Negrão, Monteirópolis, Olho D'água das Flores, Olho D'água do Casado, Olivença Ouro Branco, Palestina, Palmeira dos Índios, Pão de Açúcar, Pariconha, Piranhas, Poço das Trincheiras, Santana do Ipanema, São José da Tapera e Senador Rui Palmeira.

As principais ameaças ao bioma é a retirada indiscriminada dos recursos naturais e desmatamento que se dá para diversos tipos de usos: utilização da madeira para lenha, expansão de pastos e cultivos agrícolas e construção civil. Os avanços das atividades antrópicas vêm crescendo de forma contínua, fazendo com que os espaços de áreas vegetativas sejam ocupados por outras atividades.

O uso de imagens de satélites é bastante empregado para realização de monitoramento dessas atividades, que por ventura resultam em modificações no ambiente natural.

Os produtos gerados por meio da utilização do índice de cobertura vegetal objetiva auxiliar no monitoramento das áreas com cobertura vegetal existentes na superfície, onde toda a vegetação se destacará, sendo classificada dentro de uma faixa de valores, diferenciando-se pelas características como altura referente a superfície do solo, por seu porte herbáceo, arbustivo ou arbóreo, e por sua robustez. Assim deixando em destaque o que são fragmentos de vegetação nativa com outros tipos de área, como as vegetadas, com cultivos de lavouras e/ou pastagens.

A aplicação dos índices NDVI e EVI é de grande relevância pois proporciona e contribui para a avaliação de impactos diretos e indiretos nas

áreas de vegetação de Caatinga, assim como contribui para o entendimento da dinâmica do crescimento das atividades antrópicas nessas regiões.

Os resultados obtidos através dos índices de vegetação são disponibilizados por meio de mapas cartográficos que possibilitam a interpretação do que está acontecendo, auxiliando na gestão dos tomadores de decisão e dos demais envolvidos em ações na região estudada, promovendo uma análise mais ampla dos possíveis problemas em questão, assim como na tomada de decisão para um planejamento mais ativo e profundo para resolutividade dos possíveis danos ambientais causados.

A aplicabilidade do geoprocessamento e do sensoriamento remoto para o desenvolvimento do estudo, nos remete a praticidade em elaborar e desenvolver os dados trabalhados, voltados ao conhecimento dos possíveis danos ambientais na região, assim como as suas implicações para todo o ecossistema. A utilização dessas técnicas nas áreas das geotecnologias, possibilitam estudos como este, que busca contribuir e pôr em prática metodologias que sejam eficazes para o desenvolvimento sustentável da região estudada.

# METODOLOGIA

O trabalho, que teve como objetivo analisar a distribuição de vegetação Caatinga na Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, para qual, aplicou-se dois índices de vegetação: o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Vegetação Melhorado (EVI).

O NDVI é o índice de vegetação mais usado e conhecido atualmente, relativamente simples e que pode descrever com certo grau de confiança os processos de degradação ambiental, facilitando a complementação de diagnósticos integrados dos recursos naturais e das suas relações com as atividades humanas.

No que diz respeito ao EVI, este índice foi desenvolvido com o objetivo de otimizar o sinal da vegetação, apresentando maior sensibilidade em regiões com alta densidade de biomassa, por ter sido melhorado por meio da redução da influência da atmosfera e da dissociação do sinal de fundo do dossel vegetal.

Para obtenção dos índices NDVI e EVI, foram realizados processamento de imagens, a partir de dados extraídos dos satélites Landsat 7 e Landsat 8, com a utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para a elaboração das bases de dados e confecção dos mapas.

O satélite Landsat 7 possui sete bandas, com numeração de 1 a 7, sendo que cada banda representa uma faixa do espectro eletromagnético captada pelo satélite. O satélite apresenta característica de repetição, ou seja, passa realizando a coleta das imagens de uma mesma área a cada 16 dias, com resolução geométrica das imagens em todas as bandas de 30 metros.

Cada banda acima citada, corresponde a uma cena em que a área de estudo está inserida. Portanto para o recorte que engloba todos os 7 municípios da pesquisa, foi necessário utilizar ao todo, três cenas, cada uma envolvendo duas bandas correspondentes para o NDVI e três bandas para o EVI. Em seguida, as imagens foram recortadas com a delimitação dos municípios da pesquisa, e por fim, elaborado o mosaico.

Já o Landsat 8 carrega o Operational Land Imager (OLI) e o Sensor Infravermelho Térmico (instrumentos TIRS). O OLI mede nas porções visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas (VNIR, NIR e SWIR) do espectro. E o TIRS mede a temperatura da superfície terrestre em duas bandas térmicas com uma nova tecnologia que aplica física quântica para detectar calor. As imagens do Landsat 8 possuem resoluções espaciais pancromáticas de 15 metros e multiespectrais de 30 metros ao longo de uma faixa de 185 km.

