



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE - ASSOCIAÇÃO PLENA EM REDE



ANTONIA ALIKAENE DE SÁ

COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO E USO DA
TERRA NO VALE DO CANINDÉ, SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

Teresina-PI

2026

ANTONIA ALIKAENE DE SÁ

**COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO E USO DA
TERRA NO VALE DO CANINDÉ, SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí, como requisito para obtenção do título de Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Relações Sociedade-Natureza e Sustentabilidade.

Orientador:

Prof. Dr. Francisco Soares Santos Filho

Coorientadora:

Profa. Dra. Maria Carolina de Abreu

Teresina-PI

2026

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal do Piauí. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade da autora, sendo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, as Patentes (Lei nº 9.279/1996) e os Direitos Autorais (Lei nº 9.610/1998). O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da respectiva ata, exceto as pesquisas vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e sua respectiva autora sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

FICHA CATALOGRÁFICA

Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Divisão de Representação da Informação

S111c Sá, Antonia Alikeane de
Composição florística e estrutura da vegetação e uso da terra no Vale do Canindé, semiárido do nordeste brasileiro / – Antonia Alikeane de Sá. – 2026.
178 f.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Associação Plena em Rede, Teresina, 2026.
“Orientador: Prof. Dr. Francisco Soares Santos Filho”.
“Coorientadora: Profa. Dra. Maria Carolina de Abreu”.

1. Biodiversidade. 2. Biodiversidade florística. 3. Caatinga e Cerrado. 4. Fitossociologia. 5. ICMS Ecológico. 6. Terra - Uso e Cobertura. I. Santos Filho, Francisco Soares. II. Abreu, Maria Carolina de.

CDD 574.5

Bibliotecária: Gisela Beatriz Costa Oliveira Carvalhêdo Lima CRB3/748

ANTONIA ALIKAENE DE SÁ

**COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO E USO DA
TERRA NO VALE DO CANINDÉ, SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí, como requisito à obtenção do título de Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Relações Sociedade-Natureza e Sustentabilidade.

Defendida em: 16 / 03 / 2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



FRANCISCO SOARES SANTOS FILHO

Data: 05/08/2026 14:52:07-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

_Prof. Dr. Francisco Soares Santos Filho (PRODEMA)
Presidente - Orientador

Documento assinado digitalmente



ELAINE APARECIDA DA SILVA

Data: 08/05/2026 14:06:35-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Elaine Aparecida da Silva (PRODEMA/UFPI)
Examinadora - Representante local do PRODEMA

Documento assinado digitalmente



REJANE MAGALHAES DE MENDONÇA PIMENTEL

Data: 08/05/2026 08:03:11-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel (UFRPE)
Examinadora – Representante da Rede PRODEMA

Simon Mayo

Prof. Dr. Simon Joseph Mayo (Kew)
Examinador – Representante de instituição externa a Rede PRODEMA

Documento assinado digitalmente



EDUARDO BEZERRA DE ALMEIDA JUNIOR

Data: 08/05/2026 10:30:36-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eduardo Bezerra de Almeida Junior (UFMA)
Examinador – Representante de instituição externa a Rede PRODEMA

Dedico esta tese aos meus maiores tesouros: minhas filhas, meu pai, minha mãe e meu esposo.

Assim como as flores da Caatinga e do Cerrado, que resistem ao período seco, florescem após longas esperas e transformam adversidade em beleza, esta caminhada exigiu ausências e desafios. O tempo que precisei lhes dedicar de forma reduzida foi semeado com a esperança de que todo esse esforço se converta em frutos compartilhados, colhidos por nós, como resultado de todo o caminho percorrido.

AGRADECIMENTOS

Gratidão e emoção definem este momento tão especial da minha vida. Esta conquista representa muito mais do que um título acadêmico; é a materialização de um caminho que, em outros tempos, eu sequer imaginava percorrer. Essa formação acadêmica fortaleceu minha fé em mim mesma e reafirmou que a vontade, quando aliada à determinação, possui um imenso poder transformador.

Início meus agradecimentos a Deus, cuja presença constante me sustentou ao longo de toda esta trajetória, fortalecendo minha fé, iluminando escolhas e renovando a coragem nos momentos de incerteza.

À Universidade Federal do Piauí (UFPI) e ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente em Rede (PRODEMA/UFPI), pela oportunidade de realização desta formação em uma universidade pública comprometida com a produção do conhecimento científico. Aos servidores do PRODEMA/UFPI, pelo suporte administrativo e acadêmico prestado ao longo dos quatro anos de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu estimável orientador, Prof. Dr. Francisco Soares Santos Filho, expresso minha mais profunda gratidão. Sua condução acadêmica rigorosa, sensível e sempre presente foi decisiva para a construção desta tese. Com atenção, agilidade e extremo zelo, leu e orientou cada versão do trabalho, despertando em mim o interesse pela Botânica e ensinando-me a fazer ciência com segurança, criticidade e confiança. Mais do que orientador, foi um verdadeiro mestre e amigo, cuja humanidade e sabedoria marcaram profundamente minha formação.

À minha estimável coorientadora, Profa. Dra. Maria Carolina de Abreu, agradeço pela dedicação, generosidade e rigor científico. Mulher forte e inspiradora, que também despertou em mim o interesse pela Botânica e mostrou os caminhos da sistemática vegetal. Professora atenta e cuidadosa, que não oferece respostas prontas, mas lê cada parágrafo com rigor, questiona, orienta e ensina com propriedade. Sua orientação, pautada no questionamento e na reflexão, foi essencial para meu amadurecimento acadêmico e para minha formação científica.

À Banca Examinadora, Prof. Dr. Simon Mayo, Profa. Dra. Rejane Magalhães, Profa. Dra. Elaine Aparecida e Prof. Dr. Eduardo Almeida Jr., agradeço pelas valiosas contribuições, críticas construtivas e sugestões que enriqueceram este trabalho.

Aos professores do PRODEMA/UFPI, em especial às Profas. Dras. Roseli Barros, Elaine Aparecida, Ivanilza Moreira, Giovanna Espíndola, Prof. Dr. Wedson Medeiros, e a todos os demais docentes, meu sincero agradecimento pela contribuição à minha formação acadêmica e científica.

Aos especialistas que colaboraram significativamente para a identificação botânica das espécies, em especial ao Prof. Dr. Vinícius Souza; às Profas. Dras. Lúcia Lohmann e Annelize Frazão (Bignoniaceae); aos Profs. Drs. Gustavo Shimizu (Vochysiaceae), Guilherme Silva e Davi Machado (Fabaceae).

À Profa. Dra. Gardene Sousa, curadora do Herbário Graziela Barroso (TEPB), e à Profa. Dra. Ivanilza Moreira, curadora do Herbário Delta do Parnaíba (HDELTA), pelo apoio no armazenamento do material botânico coletado; e à Profa. Dra. Melissa Oda, pela parceria na análise estatística de parte dos resultados desta tese.

Às equipes de campo, em especial a Davi Leal, Romário Silva, Mirna Andrade, e aos biólogos Kairo Michel e Gustavo Sousa, agradeço pelo empenho, companheirismo e dedicação fundamentais para a execução deste estudo.

Aos colegas de pós-graduação, especialmente Rhuanna Brandão, Giovanna Souza, Luan Brandão, Adriana Galvão, Maralí Silva, Sara Zilanda e Vanessa Coelho, agradeço pela convivência, pelas trocas e pelo apoio mútuo ao longo desta caminhada.

À minha família, agradeço pelo apoio incondicional. Ao meu esposo, Manoel Luís, pela compreensão, incentivo constante e presença. Às minhas filhas, Mirella Maria e Manuella Barros, pela paciência, apoio e participação direta nesta trajetória. Aos meus pais, Manuel Amâncio e Maria Rosália, pelo orgulho e incentivo permanentes. Às minhas irmãs Marlene Sá e Eliene Sá, aos meus irmãos Marcelo Sá, Paulo César e Amâncio Sá, à minha enteada Gabryella Barros e a seu esposo Matheus Passos, pelo carinho, incentivo e apoio constantes.

Por fim, agradeço às minhas amigas, amigos, colegas de trabalho, aos meus alunos do Premen – Sul Teresina, e a todos que torceram, acreditaram e caminharam comigo até aqui.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”

Martin Luther King.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

REFERENCIAL TEÓRICO

Lista de figuras

- Figura 1** – Mapa de localização geográfica do Território de Desenvolvimento Vale do Canindé, no Piauí, com seus Agrupamentos de Municípios (AG-16 e AG-17) 26
- Figura 2** – Mapa do Piauí destacando a localização do Território de Desenvolvimento Vale do Canindé com destaque para os Biomas Cerrado e Caatinga..... 29
- Figura 3** - Registros fotográficos representativos das fitofisionomias da área de estudo: a) Cerrado em Tanque do Piauí, b) Caatinga em Simplício Mendes e c) área de ecótono em São João da Varjota, Vale do Canindé.....30

Lista de tabelas

- Tabela 1** – Principais contribuições científicas de estudos sobre florística e fitossociologia em áreas de Caatinga no Piauí 32–33
- Tabela 2** – Principais contribuições científicas para a florística e fitossociologia em áreas de Cerrado no Piauí 34-35
- Tabela 3** – Principais contribuições científicas de estudos florísticos e fitossociológicos em áreas ecotonais no Piauí 37-38

Lista de quadros

- Quadro 1** – Principais atividades econômicas desenvolvidas no Território de Desenvolvimento Vale do Canindé (PI), com destaque para os municípios da área de estudo..... 27

ARTIGO I

Lista de figuras

- Figura 1** – Mapa da localização geográfica da área de estudo 63
- Figura 2** – Dendrograma de similaridade florística obtido por meio do UPGMA nas áreas de estudo. Área I - Tanque do Piauí (TP), Área II - Cajazeiras do Piauí (CP), Área III - Oeiras (Oe), Área IV - São João da Varjota (SJV), Área V - Wall Ferraz (WF) e Área VI - Simplício Mendes (SM).....75
- Figura 3** – Diagrama de Venn das áreas de amostragem (Tanque do Piauí (TP), Cajazeiras do Piauí (CP), Oeiras (O), São João da Varjota (SJV), Wall Ferraz (WF) e Simplício Mendes (SM).....76
- Figura 4** - Diagrama de Venn ilustrando o compartilhamento de espécies entre quatro das seis áreas de amostragem Vale do Canindé, Piauí, Brasil: Áreas I - Tanque do Piauí (TP)

(Cerrado); Áreas II - Cajazeiras do Piauí (CP), III - Oeiras (O), IV - São João da Varjota (SJV) Ecótono Cerrado-Caatinga indicando O e SJV com maior compartilhamento de espécies.....78

Figura 5 - Diagrama de Venn ilustrando o compartilhamento de espécies entre quatro das seis áreas de amostragem no Vale do Canindé, Piauí, Brasil: Área I – Tanque do Piauí (TP), Cerrado e Áreas II – Cajazeiras do Piauí (CP), Ecótono, V – Wall Ferraz (WF) e VI – Simplício Mendes (SM), Caatinga, evidenciando as áreas WF e SM com maior similaridade florística dentro desse conjunto.....79

Lista de tabelas

Tabela 1 – Lista florística das espécies registradas em seis municípios do Território de Desenvolvimento Vale do Canindé, Piauí.....67

ARTIGO II

Lista de figuras

Figura 1 – Localização geográfica da área de estudo no Território Vale do Canindé, no Piauí.....92

Figura 2 – Intervalos de confiança (95%) da altura da planta (m) para os seis municípios, por fisionomia (Cerrado, Caatinga e Ecótono). As barras verticais representam o IC95% da média; sobreposição indica igualdade estatística ao nível de 5%. Abreviações: CP = Cajazeiras do Piauí; TP = Tanque do Piauí; Oe = Oeiras; SJV = São João da Varjota; SM = Simplício Mendes; WF = Wall Ferraz).....97

Figura 3 – Distribuição em classes de diâmetro do caule (cm) dos componentes vegetais nos seis municípios, evidenciando o padrão “J” invertido. Abreviações conforme a Figura 2.....98

Figura 4 – Intervalos de confiança (95%) do diâmetro altura ao nível do solo (cm) nos seis municípios. Barras = IC95%; sobreposição indica igualdade estatística ($p < 0,05$). Abreviações conforme a Figura 2.....98

Figura 5 – Similaridade florística entre as áreas amostradas no Território Vale do Canindé, Piauí, obtida pelo método de agrupamento UPGMA com base no índice de Jaccard. A distância representada no eixo horizontal corresponde a $1 - J$, em que valores menores indicam maior similaridade florística. As linhas corresponderam aos municípios amostrados e as colunas às espécies registradas. As áreas analisadas incluem São João da Varjota (SJV), Wall Ferraz (WF), Cajazeiras do Piauí (CP), Oeiras (Oe), Simplício Mendes (SM) e Tanque do Piauí (TP).....99

Figura 6 – Caracterização físico-ambiental do Território Vale do Canindé, Piauí,

evidenciando a variação altitudinal, a classificação climática de Köppen-Geiger e as classes de solos nos municípios que compõem a região, com destaque para os municípios de pesquisa..... 100

Lista de tabelas

Tabela 1 - Caracterização das áreas amostrais no Vale do Canindé, no Piauí, Brasil.....93

Tabela 2 – Riqueza, diversidade e densidade das áreas amostradas no Território Vale do Canindé, Piauí..... 96

ARTIGO III

Lista de figuras

Figura 1 – Mapa da localização geográfica da área de estudo 131

Figura 2 – Comparativo das mudanças em áreas de agropecuária e florestas (ha) nos municípios do Território Vale do Canindé, Piauí, entre 2016 e 2023 135

Figura 3 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra entre 2016 – 2023 no Cerrado em Tanque do Piauí..... 135

Figura 4 – Dinâmica do agronegócio no município de Tanque do Piauí: **a)** Calcário para aplicação no solo; **b)** área em fase de preparo para o plantio de soja; **c)** área em estágio final, pronta para a colheita..... 136

Figura 5 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra entre 2016 – 2023 nas áreas de Caatinga em Simplício Mendes e Wall Ferraz, Piauí..... 137

Figura 6 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra entre 2016 – 2023 em área com vegetação de ecótono Caatinga-Cerrado em Cajazeiras do Piauí, Oeiras e São João da Varjota, Piauí..... 139

Figura 7 – Áreas com vegetação aberta e solo exposto com presença de processos erosivos em Cajazeiras do Piauí (a, b) e Oeiras (c) em áreas de ecótono Caatinga/Cerrado; Wall Ferraz (d) na Caatinga; e, Simplício Mendes com vegetação aberta (e) e processo erosivo (f).....140

Lista de tabelas

Tabela 1 – Mudanças no Uso e Cobertura da Terra (2016–2023) em seis municípios do Vale do Canindé, PI. Veg. Herb. e Arb.=Vegetação Herbácea e Arbustiva.....133

Tabela 2 – Análise integrada das mudanças de Uso e Cobertura da Terra para as classes agropecuária e floresta com dados socioeconômicos.....141

Tabela 3 – Matriz de correlação de Pearson..... 141

ARTIGO IV

Lista de figuras

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo no Vale do Canindé, Piauí.....	153
Figura 2 – Distribuição percentual dos tipos de certificação de Selo Ambiental entre os municípios analisados, no período de 2021 a 2024.....	157
Figura 3 – Evolução do número de itens ambientais atendidos por município (2021-2024).....	157
Figura 4 – Análise de regressão linear da pontuação ambiental municipal (2021-2024).....	159
Figura 5 – Dendrograma da análise de cluster hierárquico das ações desenvolvidas pelos municípios ao longo dos anos, com base na similaridade entre as ações.....	160

Lista de tabelas

Tabela 1 – Caracterização dos municípios selecionados para estudo no Vale do Canindé, Piauí.....	153
Tabela 2 – Desempenho consolidado dos municípios na obtenção do Selo Ambiental (2021–2024).....	154-155
Tabela 3 - Frequência dos subitens da política ambiental do ICMS Ecológico nos municípios analisados (2021–2024)	158

Lista de Quadros

Quadro 1 - Critérios de avaliação ambiental municipal e respectivos subitens.....	153
--	-----

Sumário

RESUMO GERAL	16
1. INTRODUÇÃO.....	20
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	24
2.1 Território de Desenvolvimento Vale do Canindé	24
2.2 Caracterização da vegetação	28
2.2.1 Caatinga.....	31
2.2.2 Cerrado.....	33
2.2.3 Ecótono (Cerrado-Caatinga)	35
2.3 Crescimento econômico e perda da biodiversidade	38
2.4 Uso e Cobertura da Terra.....	40
2.5 Caracterização do ICMS ecológico	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
ARTIGO I	58
FLORÍSTICA NA INTERFACE CAATINGA-CERRADO, VALE DO CANINDÉ, PIAUÍ.....	59
RESUMO.....	59
1. INTRODUÇÃO.....	61
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	62
2.1 Área de estudo.....	62
2.2 Áreas amostrais	63
2.3 Levantamento florístico	65
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
3.1 Composição florística	66
3.2 Análise de similaridade florística	74
4. CONCLUSÃO	80
REFERÊNCIAS	81
ARTIGO II.....	87
GRADIENTES AMBIENTAIS COMO DETERMINANTES DA ESTRUTURAL DA COMUNIDADE LENHOSA NA TRANSIÇÃO CERRADO–CAATINGA NO NORDESTE DO BRASIL.....	87
RESUMO.....	88
1. INTRODUÇÃO.....	90
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	92
2.1 Área de estudo.....	92
2.2 Delineamento amostral e coleta de dados.....	93

2.3 Processamento e análise dos dados	94
2.4 Identificação botânica	95
3 RESULTADOS	95
3.1 Composição florística e diversidade.....	95
3.2 Estrutura fitossociológica.....	96
3.3 Estrutura vertical e diamétrica	97
3.4 Similaridade florística	99
3.5 Gradientes ambientais: relevo, clima e solos.....	99
4. DISCUSSÃO	101
5. CONCLUSÃO	104
MATERIAL SUPLEMENTAR	105
REFERÊNCIAS	105
APÊNDICE A	110
APÊNDICE B.....	115
ARTIGO III	124
DINÂMICA DO USO, COBERTURA DA TERRA E SEUS DETERMINANTES ECONÔMICOS NO VALE DO CANINDÉ, PIAUÍ, BRASIL.....	125
RESUMO.....	125
1. INTRODUÇÃO	128
2. REFERENCIAL TEÓRICO	129
3. METODOLOGIA.....	130
3.1 Área de estudo.....	130
3.2. Análise de Uso e Cobertura da Terra (LULC)	131
3.3 Análise dos dados.....	133
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	133
5 CONCLUSÃO.....	142
REFERÊNCIAS	143
ARTIGO IV	148
IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS E SERVIÇOS (ICMS) ECOLÓGICO NO PIAUÍ: ENTRE A CONFORMIDADE LEGAL E A MELHORIA AMBIENTAL.....	149
RESUMO.....	149
1. INTRODUÇÃO	151
2. MATERIAIS E MÉTODOS	152
2.1 Área de estudo	152
2.2 Coleta e análise de dados	154

3. RESULTADOS	155
4. DISCUSSÃO.....	160
5. CONCLUSÃO	163
REFERÊNCIAS	164
APÊNDICE A	166
APÊNDICE B.....	170
CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE.....	172
ANEXO I - Autorização para atividades com finalidade científica.....	175

RESUMO GERAL

COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO E USO DA TERRA NO VALE DO CANINDÉ, SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

Autor: Antonia Alikaene de Sá

Orientador: Prof. Dr. Francisco Soares Santos Filho

Coorientadora: Profa. Dra. Maria Carolina de Abreu

Programa de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente

Teresina-PI, março de 2026.