O mapeamento temático a partir de cada uma dessas bandas depende, ainda, das características da área em estudo (região plana ou acidentada); época do ano (inverno ou verão); ou de variações regionais (Nordeste, Sudeste, Sul, Amazônia, Pantanal). Os trabalhos de interpretação das imagens se tornam mais fáceis quando o fotointérprete tem conhecimento de campo.

A aquisição de dados vetoriais foi feita por meio de bases cartográficas, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, referentes aos anos de 1980 e 2020 (IBGE, 2022) e shapefiles pela base de dados do Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas - IMA/AL, para os anos de 2012 a 2022 (IMA, 2022).

Para integração dos dados através do geoprocessamento, foi utilizado o Software QuantumGis (QGIS), versão 3.22.8, em que todos os dados adquiridos foram tabulados em arquivo Microsoft Excel e processados em escalas geográficas 1:25.000, Datum SIRGAS 2000.

# MAPAS TEMÁTICOS

## 1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia (Figura 1), compreende os municípios de Delmiro Gouveia, Piranhas, Olho D'Água do Casado, Pariconha, Água Branca, Mata Grande e Inhapi, compreende uma área de 3.369 km<sup>2</sup> e população estimada de 148.870 habitantes, inseridos entre as coordenadas geográficas 9°19'43.47"S, 38°12'48.01"O e 9°15'52.26"S, 37°18'53.15"O.

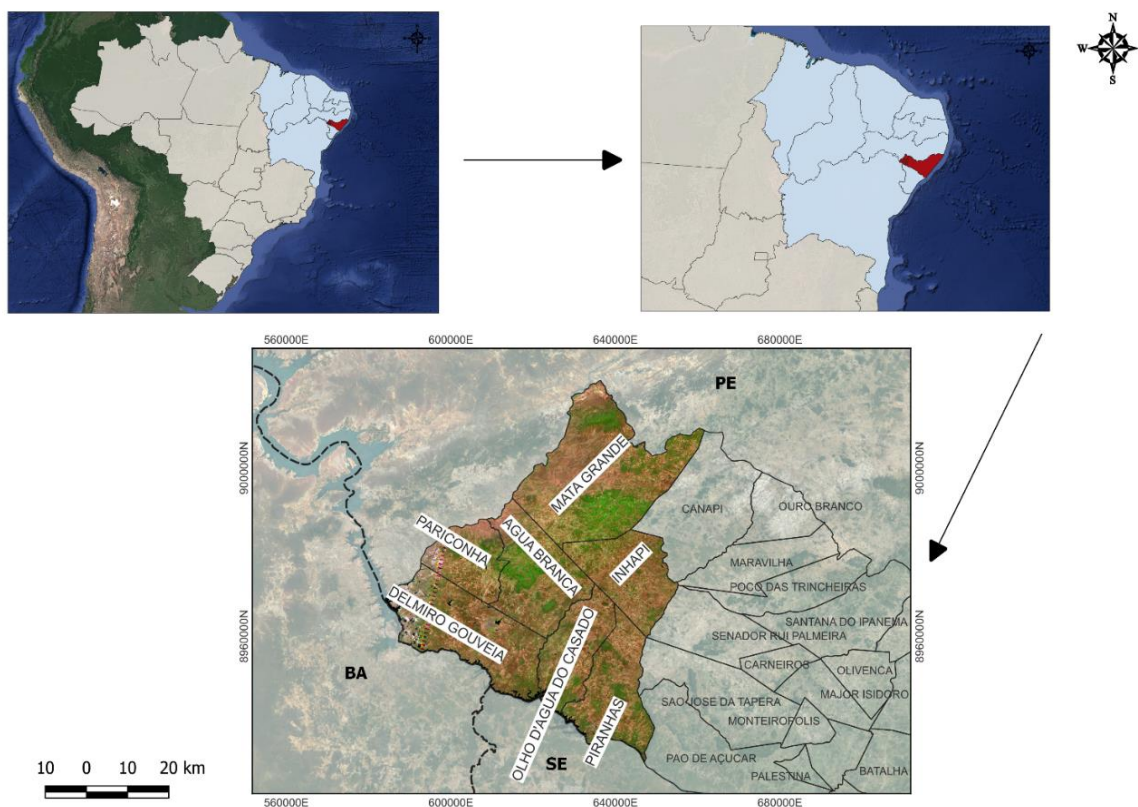


Figura 1: Localização da área de estudo, inserida no alto sertão de Alagoas.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A altitude da região oscilando entre 160 e 180 metros nas áreas marginais ao Rio São Francisco e chega à altitude de 480 a 620 metros nas regiões serranas.

## 2 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

A distribuição espacial da cobertura vegetal na área de estudo, se concentra em sua maior totalidade em Caatinga hipoxerófila e está em grande parte associada à savana estépica parque e à gramíneo-lenhosa.

Os mapas a seguir, nos mostram a espacialização da vegetação Caatinga, nos municípios da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia. Os resultados obtidos através do NDVI (Figura 2) e EVI (Figura 3), trazem resultados do grau vegetativo do ano de 2002.

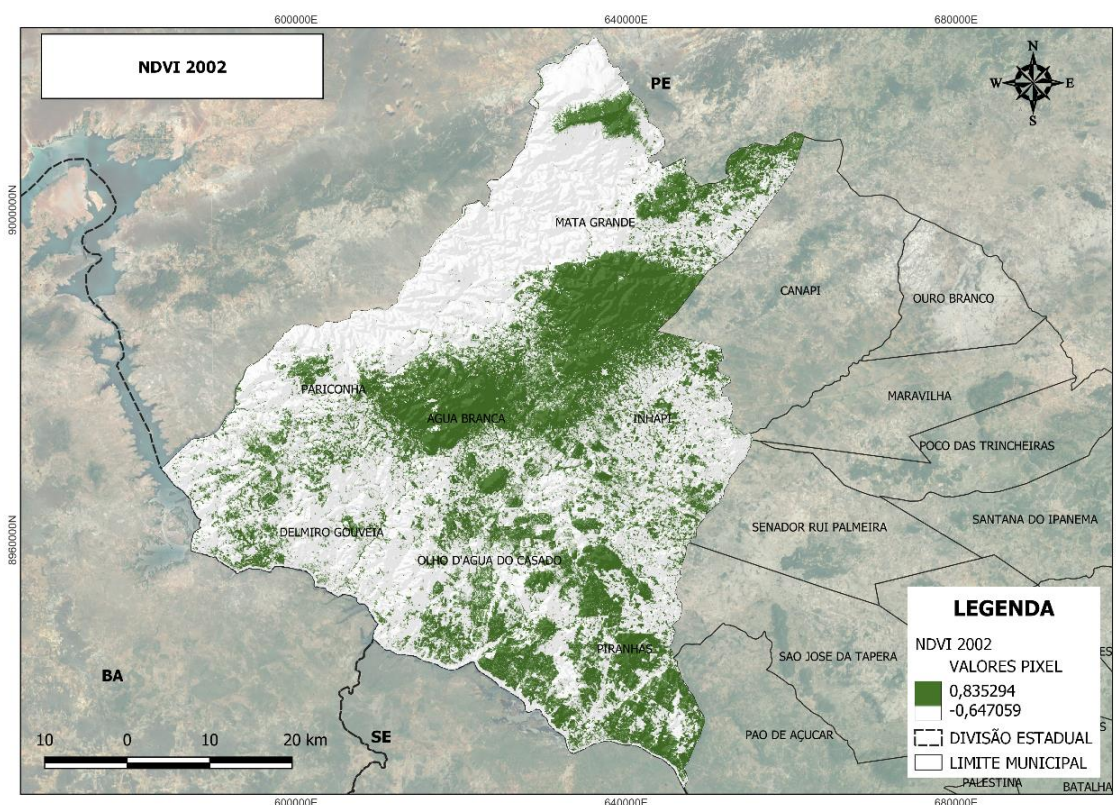


Figura 2: Mapa da cobertura vegetal da área de estudo, realizado por meio do índice NDVI, para o ano de 2002.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