A Caatinga e o Cerrado constituem ecorregiões de alta relevância ecológica no Brasil e, no semiárido nordestino, estruturam mosaicos vegetacionais complexos, especialmente em áreas de transição (ecótonos). Apesar de sua importância biológica, esses sistemas vêm sendo intensamente pressionados pela expansão agropecuária e pelo uso intensivo dos recursos naturais, resultando na redução da vegetação nativa e da biodiversidade. Este estudo teve como objetivo avaliar a diversidade e a estrutura da flora fanerogâmica, as dinâmicas de Uso e Cobertura da Terra e a eficácia da política de gestão ambiental do ICMS Ecológico no Território Vale do Canindé, Piauí. O estudo foi realizado nos municípios de Tanque do Piauí, Cajazeiras do Piauí, Oeiras, São João da Varjota, Simplício Mendes e Wall Ferraz, representativos de áreas de Cerrado, Caatinga e ecótono entre estes. Entre 2022 e 2024, foram conduzidas expedições de campo para levantamento florístico por meio de caminhadas aleatórias e amostragem fitossociológica pelo método de pontos-quadrantes. As espécies coletadas foram herborizadas e identificadas com base em chaves taxonômicas, comparação com coleções de herbários e consulta a especialistas. A classificação seguiu o sistema APG IV, com conferência nomenclatural e do status de conservação na plataforma Flora e Funga do Brasil. As mudanças no Uso e Cobertura da Terra foram avaliadas a partir de dados do MapBiomas (Coleção 2 – beta), comparando-se os anos de 2016 e 2023, e relacionadas a indicadores socioeconômicos do IBGE. A análise da efetividade do ICMS Ecológico baseou-se na documentação referente ao Selo Ambiental da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), no período de 2021 a 2024, com apoio em análises estatísticas. Para a florística foram registradas 151 espécies, distribuídas em 44 famílias e 112 gêneros, com predominância de Fabaceae, Bignoniaceae, Malpighiaceae e Malvaceae. Os gêneros mais representativos foram *Cordia*, *Cenostigma*, *Mimosa* e *Fridericia*. O município de Oeiras apresentou maior diversidade florística e incluiu a espécie rara *Bredemeyera petiolata*, além de novos registros no estado do Piauí e de espécies quase ameaçadas, como *Handroanthus serratifolius* e *Amburana cearensis*. A análise de similaridade indicou compartilhamento e exclusividade de espécies entre os municípios, destacando maior afinidade florística entre Oeiras e São João da Varjota, e caráter ecotonal de Cajazeiras do Piauí. Na análise estrutural, foram registrados 129 táxons, distribuídos em 87 gêneros e 31 famílias, sendo Fabaceae a mais representativa. As áreas de ecótono apresentaram maiores índices de diversidade, especialmente Oeiras ($H' = 3,51$) e São João da Varjota ($H' = 3,06$). As espécies com maior valor de importância variaram conforme a fitofisionomia, destacando-se *Pityrocarpa moniliformis* no Cerrado, *Cenostigma nordestinum* e *Callisthene microphylla* na Caatinga. *Combretum leprosum* foi a espécie mais abundante, indicando estágios sucessionais intermediários. A distribuição diamétrica em padrão “J” invertido sugere regeneração ativa, embora sob influência de perturbações antrópicas. A análise espacial mostrou redução generalizada da vegetação nativa e expansão da agropecuária, com maior expressão em Tanque do Piauí (+59,82%) e São João da Varjota (+35,13%), associadas à dependência econômica

do setor primário. Os resultados do ICMS Ecológico indicaram que, apesar do desempenho formal elevado, o Selo ambiental tem sido utilizado predominantemente como instrumento de adequação administrativa, sem garantir avanços estruturais significativos na gestão ambiental. Assim, este estudo integra dados florísticos, estruturais, espaciais e institucionais, ampliando o conhecimento sobre a biodiversidade da Caatinga e do Cerrado no Vale do Canindé. Demonstra que a dinâmica de uso da terra está associada a fatores socioeconômicos e à redução da vegetação nativa, enquanto o ICMS Ecológico atua como mecanismo de indução administrativa com efetividade ambiental limitada. Os dados fornecem subsídios técnicos para o aprimoramento de políticas públicas, destacando a necessidade de fortalecer ações estruturais e integrar conservação, uso da terra e instrumentos econômicos no território.

Palavras-chave: Biodiversidade florística; Caatinga; Cerrado; Fitossociologia; ICMS Ecológico; Uso e Cobertura da Terra.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis; 12 - Consumo e Produção Responsáveis; 15 - Vida Terrestre; 16 - Paz, Justiça e Instituições Eficazes; 17 - Parcerias e Meios de Implementação.

GENERAL ABSTRACT

FLORISTIC COMPOSITION, VEGETATION STRUCTURE, AND LAND USE IN THE CANINDÉ VALLEY, SEMI-ARID NORTHEASTERN BRAZIL

Author: Antonia Alikaene de Sá

Advisor: Prof. Dr. Francisco Soares Santos Filho

Co-advisor: Prof. Dra. Maria Carolina de Abreu

Doctoral Program in Development and Environment

Teresina-PI, March 2026.

The Caatinga and the Cerrado constitute ecoregions of high ecological relevance in Brazil and, in the northeastern semi-arid region, structure complex vegetation mosaics, especially in transitional areas (ecotones). Despite their biological importance, these systems have been intensely pressured by agricultural expansion and the intensive use of natural resources, resulting in the reduction of native vegetation and biodiversity. This study aimed to evaluate the diversity and structure of phanerogamic flora, land use and land cover dynamics, and the effectiveness of the environmental management policy of the Ecological ICMS in the Vale do Canindé Territory, Piauí. The study was conducted in the municipalities of Tanque do Piauí, Cajazeiras do Piauí, Oeiras, São João da Varjota, Simplício Mendes, and Wall Ferraz, representing Cerrado, Caatinga, and ecotonal areas. Between 2022 and 2024, field expeditions were conducted for floristic survey through random walks and phytosociological sampling using the point-centered quarter method. The collected species were herborized and identified based on taxonomic keys, comparison with herbarium collections, and consultation with specialists. The classification followed the APG IV system, with nomenclatural verification and conservation status checked on the Flora and Funga of Brazil platform. Changes in Land Use and Land Cover were evaluated based on MapBiomas data (Collection 2 – beta), comparing the years 2016 and 2023, and related to socioeconomic indicators from IBGE. The analysis of the effectiveness of the Ecological ICMS was based on documentation referring to the Environmental Seal of the State Secretariat for Environment and Water Resources (SEMARH), in the period from 2021 to 2024, supported by statistical analyses. For the floristics, 151 species were recorded, distributed in 44 families and 112 genera, with predominance of Fabaceae, Bignoniaceae, Malpighiaceae, and Malvaceae. The most representative genera were *Cordia*, *Cenostigma*, *Mimosa*, and *Fridericia*. The municipality of Oeiras presented greater floristic diversity and included the rare species *Bredemeyera petiolata*, in addition to new records in the state of Piauí and near-threatened species, such as *Handroanthus serratifolius* and *Amburana cearensis*. The similarity analysis indicated sharing and exclusivity of species among the municipalities, highlighting greater floristic affinity between Oeiras and São João da Varjota, and the ecotonal character of Cajazeiras do Piauí. In the structural analysis, 129 taxa were recorded, distributed in 87 genera and 31 families, with Fabaceae being the most representative. The ecotone areas presented higher diversity indices, especially Oeiras ($H' = 3.51$) and São João da Varjota ($H' = 3.06$). The species with the highest importance value varied according to the phytophysiology, highlighting *Pityrocarpa moniliformis* in the Cerrado, *Cenostigma nordestinum* and *Callisthene microphylla* in the Caatinga. *Combretum leprosum* was the most abundant species, indicating intermediate successional stages. The diameter distribution in an inverted “J” pattern suggests active regeneration, although under the influence of anthropogenic disturbances. The spatial analysis showed a generalized reduction of native vegetation and expansion of

agriculture, with greater expression in Tanque do Piauí (+59.82%) and São João da Varjota (+35.13%), associated with economic dependence on the primary sector. The results of the Ecological ICMS indicated that despite high formal performance, there was a concentration of lower-complexity actions, with low incidence of structural measures and limitations in environmental effectiveness. Thus, this study integrates floristic, structural, spatial, and institutional data, expanding knowledge on the biodiversity of the Caatinga and Cerrado in the Vale do Canindé. It demonstrates that land-use dynamics are associated with socioeconomic factors and the reduction of native vegetation, while the Ecological ICMS acts as an administrative inducement mechanism with limited environmental effectiveness. The data provide technical support for improving public policies, highlighting the need to strengthen structural actions and integrate conservation, land use, and economic instruments in the territory.

Keywords: Caatinga; Cerrado; Ecological ICMS; Floristic biodiversity; Land Use and Land Cover; Phytosociology.

Sustainable Development Goals: 11 – Sustainable Cities and Communities; 12 – Responsible Consumption and Production; 15 – Life on Land; 16 – Peace, Justice and Strong Institutions; 17 – Partnerships for the Goals.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, com mais de 37 mil espécies de angiospermas (Flora e Funga do Brasil, 2026), é um dos países com maior biodiversidade do planeta. Essa rica diversidade se manifesta em diferentes domínios fitogeográficos — Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampas e Pantanal, cada um com características únicas de flora e paisagem (Rizzini, 1997). Essa variação está fortemente associada a diferenças geográficas, climáticas e geomorfológicas (Teixeira *et al.*, 2021).

A apreciação científica desse patrimônio natural remonta ao século XVI, com os primeiros registros de viajantes europeus (Souza *et al.*, 2024). Contudo, foi durante o século XIX que o estudo da flora e da fauna brasileiras experimentou um avanço significativo, impulsionado por expedições científicas sistemáticas lideradas por naturalistas renomados, como Gardner, Humboldt, Langsdorff, Saint-Hilaire e Martius (Becher, 1997; Rizzini, 1997; Kury, 2001). Tais expedições, marcadas por um compromisso com o avanço da ciência, foram cruciais para a geração de dados primários sobre a flora local e para a elucidação de padrões biogeográficos. O legado de Martius, por exemplo, materializado no primeiro mapa fitogeográfico do Brasil e na monumental obra *Flora Brasiliensis* (Martius, 1896), permanece como referência para a botânica contemporânea.

Apesar da relevância histórica e biológica, os ecossistemas brasileiros enfrentam ameaças crescentes. A Caatinga e o Cerrado, em particular, figuram como ecorregiões altamente vulneráveis, caracterizadas por elevadas taxas de conversão de habitat e por insuficiente representatividade em unidades de conservação (Hoekstra *et al.*, 2005). Além de suas características intrínsecas, a Caatinga e o Cerrado são intensamente modificados pela ação antrópica (Beuchle *et al.*, 2015). Ambos estão submetidos a pressões decorrentes do atual modelo de crescimento econômico, que se manifestam na Caatinga por meio da pecuária intensiva, da exploração de lenha, do sobrepastejo e da densidade populacional rural (Ribeiro *et al.*, 2015) e, no Cerrado, pela expansão da fronteira agrícola, notadamente a agricultura industrial (Lahsen *et al.*, 2016). Essa dinâmica de uso, ocupação e exploração dos recursos naturais é exacerbada pela falta de incentivos direcionados à pesquisa e à conservação, o que culmina em impactos significativos sobre a biodiversidade (Overbeck *et al.*, 2018).

Diante deste cenário, aprofundar o conhecimento sobre a diversidade de plantas brasileiras torna-se essencial para subsidiar ações de conservação eficazes (Silva; Araújo; Ledru, 2024). Nesse sentido, estudos com abordagem florística e fitossociológica são

ferramentas fundamentais, pois não apenas ampliam o conhecimento sobre a distribuição e a riqueza de espécies, mas também permitem determinar seus padrões de abundância e as relações ecológicas com os fatores ambientais em comunidades vegetais (Coelho *et al.*, 2017; Lima; Almeida Júnior, 2018; Moraes; Cordeiro; Figueiredo, 2019).

Paralelamente aos estudos de campo, a análise de Uso e Cobertura da Terra é necessária para compreender a escala das transformações em curso. A vegetação florestal, que desempenha funções ecossistêmicas essenciais em múltiplas escalas espaciais, tornou-se a principal área de incidência dos impactos do crescimento econômico (He *et al.*, 2020). Nesse contexto, o projeto MapBiomas emerge como uma ferramenta importante para a análise do Uso e Cobertura da Terra (LULC, da sigla em inglês *Land Use and Land Cover*), gerando contribuições relevantes para o planejamento agrícola e os estudos ambientais (Stamford *et al.*, 2023). Por sua vez, no âmbito das políticas ambientais, o ICMS Ecológico (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) apresenta-se como um mecanismo fiscal destinado a incentivar os municípios brasileiros a adotarem práticas de gestão sustentável (Rocha *et al.*, 2020). Ao redistribuir uma parcela da arrecadação do imposto, o Estado recompensa os municípios que demonstram avanços na gestão ambiental e na proteção da biodiversidade (Sardinha; Messias; Leonetti, 2024).

O estado do Piauí, localizado no centro dessas discussões, apresenta cobertura vegetal caracterizada por domínios do Cerrado e da Caatinga, além de extensas áreas de transição ecotonal (CEPRO, 2019). No Cerrado piauiense, a diversidade fisionômica abrange desde formações abertas até florestais, cujas estruturas e composições variam conforme as condições edafoclimáticas (Ribeiro; Walter, 2008). A Caatinga é marcada pela predominância de espécies xerófitas, com um estrato arbóreo de 5 a 7 metros em solos profundos, ou como vegetação arbórea aberta e ciliar ao longo dos cursos d'água (Andrade-Lima, 1981).

A gestão territorial do Piauí é organizada em doze Territórios de Desenvolvimento, instituídos pela Lei Complementar nº 87/2007, que estabelece o Planejamento Participativo Territorial como diretriz para o desenvolvimento sustentável (Piauí, 2007). O "território" é aqui compreendido não apenas como um recorte geográfico, mas como uma construção social dinâmica, mutante e contraditória, resultante de múltiplos processos de apropriação do espaço por diferentes atores em sua interação com o meio (Schweitzer *et al.*, 2020).

O Território de Desenvolvimento Vale do Canindé, localizado no estado do Piauí, apresenta diversidade de relevo (IBGE, 2019), solo (IBGE, 2018; 2019), clima (Alvares,

2013) e vegetação (Castro, 2007). Essa heterogeneidade ambiental reforça sua importância como área estratégica para investigação científica. Entretanto, a evidente escassez de estudos sobre a flora regional constitui uma lacuna significativa, limitando a compreensão dos processos ecológicos e dificultando a implementação de estratégias eficazes de manejo ambiental.

Diante desse contexto, este estudo busca responder às seguintes questões:

- a) As áreas estudadas nos municípios do Território de Desenvolvimento Vale do Canindé apresentam identidade florística?
- b) De que maneira a estrutura da vegetação se distribui nos seis municípios do Vale do Canindé, considerando a transição entre Caatinga e Cerrado?
- c) Como o uso e a cobertura da terra se modificaram entre 2016 e 2023 nos municípios selecionados do Vale do Canindé e qual a relação dessas mudanças com as atividades econômicas predominantes?
- d) Em que medida a obtenção do selo ICMS Ecológico pelos municípios do Vale Canindé estimulou a adoção de práticas de gestão ambiental mais sustentáveis, e quais os principais desafios e oportunidades identificados nesse processo?

As questões levantadas nos levam a considerar as seguintes hipóteses:

- a) A vegetação das diferentes áreas estudadas no Vale do Canindé apresenta alta diversidade de espécies principalmente pela presença de fitofisionomias de Caatinga e Cerrado.
- b) A estrutura e a composição das comunidades lenhosas variam ao longo do gradiente fitofisionômico Cerrado–Caatinga, refletindo a influência conjunta da altitude, das variações climáticas, das condições edáficas, bem como do histórico de uso da terra.
- c) A expansão da agropecuária nos últimos sete anos constitui o principal fator das mudanças no Uso e Cobertura da Terra, agravando a degradação dos solos e a vulnerabilidade ambiental inerente à região semiárida do Vale do Canindé.
- d) A obtenção do selo ICMS Ecológico em parte dos municípios do Vale do Canindé contribuiu para a melhoria das práticas de gestão ambiental, impulsionada pela necessidade de atender aos critérios de avaliação bem como pela disponibilidade de recursos financeiros.

Com a finalidade de responder às questões e hipóteses levantadas, apresentam-se os seguintes objetivos:

Objetivo geral

- ✓ Avaliar a diversidade e a estrutura da flora fanerogâmica, as dinâmicas de Uso e Cobertura da Terra e a eficácia da política de gestão ambiental do ICMS Ecológico no Território Vale do Canindé, Piauí.

Objetivos específicos

- ✓ Analisar a composição e a similaridade florística em áreas de Cerrado, Caatinga e ecótono no Vale do Canindé, para compreender os padrões de distribuição da biodiversidade vegetal na região
- ✓ Analisar a composição e a estrutura da comunidade vegetal em seis municípios do Vale do Canindé quanto aos padrões de variação entre os tipos vegetacionais e aos fatores ambientais associados.
- ✓ Identificar as transformações espaciais e seus determinantes econômicos no semiárido piauiense para o debate sobre estratégias de desenvolvimento sustentável.
- ✓ Analisar o desempenho institucional do ICMS ecológico e seus limites como instrumento indutor de efetividade ambiental de seis municípios do Território Vale do Canindé (PI), no período de 2021 a 2024, quanto aos fatores e às estruturas de ação relacionados à implementação dos critérios legais

Esta tese, de caráter interdisciplinar, tem os resultados estruturados em quatro artigos científicos, a partir de três eixos empíricos integrados: (i) a evidência ecológica, baseada em análises florísticas, fitossociológicas e na caracterização de ecótonos; (ii) a evidência espacial-temporal, fundamentada na avaliação das dinâmicas de Uso e Cobertura da Terra por meio de dados do projeto MapBiomas; e (iii) a evidência institucional, centrada na análise da política pública do ICMS Ecológico. Cada artigo corresponde a um dos objetivos específicos da pesquisa e aborda, de forma complementar, diferentes dimensões do Território de Desenvolvimento Vale do Canindé.

O Artigo I analisa a diversidade e a distribuição da flora fanerogâmica, investigando a composição e a similaridade florística entre seis municípios do território, abrangendo áreas de Cerrado, Caatinga e suas zonas de transição. O Artigo II examina a estrutura da vegetação como indicador ecológico em áreas de ecótono Cerrado–Caatinga, buscando identificar padrões de variação espacial e os fatores ambientais associados. O Artigo III aborda a evolução do uso e da cobertura da terra e de seus determinantes econômicos, analisando as transformações da paisagem e sua relação com as atividades econômicas predominantes na região. E, o Artigo IV avalia a efetividade da política do

ICMS Ecológico, identificando os fatores institucionais que facilitam ou limitam a implementação dos critérios previstos na legislação ambiental do estado do Piauí.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A complexa dinâmica do mundo contemporâneo requer reflexões plurais oriundas de diferentes campos científicos, capazes de superar as barreiras impostas pela fragmentação do saber (Campos *et al.*, 2018). Nessa direção, Morin (2005) critica a compartimentalização da ciência moderna e defende a necessidade de religar os conhecimentos, contextualizando-os e articulando-os ao conjunto. Para Morin (2005), compreender o indivíduo e a sociedade exige ultrapassar a disjunção disciplinar, reconhecendo a interdependência entre as diversas dimensões do real e assumindo uma ciência consciente de seus limites e responsabilidades.

Nesse contexto, considerando que o Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente tem como propósito produzir e socializar conhecimentos na área de Ciências Ambientais a partir de uma abordagem interdisciplinar voltada à compreensão e ao enfrentamento dos problemas ambientais contemporâneos, esta tese adota uma perspectiva integradora. O estudo dialoga com diferentes áreas do conhecimento, como Ecologia, Botânica, Economia e Geografia, reconhecendo a complexidade das interações entre os sistemas naturais e sociais. Assim, o estado da arte da pesquisa está organizado em tópicos temáticos distintos, porém articulados entre si, em consonância com o referencial teórico que fundamenta a investigação.

2.1 Território de Desenvolvimento Vale do Canindé

O planejamento territorial configura-se como uma inovação nos processos de formulação e de gestão de políticas públicas (Pereira; Nascimento; Rodrigues, 2017). Nessa perspectiva, o Estado do Piauí adota os chamados Territórios de Desenvolvimento como unidades estruturantes de uma Política de Estado, instituída pela Lei Complementar nº 87, de 22 de agosto de 2007, que “estabelece o Planejamento Participativo Territorial para o Desenvolvimento Sustentável do Estado do Piauí” (Piauí, 2007). Os Territórios de Desenvolvimento Sustentável representam unidades de planejamento da ação governamental com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável, reduzir desigualdades regionais e melhorar a qualidade de vida da população, por meio da

democratização dos programas e ações e da regionalização do orçamento (Piauí, 2007; Pereira; Nascimento; Rodrigues, 2017).

Para fins de planejamento governamental, foram definidos 28 Aglomerados e 12 Territórios de Desenvolvimento, organizados em quatro macrorregiões, conforme atualização da Lei nº 6.967/2017 (Piauí, 2017). A delimitação desses territórios considerou aspectos como características ambientais, vocações produtivas, dinâmicas regionais, relações culturais, sociais e econômicas entre os municípios, a divisão político-administrativa e a infraestrutura viária.

Nesse contexto, a teoria do Desenvolvimento Regional tem evoluído para incorporar padrões de interação que valorizam as especificidades dos espaços e das comunidades locais (Costa, 2011). O conceito de território, portanto, abrange múltiplos fatores, como os físicos, econômicos, ambientais, culturais e sociopolíticos, que interagem na conformação do espaço (Albagli, 2004). Quando envolve a interação entre homem e natureza, o território deve ser compreendido sob uma ótica voltada à sustentabilidade (Flores; Medeiros, 2013). Dessa forma, as políticas públicas devem ser concebidas com enfoque regionalizado, frequentemente operando em regimes de descentralização governamental, nos quais o planejamento, a regionalização e a cooperação social são elementos interdependentes (Costa, 2011).

No Brasil, observa-se uma diversidade de programas voltados ao desenvolvimento territorial. Em nível federal, destacam-se iniciativas como o Território da Cidadania, o Apoio aos Territórios Rurais, a Agenda 21 e as ações nas mesorregiões. Em nível estadual, programas como os Territórios de Identidade, o Projeto Dom Helder Câmara e os Programas de Microbacias, em Santa Catarina e São Paulo, ilustram diferentes abordagens (Favareto, 2009).