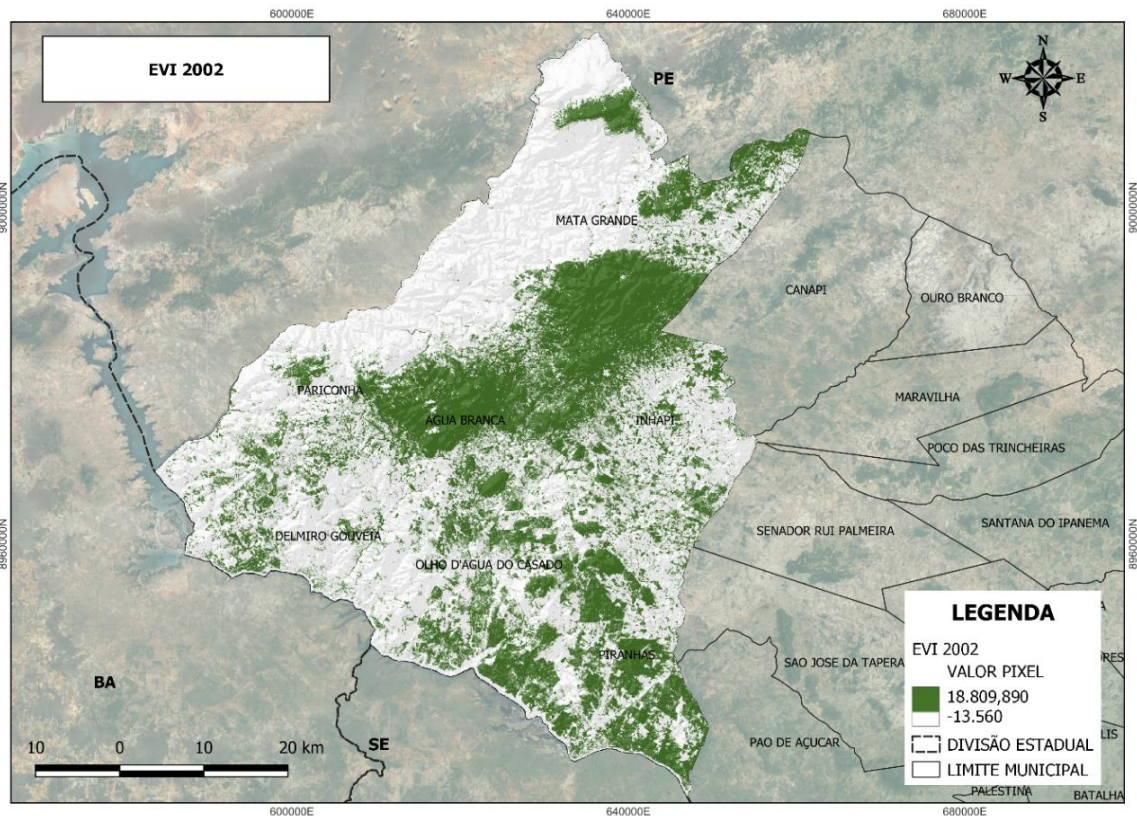


Figura 3: Mapa da cobertura vegetal da área de estudo, realizado por meio do índice EVI, para o ano de 2002.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

De acordo com o apresentado nos mapas acima, os resultados obtidos por meio do NDVI e EVI, não divergiram quanto aos valores em km<sup>2</sup>, nem na distribuição da cobertura de vegetação Caatinga nas áreas. O NDVI obteve resultados de -0,647059 a 0, para pixels referentes as áreas com ausência de vegetação e valor de 0,835294 (valor próximo a 1), para pixels que determinam a presença de cobertura vegetal.

Seguindo essa mesma lógica de parâmetros, os resultados obtidos pelo EVI, variaram de -13,560 a 1, para pixels referentes a áreas com ausência de vegetação e valor de 18,809980 (valor acima de 1), para pixels que determinam a presença de cobertura vegetal.

Os resultados mostram que no ano de 2002, a vegetação de Caatinga, ocupava uma área de 1.414 km<sup>2</sup>, isso corresponde a 42% do território da

área da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, que envolve sete municípios.

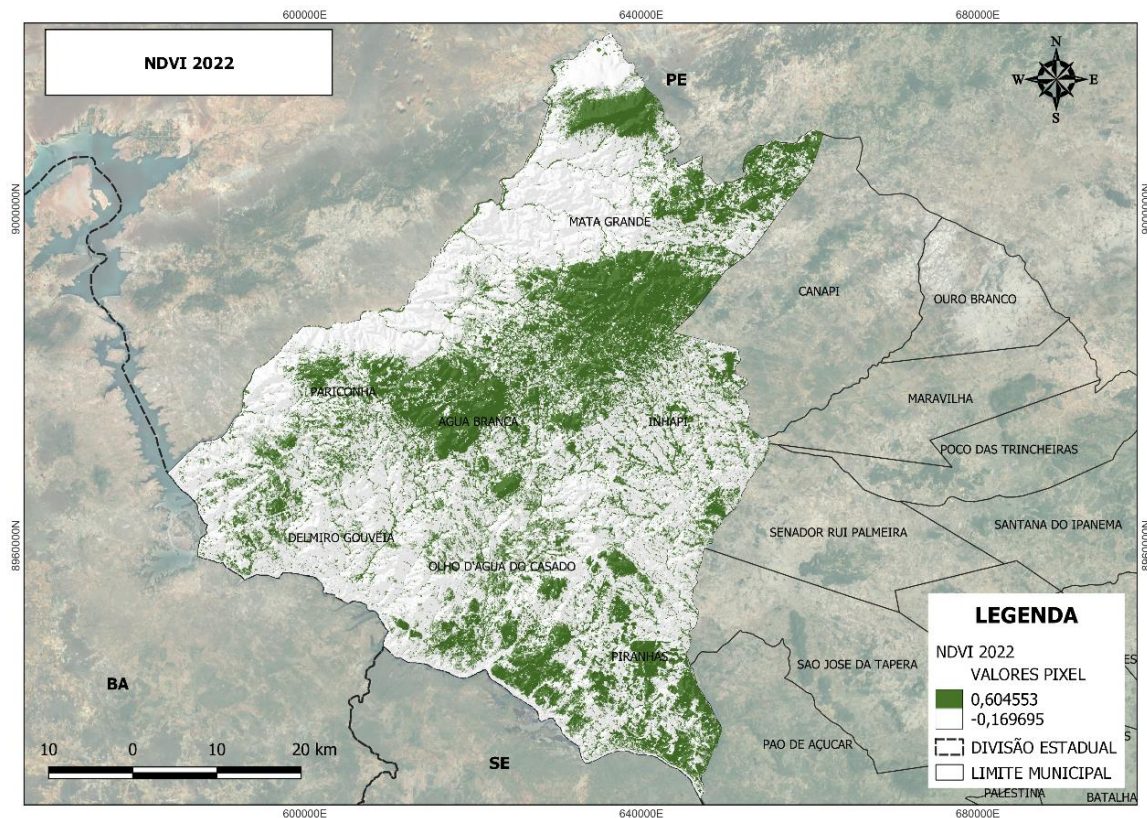
A vegetação apresentou comportamento diferente quanto a sua distribuição por município (Tabela 1), a exemplo das áreas que apresentam fragmentos característicos de corredores e vegetação mais adensada, identificados nos municípios com maior altitude, e regiões que apresentam vegetação mais espaçadas, especificamente nas áreas em torno do Rio São Francisco, como nos municípios de Delmiro Gouveia, Olho D'Água do Casado e Piranhas.

**Tabela 1:** Percentual da taxa de cobertura vegetal da Região Imediata de Delmiro Gouveia, por município.

Municípios	Área de Caatinga (km <sup>2</sup> )	Área de Caatinga (%)
Delmiro Gouveia	201	14,2
Olho D'Água do Casado	136	9,5
Mata Grande	416	29,4
Piranhas	144	10,2
Pariconha	106	7,4
Inhapi	197	14,0
Água Branca	219	15,3

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Seguindo a mesma metodologia adotada para a análise de vegetação do ano de 2002, realizou-se a avaliação para obtenção dos resultados, por meio do NDVI e EVI, para o ano de 2022 (Figuras 4 e 5), objetivando-se fazer a comparação do estado de conservação e distribuição da Caatinga duas décadas após a análise realizada da análise anterior.



**Figura 4:** Mapa da cobertura vegetal da área de estudo, realizado por meio do índice NDVI, para o ano de 2022.

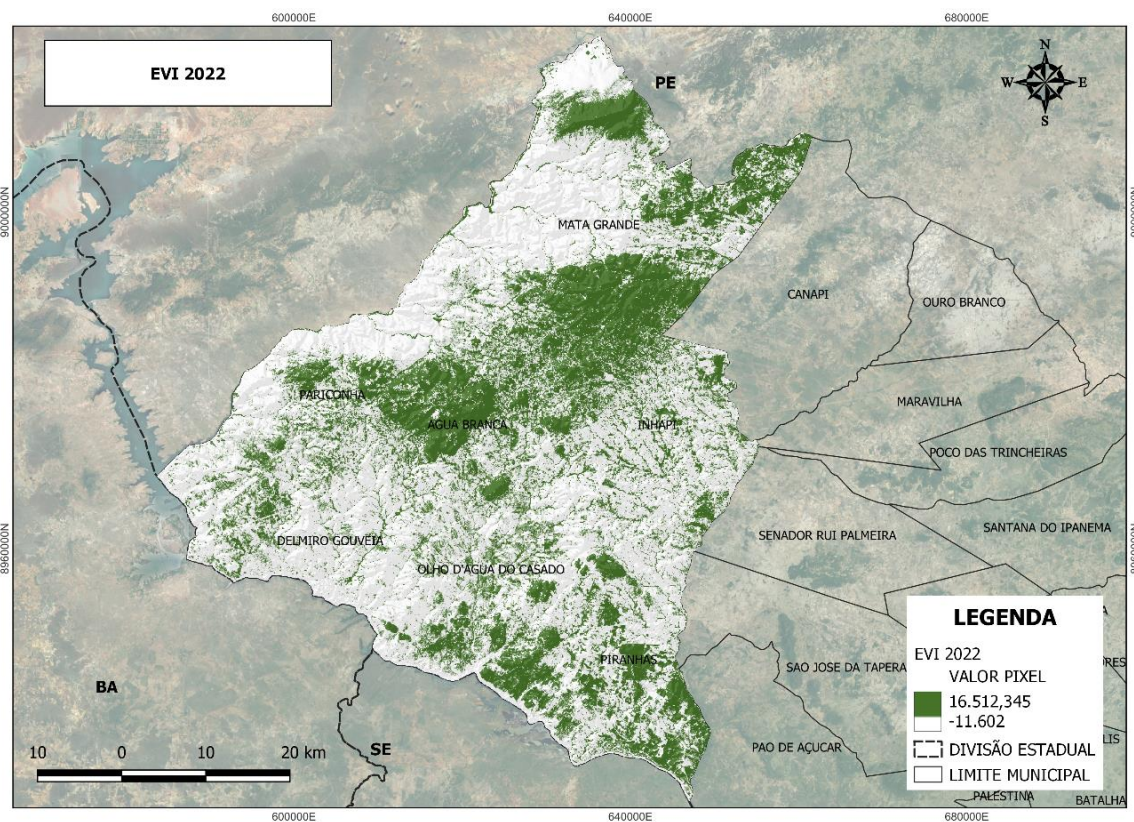
Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

As duas análises, tanto NDVI 2002 – 2022, quanto EVI 2002 – 2022, possuem suas importâncias em relação ao trabalho e seguem os mesmos critérios estabelecidos, como também em relação à escala utilizada, equação e projeção, para que não haja divergência de resultados por parte da elaboração.