O Território de Desenvolvimento Vale do Canindé está situado na macrorregião semiárida do estado do Piauí, abrangendo 17 municípios e uma área total de 13.908,87 km² (Piauí, 2007; IBGE, 2020) (Figura 1).

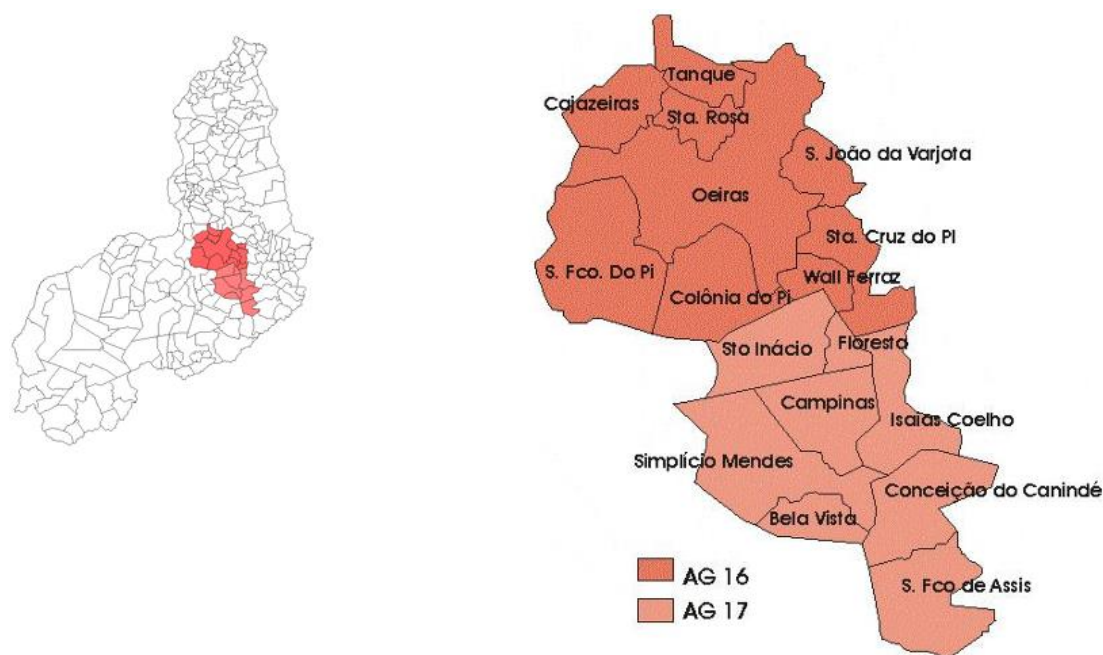


Figura 1 - Mapa de localização geográfica do Território de Desenvolvimento Vale do Canindé, no Piauí, com seus Agrupamentos de Municípios (AG-16 e AG-17). Fonte: Autores (2026).

O nome "Vale do Canindé" remete ao rio Canindé, que nasce na Serra Dois Irmãos (Acauã-PI) e drena uma área de aproximadamente 75.000 km², constituindo a maior sub-bacia do rio Parnaíba no estado. A predominância do clima semiárido, associada à presença de rochas cristalinas impermeáveis, resulta em uma rede de drenagem intermitente e em disponibilidade hídrica limitada. Esses fatores, aliados à crescente demanda por água, impõem forte pressão sobre os recursos hídricos da região (Lima, 2017). Embora o rio Canindé continue a atravessar grande parte dos municípios do território, encontra-se em estágio avançado de assoreamento, resultado tanto das condições naturais quanto da intensificação das atividades humanas (Spix; Martius, 1981; Ferreira; Gomes; Cerqueira, 2020).

Durante o século XVIII, a economia piauiense, sobretudo no Vale do Canindé, desenvolveu-se com base na pecuária, concentrada ao longo do rio Canindé (Spix; Martius, 1981; Oliveira; Carvalho, 2017; Caetano, 2020). No entanto, transformações econômicas ocorridas em outras regiões do país impactaram negativamente esse modelo, o que levou à sua gradual decadência (Caetano, 2020). A partir desse cenário, novas atividades passaram a compor o panorama econômico do estado, atualmente marcado por repasses governamentais e pela agricultura de subsistência (Barros, 2019; Moedas; Silva; Pochman; Guerra, 2019; Bueno, 2022). As principais atividades econômicas do território estão elencadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais atividades econômicas desenvolvidas no Território de Desenvolvimento Vale do Canindé (PI), com destaque para os municípios da área de estudo.

Atividades econômicas	Atividades econômicas por município da área de estudo	
Agronegócio Apicultura Artesanato Cajucultura Caprinocultura Comércio Energias renováveis Fruticultura Indústria Mineração Serviços Públicos Turismo	Tanque do Piauí	Agropecuária; Agricultura; Agronegócio (soja); Comércio e Serviços Públicos.
	Cajazeiras do Piauí	Agropecuária; Agricultura; Comércio e Serviços Públicos.
	Oeiras	Agricultura; Cajucultura; Agropecuária; Comércio; Energia Solar; Indústria; Turismo e Serviços Públicos.
	São João da Varjota	Agricultura; Agropecuária; Artesanato; Comércio e serviços públicos.
	Wall Ferraz	Agricultura; Agropecuária; Comércio e Serviços Públicos.
	Simplício Mendes	Agricultura; Agropecuária; Comércio; Energia Solar; Mineração e Serviços Públicos.

Fonte: Pochman; Guerra (2019); Moedas; Silva; Barros (2019); Bueno (2022); IBGE (2022). Elaborado pela autora.

Oeiras destaca-se como centro regional do território, reunindo serviços como ensino superior (Universidade Estadual e Instituto Federal), hospital de médio porte, quatro agências bancárias e um comércio diversificado (Bueno, 2022). Historicamente, o município é considerado o primeiro polo histórico-cultural do estado do Piauí. A educação patrimonial, a valorização da cultura local e a melhoria das condições de vida da população contribuíram para consolidar o município como centro de desenvolvimento social e econômico na região semiárida (Pereira; Nascimento; Rodrigues, 2017). A agropecuária de subsistência é fundamental para o dinamismo econômico do Vale do Canindé, além dos repasses federais (Moedas; Silva; Barros, 2019; Pochman; Guerra, 2019).

No século XIX, os naturalistas Spix e Martius registraram passagem por São João de Sene, atual município de Tanque do Piauí, onde mantiveram contato com comunidades indígenas dos grupos Gueguês e Acaroás (Sá *et al.*, 2021). Esses registros históricos fornecem subsídios relevantes para a compreensão da diversidade sociocultural do território.

A ausência de políticas públicas consistentes no Vale do Canindé, evidenciada pela carência de investimentos em infraestrutura básica e conservação ambiental, tem gerado impactos socioambientais negativos (Bueno; Nascimento, 2022). A população enfrenta dificuldades no acesso a serviços essenciais e oportunidades de emprego, o que

intensifica a pobreza e as desigualdades sociais (Bueno; Nascimento, 2022). Diante desse cenário, torna-se urgente a formulação e implementação de um plano de desenvolvimento sustentável para o território, contemplando a criação de áreas de proteção ambiental, o fortalecimento da agricultura familiar, a promoção do turismo ecológico e a participação efetiva das comunidades locais na tomada de decisões.

2.2 Caracterização da vegetação

O Piauí apresenta diferentes formações vegetais, como a Caatinga que corresponde a aproximadamente 49,6% (12.478.363 hectares) e o Cerrado com aproximadamente 47%, deste, 33% correspondem a área de domínio (8.349.759 hectares) e 14% (3.507.107 hectares) em áreas de transição e menos de 3% (738.156 hectares) corresponde às “florestas de transição” apresentando alta biodiversidade e heterogeneidade, onde há presença de espécies dos domínios florísticos da Amazônia, Cerrado e Caatinga (CEPRO, 1992; Oliveira *et al.*, 1997).

Na sub-bacia Canindé/Piauí, a vegetação apresenta uma transição gradual de sudeste para oeste, passando pela Savana Estépica (Caatinga), caracterizada por espécies como *Cnidoscolus quercifolius* Pohl (favela) e *Xiquexique gounellei* (F.A.C. Weber ex K. Schum.). Lavor & Calvente (xique-xique), para formações mais complexas, com a presença de elementos da savana (Cerrado). Aprofundando-se para oeste, observa-se um aumento progressivo de espécies típicas do Cerrado, como *Parkia platycephala* Benth. (faveira de bolota) e *Qualea grandiflora* Mart. (pau-terra), além de gramíneas, em um contínuo que culmina nos campos cerrados e no Cerrado propriamente dito (Motta; Gonçalves, 2016).

Para o estado do Piauí, os estudos sobre a flora são realizados desde 1819, quando os naturalistas alemães Johann Baptist von Spix (1781-1826) e Carl Friedrich von Martius (1794-1868) listaram 164 espécies de plantas, distribuídas em 125 gêneros e 38 famílias, e o inglês George Gardner (1810-1849) coletou mais de 400 plantas no estado, as quais estão registradas na obra *Flora Brasiliensis* (1840-1906), e até hoje servem de base para outros estudos (Martius, 1896; Sá *et al.*, 2023).

O Piauí possui uma rica flora de angiospermas, com 3.407 espécies registradas, distribuídas em 1.094 gêneros e 176 famílias (Santos; Lemos; Andrade, 2024). Destas, 3.000 são nativas, 220 cultivadas e 187 naturalizadas. No entanto, a falta de amostragens florísticas e de pesquisadores especializados limita o conhecimento sobre a flora do estado, em muitos municípios. É fundamental que mais estudos sejam realizados para

compreender a totalidade da biodiversidade piauiense e, assim, implementar ações de conservação mais eficazes.

O Território de Desenvolvimento Vale do Canindé, situado na porção sudeste do estado do Piauí, caracteriza-se por sua diversidade fitogeográfica, com a ocorrência de formações vegetais da Caatinga, Cerrado e áreas de transição (ecótonos) entre esses. Essa configuração reflete a interpenetração de diferentes tipos vegetacionais na região, conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3.

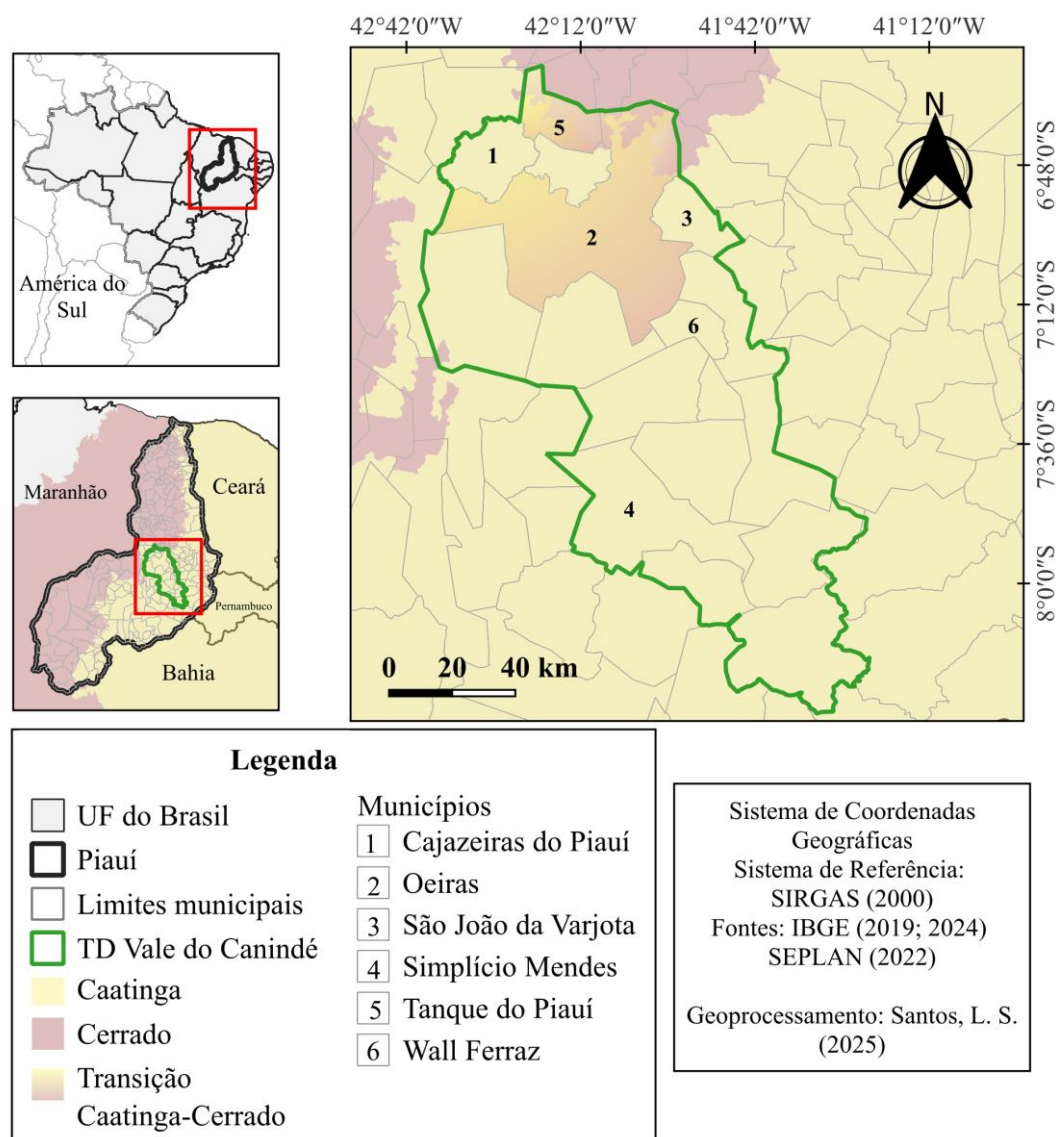


Figura 2 – Mapa do Piauí destacando a localização do Território de Desenvolvimento Vale do Canindé com destaque para os Biomas Cerrado e Caatinga. Fonte: Fonte: Mapbiomas (2024), adaptado pela autora.



Figura 3 – Registros fotográficos representativos das fitofisionomias da área de estudo: a) Cerrado em Tanque do Piauí, b) Caatinga em Simplicio Mendes e c) área de ecótono em São João da Varjota, Vale do Canindé. **Fonte:** Acervo da pesquisa (2023–2025).

2.2.1 Caatinga

O ecossistema Caatinga localiza-se predominantemente na região Nordeste do Brasil, abrangendo aproximadamente 912.000 km² e apresentando um regime pluviométrico anual máximo de 1.000 mm (Fernandes; Queiroz, 2018). Estende-se pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (Freire *et al.*, 2018). Os principais fatores que determinam sua configuração ecológica são a acentuada deficiência hídrica ao longo de grande parte do ano e a elevada irregularidade temporal das chuvas (Andrade-Lima, 1981; Drumond *et al.*, 2012).

A Caatinga se distribui de leste a oeste, situando-se entre a Savana-Estépica (Caatinga do Sertão Árido) e a Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia) (IBGE, 2012). O termo “Caatinga” é aplicado tanto para designar um domínio florístico-vegetacional quanto uma formação vegetal (Andrade-Lima, 1981), e abrange diversas classificações, desde abordagens estritamente biológicas, que consideram as espécies como principal critério de diferenciação, até abordagens geossistêmicas, que enfatizam a relação entre vegetação e ambiente abiótico (Silva; Cruz, 2018).

Trata-se de uma vegetação xerófila altamente heterogênea, caracterizada por árvores e arbustos de pequeno porte, geralmente caducifólios, com folhas pequenas e mecanismos adaptativos, como espinhos, que reduzem a transpiração durante longos períodos de estiagem (Drumond *et al.*, 2012). Apesar dessa variabilidade estrutural, há unidade florística entre suas diferentes formações, o que justifica sua categorização como um único bioma em escala global (Fernandes; Queiroz, 2018). Os diferentes tipos de Caatinga incluem formações em áreas mais elevadas e de relevo variado, como caatinga arbustiva-arbórea, mata seca, mata úmida, carrasco e formações abertas dominadas por cactáceas e bromeliáceas (Velloso; Sampaio; Pareyn, 2002). Entre as famílias mais frequentes destacam-se Fabaceae, Euphorbiaceae e Cactaceae (Drumond *et al.*, 2012).

A heterogeneidade florística da Caatinga está fortemente relacionada à diversidade de substratos geológicos que compõem o semiárido brasileiro (Souza *et al.*, 2022). Nesse contexto, destacam-se dois grandes contextos geológicos predominantes: a Caatinga associada às bacias sedimentares, estabelecida em terrenos arenosos, que corresponde a aproximadamente 30% da região semiárida; e a Caatinga vinculada ao embasamento cristalino, desenvolvida em áreas de rochas cristalinas, abrangendo

aproximadamente 70% desse território (Costa *et al.*, 2015; Moro *et al.*, 2016; Freire *et al.*, 2018).

Segundo Fernandes, Cardoso e Queiroz (2020), a Caatinga constitui o maior e mais diverso núcleo do bioma das Florestas Tropicais e Bosques Sazonalmente Secos (FBSTS), abrigando expressiva diversidade de angiospermas. Foram registradas 3.347 espécies, distribuídas em 962 gêneros e 153 famílias, sendo 526 espécies e 29 gêneros exclusivos do bioma, o que evidencia seu elevado grau de endemismo (Fernandes; Cardoso; Queiroz, 2020). Entretanto, é considerada uma das regiões ecológicas mais vulneráveis às mudanças climáticas previstas para este século (Seddon *et al.*, 2016). Embora apresente extensas áreas degradadas por ações antrópicas, sobretudo em regiões mais baixas, o bioma ainda abriga variados tipos vegetacionais com alto grau de endemismo e importantes remanescentes bem conservados (Giulietti *et al.*, 2004).

Apesar de sua elevada diversidade fitofisionômica e florística, as áreas de conservação na Caatinga permanecem insuficientes: menos de 10% da Caatinga está contemplada por Unidades de Conservação, sendo aproximadamente 2% de Proteção Integral e 7% de Uso Sustentável (Brasil, 2024; IPEA, 2022). No estado do Piauí, a vegetação é marcada por mosaicos florísticos influenciados por condições climáticas e geológicas, bem como pela interação com outros domínios, como o Amazônico, o Nordeste e o Planalto Central (Farias; Castro, 2004).

A Tabela 1 apresenta as principais publicações científicas relacionadas a estudos florísticos e fitossociológicos em áreas de Caatinga no Piauí.

Tabela 1 – Principais contribuições científicas de estudos sobre florística e fitossociologia em áreas de Caatinga no Piauí.

Autores	Ano	Local	Tipo de estudo
Emperaire	1983	São Raimundo Nonato	Florística e Fitossociologia
Oliveira <i>et al.</i>	1997	Padre Marcos	Florística e Fitossociologia
Lemos; Rodal	2002	Parque Nacional Serra da Capivara – São Raimundo Nonato, Coronel José Dias, São João do Piauí, Canto do Buriti	Fitossociologia
Lemos	2004	Parque Nacional Serra da Capivara - São Raimundo Nonato, Coronel José Dias, São João do Piauí, Canto do Buriti	Florística
Oliveira <i>et al.</i>	2007	Batalha	Florística
Mendes; Castro	2010	São José do Piauí	Florística

Alves <i>et al.</i>	2013	Bom Jesus	Fitossociologia
Silva <i>et al.</i>	2015	Bom Jesus	Fitossociologia
Rocha; Luz; Abreu	2017	Picos	Florística
Souza <i>et al.</i>	2017	Bom Jesus	Fitossociologia
Vasconcelos <i>et al.</i>	2017	São Francisco do Piauí	Fitossociologia
Vasconcelos <i>et al.</i>	2019	São João do Piauí	Fitossociologia
Silva <i>et al.</i>	2020b	Bom Jesus	Fitossociologia
Silva; Meiado; Soares	2021	São Raimundo Nonato	Florística
Silva <i>et al.</i>	2022a	Bom Jesus, São João do Piauí	Fitossociologia

Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

A análise da produção científica sobre florística e fitossociologia na Caatinga evidencia uma concentração de estudos em determinadas localidades, especialmente em São Raimundo Nonato, Coronel José Dias, São João do Piauí e Bom Jesus. Esse padrão sugere que tais áreas despertam maior interesse científico ou apresentam maior acessibilidade logística para os pesquisadores, seja pela proximidade de instituições de Ensino Superior, seja pela presença de importantes unidades de conservação, como o Parque Nacional Serra da Capivara e o Parque Nacional da Serra das Confusões.

2.2.2 Cerrado

O Cerrado compreende um mosaico de formações savânicas, florestais e campestres, incluindo fisionomias que variam de florestas estacionais a savanas, distribuídas do Norte ao Sul do Brasil (IBGE, 2012). De acordo com Ribeiro e Walter (1998), essa diversidade pode ser agrupada em formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado Sentido Restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo). No Brasil, ocupa aproximadamente 2.000.000 km², o que reforça a necessidade de monitoramento e mapeamento contínuos para assegurar sua conservação (Ribeiro; Walter, 2008).