Os resultados do ano de 2002, nos mostram um adensamento de vegetação nas regiões mais altas, isso pode estar relacionado a temperaturas mais amenas e pluviosidade mais eficaz, uma vez que esse tipo de vegetação tem sua predominância classificada em Caatinga hipoxerófila onde está mais relacionada à savana estépica florestada e à arborizada, entretanto não é restrita a estes subgrupos.

Compreende áreas mais altas, sendo diversa em seu aspecto fisionômico e florístico, devido às diferenciações nas características pedológicas onde se faz presente. Algumas espécies indicadoras dessa fase

de caatinga são: ouricuri (*Syagrus* sp.), tamboril (*Enterolobium tibouva*) e mulungu (*Erythrina velutina*).



**Figura 5:** Mapa da cobertura vegetal da área de estudo, realizado por meio do índice EVI, para o ano de 2022.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Os resultados obtidos através do NDVI e EVI, não divergiram quanto aos valores em km<sup>2</sup>, nem na distribuição da cobertura de vegetação Caatinga nas áreas, para o ano de 2022. O NDVI obteve resultados de -0,169695 a 0, para pixels referentes às áreas com ausência de vegetação e valor de 0,604553 (próximo a 1), para pixels que determinam a presença de cobertura vegetal.

Já os resultados obtidos pelo EVI, variaram de -11,602 a 1, para pixels referentes a áreas com ausência de vegetação e valor de 16,512345 (acima de 1), para pixels que determinam a presença de cobertura vegetal.

Os resultados nos mostram que no ano de 2022, a vegetação de Caatinga, ocupa uma área de 1.046,3 km<sup>2</sup>, isso corresponde a 31% do território da área da Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia (Tabela 2).

**Tabela 2:** Percentual da taxa de cobertura vegetal da Região Imediata de Delmiro Gouveia, por município.

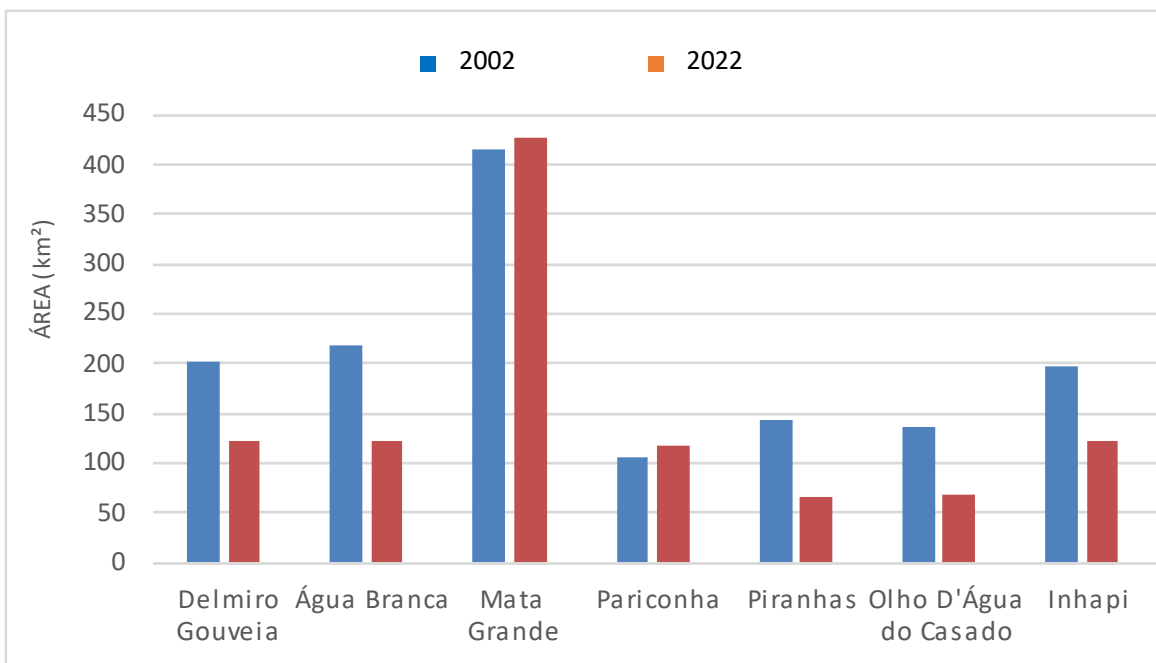
Municípios	Área de Caatinga (km <sup>2</sup> )	Área de Caatinga (%)
Delmiro Gouveia	123	11,6
Olho D'Água do Casado	69	6,6
Mata Grande	428	41,2
Piranhas	65	6,3
Pariconha	117	11,2
Inhapi	121	11,5
Água Branca	123	11,6

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Conforme os resultados obtidos e comparados, é possível identificar que entre os anos de 2002 e 2022, houve uma redução de 367 km<sup>2</sup>, o que corresponde a uma supressão de 26% da área de cobertura de vegetação Caatinga, comparativamente ao ano de 2002, quando essa mesma área possuía 1.414 km<sup>2</sup>, o que correspondia a 42% do território da área de estudo.

Conforme a tabela acima, a maioria dos municípios tiveram perda significativa de área de vegetação Caatinga em seus territórios entre os anos de 2002 e 2022, sendo as únicas exceções os municípios de Mata Grande e Pariconha, os quais apresentaram um aumento de cobertura vegetal de Caatinga de 3% e 10,8%, respectivamente.

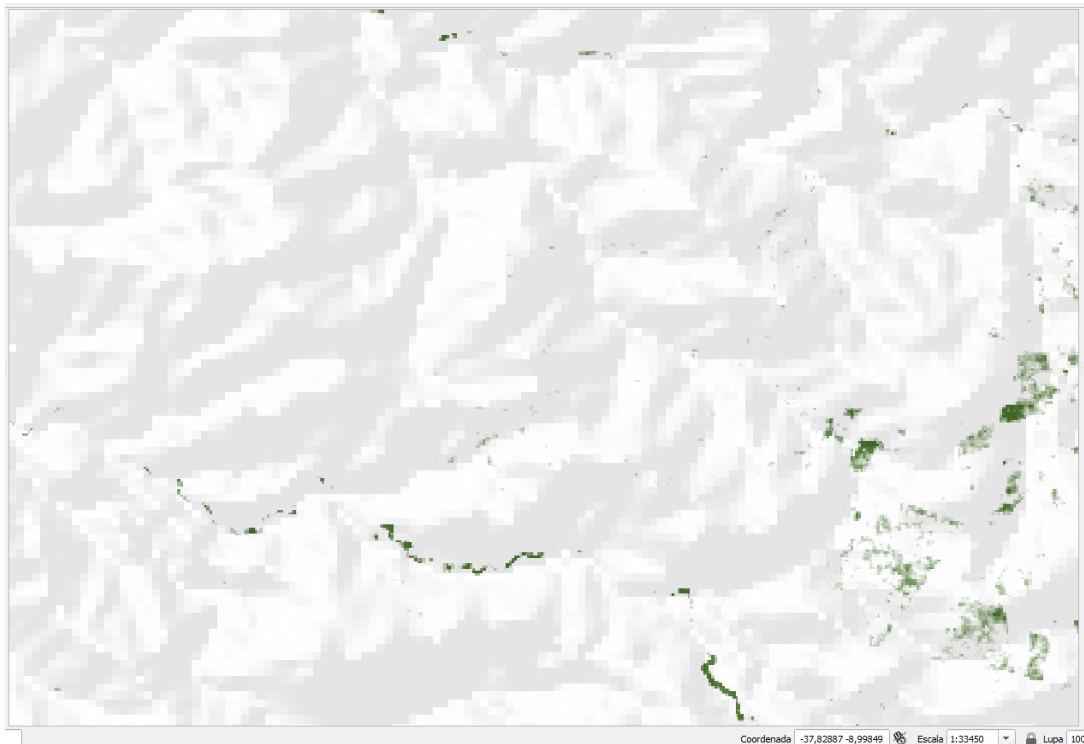
Os municípios de Piranhas, Delmiro Gouveia, Olho D'Água do Casado e Água Branca, foram os que mais apresentaram diminuição de área de vegetação, com taxas que variam de 41% a 52% de perda de vegetação de Caatinga em seus territórios (Figura 6).



**Figura 6:** Comparativo da cobertura vegetal dos municípios inseridos na Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, no período de 2002 à 2022. Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