A vegetação do Cerrado é predominantemente mesófila e subcaducifólia, composta por dois estratos principais: um arbóreo-arbustivo, com dossel irregular, e outro herbáceo-subarbustivo. Nas áreas de contato com a Caatinga, o caráter caducifólio torna-se mais evidente. O crescimento simpodial é frequente, decorrente da morte das gemas

terminais provocada pelo fogo ou pela herbivoria de insetos e aves, resultando em ramificações irregulares e tortuosas. A suberosidade dos troncos e a presença de folhas cartáceas e coriáceas são características comuns nesses ambientes (Castro, 2007).

O Cerrado apresenta ciclos hidrológicos e um regime térmico fortemente influenciados pelas características de sua vegetação (Strassburg *et al.*, 2017). Trata-se do bioma savânico, com a maior biodiversidade e a maior heterogeneidade de paisagens do planeta (Klink; Machado, 2005; Sano *et al.*, 2019; Lopes *et al.*, 2021), abrigando 11 fitofisionomias distintas (Ribeiro; Walter, 2008). É reconhecido como um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (Myers *et al.*, 2000), abrigando mais de 13.000 espécies de plantas, das quais aproximadamente 5.000 são endêmicas (Flora do Brasil, 2026). Contudo, encontra-se sob forte pressão antrópica, sobretudo devido à expansão de monoculturas, que resultou na perda de aproximadamente 50% de sua vegetação nativa (Strassburg *et al.*, 2017).

Os solos do Cerrado são, em geral, profundos, antigos e intensamente intemperizados, apresentando elevada acidez, baixa disponibilidade de nutrientes e altos teores de alumínio, características que também se refletem na morfologia de arbustos e árvores (Rizzini, 1997). A combinação entre essas condições edáficas e um relevo amplamente favorável à mecanização tem intensificado a substituição de áreas nativas por atividades agrícolas e por empreendimentos da construção civil, ocasionando a conversão de vastas extensões de vegetação original em paisagens dominadas pela agricultura mecanizada (Bolfe *et al.*, 2016).

Na Tabela 2, apresentam-se as principais publicações científicas sobre florística e fitossociologia em áreas de Cerrado no Piauí.

Tabela 2 – Principais contribuições científicas para a florística e fitossociologia em áreas de Cerrado no Piauí.

Autores	Ano	Local	Tipo de estudo
Castro; Martins; Fernandes	1998	Piracuruca, Piripiri, Batalha, Barras, Capitão de Campos, José de Freitas, Beneditinos, Monsenhor Gil, Elesbão Veloso, Oeiras, Ribeiro Gonçalves	Florística
Ribeiro; Tabarelli	2002	Altos	Fitossociologia
Abreu; Castro	2004	Teresina	Fitossociologia
Oliveira	2004	Parque Nacional de Sete Cidades – Brasileira e Piracuruca	Florística e Fitossociologia

Mesquita; Castro	2007	Parque Nacional de Sete Cidades – Brasileira e Piracuruca	Fitossociologia
Castro <i>et al.</i>	2009	Uruçuí	Fitossociologia
Lindoso <i>et al.</i>	2009	Arraial e Regeneração	Fitossociologia
Matos; Felfili	2010	Parque Nacional de Sete Cidades – Piracuruca e Brasileira	Fitossociologia
Mendes <i>et al.</i>	2012	Parque Nacional de Sete Cidades - Brasileira e Piracuruca	Fitossociologia
Cerqueira <i>et al.</i>	2016	Baixa Grande do Ribeiro	Fitossociologia
Andrade <i>et al.</i>	2016	Floriano	Fitossociologia
Farias; Mendes	2017	Parque Nacional de Sete Cidades - Brasileira e Piracuruca	Fitossociologia
Sampaio <i>et al.</i>	2018	Santa Filomena	Fitossociologia
Alcântara-Neto <i>et al.</i>	2019	Teresina	Fitossociologia
Lopes <i>et al.</i>	2020	Baixa Grande do Ribeiro	Florística
Lima <i>et al.</i>	2020	Jerumenha	Fitossociologia

Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

As pesquisas sobre o Cerrado no Piauí abrangem tanto áreas protegidas, como o Parque Nacional de Sete Cidades e a Estação Ecológica de Uruçuí-Una, localizada nos municípios de Bom Jesus, Santa Filomena e Baixa Grande do Ribeiro, quanto áreas situadas nas proximidades de Instituições de Ensino Superior, em cidades como Teresina, Floriano e Parnaíba. Esses estudos têm contribuído significativamente para o avanço do conhecimento sobre a flora regional. Contudo, a região do Matopiba, que inclui parte do território piauiense e é marcada por intensa expansão agrícola, ainda carece de investigações botânicas aprofundadas que permitam compreender os impactos dessa atividade sobre a biodiversidade local e subsidiar estratégias de conservação mais eficazes.

2.2.3 Ecótono (Cerrado-Caatinga)

Os ecótonos, definidos como áreas de transição ecológica entre diferentes ecossistemas, foram inicialmente descritos por Clements (1905). A etimologia grega da palavra *oikos* (lar) e de *tonos* (tensão) destaca a natureza dinâmica e complexa dessas regiões, enfatizando seu papel como zonas de interação ecológica (Clements, 1905; Kark, 2017). A ampla variedade de definições apresentada na literatura, conforme aponta Kark

(2017), evidencia a relevância do conceito para compreender como comunidades ecológicas distintas se influenciam mutuamente.

As zonas ecotonais caracterizam-se por rápidas mudanças na composição de dois ou mais tipos de vegetação, frequentemente associadas a variações nas condições ambientais, como atributos do solo e variáveis climáticas (Jiang; Gao; Deangelis, 2012). Essas áreas de tensão ecológica, que conectam diferentes domínios vegetais, são reconhecidas por abrigar elevada biodiversidade e espécies frequentemente restritas a esses ambientes intermediários (Silva *et al.*, 2020a). A presença simultânea de espécies típicas de diferentes formações e de condições ambientais compartilhadas constitui uma das principais singularidades dos ecótonos.

A heterogeneidade ambiental desempenha um papel determinante na estrutura da composição estrutural e florística dessas áreas. Estudos demonstram que a variação ambiental em pequena escala pode influenciar significativamente a estrutura das comunidades, inclusive em fragmentos reduzidos (Carvalho *et al.*, 2005).

No Piauí, os ecótonos atravessam extensas áreas do estado, desde a bacia hidrográfica do rio Parnaíba, nas proximidades de Luís Correia, até o sul das nascentes do rio Gurguéia (Rivas, 1996). O estado apresenta uma faixa expressiva de vegetação de transição Cerrado–Caatinga, cujo caráter heterogêneo resulta em um mosaico complexo de fitofisionomias (Macedo *et al.*, 2019). Apesar de sua relevância ecológica, essas transições são frequentemente subestimadas nas estimativas de cobertura vegetal (Silva *et al.*, 2020a).

Conforme Castro (2007), os ecótonos constituem o principal domínio fitoecológico da bacia do rio Parnaíba, estendendo-se desde os contrafortes da Cuesta da Ibiapaba até áreas internas do Maranhão. Essas formações caracterizam-se pela interpenetração de floras distintas, formando enclaves que evidenciam a natureza híbrida dessas regiões.

Os levantamentos florísticos, portanto, são essenciais para o avanço da pesquisa botânica e ecológica, permitindo caracterizar a fitodiversidade local e subsidiar a formulação de estratégias de investigação mais aprofundadas (Moro; Martins, 2011). Quando associados à fitossociologia, fornecem informações quantitativas sobre a estrutura, a dinâmica e a fisionomia das comunidades vegetais, possibilitando a compreensão de padrões biogeográficos e ecológicos. Isso porque duas áreas com composição semelhante podem apresentar diferenças marcantes na dominância, no porte das plantas e na distribuição de abundâncias (Moro; Martins, 2011).

A Tabela 3 apresenta as principais contribuições científicas relacionadas a estudos florísticos e fitossociológicos em ecótonos no Piauí.

Tabela 3 – Principais contribuições científicas de estudos florísticos e fitossociológicos em áreas ecotonais no Piauí.

Autores	Ano	Localidades	Tipo de estudo
Farias; Castro	2004	Campo Maior	Fitossociologia
Castro <i>et al.</i>	2009	Redenção do Gurguéia, Morro Cabeça no Tempo, Curimatá	Fitossociologia
Sousa <i>et al.</i>	2009	Campo Maior	Fitossociologia
Santos-Filho <i>et al.</i>	2010	Parnaíba, Ilha Grande, Luís Correia, Cajueiro da Praia	Florística
Almeida Jr; Santos-Filho; Zickel	2012	Ilha Grande, Luís Correia, Parnaíba	Florística
Amaral <i>et al.</i>	2012	Batalha	Fitossociologia
Santos-Filho; Almeida-Júnior; Zickel	2013	Ilha Grande, Parnaíba, Luís Correia	Fitossociologia
Fernandes <i>et al.</i>	2014	Gilbués	Fitossociologia
Amaral; Lemos	2015	Luís Correia	Florística
Santos-Filho <i>et al.</i>	2015	Parnaíba, Ilha Grande, Luís Correia, Cajueiro da Praia	Florística
Brand <i>et al.</i>	2015	Redenção do Gurguéia, Morro Cabeça no Tempo	Fitossociologia
Santos-Filho <i>et al.</i>	2016	Cajueiro da Praia	Florística
Fernandes <i>et al.</i>	2017	Gilbués	Fitossociologia
Freitas; Santos-Filho; Vieira	2018	Parnaíba, Ilha Grande	Florística
Araújo <i>et al.</i>	2018	Luís Correia, Parnaíba	Fitossociologia
Silva <i>et al.</i>	2018	Buriti dos Lopes	Fitossociologia
Oliveira <i>et al.</i>	2019	Castelo do Piauí, Campo Maior	Florística
Andrade <i>et al.</i>	2019	Milton Brandão	Fitossociologia
Macedo <i>et al.</i>	2019	Bom Jesus	Fitossociologia
Moura <i>et al.</i>	2019	Luís Correia	Fitossociologia
Dias <i>et al.</i>	2020	Gilbués	Florística
Silva <i>et al.</i>	2020b	Buriti dos Lopes	Florística
Andrade <i>et al.</i>	2020	São Francisco do Piauí	Fitossociologia
Moraes; Araújo; Conceição	2021	Buriti dos Montes	Florística
Ribeiro <i>et al.</i>	2021	Campo Maior	Florística
Lopes <i>et al.</i>	2021	Monte Alegre do Piauí	Fitossociologia
Nazareno <i>et al.</i>	2021	Cristino Castro, Eliseu Martins	Fitossociologia

Souza; Mayo; Andrade	2021	Ilha Grande	Fitossociologia
Morais <i>et al.</i>	2022	Campo Maior	Florística
Castro <i>et al.</i>	2022	Eliseu Martins, Pavussu, Canto do Buriti	Fitossociologia
Araujo <i>et al.</i>	2023	Bom Princípio do Piauí	Florística
Sá <i>et al.</i>	2023	Conceição do Canindé, Simplício Mendes, Campinas, Santo Inácio, Colônia, Oeiras, Santa Rosa, Cajazeiras do Piauí, Arraial, Francisco Ayres, Regeneração	Florística
Dantas; Sousa Júnior; Monteiro,	2024	Florianópolis	Fitossociologia

Fonte: Elaborado pela autora, 2026.

A análise conjunta das Tabelas 1, 2 e 3 evidencia que grande parte dos estudos sobre florística e fitossociologia no Piauí está concentrada em áreas ecotonais e em localidades próximas ao litoral, como Parnaíba e Ilha Grande. Essa concentração indica que a acessibilidade, a infraestrutura de pesquisa e a proximidade com instituições de ensino superior desempenham um papel determinante na escolha das áreas de estudo.

Além disso, embora a expansão de áreas protegidas seja fundamental para a conservação da biodiversidade, biomas como o Cerrado e a Caatinga ainda apresentam cobertura insuficiente: apenas 8,6% e 7,7% de suas extensões estão protegidas por unidades de conservação (Vieira; Pressey; Loyola, 2019). Esse cenário evidencia a necessidade urgente de ampliar e fortalecer as estratégias de conservação nesses biomas.

No contexto piauiense, torna-se evidente a necessidade de mais estudos sobre a biodiversidade vegetal, especialmente considerando que, quanto à extensão territorial, as publicações científicas sobre vegetação ainda são incipientes (Sousa; Santos-Filho, 2018; Santos; Lemos; Andrade, 2024). Essa lacuna é ainda mais crítica na região semiárida do Território de Desenvolvimento Vale do Canindé, onde os ecótonos desempenham papel ecológico central e permanecem pouco investigados.

2.3 Crescimento econômico e perda da biodiversidade

O crescimento econômico é, em geral, associado à melhoria da qualidade de vida humana. No entanto, também se apresenta como um dos principais fatores de degradação ambiental em escala global (Mamani *et al.*, 2023). O modelo econômico hegemônico, centrado na elevação do Produto Interno Bruto (PIB), revela uma correlação significativa entre o aumento da produção e do consumo globais e a intensificação da pressão sobre os ecossistemas, especialmente pelo esgotamento de recursos naturais não renováveis (Perez-Veja; Regil; François, 2020; Jara, 2023).

A relação entre crescimento econômico e degradação ambiental caracteriza-se por uma complexidade não linear, sendo a perda da biodiversidade um dos efeitos mais preocupantes, resultante de múltiplos fatores socioeconômicos e ecológicos interconectados (Dietz; Adger, 2001). A expansão das atividades agropecuárias, impulsionada pela crescente demanda por alimentos e commodities, exerce intensa pressão sobre os ecossistemas naturais, ocasionando a conversão de habitats e a perda consequente de biodiversidade.

Folke *et al.* (2007) destacam que esse cenário é agravado pela demanda crescente por áreas protegidas, pela valorização dos recursos biológicos para fins agrícolas, medicinais e industriais, e pela contínua subvalorização dos serviços ecossistêmicos. Essa subvalorização está fortemente relacionada à distribuição desigual dos benefícios ambientais e à fragilidade das estruturas institucionais responsáveis pela gestão ambiental (Folke *et al.*, 2007), o que contribui para a perpetuação de processos de degradação.

A capacidade de produção econômica de longo prazo está intrinsecamente vinculada à conservação dos recursos naturais e dos serviços ecossistêmicos que os sustentam. Tais elementos são fundamentais para o alcance de diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como a erradicação da pobreza, o combate à fome, a promoção da saúde e o acesso a empregos dignos (Metzger *et al.*, 2019; He *et al.*, 2020). No entanto, paradoxalmente, o modelo atual de crescimento econômico frequentemente ameaça objetivos como a conservação da vida terrestre e a estabilidade do sistema climático (Griggs; Stafford-Smith; Gaffney, 2013).

O modelo de desenvolvimento predominante tem sido objeto de crescente crítica, sobretudo quanto à sua compatibilidade com a conservação da biodiversidade (Otero *et al.*, 2020). Buscher *et al.* (2017) e Martin, Maris e Simberloff (2016) argumentam pela necessidade de uma profunda reformulação do sistema econômico global, que incorpore a biodiversidade como um valor central, em vez de um bem secundário, propondo uma transição para uma sociedade orientada pelo bem-estar ecológico e social.

Entre os fatores mais expressivos da degradação ambiental destaca-se o desmatamento em larga escala, responsável por significativas emissões de dióxido de carbono (CO₂). A supressão de áreas florestais para fins agrícolas, pecuários e de urbanização constitui uma das principais ameaças à estabilidade climática planetária (Melo; Picanço Junior; Spindola, 2024).

Sá e Souza (2024) evidenciam a complexidade da relação entre o crescimento econômico e a conservação da biodiversidade, destacando que os modelos hegemônicos de desenvolvimento priorizam o crescimento econômico em detrimento da proteção ambiental. De modo semelhante, Otero *et al.* (2020), ao analisarem as contradições das políticas globais de sustentabilidade, apontam que muitas dessas iniciativas permanecem subordinadas à lógica do crescimento, ignorando seus impactos deletérios sobre a biodiversidade. Tal concepção parte da premissa de que o crescimento econômico é condição essencial para o progresso, apesar de evidências que indicam a possibilidade de alcançar elevados níveis de bem-estar social mesmo em contextos de desaceleração ou de ausência de crescimento econômico.

A conservação da biodiversidade também é condição essencial para a melhoria dos meios de subsistência das comunidades tradicionais e para a sustentabilidade econômica e ecológica em áreas rurais do Sul do Globo (Bachi *et al.*, 2023). Nesse sentido, Bennett *et al.* (2016) propuseram uma abordagem alternativa centrada em "sementes de um bom Antropoceno" — iniciativas inovadoras que, ao emergirem em diferentes contextos locais, oferecem caminhos concretos para sociedades mais justas, sustentáveis e resilientes. A análise de 100 dessas iniciativas permitiu identificar valores, práticas e processos capazes de fomentar transformações socioambientais positivas. Conforme destacado por Bachi *et al.* (2023), o êxito dessas transformações depende da capacidade coletiva de promover mudanças estruturais, criativas e profundas nas relações entre a sociedade e a natureza.

2.4 Uso e Cobertura da Terra

As transformações no Uso e Cobertura da Terra têm se intensificado nas últimas décadas, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil, onde o acelerado crescimento demográfico e a forte dependência da economia agrícola impulsionam mudanças expressivas na paisagem. Desde a década de 1990, observa-se que as maiores perdas líquidas de florestas têm ocorrido em razão da expansão das áreas agrícolas (Santos; Naval, 2022). Essa dinâmica está diretamente associada à degradação da vegetação natural, entendida como a redução da biomassa ou o declínio da cobertura vegetal, que ameaça a biodiversidade e compromete a qualidade do solo (Yengoh *et al.*, 2015).

A vulnerabilidade dos ecossistemas diante dessas mudanças tem sido tema recorrente na literatura. He *et al.* (2020) ressaltam que a sustentabilidade global está sendo

comprometida por múltiplos fatores, sobretudo pela complexidade das interações entre a economia e o meio ambiente. A busca contínua pelo crescimento econômico, fundamentada na exploração de recursos naturais, intensifica os processos de degradação ambiental em diferentes escalas (Santos; Hacon; Neves, 2023). Nesse contexto, o avanço das mudanças de Uso e Cobertura da Terra (*Land Use and Land Cover Change – LULCC*) exerce influência direta sobre o funcionamento dos serviços ecossistêmicos, afetando desde a disponibilidade de recursos até a resiliência dos ecossistemas (Ewane, 2021; Kgaphola *et al.*, 2023).

No Brasil, o Cerrado e a Caatinga exemplificam o escopo dessas transformações. A Caatinga, por exemplo, apresenta aproximadamente 43% de sua área com supressão da vegetação nativa. Embora tenham ocorrido avanços na criação de áreas protegidas, cerca de 9% a 10% do bioma encontra-se sob proteção, sendo apenas aproximadamente 2% em unidades de proteção integral, o que a configura a Caatinga como um dos biomas menos conservados do país (Brasil, 2024; INPE, 2024; MAPBIOMAS, 2025). O Cerrado, considerado um *hotspot* mundial de biodiversidade e intensamente pressionado pela conversão para atividades agropecuárias, teve grande parte da área substituída por usos antrópicos, especialmente nas últimas três décadas (Miranda; Silva; Juvanol, 2022).

Diante desse cenário, a análise temporal baseada em sensoriamento remoto emerge como uma das ferramentas mais eficazes para compreender e monitorar as mudanças no Uso e Cobertura da Terra. No estado do Piauí, estudos vêm sendo conduzidos com essa abordagem, contribuindo para o aprimoramento do conhecimento sobre a dinâmica ambiental regional. Destacam-se as publicações científicas de Ribeiro, Lima e Albuquerque (2017), França *et al.* (2017), Santos *et al.* (2017), Figueiredo e Espindola (2019), Souza *et al.* (2019), Oliveira e Aquino (2020), Sousa, Figueiredo e Santos-Filho (2020), Espindola *et al.* (2021), Moura Neto *et al.* (2022), Sousa Júnior *et al.* (2022) e Sá *et al.* (2025).

O sensoriamento remoto, por sua vez, oferece subsídios importantes para a análise espacial e temporal dos ambientes, fornecendo informações precisas sobre o Uso e a Cobertura da Terra, a biomassa vegetal, padrões de paisagem e até mesmo as condições micrometeorológicas (Moura Neto *et al.*, 2022). Assim, consolida-se como ferramenta essencial para a gestão territorial, o planejamento ambiental e o monitoramento de processos de degradação em biomas vulneráveis.

2.5 Caracterização do ICMS Ecológico

A crescente demanda por práticas de gestão ambiental mais eficientes tem levado gestores públicos e organizações da sociedade a buscar informações consistentes sobre as condições ecológicas de seus territórios. No Brasil, o desenvolvimento estratégico precisa considerar tanto os interesses econômicos quanto a conservação da biodiversidade, articulando políticas que atendam às metas socioambientais estabelecidas (Brito; Marques, 2017).

Nesse cenário, destaca-se o ICMS Ecológico, uma forma de transferência fiscal intergovernamental, derivada do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Adotado por grande parte dos estados brasileiros, esse mecanismo redistribui parte da receita do Imposto sobre Valor Agregado (IVA) aos municípios, com o objetivo de estimular a criação, a manutenção e a gestão de áreas protegidas, entre outras ações ambientais, contribuindo, assim, para a redução da perda de biodiversidade (Sauquet; Marchand; Féres, 2014).

Com a legalização dos direitos humanos, o meio ambiente equilibrado é consagrado como direito fundamental por diversos instrumentos internacionais e textos constitucionais (Tupiassu; Fadel; Gros-Désormeaux, 2019). No Brasil, a distribuição de competências elencadas pela Constituição Federal de 1988 dá ênfase ao cooperativismo, ao atribuir competências legislativas concorrentes (Art. 24) e competências materiais comuns aos entes federativos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (Art. 23) (Brasil, 1988). Com base nesses princípios, o ICMS Ecológico é dimensionado com base em critérios ambientais específicos, determinando o percentual de repasse que cada município receberá da arrecadação estadual do ICMS. Trata-se, portanto, de um incentivo financeiro que busca alinhar a arrecadação tributária à proteção ambiental (Tupiassu; Fadel; Gros-Désormeaux, 2019).

No Piauí, o ICMS Ecológico foi instituído pela Lei nº 5.813, de 03 de março de 2008, com o propósito de beneficiar os municípios que adotem políticas de proteção ambiental, tendo como objetivos fundamentais a defesa da cobertura vegetal, a conservação da água e a promoção do tratamento adequado dos resíduos (Piauí, 2008). Como ferramenta de certificação, foi criado o Selo Ambiental, que classifica os municípios em categorias A, B ou C, de acordo com o nível de gestão ambiental demonstrado (Piauí, 2008).

Posteriormente, foi criado o Decreto Estadual nº 19.042/2020, que regulamentou a certificação ambiental dos municípios piauienses, conforme a Lei do ICMS Ecológico

(Lei nº 5.813/2008). Para obter o Selo Ambiental e ter acesso aos recursos do ICMS Ecológico, os municípios devem cumprir critérios específicos estabelecidos em normas estaduais. A distribuição dos recursos varia conforme a classificação obtida, conforme previsto no Art. 1º do Decreto (Piauí, 2020). O número de critérios atendidos determina a classificação em Selo A, B ou C, bem como o percentual correspondente do ICMS Ecológico. Municípios que atendem a pelo menos três critérios são classificados como Selo C e têm direito a 1,35% do ICMS Ecológico. Aqueles que atendem quatro critérios obtêm o Selo B e recebem 1,65%, e os municípios que cumprem seis ou mais critérios são classificados como Selo A e têm direito a 2% do ICMS Ecológico (Piauí, 2008;2020).

O ICMS Ecológico no estado do Piauí tem se consolidado como um relevante instrumento de política ambiental, ao estimular os municípios a adotarem práticas de gestão sustentáveis. A literatura especializada evidencia, entretanto, tanto o potencial quanto os desafios associados à sua implementação. Carvalho (2012), em estudo pioneiro no estado, analisou o ICMS Ecológico como instrumento econômico de gestão ambiental, identificando suas possibilidades e limitações e propondo adequações legais para fortalecer as agendas ambientais municipais. Em nível local, Oliveira *et al.* (2019), ao investigarem o município de Piripiri, constataram que, embora o mecanismo incentive o engajamento municipal na conservação ambiental, a escassez de recursos financeiros e os elevados custos de atendimento aos critérios legais constituem entraves significativos. De forma semelhante, Resende (2023), em análise realizada no município de Teresina, destacou a necessidade de aprimorar a legislação estadual, de modo que os critérios de certificação, como o Selo A, reflitam efetivamente o nível de gestão ambiental alcançado e os objetivos estabelecidos pela política do ICMS Ecológico.

Por outro lado, as pesquisas também evidenciam resultados positivos. Em Oeiras, Martins (2022) observou que o incentivo à educação ambiental resultou na obtenção do Selo Ambiental A, que favoreceu a formação de hábitos de conservação na população. Outros estudos, como o de Reis Neto *et al.* (2019) em Corrente e o de Coelho (2023) em Barro Duro, Campo Largo do Piauí e Jaicós, analisaram os critérios e os avanços do ICMS Ecológico. Em conjunto, essas investigações demonstram que, ao mesmo tempo em que o instrumento impulsiona a gestão ambiental local e a conscientização da comunidade, sua eficácia depende da superação de desafios financeiros e operacionais, bem como do aperfeiçoamento contínuo de seus critérios legais e técnicos, visando garantir que o repasse de recursos corresponda a melhorias ambientais concretas.

Apresentado como uma ferramenta do poder público estadual brasileiro, o ICMS Ecológico visa o incentivo a adoção de práticas ambientais adequadas pelos municípios, entretanto, esta ferramenta, ainda necessita ser estudada e debatida por diferentes atores e esferas para tornar-se uma política mais efetiva (Brito; Marques, 2017).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M. C.; Castro, A. A. J. F. Estudo quantitativo de manchas remanescentes de Cerrado no Parque Ambiental de Teresina, Teresina, Piauí. **Publicações Avulsas de Ciência Ambiental**, Teresina, n. 9, p. 1-14, 2004.
- Albagli, S. Território e territorialidade. In: Braga, C.; Morelli, G.; Lages, V. N. (org.). **Territórios em movimento: cultura e identidade como estratégia de inserção competitiva**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004. p. 23-69.
- Alcântara Neto, F. *et al.* Floristic composition of weeds in a dystrophic Red-Yellow Argisol under the cultivation of cowpea, cv. BRS Novaera. **Australian Journal of Crop Science**, [S. l.], v. 13, n. 8, p. 1275-1279, 2019.
- Almeida-Junior, E. B.; Santos Filho, F. S.; Zickel, C. S. Conserving species of the *Manilkara* spp. threatened with extinction in vegetation fragments in ecotone zones. **International Journal of Biodiversity and Conservation**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 113-117, 2012.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S. l.], v. 22, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Alves, A. R. *et al.* Análise da estrutura vegetacional em uma área de caatinga no município de Bom Jesus, Piauí. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 99-106, 2013.
- Amaral, G. C. *et al.* Estudo florístico e fitossociológico em uma área de transição Cerrado-Caatinga no município de Batalha-PI. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 8, n. 4b, 2012.
- Amaral, M. C.; Lemos, J. R. Floristic survey of a portion of the vegetation complex of the coastal zone in Piauí state, Brazil. **American Journal of Life Sciences**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 213-218, 2015.
- Andrade, F. A. F. *et al.* Regeneração natural de uma área de cultivo abandonada há 21 anos no município de Floriano (PI), Brasil. **Gaia Scientia**, [S. l.], v. 10, n. 4, 2016.
- Andrade, F. N. *et al.* Composição florística e estrutural de uma área de transição entre cerrado e caatinga em assentamento rural no município de Milton Brandão-PI, Brasil. **Scientia Forestalis**, [S. l.], v. 47, p. 203-215, 2019.
- Andrade, F. N. *et al.* Diversidade e estrutura de espécies arbusto-arbóreo em área destinada ao manejo florestal no município de São Francisco do Piauí, Piauí. **Gaia Scientia**, [S. l.], 2020.

- Andrade-Lima, D. The Caatinga Dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, p. 149-163, 1981.
- Araújo, L. *et al.* Structure of a disturbed mangrove in the Rio Parnaíba delta, Piauí, northeast Brazil. **Feddes Repertorium**, [S. l.], v. 129, n. 2, p. 75-91, 2018.
- Araújo, L. S. *et al.* Florística da vegetação herbácea em uma área de transição no norte do Piauí. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, [S. l.], v. 16, n. 9, p. 18096-18117, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.9-253>.
- arias, J. C.; Mendes, M. R. A. Estrutura do componente herbáceo-arbustivo do cerrado sentido restrito no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. **Heringeriana**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 58-70, 2017.
- Bachi, L. *et al.* Are there bright spots in an agriculture frontier? Characterizing seeds of good Anthropocene in Matopiba, Brazil. **Environmental Development**, [S. l.], v. 46, 100856, 2023.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas na Caatinga (PPCaatinga). 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/controle-ao-desmatamento-queimadas-e-ordenamento-ambiental-territorial/controle-do-desmatamento-1/ppcaatinga>. Acesso em: 18 abr. 2026.
- Becher, H.; Komissarov, B. N.; Braga, M. P. **Os Diários de Langsdorff**. Tradução de M. L. N. Egg *et al.* Campinas: Associação Internacional de Estudos Langsdorff; Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1997. v. 1. 400 p.
- Bennett, E. M. *et al.* Pontos brilhantes: sementes de um bom Antropoceno. **Frontiers in Ecology and the Environment**, [S. l.], v. 14, n. 8, p. 441-448, 2016.
- Beuchle, R. *et al.* Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, [S. l.], v. 58, p. 116-127, 2015.
- Bolfe, E. L.; Victória, D. C.; Contini, E.; Bayma-Silva, G.; Spinelli-Araújo, L.; Gomes, D. Matopiba em crescimento agrícola: aspectos territoriais e socioeconômicos. **Revista de Política Agrícola**, [S. l.], v. 25, p. 38-62, 2016.
- Brand, M. A. *et al.* Caracterização da vegetação da caatinga do sul do Piauí para geração de energia. **Floresta**, [S. l.], v. 45, n. 3, p. 477-486, 2015.
- Brasil. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 20 jul. 2024.
- Brito, R. O.; Marques, C. F. Pagamento por serviços ambientais: uma análise do ICMS Ecológico nos estados brasileiros. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, n. 49, 2017.

- Bueno, P. H. D. C. Impactos socioeconômicos produzidos pela instalação de um Instituto Federal: uma análise da realidade de Oeiras (PI). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 23, n. 89, p. 260-276, 2022.
- Bueno, P. H. D. C.; Nascimento, C. S. D. S. Território Vale do Canindé (PI): uma análise de suas vulnerabilidades socioespaciais a partir das condições econômicas. *Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia*, [S. l.], v. 20, n. 3, p. 143-164, 2022.
- Buscher, B. *et al.* Half-earth or whole earth? Radical ideas for conservation, and their implications. **Oryx**, [S. l.], v. 51, n. 3, p. 407-410, 2017.
- Caetano, R. Uma economia em outono: trabalhadores escravos ligados ao labor. **Almanack**, [S. l.], n. 24, p. ea03318, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-463324ea03318>.
- Campos, A. L. A. *et al.* **A interdisciplinaridade segundo Edgar Morin e Alzira Lobo de Arruda Campos**. São Paulo, v. 10, n. 2, p. 93-107, 2018.
- Carvalho, D. A. *et al.* Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto-montana às margens do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 91-109, 2005.
- Castro, A. A. J. F. *et al.* Caracterização da flora e da vegetação de florestas estacionais das Serras Gerais, municípios de Eliseu Martins, Pavussu e Canto do Buriti, sudoeste do Piauí. **Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas**, [S. l.], v. 35, p. 1-147, 2022.
- Castro, A. A. J. F. *et al.* Diversidade de espécies e de ecossistemas da vegetação remanescente da Serra Vermelha, área de chapada, municípios de Curimatá, Redenção do Gurguéia e Morro Cabeça no Tempo, sudeste do Piauí. **Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas**, [S. l.], v. 23, p. 1-72, 2009.
- Castro, A. A. J. F. Unidades de planejamento: uma proposta para o Estado do Piauí com base na dimensão diversidade de ecossistemas. **Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas**, [S. l.], v. 18, p. 1-28, 2007.
- Castro, A. A. J. F.; Martins, F. R.; Fernandes, A. G. The woody flora of cerrado vegetation in the state of Piauí, northeastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, [S. l.], v. 55, n. 3, p. 455-472, 1998.
- CEPRO. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais do Piauí. **Piauí em números**. Teresina, 2019. Disponível em: <http://www.cepro.pi.gov.br/>. Acesso em: 20 maio 2025.
- CEPRO. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais do Piauí. **Piauí: caracterização do quadro natural**. Teresina, 1992. Disponível em: <http://www.cepro.pi.gov.br/>. Acesso em: 20 maio 2025.
- Cerqueira, C. L. *et al.* Floristic, phytosociology and diametric distribution of a fragment of ciliary area in a Cerrado area in Piauí, Brazil. **Nativa**, [S. l.], v. 4, n. 6, p. 360-367, 2016.

- Clements, F. E. **Research methods in ecology**. Nebraska: University Publishing Co., 1905. 512 p.
- Coelho, M. A. N. *et al.* Flora do estado do Rio de Janeiro: avanços no conhecimento da diversidade. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 68, n. 1, p. 1-11, 2017.
- Coelho, M. F. C. **O ICMS Ecológico: uma possível contribuição para a redução das mudanças climáticas no Piauí**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina, 2023.
- Costa, E. J. M. Planejamento territorial, gestão de políticas públicas e descentralização regional: a experiência do estado do Pará. **Desenvolvimento Regional em Debate**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 120-148, 2011.
- Costa, G. M. *et al.* Variações locais na riqueza florística em duas ecorregiões de caatinga. **Rodriguésia**, [S. l.], v. 66, p. 685-709, 2015.
- Dantas, M. C. S.; Júnior, J. R. S.; Monteiro, J. M. Fitossociologia do componente lenhoso de uma área de vegetação em Floriano, sul do Piauí. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 20, n. 3, 2024.
- Dias, R. S. *et al.* Biodiversidade vegetal de uma área do Parque Ambiental do Brejo dos Buritis em Gilbués, Piauí, Brasil. Ensaio e Ciência: **Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 317-323, 2020.
- Dietz, S.; Adger, W. N. Economic growth, biodiversity loss and conservation effort. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 68, n. 1, p. 23-35, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S03014797\(02\)00231-1](https://doi.org/10.1016/S03014797(02)00231-1).
- Drumond, M. A.; Schistek, H.; Seiffarth, J. A. A Caatinga: um bioma exclusivamente brasileiro... e o mais frágil. **Revista do Instituto Humanitas Unisinos**, São Leopoldo, n. 389, p. 1-60, 2012.
- Emperaire, L. **La caatinga du sud-est du Piauí: étude ethnobotanique**. Paris: A.D.P.F., 1983.
- Espindola, G. M. *et al.* Cropland expansion as a driver of land-use change: the case of Cerrado-Caatinga transition zone in Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, [S. l.], v. 1, p. 1-18, 2021.
- Ewane, E. B. Land use land cover change and the resilience of social-ecological systems in a sub-region in South West Cameroon. **Environmental Monitoring and Assessment**, [S. l.], v. 193, n. 338, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09077-z>
- Farias, R. R. S.; Castro, A. A. J. F. Fitossociologia de trechos da vegetação do Complexo de Campo Maior, Campo Maior, PI, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 949-963, 2004.

- Favareto, A. **Retrato das políticas de desenvolvimento territorial no Brasil**. Documento de Trabajo/Programa Dinámicas Territoriales Rurales, n. 26. Santiago: RIMISP – Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural, 2009.
- Fernandes, M. F.; Cardoso, D.; Queiroz, L. P. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. **Journal of Arid Environments**, [S. l.], v. 174, p. 104079, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104079>.
- Fernandes, M. F.; Queiroz, L. P. Vegetação e flora da Caatinga. **Ciência e Cultura**, [S. l.], v. 70, n. 4, p. 51-56, 2018.
- Fernandes, M. M. *et al.* Aspectos biológicos e espécies potenciais para restauração ecológica de áreas em desertificação no Sul do Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 2, 2014.
- Fernandes, M. M. *et al.* Regeneração natural de um fragmento florestal na região semiárida do Piauí. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 13, n. 2, 2017.
- Ferreira, F. W. S.; Gomes, J. M. A.; Cerqueira, E. B. Implementação e atuação do CBH Canindé/Piauí diante dos aspectos ambientais e socioeconômicos do Semiárido Piauiense. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 11, p. 93039-93058, 2020.
- Figueredo, E. S.; Espindola, G. M. Mapeamento do uso da terra com imagens Landsat: a expansão agrícola na região Sudoeste Piauiense. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, p. 972-978, 2019.
- Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 9 jan. 2026.
- Flores, S. S.; Medeiros, R. M. V. A dimensão territorial da sustentabilidade. In: **Estudos territoriais na ciência geográfica**. São Paulo: Outras Expressões, 2013. p. 129-144.
- Folke, C.; Pritchard, L.; Berkes, F.; Colding, J.; Svedin, U. The problem of fit between ecosystems and institutions: ten years later. **Ecology and Society**, [S. l.], v. 12, n. 1, 2007.
- França, L. C. J. *et al.* Caracterização da cobertura vegetal e uso do solo no município de Uruçuí, Piauí, Brasil. **Nativa**, [S. l.], v. 5, n. 5, p. 337-341, 2017.
- Freitas, R. N.; Santos-Filho, F. S.; Vieira, I. R. Lianas da restinga da Ilha Grande de Santa Isabel, Piauí, Brasil. **Revista Equador**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 110-125, 2018.
- Freire, N. C. F.; Moura, D. C.; Silva, J. B.; Moura, A. S.; Melo, J. I. M.; Pacheco, A. P. **Atlas das caatingas: o único bioma exclusivamente brasileiro**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2018. 200 p.: il. ISBN 978-85-7019-679-8
- Giulietti, A. M. *et al.* Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: Silva, J. M. C.; Tabarelli, M.; Fonseca, M. T.; Lins, L. V. (org.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 47-90.

Griggs, D.; Stafford-Smith, M.; Gaffney, O. *et al.* Objetivos de desenvolvimento sustentável para as pessoas e o planeta. **Nature**, [S. l.], v. 495, p. 305-307, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1038/495305a>.

He, Z. *et al.* Evidence of causality between economic growth and vegetation dynamics and implications for sustainability policy in Chinese cities. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 251, p. 119550, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/fee.1309>.

Hoekstra, J. M. *et al.* Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. **Ecology Letters**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 23-29, 2005.

IBGE. Base cartográfica vetorial – pedologia. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-ambientais/pedologia/>. Acesso em: 6 nov. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área da unidade territorial: área territorial brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 11 abr. 2026.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo>. Acesso em: 20 maio 2025.

IBGE. Malhas territoriais. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Unidades de Conservação na Caatinga e políticas públicas. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/>. Acesso em: 18 abr. 2026.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Monitoramento da supressão da vegetação nativa na Caatinga (PRODES). 2024. Disponível em: <https://data.inpe.br/>. Acesso em: 18 abr. 2026.

Jara, N. **Crescimento econômico e degradação ambiental no Peru: uma análise econométrica em nível regional**. 2023. Trabalho acadêmico – Universidad Ricardo Palma, Lima, 2023. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/5964>. Acesso em: 20 maio 2025.

Jiang, J.; Gao, D.; Deangelis, D. L. Towards a theory of ecotone resilience: coastal vegetation on a salinity gradient. **Theoretical Population Biology**, [S. l.], v. 82, n. 1, p. 29-37, 2012.

Kark, S. Effects of ecotones on biodiversity. In: **Encyclopedia of Biodiversity**. [S. l.]: Elsevier, 2017. v. 3, p. 142-148.

Kgaphola, M. J. *et al.* Compreensão do sistema sócio-ecológico da degradação do solo em resposta às mudanças no uso e cobertura do solo no município do Distrito da Grande Sekhukhune. **Sustainability**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 3850, 2023.

- Klink, C. A.; Machado, R. B. Conservation of the Brazilian cerrado. **Conservation Biology**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.
- Kury, L. Viajantes-naturalistas no Brasil oitocentista: experiência, relato e imagem. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 8, supl., p. 863-880, 2001.
- Lahsen, M.; Bustamante, M. M. C.; Dalla-Nora, E. L. Subvalorizar e superexplorar o Cerrado brasileiro é um risco para nós. *Meio Ambiente: Ciência e Política para o Desenvolvimento Sustentável*, [S. l.], v. 58, n. 6, p. 4-15, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/00139157.2016.1229537>.
- Lemos, J. R. Composição florística do Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 55, p. 55-66, 2004.
- Lemos, J. R.; Rodal, M. J. N. Fitossociologia do componente lenhoso de um trecho da vegetação de caatinga no Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], v. 16, p. 23-42, 2002.
- Lima, A. S. *et al.* Estrutura e diversidade vegetal de uma área de cerradão no município de Jerumenha-Piauí. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 12, p. e35491211062, 2020.
- Lima, G. P.; Almeida-Júnior, E. B. Diversidade e similaridade florística de uma restinga ecotonal no Maranhão, nordeste do Brasil. **Interciencia**, Santiago, v. 43, n. 4, p. 275-282, 2018.
- Lima, I. M. M. F. Hidrografia do Estado do Piauí: disponibilidades e usos. In: Aquino, C. M. S. A.; Santos, F. A. **Recursos hídricos do Estado do Piauí: fundamentos de gestão e estudos de casos em bacias hidrográficas do centro-norte piauiense**. Teresina: EDUFPI, 2017. cap. 3, p. 43-68. ISBN 978-85-509-0201-2.
- Lindoso, G. S. *et al.* Diversidade e estrutura do cerrado *sensu stricto* sobre areia (Neossolo Quartzarênico) na Chapada Grande Meridional, Piauí. **Revista de Biologia Neotropical**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 45-61, 2009.
- Lopes, C. C. *et al.* Phytosociological survey of weed plants in soybean culture in the Gurguéia Valley. **Scientia Agraria Paranaensis**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 75-80, 2021.
- Lopes, M. S. *et al.* The tree and shrub flora in savanna riparian forest in northeastern Brazil: update to Uruçuí-Una Ecological Station, Piauí State, Brazil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 10, p. e9589109264, 2020.
- Macedo, W. S. *et al.* Análise do componente arbóreo em uma área de ecótono Cerrado-Caatinga no sul do Piauí, Brasil. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 15, n. 1, 2019.
- MAPBIOMAS. Factsheet Caatinga – Coleção 10. 2025. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 18 abr. 2026.
- Mamani, J. C. Q. *et al.* Relationship between economic growth and environmental degradation in Peru, period 1990-2019. **Journal of Law and Sustainable Development**, [S. l.], v. 11, n. 5, p. e1041, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55908/sdgs.v11i5.1041>.