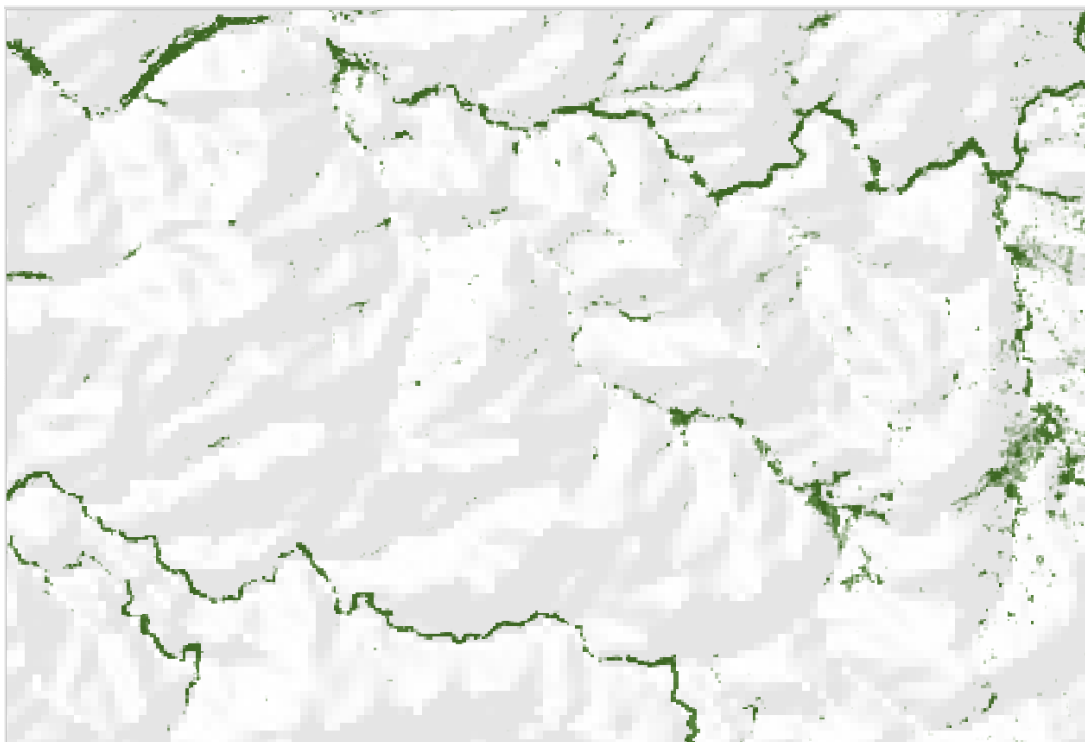
Ao analisar e comparar os mapas em seus respectivos períodos, é de se notar, nas áreas que correspondem ao ano de 2022, a perda de adensamento de vegetação na maior parte das regiões. Por outro lado, é possível identificar que em algumas áreas houve um pequeno aumento de cobertura vegetal, principalmente em regiões características de corpos hídricos de rios e riachos, principalmente no Município de Mata Grande (Figuras 7 e 8).

Esse resultado do aumento vegetativo nessas áreas pode estar relacionado às políticas públicas no que se refere a flora em um âmbito nacional. A Lei Federal N° 12.651 (Código Florestal), estabelece e determina medidas para Áreas de Proteção Permanente (em que essas se enquadram com a realidade observada), uma vez que as faixas marginais de qualquer curso d'água natural, perene e intermitente, desde a borda da calha do seu leito regular, pelo efeito da Lei, são obrigados a existir.



**Figura 7:** Recorte de área do mapa de cobertura vegetal do município de Mata Grande no ano de 2002.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.



**Figura 8:** Recorte de área do mapa de cobertura vegetal do município de Mata Grande no ano de 2022.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Segundo a Lei Federal N° 12.651, em seu Artigo 3°, Inciso II, determina Área de Preservação Permanente como: *área protegida, coberta por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.*

## CONCLUSÕES

Conforme as análises realizadas por meio dos resultados obtidos no trabalho, podemos observar a importância das geotecnologias como ferramenta de grande importância para trabalhar com temas geoambientais, trazendo eficiência nos resultados e mostrando em larga escala os possíveis problemas e soluções das áreas de estudo, principalmente aquelas que apresentam áreas de maior escala geográfica.

A análise dos resultados obtidos nas imagens, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, nos revela que a ocupação do território do semiárido, do sertão de Alagoas, trouxe danos aos recursos naturais (principalmente a vegetação), de forma predatória como forma de abranger áreas para a agricultura e pecuária.

Os resultados nos revelam que a perda de vegetação nativa de Caatinga ocasiona uma diminuição significativa na taxa de cobertura vegetal nativa, na Região Geográfica Imediata de Delmiro Gouveia, indicando que todos os sete municípios apresentam área vegetada inferior a 50% do seu território.

Os resultados obtidos por meio do NDVI e EVI, para os anos de 2002 e 2022, permitiram analisar e comparar a distribuição e o grau de vegetação das últimas duas décadas. A análise dos resultados possibilita observar o recuo de área de Caatinga e o avanço de atividades ligadas a agricultura e agropecuária nos últimos 20 anos.

Com isso, concluímos que as ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, são eficazes na análise de estudos geoambientais, possibilitando criar estratégias para solucionar problemas ambientais e auxiliar os tomadores de decisões na construção de políticas públicas que possam ser adotadas como forma de mitigar, remediar e prevenir que novas áreas de vegetação da Caatinga continuem perdendo seu território.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CENSO Demográfico: IBGE**, 2022.

IMA – Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas – IMA/AL. **IMAGEO**, 2022.

LOMBARDO, M. A.; CARVALHO, V. Análise preliminar das potencialidades das imagens Landsat para estudo de desertificação. São José dos Campos: **INPE**, 1979.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: **IBGE**, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 123p.



**INSTITUTO FEDERAL**  
Alagoas  
Campus Marechal Deodoro



**TECNOLOGIAS**  
*Ambientais*