Martin, J.-L.; Maris, V.; Simberloff, D. S. The need to respect nature and its limits challenges society and conservation science. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [S. l.], v. 113, n. 22, p. 6105-6112, 2016.

Martins, E. P. O ICMS Ecológico dentro da gestão ambiental do Município de Oeiras-PI. **Jusbrasil**, [S. l.], 2022.

Martius, K. F. P. **Flora brasiliensis**. [S. l.], 1896. 10.367 p. Disponível em: <https://florabrasiliensis.cria.org.br/info?context>. Acesso em: 19 fev. 2025.

Matos, M. Q.; Felfili, J. M. Florística, fitossociologia e diversidade da vegetação arbórea nas matas de galeria do Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), Piauí, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], v. 24, p. 483-496, 2010.

Melo, L. F. S.; Picanço Júnior, P. L. P.; Espindola, G. M. Analysis of burns and deforestation resulting from agricultural practices in the Matopiba region: case study in the municipalities of Piauí. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. e3223, 2024.

Mendes, M. R. A. *et al.* Relação entre a vegetação e as propriedades do solo em áreas de campo limpo úmido no Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 63, p. 971-984, 2012.

Mendes, M. R. A.; Castro, A. A. J. F. Vascular flora of semi-arid region, São José do Piauí, state of Piauí, Brazil. **Check List**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2010.

Mesquita, M. R.; Castro, A. A. J. F. Florística e fitossociologia de uma área de cerrado marginal (cerrado baixo), Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. **Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas**, [S. l.], n. 15, p. 1-22, 2007.

Metzger, J. P. *et al.* Why Brazil needs its Legal Reserves. **Perspectives in Ecology and Conservation**, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 91-103, 2019.

Miranda, J. R.; Silva, R. G.; Juvanhol, R. S. Ação de incêndios florestais na vegetação sob a perspectiva da análise de tendências em cenários futuros de mudanças climáticas para uma região de cerrado brasileiro. **Ecological Engineering**, [S. l.], v. 175, p. 106488, 2022.

Moedas, J. M. M. R. S.; Silva, T. D. J.; Barros, F. B. G. **Desempenho econômico do Piauí 2002-2016**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019.

Moraes, H. C. I. S.; Cordeiro, I.; Figueiredo, N. Flora and floristic affinities of the Cerrados of Maranhão state, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, [S. l.], v. 76, p. 1-21, 2019.

Carvalho, R. N. O ICMS ecológico no Estado do Piauí. 2012. 119 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2012.

Moraes, L. A.; Araújo, M. F. V.; Conceição, G. M. Levantamento florístico das angiospermas do Parque Estadual Cânion do Rio. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 1987–2014, 2021.

- Morais, R. F. *et al.* Influence of palm trees on the richness and distribution of plant species on the murundus at a Caatinga/Cerrado ecotone. **Rodriguésia**, [S. l.], v. 73, 2022.
- Morin, E. **Ciência com consciência**. Tradução de M. D. Alexandre; M. A. S. Dória. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 350 p.
- Moro, M. F. *et al.* A phytogeographical metaanalysis of the semiarid Caatinga Domain in Brazil. **The Botanical Review**, [S. l.], v. 82, p. 91–148, 2016.
- Moro, M. F.; Martins, F. R. Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: Felfili, J. M. *et al.* (org.). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2011. v. 1, p. 174–212.
- Motta, E. D. O.; Gonçalves, N. E. W. **Plano nascente Parnaíba: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do rio Parnaíba**. Brasília, DF: Editora IABS, 2016.
- Moura, M. R. B. *et al.* A pioneering community in dunes: does anthropization modify floristic composition? **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 12, n. 7, p. 2645–2659, 2019.
- Moura Neto, A. *et al.* Changes in land use and cover and their consequences on the spatial distribution of evapotranspiration and climatic elements in southwest Piauí, MATOPIBA. **Journal of South American Earth Sciences**, [S. l.], v. 120, p. 104084, 2022.
- Myers, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, [S. l.], v. 403, p. 853–858, 2000.
- Nazareno, L. S. Q. *et al.* Wood volume estimation strategies for trees from a dry forest/savannah transition area in Piauí, Brazil. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, [S. l.], v. 83, n. 2, p. 111–119, 2021.
- Oliveira, A. J. C.; Carvalho, M. A. A. A história oral aplicada ao levantamento histórico da Fanda Prazeres e Bertolândia, no Piauí. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Piauí**, Teresina, ano 99, n. 7, p. 113–128, 2017.
- Oliveira, L. N.; Aquino, C. M. S. Dinâmica temporal do Uso e Cobertura da Terra na fronteira agrícola do MATOPIBA: análise na sub-bacia hidrográfica do rio Gurguéia-Piauí. **Revista Equador**, Teresina, v. 9, n. 1, p. 317–333, 2020.
- Oliveira, M. E. A.; Sampaio, E. V. S. B.; Castro, A. A. J. F.; Rodal, M. J. N. Flora e fitossociologia de uma área de transição carrasco-caatinga de areia em Padre Marcos, Piauí. **Naturalia**, [S. l.], v. 22, p. 131–150, 1997.
- Oliveira, S. D. *et al.* Levantamento florístico do Parque Ambiental Paquetá, Batalha, Piauí. **Revista Brasileira de Biociências**, [S. l.], v. 5, n. S2, p. 372–374, 2007.
- Oliveira Júnior, M. A. C. de *et al.* ICMS Ecológico: uma análise das ações realizadas no município de Piripiri-PI. **Revista Somma**, Teresina, v. 5, n. 1, p. 80–87, 2019.

Oliveira, T. C. S. *et al.* Diversidade taxonômica e funcional em áreas de cerrado rupestre de baixa altitude no complexo vegetacional de Campo Maior, Nordeste do Brasil. **Biota Amazônia**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 1–5, 2019.

Oliveira, M. E. A. **Mapeamento, florística e estrutura da transição campo-floresta na vegetação (cerrado) do Parque Nacional de Sete Cidades, nordeste do Brasil**. 2004. 151 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, 2004

Otero, I. *et al.* Biodiversity policy beyond economic growth. **Conservation Letters**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. e12713, 2020.

Overbeck, G. E. *et al.* Biodiversidade global ameaçada por cortes no orçamento científico no Brasil. **BioScience**, [S. l.], v. 68, p. 1112, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/bix130>.

Pereira, S. L. B.; Nascimento, M. S.; Rodrigues, J. V. S. **Compatibilização entre territórios de desenvolvimento e instâncias de gestão regionais**. Teresina: CEPRO, 2017. 55 p.

Perez-Vega, A.; Regil Garcia, H. H.; Mas, J. F. Degradación ambiental por procesos de cambios de uso y cubierta del suelo desde una perspectiva espacial en el estado de Guanajuato, México. **Investigaciones Geográficas**, [S. l.], n. 103, p. e60150, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14350/ig.60150>.

Piauí (Estado). Decreto nº 19.042, de 22 de junho de 2020. Dispõe sobre o procedimento para certificação do Selo Ambiental aos municípios conforme Lei Ordinária nº 5.813, de 2008 (Lei do ICMS Ecológico) e revoga os Decretos nº 14.861, de 2012, e nº 16.445, de 2016. Teresina: Governo do Estado do Piauí, 2 jul. 2020.

Piauí (Estado). Lei complementar nº 87, de 22 de agosto de 2007. Estabelece o planejamento participativo para o desenvolvimento sustentável do Estado do Piauí e dá outras providências. Disponível em: <http://legislacao.pi.gov.br/legislacao/default/detalhe/13144>. Acesso em: 20 jul. 2024.

Piauí (Estado). Lei nº 5.813, de 3 de março de 2008. Disponível em: <http://legislacao.pi.gov.br/legislacao/default/ato/14160>. Acesso em: 20 jul. 2023.

Piauí (Estado). Lei nº 6.967, de 3 de abril de 2017. Altera a Lei Complementar nº 87, de 22 de agosto de 2007, que estabelece o Planejamento Participativo Territorial para o Desenvolvimento Sustentável do Estado do Piauí e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Piauí**, Teresina, 3 abr. 2017. Disponível em: <https://sapl.al.pi.leg.br/norma/4102>. Acesso em: 20 maio 2025.

Pochmann, M.; Guerra, A. **Piauí: trajetória e transição econômica**. Teresina: CEPRO, 2019. Disponível em: http://www.cepro.pi.gov.br/download/201909/CEPRO19_f9991acf82.pdf. Acesso em: 20 maio 2025.

Reis Neto, A. F. *et al.* Diagnóstico, avanços e perspectivas do ICMS ecológico no município de Correntes-PI. **Revista de Direito da Cidade**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 2771–2801, 2022.

Resende, S. N. B. O ICMS ecológico como instrumento do desenvolvimento sustentável no estado do Piauí: análise das ações adotadas para certificação ambiental pelo município de Teresina. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Pública) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2023. 122 p.

Ribeiro, E. M. S. *et al.* Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Applied Ecology**, [S. l.], v. 52, n. 3, p. 611–620, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12420>.

Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 153–212.

Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1998. p. 89–166.

Ribeiro, K. V. *et al.* Diversidade florística do entorno das piscinas naturais da Serra de Campo Maior (PI), Nordeste do Brasil. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 95–114, 2021.

Ribeiro, K. V.; Lima, I. M. M. F.; Albuquerque, E. L. S. Município de Amarante, estado do Piauí: mapeamento e análise do uso atual da terra. **Geographia Meridionalis**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 26–43, 2017.

Ribeiro, L. F.; Tabarelli, M. A structural gradient in cerrado vegetation of Brazil: changes in woody plant density, species richness, life history and plant composition. **Journal of Tropical Ecology**, [S. l.], v. 18, n. 5, p. 775–794, 2002.

Rivas, M. P. **Macrozoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do rio Parnaíba**. Rio de Janeiro: IBGE, 1996. 111 p.

Rizzini, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições, 1997.

Rocha, A. M.; Luz, A. R. M.; Abreu, M. C. Composição e similaridade florística de espécies arbóreas em uma área de Caatinga, Picos, Piauí. **Pesquisas Botânicas**, São Leopoldo, n. 70, p. 175–185, 2017.

Rocha, S. J. S. S. *et al.* ICMS ecológico viabiliza restauração florestal no Brasil. **Land Use Policy**, [S. l.], v. 91, p. 104381, 2020.

Sá, A. A.; Barbosa, D. L. S.; Abreu, M. C.; Santos-Filho, F. S. Land Use and Land Cover Dynamics and Their Economic Determinants in the Canindé Valley, Piauí, Brazil. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo (SP), v. 19, n. 10, p. e13550, 2025. DOI: 10.24857/rgsa.v19n10-061.

Sá, A. A. *et al.* Da desterritorialização dos Acaroás e Gueguê à territorialização do Quilombo Mimbó na região do Médio Parnaíba piauiense (XVIII–XXI). In: Cruz, D. D. *et al.* (org.). **Ciências ambientais: desafios e perspectivas**. João Pessoa: Editora UFPB, 2021. p. 251–265.

- Sá, A. A. *et al.* Flora of the Spix and Martius expedition in Piauí: a 200 year later parallel. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 16, n. 5, p. 2868–2885, 2023. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.5.p2868-2885>.
- Sá, A. A.; Sousa, C. R. C. Biodiversidade e crescimento econômico: uma reflexão sobre as políticas ambientais. **Revista Delos**, [S. l.], v. 17, n. 62, p. e3428, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/rdelosv17.n62-224>.
- Sampaio, A. C. F. *et al.* Fitossociologia do cerrado sensu stricto na bacia do Rio Parnaíba no nordeste brasileiro. **Advances in Forestry Science**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 299–307, 2018.
- Sano, E. E. *et al.* The role of “no net loss” policies in conserving biodiversity threatened by the global infrastructure boom. **One Earth**, [S. l.], v. 3, p. 305–315, 2019.
- Santos, J. C. *et al.* Relação entre variáveis meteorológicas e o uso e ocupação do solo no sudoeste do Piauí, Brasil. **Nativa**, [S. l.], v. 5, n. 6, p. 414–420, 2017.
- Santos, J. D. B. G.; Hacon, S. S.; Neves, S. M. A. S. Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e seu uso no estudo da saúde humana: uma revisão de escopo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 16, n. 3, p. 1115–1144, 2023.
- Santos, J. F. S.; Naval, L. P. Soy water footprint and socioeconomic development: an analysis in the new agricultural expansion areas of the Brazilian cerrado (Brazilian savanna). **Environmental Development**, [S. l.], v. 42, p. 100670, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100670>.
- Santos, L. S.; Lemos, J. R.; Andrade, I. M. **Flora do Piauí, Nordeste do Brasil**. Teresina: EDUFPI, 2024. 672 p. ISBN 978-65-5904-300-2.
- Santos-Filho, F. S. *et al.* A flora de Cajueiro da Praia: uma área de tabuleiros do litoral do Piauí, Brasil. **Revista Equador**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 21–35, 2016.
- Santos-Filho, F. S. *et al.* Checklist of the flora of the restingas of Piauí state, Northeast Brazil. **Check List**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 1598, 2015.
- Santos-Filho, F. S. *et al.* Fisionomias das restingas do delta do Parnaíba, Nordeste, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 218–227, 2010.
- Santos-Filho, F. S.; Almeida Júnior, E. B.; Zickel, C. S. Edaphic aspects alter vegetation structures in the Brazilian restinga? **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], v. 27, p. 613–623, 2013.
- Sardinha, A. B. O.; Messias, E. J.; Leonetti, C. A. The function of the distribution of ICMS tax collection in Brazil (Ecological ICMS) as a potentially beneficial measure for reducing greenhouse gas emissions. In: **Sustainable Development**. [S. l.]: IntechOpen, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.1005304>.
- Sauquet, A.; Marchand, S.; Féres, J. G. Protected areas, local governments, and strategic interactions: the case of the ICMS-Ecológico in the Brazilian state of Paraná. **Ecological Economics**, [S. l.], v. 107, p. 249–258, 2014.

- Schweitzer, M. *et al.* Atividades extrativistas na produção do território na Argentina: uma análise comparativa entre mineração, soja e hidrocarbonetos. **University Journal of Geography**, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 99–127, 2020.
- Seddon, A. W. *et al.* Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. **Nature**, [S. l.], v. 531, n. 7593, p. 229–232, 2016.
- Silva, D. F. M. *et al.* Diagnóstico fitossociológico e uso da vegetação de um cerrado ecotonal da região setentrional do Piauí. **Revista Geográfica Acadêmica**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 76–92, 2018.
- Silva, D. M. F. *et al.* Flora de uma área de cerrado ecotonal da região setentrional do Piauí. **Revista Geográfica Acadêmica**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 16–29, 2020a.
- Silva, D. S.; Cruz, C. M. Tipologias de Caatinga: uma revisão em apoio a mapeamentos através de sensoriamento remoto orbital e GEOBIA. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 35, p. 113–120, 2018.
- Silva, L. S. *et al.* Florística, estrutura e sucessão ecológica de um remanescente de mata ciliar na bacia do rio Gurguéia-PI. **Nativa**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 156–164, 2015.
- Silva, L. S. *et al.* Fragmentos de Caatinga são florística e estruturalmente similares? **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 15, n. 6, p. 3202–3211, 2022.
- Silva, L. S. *et al.* Mudanças temporais na estrutura vegetacional de um fragmento de Caatinga, sul do Piauí. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 16, n. 2, 2020b.
- Silva, M. V. O.; Araújo, F. S.; Ledru, M. P. A palynological atlas of the Cerrado-Caatinga ecotone in northeastern Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, [S. l.], v. 321, p. 105023, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2023.105023>.
- Silva, T. S.; Meiado, M. V.; Soares, S. M. N. Diversidade florística e funcional-reprodutiva das espécies arbóreas-arbustivas utilizadas na ornamentação de praças do município de São Raimundo Nonato, Piauí, Brasil. **Terra Plural**, [S. l.], v. 15, p. 1–24, 2021.
- Sousa Júnior, V. P. *et al.* Land-use and land-cover dynamics in the Brazilian Caatinga dry tropical forest. **Conservation**, [S. l.], v. 2, n. 4, p. 739–752, 2022.
- Sousa, G. M. *et al.* Composição florística e fitossociologia das Serras de Campo Maior, município de Campo Maior, Piauí, Brasil. **Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas**, Teresina, p. 1–20, 2009.
- Sousa, J. L. M.; Figueredo, E. S.; Santos-Filho, F. S. Evolução espacial dos tabuleiros litorâneos: o caso do DITALPI no litoral setentrional. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, p. e6759109098, 2020.
- Sousa, S. R. V. S.; Santos-Filho, F. S. (In)ci(pi)ência: panorama geral dos estudos sobre biodiversidade no Piauí. **Revista Equador**, [S. l.], v. 7, p. 17–41, 2018.
- Souza, C. R. *et al.* Functional and structural attributes of Brazilian tropical and subtropical forests and savannas. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 558, p. 121811, 2024.

- Souza, E. B. D. *et al.* Flora and physiognomy of Caatinga vegetation over crystalline bedrock in the northern Caatinga domain, Brazil. **Rodriguésia**, [S. l.], v. 73, p. e01252021, 2022.
- Souza, K. B. *et al.* Mudança no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto, Piauí. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 11, p. 25490–25511, 2019.
- Souza, M. P. *et al.* Composição e estrutura da vegetação de caatinga no sul do Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 210–217, 2017.
- Souza, R. T. B.; Mayo, S. J.; Andrade, I. M. Migrating dunes and restinga vegetation in Piauí, northeastern Brazil: the dominance of wild cashew trees (*Anacardium occidentale*). **Feddes Repertorium**, [S. l.], v. 132, n. 3, p. 204–227, 2021.
- Spix, J. B.; Martius, C. F. F. **Viagem pelo Brasil, 1817–1820**. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Edusp, 1981. v. 1–3.
- Stamford, J. D. *et al.* Development of an accurate low cost NDVI imaging system for assessing plant health. **Plant Methods**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 9, 2023.
- Strassburg, B. B. N. *et al.* Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, [S. l.], v. 1, n. 4, p. 0099, 2017.
- Tupiassu, L.; Fadel, L. P. S. L.; Gros-Désormeaux, J. R. ICMS ecológico e desmatamento nos municípios prioritários do estado do Pará. **Revista Direito GV**, [S. l.], v. 15, 2019.
- Vasconcelos, A. D. M. *et al.* Caracterização florística e fitossociológica em área de Caatinga para fins de manejo florestal no município de São Francisco-PI. **Agropecuária Científica no Semiárido**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 329–337, 2017.
- Vasconcelos, A. D. M. *et al.* Floristic analysis and phytosociology in an area of Caatinga, Brazil. **Annual Research & Review in Biology**, [S. l.], p. 1–8, 2019.
- Velloso, A. L.; Sampaio, E. V. S. B.; Pareyn, F. G. C. **Ecorregiões: propostas para o bioma Caatinga**. Recife: APNE; Instituto de Conservação Ambiental – The Nature Conservancy do Brasil, 2002.
- Vieira, R. R. S.; Pressey, R. L.; Loyola, R. A. A natureza residual das áreas protegidas no Brasil. **Biological Conservation**, [S. l.], v. 233, p. 152–161, 2019.
- Yengoh, G. T. *et al.* **Uso do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para avaliar a degradação da terra em várias escalas: estado atual, tendências futuras e considerações práticas**. [S. l.]: Springer, 2015.

ARTIGO I

Antonia Alikaene de Sá¹

Maria Carolina de Abreu²

Melissa Oda Souza³

Francisco Soares Santos Filho⁴

FLORÍSTICA NA INTERFACE CAATINGA-CERRADO, VALE DO CANINDÉ, PIAUÍ

Artigo científico integrante da tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPI), preparado para submissão a periódico acadêmico.

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente em Rede Nordeste (PRODEMA), Universidade Federal do Piauí (UFPI).

² Professora do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI); Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação (PPBC/UFPI).

³ Professora do Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Estadual do Piauí (UESPI).

⁴ Professor Associado IV-DE do Centro de Ciências da Natureza (CCN), Universidade Estadual do Piauí (UESPI); Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente em Rede Nordeste (PRODEMA), Universidade Federal do Piauí (UFPI).

FLORÍSTICA NA INTERFACE CAATINGA-CERRADO, VALE DO CANINDÉ, PIAUÍ

RESUMO

A biodiversidade florística é um componente-chave para a conservação, o manejo e a compreensão fitofisionômica de ecossistemas, especialmente em zonas de transição. Esse estudo analisou a composição e a similaridade florística entre seis municípios do Vale do Canindé, visando à caracterização da biodiversidade regional e ao subsídio de estratégias de conservação e manejo sustentável. Foram realizadas expedições botânicas entre setembro de 2022 e julho de 2024, em períodos chuvosos e de estiagem, com coletas pelo método de caminhamento. O material foi herborizado, identificado por literatura especializada, comparação com herbários e bases digitais, e classificado segundo APG IV. A similaridade foi avaliada pelo índice de Jaccard, agrupamento UPGMA e diagramas de Venn. Foram registradas 151 espécies, 112 gêneros e 44 famílias, com maior riqueza em Fabaceae, Bignoniaceae, Malpighiaceae e Malvaceae. Os gêneros mais diversos foram *Cenostigma*, *Cordia*, *Mimosa* e *Fridericia*. Foram identificadas quatro novas ocorrências para o Piauí: *Alternanthera pungens*, *Cordia concolor*, *Fridericia nigrescens* e *Rhynchosia edulis*. A flora incluiu espécies endêmicas da Caatinga, elementos típicos do Cerrado e duas espécies quase ameaçadas, *Handroanthus serratifolius* e *Amburana cearensis*. Apenas *Aspidosperma pyrifolium* e *Combretum leprosum* ocorreram em todas as áreas, enquanto 64,9% das espécies foram exclusivas de uma única área. Oeiras e São João da Varjota compartilharam o maior número de espécies, indicando maior afinidade florística. Cajazeiras do Piauí apresentou composição mista, divergindo da classificação prévia como Cerrado. O Vale do Canindé se destacou, sobretudo por seus ecótonos, como área prioritária para a conservação e o aprimoramento do conhecimento fitogeográfico regional.

Palavras-chave: Biodiversidade florística; Ecótono; Espécies endêmicas; Similaridade florística.

FLORISTICS AT THE CAATINGA–CERRADO INTERFACE, VALE DO CANINDÉ, PIAUÍ

ABSTRACT

Floristic biodiversity is a key component for the conservation, management, and phytophysiognomic understanding of ecosystems, especially in transition zones. This study analyzed to analyze the composition and floristic similarity among six municipalities of the Vale do Canindé, aiming at the characterization of regional biodiversity and supporting conservation and sustainable management strategies. Botanical expeditions were carried out between September 2022 and July 2024, during rainy and dry periods, with collections using the walking method. The material was herborized, identified using specialized literature, comparison with herbaria and digital databases, and classified according to APG IV. Similarity was evaluated using the Jaccard index, UPGMA clustering, and Venn diagrams. A total of 151 species, 112 genera, and 44 families were recorded, with greater richness in Fabaceae, Bignoniaceae, Malpighiaceae, and Malvaceae. The most diverse genera were *Cenostigma*, *Cordia*, *Mimosa*, and *Fridericia*. Four new occurrences for Piauí were identified: *Alternanthera pungens*, *Cordia concolor*, *Fridericia nigrescens* and *Rhynchosia edulis*. The flora included endemic species of the Caatinga, typical elements of the Cerrado, and two near-threatened species, *Handroanthus serratifolius* and *Amburana cearensis*. Only *Aspidosperma pyrifolium* and *Combretum leprosum* occurred in all areas, while 64.9% of the species were exclusive to a single area. Oeiras and São João da Varjota shared the highest number of species, indicating greater floristic affinity. Cajazeiras do Piauí presented a mixed composition, diverging from the previous classification as Cerrado. The Vale do Canindé stood out, especially due to its ecotones, as a priority area for conservation and the improvement of regional phytogeographic knowledge.

Keywords: Floristic biodiversity; Ecotone; Endemic species; Floristic similarity.

1. INTRODUÇÃO

O estado do Piauí, terceiro maior do Nordeste brasileiro, ocupa posição estratégica no que se refere às formações vegetais, compondo a região denominada Meio-Norte do Brasil (Andrade-Lima, 1981). Sua cobertura vegetal apresenta elevada heterogeneidade, com predominância da Caatinga, que ocupa cerca de 49,6% do território (12.478.363 ha), seguida pelo Cerrado, com aproximadamente 47%, sendo 33% (8.349.759 ha) de domínio e 14% (3.507.107 ha) correspondentes a áreas de transição entre Cerrado e Caatinga (CEPRO, 1992; Oliveira *et al.*, 1997). Os demais ambientes, que totalizam menos de 3% (738.156 ha), incluem formações de Floresta Estacional Decidual e Semidecidual Montana e Submontana, além de dunas, restingas e manguezais (CEPRO, 1992).

A Caatinga caracteriza-se como uma floresta tropical sazonalmente seca, inserida no domínio semiárido, com elevadas temperaturas e irregularidade pluviométrica, resultando em déficits hídricos prolongados ao longo do ano (Mutti *et al.*, 2019; Accioly; Farias; Arruda, 2024). Sua vegetação é predominantemente xerófila, com estrutura heterogênea composta por árvores e arbustos de pequeno porte, geralmente caducifólios e com folhas reduzidas (Drumond *et al.*, 2012). O Cerrado, por sua vez, apresenta elevada complexidade ecológica, caracterizada pela interação entre vegetação, clima e ciclo hidrológico, com papel relevante na regulação da evapotranspiração e das condições atmosféricas (Strassburg *et al.*, 2017). Reconhecido como uma das savanas mais biodiversas do planeta (Klink; Machado, 2005; Ermgassen *et al.*, 2019), o bioma abriga diferentes fisionomias, desde formações campestres até florestais (Ribeiro; Walter, 2008), com vegetação mesófila, subcaducifólia e organizada em estratos arbóreo-arbustivo e herbáceo-subarbustivo (Castro, 2003).

Na porção setentrional do Piauí, principalmente nas áreas de contato entre esses biomas, ocorre um mosaico vegetal ecotonal caracterizado por elevada diversidade florística e ainda pouco investigado (Silva *et al.*, 2020). Os ecótonos constituem zonas de transição ecológica onde coexistem espécies de diferentes formações, resultando em comunidades intermediárias e dinâmicas, frequentemente associadas a elevados níveis de diversidade biológica (Silva; Araujo; Ledru, 2024; Kark, 2024). No Piauí, essas áreas são reconhecidas como unidades relevantes para planejamento ambiental e desenvolvimento territorial (Castro, 2007), destacando-se o ecótono Caatinga/Cerrado como uma região estratégica para a conservação da biodiversidade, embora ainda apresente lacunas

significativas de conhecimento científico (Andrade *et al.*, 2019). Nesse contexto, inventários florísticos constituem ferramentas essenciais para a caracterização da fitodiversidade e o suporte a estratégias de conservação e manejo (Felfili *et al.*, 2011).

Apesar da classificação de Castro (2007) para as unidades de planejamento de no Piauí indicar a presença de Caatinga, Cerrado e Ecótono (Cerrado-Caatinga) no Território de Desenvolvimento Vale do Canindé, a ausência de estudos florísticos de campo abrangentes e comparativos entre os municípios que o compõem gera incertezas quanto à composição florística real, à distribuição das espécies e à classificação fisionômica existente, dificultando a compreensão da biodiversidade regional e a implementação de estratégias eficazes de conservação. Nesse sentido, questiona-se, se as áreas estudadas nos municípios do Território de Desenvolvimento Vale do Canindé apresentam identidade florística, partindo-se da hipótese de que a vegetação dessas áreas apresenta alta diversidade de espécies, principalmente em função da presença de fitofisionomias de Caatinga e Cerrado; assim, o estudo teve como objetivo analisar a composição e a similaridade florística em áreas de Cerrado, Caatinga e ecótono no Vale do Canindé, para compreender os padrões de distribuição da biodiversidade vegetal na região.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estado do Piauí encontra-se administrativamente organizado em 12 Territórios de Desenvolvimento e 28 Aglomerados de Municípios, conforme estabelecido pela Lei Complementar nº 87, de 22 de agosto de 2007, e suas atualizações (Lei nº 6.967/2017). Esses territórios constituem unidades de planejamento governamental definidas a partir de características socioeconômicas e ambientais regionais, com o objetivo de orientar ações voltadas ao desenvolvimento sustentável (Piauí, 2007; Pereira; Nascimento; Rodrigues, 2017).

O estudo foi conduzido no Território de Desenvolvimento Vale do Canindé, que abrange 17 municípios distribuídos em dois Aglomerados de Municípios e ocupa uma área de aproximadamente 13.908,87 km² (IBGE, 2025). A região está inserida na sub-bacia do Médio Parnaíba (Motta; Gonçalves, 2016) e apresenta elevada complexidade ambiental, caracterizada pela ocorrência de fitofisionomias típicas da Caatinga e do Cerrado, além de áreas de transição ecológica (ecótonos) entre esses biomas (Castro, 2007).

Para fins deste estudo, foram selecionados seis municípios com base na diversidade de ecossistemas, com base nas unidades de planejamento propostas por Castro (2007) e na variação do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* no território (IBGE, 2021). A amostragem contemplou um gradiente fitogeográfico representativo, incluindo áreas de Cerrado, ecótono Cerrado–Caatinga e Caatinga (Figura 1).

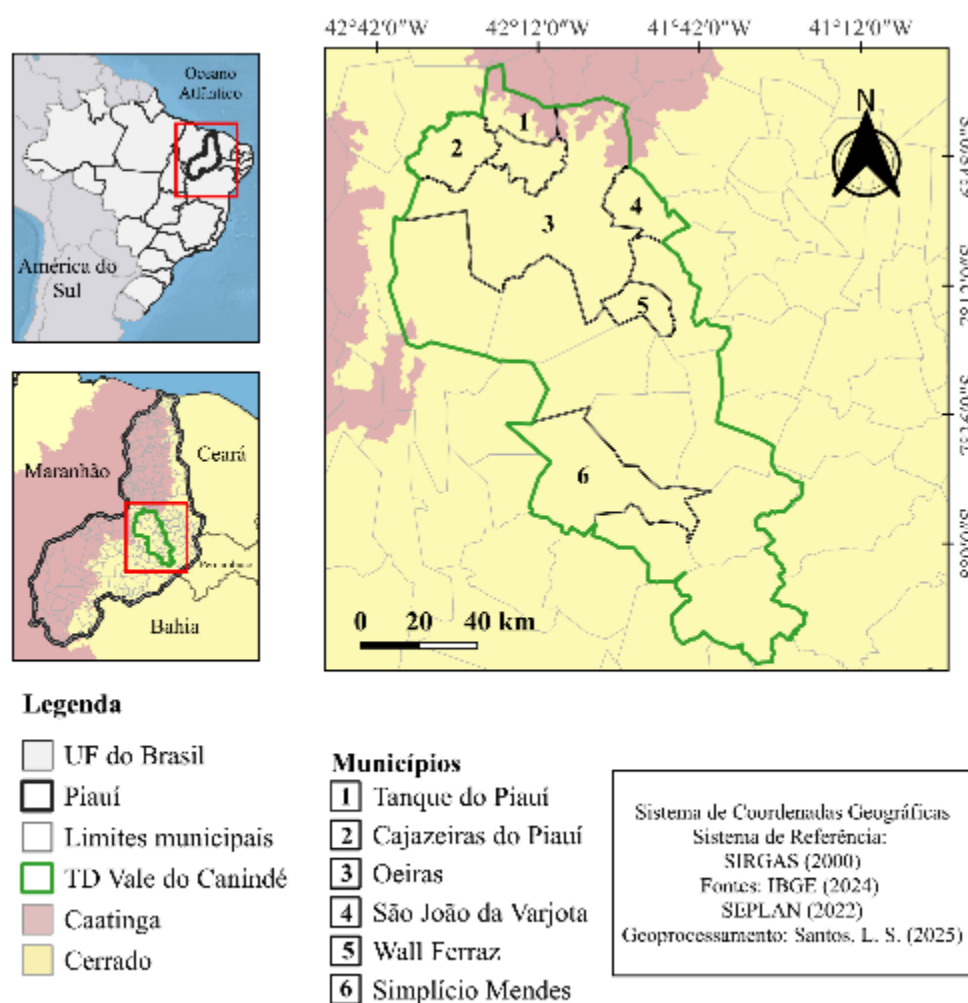


Figura 1 – Mapa da localização geográfica da área de estudo.

2.2 Áreas amostrais

1 - Tanque do Piauí

Área territorial de 408,985 km² (IBGE, 2025), localizada nas coordenadas 6°35'50.78"S e 42°17'2.17"O, com altitude entre 160–560 m. O clima é classificado, segundo Köppen, como tropical com estação seca no inverno (Aw) (Alvares *et al.*, 2013; IBGE, 2019; Medeiros; Cavalcanti; Duarte, 2020). O solo predominante é o Neossolo Litólico Distrófico (IBGE, 2019; Pfaltzgraff *et al.*, 2010), com vegetação de Cerrado (Castro, 2007).

2- Cajazeiras do Piauí

Área territorial de 515,427 km² (IBGE, 2025), localizada nas coordenadas 6°47'50.59"S e 42°23'28.85"O, com altitude entre 0 e 320 m. O clima é classificado, segundo Köppen, como tropical com estação seca no inverno (Aw) (Alvares *et al.*, 2013; IBGE, 2019; Medeiros; Cavalcanti; Duarte, 2020). O solo predominante é o Neossolo Litólico Distrófico (IBGE, 2019; Pfaltzgraff *et al.*, 2010), e a vegetação é composta por formações de Cerrado e Caatinga.

3 - Oeiras

Área territorial de 2.696,724 km² (IBGE, 2025), localizada nas coordenadas 7° 0'47.02"S e 42° 7'48.21"O, com altitude de 80 a 560 m. O clima é classificado, segundo Köppen, como tropical com estação seca no inverno (Aw) (Alvares *et al.*, 2013; IBGE, 2019; Medeiros; Cavalcanti; Duarte, 2020). Apresenta solos do tipo Neossolo Litólico Distrófico, Neossolo Quartzarênico Órtico e Latossolo Amarelo Distrófico (IBGE, 2019; Pfaltzgraff *et al.*, 2010), com vegetação de Cerrado e Caatinga (Castro, 2007).

4 - São João da Varjota

Área territorial de 394,457 km² (IBGE, 2025), localizada nas coordenadas 6°54'50.91"S e 41°51'56.87"O, com altitude entre 80 e 560 m. O clima é classificado, segundo Köppen, como tropical com estação seca no verão (As) (Alvares *et al.*, 2013; IBGE, 2019; Medeiros; Cavalcanti; Duarte, 2020). O solo predominante é o Neossolo Quartzarênico Órtico (IBGE, 2019; Pfaltzgraff *et al.*, 2010), e a vegetação é composta por Cerrado e Caatinga (Castro, 2007).

5 - Wall Ferraz

Área territorial de 317,278 km² (IBGE, 2025), localizada nas coordenadas 7°14'2.04"S e 41°54'37.97"O, com altitude entre 80 e 320 m. O clima é classificado, segundo Köppen, como tropical com estação seca no verão (As) (Alvares *et al.*, 2013; IBGE, 2019; Medeiros; Cavalcanti; Duarte, 2020). Os solos predominantes são Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Neossolo Litólico Distrófico (IBGE, 2019; Pfaltzgraff *et al.*, 2010), com vegetação de Caatinga (Castro, 2007).

6 - Simplício Mendes

Área territorial de 1.360,04 km² (IBGE, 2025), localizada nas coordenadas 7°51'25.57"S e 41°54'33.45"O, com altitude entre 80 e 320 m. O clima é classificado, segundo Köppen, como semiárido quente (BSh) (Alvares *et al.*, 2013; IBGE, 2019; Medeiros; Cavalcanti; Duarte, 2020). Os solos predominantes são Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e

Neossolo Quartzarênico Órtico (IBGE, 2019; Pfaltzgraff *et al.*, 2010), com vegetação típica de Caatinga (Castro, 2007).

2.3 Levantamento florístico

O levantamento da flora das áreas foi realizado a partir de excursões botânicas realizadas entre os meses de setembro de 2022 (Oeiras, Simplício Mendes e São João da Varjota), maio e junho de 2023 (Cajazeiras, Oeiras e Simplício Mendes), maio e julho de 2024 (Tanque, São João da Varjota e Wall Ferraz), abrangendo períodos de chuva e estiagem. Como critério, priorizaram-se áreas menos perturbadas, por representarem melhor as condições naturais e a composição original das espécies; contudo, também se buscou contemplar diferentes tipos de vegetação dentro de cada município, garantindo uma amostragem mais abrangente e representativa da diversidade local.

Foram coletadas plantas arbóreas, arbustivas, subarbustivas, herbáceas, hemiparasitas e trepadeiras, priorizando-se o estágio reprodutivo (botões florais, flores e frutos). As coletas foram realizadas pelo método de caminhar proposto por Filgueiras *et al.* (1994). A aplicação deste método ocorreu em três etapas: inicialmente, realizaram-se o reconhecimento e a delimitação das diferentes fitofisionomias (Caatinga, Cerrado e ecótono Caatinga/Cerrado) presentes na área de estudo. Em seguida, foram realizadas coletas direcionadas nessas fisionomias para registrar e coletar amostras das espécies vegetais, visando compor uma lista florística. Os dados obtidos foram analisados para caracterizar a composição e a riqueza da flora local.

O material botânico foi processado segundo técnicas usuais para trabalhos de florística (Peixoto; Maia, 2013). A identificação ocorreu por meio de chaves de identificação, descrições originais, bibliografia especializada e comparação com os acervos do Herbário Graziela Barroso (TEPB) da Universidade Federal do Piauí e do Herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (RB). Também foram utilizadas coleções digitais disponíveis nos bancos de dados do Re flora (<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/>), SpeciesLink (<https://www.splink.org.br/>) e *Plants of the World Online* (<https://powo.science.kew.org/>), para identificação das espécies e para consultas aos especialistas sobre famílias botânicas. O material testemunho encontra-se depositado no Herbário Delta do Parnaíba (HDELTA), TEPB e em duplicatas incorporadas no Herbário RB, além da doação de duplicatas a especialistas.

A listagem dos táxons seguiu a classificação da *Angiosperm Phylogeny Group IV* (APG IV, 2016). A identificação do *status* de conservação e a correção da grafia dos

nomes dos táxons seguiram o sítio eletrônico Flora e Funga do Brasil (Flora e Funga do Brasil, 2026). Todas as coletas foram georreferenciadas e realizados os registros fotográficos dos indivíduos.

Para verificar a similaridade florística entre as áreas, aplicou-se o índice de Jaccard (J). Esse índice considera o número de espécies compartilhadas, ou não, entre um ou mais levantamentos. Uma matriz binária de presença-ausência de espécies com epíteto específico foi elaborada para comparar a similaridade florística das seis áreas, em que as colunas Xj representavam as espécies, as linhas Xi as unidades amostrais e cada valor Xij indicava a presença ou ausência de cada espécie (Legendre; Legendre, 1998; Kent, 2011). A partir desta matriz foi realizada a análise de agrupamento por médias aritméticas não ponderadas (*Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Mean* - UPGMA) utilizando o índice de Jaccard (J) como medida de similaridade e construído Diagrama de Venn.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição florística

A flora registrada compreende 151 espécies distribuídas em 112 gêneros e 44 famílias. A família Fabaceae apresentou maior riqueza (42 spp.; 27,8%), seguida por Bignoniaceae (11 spp.; 7,3%), Malpighiaceae e Malvaceae (8 spp.; 5,3% cada). As dez famílias de maior riqueza concentraram 67,5% da flora total (Tabela 1). Fabaceae e Bignoniaceae estão entre as famílias de Angiospermas mais ricas em espécies para a Caatinga (Giulietti, 2006) e para o Cerrado (Souza *et al.*, 2018). Do mesmo modo, Silva *et al.* (2020) ressaltam que nas áreas de ecótonos Cerrado-Caatinga espécies de Fabaceae e Bignoniaceae são mais predominantes, o que pode estar relacionado às modificações ecológicas e associações dos domínios fitogeográficos.

Os gêneros mais ricos foram *Cenostigma* (5 spp.) (Fabaceae), *Cordia* (5 spp.) (Rubiaceae), *Mimosa* (4 spp.) (Fabaceae) e *Fridericia* (4 spp.) (Bignoniaceae). *Cordia* e *Fridericia* são gêneros considerados típicos do Cerrado (Souza *et al.*, 2018) e também apresentam ocorrências confirmadas nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal (Flora e Funga do Brasil, 2026). *Cenostigma* e *Mimosa* estão entre os gêneros de Fabaceae mais representados na Caatinga (Queiroz, 2009).

O levantamento florístico evidenciou uma diversidade de formas de vida, com predominância de espécies arbóreas (63 spp.) e arbustivas (54 spp.). Entre as espécies

arbóreas, a família Fabaceae apresentou a maior riqueza (30 espécies). As trepadeiras foram representadas por 25 espécies com maior diversidade nas famílias Bignoniaceae (8 spp.) e Malpighiaceae (5 spp.). No que concerne às formas arbustivas, as famílias Rubiaceae (7 spp.) e Malvaceae (5 spp.) apresentaram a maior riqueza. Complementam o inventário de espécies herbáceas (8 spp.), subarbustivas (5 spp.) e uma espécie hemiparasita (Tabela 1).

Tabela 1 – Lista florística das espécies registradas em seis municípios do Território de Desenvolvimento Vale do Canindé, Piauí.

Famílias/Espécies	Hábito	SC	Amb.	Área	Voucher
ACANTHACEAE					
<i>Ruellia asperula</i> (Mart. ex Nees) Lindau	Arb.	NE	Ect.	VI	HDELTA8747
AMARANTHACEAE					
<i>Alternanthera pungens</i> Kunth (*)	Sub.	NE	Ect.	VI	TEPB32648
ANACARDIACEAE					
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Árv.	LC	Ect.	II, IV	TEPB33178
<i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl.	Árv.	LC	Ect. Caa.	IV, VI	HDELTA8742/ 8743
ANNONACEAE					
<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr.) H. Rainer	Árv.	LC	Ect.	IV	HAF10708
APOCYNACEAE					
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	Árv. Arb.	NE	Cer. Caa. Ect.	I, II, III, IV, V, VI	HDELTA8745/ 8746 TEPB33179
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Árv.	NE	Cer.	I	TEPB33180
<i>Odontadenia hypoglaucia</i> Müll.Arg.	Trep.	NE	Ect.	IV	HDELTA8744
ASTERACEAE					
<i>Lepidaploa chalybaea</i> (Mart. ex DC.) H. Rob.	Sub.	LC	Ect.	III	HDELTA8750
<i>Melanthera nivea</i> (L.) Small	Herb.	NE	Cer.	I	TEPB33181
<i>Mikania cordifolia</i> (L.f.) Willd.	Herb.	NE	Ect.	III	HDELTA8749
BIGNONIACEAE					
<i>Adenocalymma candolleanum</i> (Mart. ex DC.) L.H. Fonseca & L.G. Lohmann	Trep.	NE	Ect.	III	HDELTA8740
<i>Cuspidaria pulchra</i> (Cham.) L.G. Lohmann	Trep.	NE	Ect.	IV	HDELTA8737
<i>Fridericia dispar</i> (Bureau ex K. Schum.) L.G. Lohmann	Trep.	NE	Ect.	II, III, IV	HDELTA8738
<i>Fridericia egensis</i> (Bureau & K. Schum.) L.G. Lohmann	Trep.		Ect.	III	HDELTA8732
<i>Fridericia nigrescens</i> (Sandwith) L.G. Lohmann (*)	Trep.	NE	Ect.	III	TEPB32902
<i>Fridericia pubescens</i> (L.) L.G. Lohmann	Trep.	LC	Ect.	III	HDELTA8652
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Árv.	LC	Ect.	II, IV	TEPB33551
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S. Grose	Árv.	NT	Ect.	II, III, IV	HDELTA8733/ 8734 HDELTA8735

<i>Pleonotoma jasminifolia</i> (Kunth) Miers	Trep.	NE	Ect.	III	TEPB33550
<i>Tanaecium dichotomum</i> (Jacq.) Kaehler & L.G. Lohmann	Trep.	NE	Ect.	II	HDELTA8739
<i>Xylophragma myrianthum</i> (Cham.) Sprague	Trep.	NE	Ect.	III	HDELTA8741
BIXACEAE					
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Árv.	NE	Ect.	III, IV	HDELTA8730 TEPB33184
BORAGINACEAE					
<i>Cordia rufescens</i> A.DC.	Arb.	NE	Ect.	I, II, III	HDELTA8727
<i>Cordia superba</i> Cham.	Arb.	NE	Cer. Ect.	I, II	TEPB33185 HDELTA8728
BROMELIACEAE					
<i>Dyckia spectabilis</i> (Mart. ex Schult. & Schult.f.) Baker	Herb.	LC	Ect.	IV	TEPB33186
CACTACEAE					
<i>Cereus albicaulis</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	Arb.	NE	Caa.	V	HAF10692
<i>Cereus fernambucensis</i> Lem	Arb.	NE	Ect.	III	HAF10689
<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Árv.	NE	Caa.	V, VI	HAF10693
<i>Melocactus zehntneri</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	Sub.	NE	Caa.	V, VI	HDELTA8758
<i>Pilosocereus catingicola</i> (Gürke) Byles & Rowley	Arb.	NE	Caa.	V, VI	HAF10691
<i>Xiquexique gounellei</i> (F.A.C.Weber ex K.Schum.) Lavar & Calvente	Arb.	NE	Ect. Caa.	IV, V, VI	HAF10690
CAPPARIDACEAE					
<i>Cynophalla hastata</i> (Jacq.) J. Presl	Arb.	NE	Caa.	VI	HDELTA8761
CHRYSOBALANACEAE					
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	Árv.	NE	Caa.	VI	TEPB33552
<i>Microdesmia rigida</i> (Benth.) Sothers & Prance	Árv.	LC	Ect.	II, III	HDELTA8757/ 8759/8760
COMBRETACEAE					
<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	Arb.	NE	Ect.	II	TEPB33554
<i>Combretum lanceolatum</i> Pohl ex Eichler	Arb.	NE	Caa.	V	TEPB33187
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Árv. Arb.	NE	Caa. Cer. Ect.	I, II, III, IV, V, VI	HDELTA8751/ 8752/ 8753 TEPB33188
<i>Terminalia actinophylla</i> Mart.	Árv.	NE	Caa. Ect.	II, III, IV, V	HDELTA8755
CORDIACEAE					
<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	Arb.	NE	Caa. Ect.	II, VI	TEPB33593
CONVOLVULACEAE					
<i>Camonea umbellata</i> (L.) A.R. Simões & Staples	Trep.	NE	Ect.	III	HDELTA8756
DILLENIACEAE					
<i>Curatella americana</i> L	Árv.	NE	Ect.	IV	HAF10707
<i>Davilla cearensis</i> Huber	Trep.	NE	Ect.	III	TEPB33555
EUPHORBIACEAE					

<i>Cnidoscolus urens</i> (L.) Arthur	Sub.	NE	Caa. Ect.	III, IV, V, VI	HDELTA8768/ 8769/ 8770/ 8771
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Arb.	LC	Ect. Caa.	III, IV, VI	TEPB33558
<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	Arb.	LC	Caa. Ect.	II, III, V, VI	HDELTA8772
<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	Arb.	NE	Ect.	III	HAF10696
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Arb.	NE	Caa. Ect.	III, VI	HDELTA8765/ 8766/8767
<i>Manihot caerulea</i> Pohl	Árv.	NE	Cer.	I	TEPB33190
ERYTHROXYLACEAE					
<i>Erythroxylum</i> cf. <i>daphnites</i> Mart	Árv.	NE	Ect.	III	HAF10695
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	Árv.	NE	Ect.	III	TEPB33556
<i>Erythroxylum pyan</i> Costa-Lima	Árv.	NE	Ect.	III	HAF10694
FABACEAE					
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	Árv.	NT	Caa.	V, VI	HDELTA6895
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg	Árv.	NE	Cer.	I	HAF10700
<i>Bauhinia acuruana</i> Moric	Arb.	LC	Ect.	III	TEPB33571
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Árv.	LC	Ect.	IV	HDELTA6873
<i>Canavalia brasiliensis</i> Mart. ex Benth.	Trep.	NE	Ect.	III	HDELTA8655
<i>Cenostigma bracteosum</i> (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis	Árv.	LC	Caa. Ect.	III, IV, VI	HDELTA8639/ 8651
<i>Cenostigma macrophyllum</i> Tul.	Árv.	NE	Ect.	IV	HAF10697
<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & G.P.Lewis	Árv.	LC	Caa. Ect.	III, VI	TEPB33575
<i>Cenostigma pyramidale</i> (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis	Árv.	LC	Ect.	IV	TEPB33191
<i>Cenostigma tocanthum</i> Ducke	Árv.	LC	Ect.	III	TEPB33572
<i>Chamaecrista acosmifolia</i> (Mart. ex Benth.) H.S. Irwin & Barneby	Arb.	LC	Ect.	III	HDELTA8650
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Árv.	NE	Ect.	III, IV	HAF10702
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	Árv.	NE	Caa.	V	EPB33561
<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.	Árv.	NE	Cer. Ect.	I, II	TEPB33192
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Árv.	NE	Cer.	I	TEPB33566
<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.	Árv.	NE	Caa. Ect.	IV, V	HAF10698
<i>Enterolobium timbouva</i> Mart.	Árv.	NE	Ect.	III, IV	HDELTA8643
<i>Galactia jussiaeana</i> Kunth	Sub.	NE	Cer.	I	TEPB33193
<i>Galactia striata</i> (Jacq.) Urb.	Trep.	LC	Cer.	I	TEPB33194
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Árv.	LC	Caa. Ect.	II, III, IV, V	HDELTA8644/ 8645
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Árv.	NE	Cer.	I	TEPB33567
<i>Inga vera</i> Willd.	Árv.	NE	Ect.	III	HDELTA8646
<i>Lachesiodendron viridiflorum</i> (Kunth) P.G. Ribeiro, L.P. Queiroz & Luckow	Árv.	NE	Ect.	III	HDELTA6891
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	Árv.	LC	Ect.	II	HAF10711
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz	Árv.	NE	Caa.	V	TEPB33196

<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Kunth ex DC.	Árv.	NE	Ect.	II	HDELTA6894
<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	Árv.	LC	Caa. Ect.	II, IV, V	TEPB33200/ 33197/ 33198
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Árv.	NE	Cer. Ect.	I, II	HDELTA8553
<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb.	Herb.	NE	Cer.	I	TEPB33201
<i>Mimosa arenosa</i> (Willd.) Poir.	Árv.	NE	Caa.	VI	HDELTA8658
<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	Arb.	LC	Caa. Ect.	III, VI	HDELTA6867
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Arb.	NE	Caa. Ect.	IV, VI	TEPB33563
<i>Mimosa verrucosa</i> Benth.	Árv. Arb.	LC	Cer. Ect.	I, III	TEPB33202/ 33203/ 33204
<i>Parkia platycephala</i> Benth	Árv.	LC	Cer.	I	HAF10701
<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Arb.	NE	Caa.	VI	
<i>Piptadenia retusa</i> (Jacq.) P.G.Ribeiro, Seigler & Ebinger	Arb.	NE	Caa. Ect.	IV, VI	HAF10699
<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W. Jobson	Árv.	NE	Caa. Cer. Ect.	I, II, III, IV, V	TEPB33205
<i>Rhynchosia edulis</i> Griseb. (*)	Herb.	NE	Ect.	III	TEPB32901
<i>Senna</i> sp.	Árv.		Ect.	III	HDELTA8656
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Árv.	NE	Ect.	IV	HAF10709
<i>Swartzia apetala</i> Raddi	Árv.	NE	Ect.	III	TEPB33573
<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	Arb.	NE	Caa.	V	TEPB33207
KRAMERIACEAE					
<i>Krameria tomentosa</i> A.St.-Hil.	Arb.	LC	Caa. Ect.	III, IV, V	HDELTA8703/ 8704/ 8705
LAMIACEAE					
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	Arb.	NE	Cer.	I	TEPB33576
<i>Amasonia campestris</i> (Aubl.) Moldenke	Herb.	NE	Cer.	I	TEPB33209
LOGANIACEAE					
<i>Antonia ovata</i> Pohl	Arb.	NE	Ect.	III	HDELTA8702
MALPIGHIACEAE					
<i>Banisteriopsis calcicola</i> B. Gates	Trep.	NE	Cer.	I	TEPB33211
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	Arb.	LC	Ect.	III	HAF10703
<i>Byrsonima correifolia</i> A. Juss.	Arb.	NE	Ect.	III	HDELTA8773
<i>Byrsonima gardneriana</i> A. Juss.	Arb.	NE	Ect.	IV	HDELTA8717
<i>Callaeum psilophyllum</i> (A. Juss.) D.M. Johnson	Trep.	NE	Ect.	II	HDELTA8714
<i>Diplopterys lutea</i> (Griseb.) W.R. Anderson & C.C. Davis	Trep.	NE	Ect.	III	HDELTA8715
<i>Diplopterys pubipetala</i> (A. Juss.) W.R. Anderson & C.C. Davis	Trep.	NE	Cer.	I	HDELTA33212
<i>Diplopterys valvata</i> (W.R. Anderson & B. Gates) W.R. Anderson & C.C. Davis	Trep.	NE	Ect.	III	HDELTA8718
MALVACEAE					
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl	Árv.	NE	Cer.	I	TEPB33580

<i>Byttneria filipes</i> Mart. ex K. Schum.	Arb.	NE	Caa. Ect.	II, III, V	HDELTA33213 HDELTA8710
<i>Helicteres muscosa</i> Mart.	Arb.	LC	Ect.	III	HDELTA8709
<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky	Arb.	NE	Ect.	III	HDELTA8713
<i>Luehea candicans</i> Mart.	Árv.	LC	Caa.	V	TEPB33214
<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns	Árv.	LC	Caa. Ect.	IV, V	TEPB33579
<i>Waltheria brachypetala</i> Turcz.	Arb.	NE	Ect.	II, III	HDELTA8707
<i>Waltheria indica</i> L	Arb. Herb.	NE	Cer. Ect.	I, IV	TEPB33215/ 33216
MORACEAE					
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	Arb.	NE	Ect.	III	HDELTA8720
MYRTACEAE					
<i>Campomanesia aromatica</i> (Aubl.) Griseb.	Arv.	LC	Cer.	I	HDELTA33583
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	Arb.	NE	Ect.	II	HDELTA8719
<i>Psidium cattleyanum</i> Sabine	Arb.	LC	Ect.	III	HAF106704
NYCTAGINACEAE					
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	Árv.	NE	Ect.	III	HDELTA8721
OPILACEAE					
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	Árv.	NE	Cer.	I	HAF10712
PASSIFLORACEAE					
<i>Passiflora foetida</i> L.	Trep.	NE	Ect.	IV	HDELTA8663
PLANTAGINACEAE					
<i>Stemodia foliosa</i> Benth.	Arb.	NE	Ect.	II	HDELTA8662
POLYGALACEAE					
<i>Bredemeyera petiolata</i> M. Mota & J.F.B. Pastore	Trep.	NE	Ect.	III	HDELTA8664
POLYGONACEAE					
<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	Árv.	NE	Caa. Ect.	III, V	HDELTA8665 TEPB33217
RUBIACEAE					
<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze (*)	Arb.	NE	Ect.	II, III	TEPB32903 TEPB32904
<i>Cordia elliptica</i> (Cham.) Kuntze	Arb.	NE	Cer.	I	TEPB33219
<i>Cordia myrciifolia</i> (K. Schum.) C.H. Perss. & Delprete	Arb.	NE	Ect.	III, IV	HDELTA8723/ 8724
<i>Cordia rigida</i> (K. Schum.) Kuntze	Arb.	NE	Caa. Ect.	II, V	TEPB33218
<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	Arb.	NE	Cer. Ect.	I, III	TEPB33588
<i>Genipa americana</i> L.	Arb.	LC	Ect.	III	HDELTA8722
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	Arb.	NE	Ect.	II	HDELTA8725
SALICACEAE					
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Árv.	NE	Caa.	V	HAF10705
SANTALACEAE					
<i>Phoradendron mucronatum</i> (DC.) Krug & Urb.	Hem.	NE	Ect.	III	HDELTA8667
SAPINDACEAE					
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	Arb.	NE	Cer.	I	TEPB33590

<i>Cardiospermum corindum</i> L.	Trep.	LC	Caa.	V	TEPB33220
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Árv.	LC	Caa. Cer.	I, V	TEPB33221 HDELTA8669
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Árv.	NE	Ect.	III	HDELTA8668
<i>Serjania glabrata</i> Kunth	Trep.	NE	Ect.	III	HDELTA8699
<i>Serjania lethalis</i> A.St.-Hil.	Trep.	NE	Ect.	IV	HDELTA8670
SIMAROUBACEAE					
<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	Árv.	NE	Ect.	III	TEPB33591
SOLANACEAE					
<i>Solanum paludosum</i> Moric.	Arb.	NE	Cer.	I	TEPB33222
<i>Solanum paniculatum</i> L.	Arb.	NE	Ect.	IV	TEPB33284
TURNERACEAE					
<i>Turnera melochioides</i> Cambess.	Herb.	NE	Cer.	I	TEPB33223
VERBENACEAE					
<i>Lippia grata</i> Schauer	Arb.	NE	Caa.	V	HAF10706
<i>Lippia origanoides</i> Kunth	Arb.	NE	Ect.	III	HDELTA8659
VITACEAE					
<i>Cissus erosa</i> Rich.	Arb.	NE	Cer.	I	TEPB33224
VOCHYSIACEAE					
<i>Callisthene fasciculata</i> Mart	Árv.	NE	Caa.	V	TEPB33592
<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	Árv.	NE	Caa. Ect.	III, IV, V	TEPB33225
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Árv.	NE	Cer. Ect.	I, II, III, IV	HDELTA8660/ 8661
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Árv.	NE	Caa. Ect.	III, IV, V	TEPB33226
XIMENIACEAE					
<i>Ximenia americana</i> L.	Arb.	NE	Ect.	II, IV	HAF10707

Legenda: Hábito: Árvore (Árv.), Arbusto (Arb.), Herbácea (Herb.), Hemiparásita (Hem.), Subarbusto (Sub.) e Trepadeira (Trep.). Status de Conservação (SC): NE (Não avaliada quanto ao risco de extinção), LC (Pouco Preocupante) e NT (Quase Ameaçada). Ambiente (Amb.): Caatinga (Caa.), Cerrado (Cer.) e Ecótono (Ect.). Área de coleta (Área): I (Tanque do Piauí), II (Cajazeiras do Piauí), III (Oeiras), IV (São João da Varjota), V (Wall Ferraz) e VI (Simplício Mendes). O símbolo (*) indica primeira ocorrência da espécie para o estado do Piauí. HDELTA: Herbário Delta do Parnaíba; TEPB: Herbário Graziela Barroso; HAF: Herbário Afrânio Fernandes. A grafia dos nomes científicos segue a base Flora e Funga do Brasil (2026). **Fonte:** Dados da pesquisa (2026).

Esta pesquisa adicionou quatro novos registros de primeira ocorrência para o estado do Piauí: *Alternanthera pungens* Kunth (Amaranthaceae), *Cordia concolor* (Cham.) Kuntze (Rubiaceae), *Fridericia nigrescens* (Sandwith) L.G. Lohmann (Bignoniaceae) e *Rhynchosia edulis* Griseb. (Fabaceae).

O levantamento registrou a ocorrência de espécies com distribuição ainda pouco documentada para o estado do Piauí, mostramos lacunas no conhecimento florístico regional. Entre elas, destaca-se *Pilosocereus catingicola* (Gürke) Byles & Rowley (Cactaceae), representando o segundo registro confirmado para o estado, o que sugere possível subamostragem de cactáceas na região. Foram registradas ainda *Bredemeyera petiolata* M. Mota & J.F.B. Pastore (Polygalaceae), *Fridericia egensis* (Bureau & K. Schum.) L.G. Lohmann, *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos e *Pleonotoma*

jasminifolia (Kunth) Miers (Bignoniaceae), *Cenostigma tocanthinum* Ducke e *Swartzia apetala* Raddi (Fabaceae), correspondendo ao terceiro registro dessas espécies para o estado, o que amplia o conhecimento sobre sua distribuição geográfica no Nordeste brasileiro.

A ocorrência conjunta desses táxons reforça a importância do território estudado como área de transição fitogeográfica, favorecendo a coexistência de elementos florísticos típicos de diferentes domínios e indicando potencial papel como zona de conexão florística. Dentre as espécies registradas, *Bredemeyera petiolata* merece destaque por ser endêmica do Brasil, com distribuição restrita ao bioma Cerrado e registros confirmados apenas para os estados do Piauí e Bahia, conforme dados do CRIA – SpeciesLink e Flora e Funga do Brasil (2026), o que evidencia seu valor biogeográfico e potencial relevância para estratégias de conservação na região.

De acordo com os estudos realizados por Giulietti *et al.* (2004), Fernandes, Cardoso e Queiroz (2020) e registros da Flora e Funga do Brasil (2026), foram identificadas várias espécies endêmicas da Caatinga: *Cereus jamacaru* DC., *Cereus albicaulis* (Britton & Rose) Luetzelb., *Croton blanchetianus* Baill e *Cynophalla hastata* (Jacq.) J. Presl. ocorreram exclusivamente na Caatinga; *Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelb., *Xiquexique gounellei* (F.A.C. Weber) Lavor & Calvente, *Dyckia spectabilis* (Mart. ex Schult. & Schult.f.) Baker, *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill., *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth., *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir., *Croton jacobinensis* Baill., *Microdesmia rigida* (Benth.) Sothers & Prance, *Waltheria brachypetala* Turcz., *Cenostigma nordestinum* Gagnon & G.P. Lewis foram encontradas em áreas de Caatinga e Ecótono Caatinga-Cerrado; *Adenocalymma candolleanum* (Mart. ex DC.) L.H. Fonseca & L.G. Lohmann e *Erythroxylum pyan* Costa-Lima ocorreram exclusivamente no Ecótono Caatinga-Cerrado, e *Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc. e *Combretum leprosum* Mart apresentaram ampla distribuição, sendo encontradas em todas as áreas amostradas (Caatinga, Cerrado e Ecótono Caatinga-Cerrado).

Algumas espécies são comumente citadas em estudos florísticos e/ou fitossociológicos em áreas de Cerrado, como as citadas por Ratter, Bridgewater e Ribeiro (2003), Castro (2007), Lindoso, Felfili e Silva (2011), Sampaio *et al.* (2018), Machado *et al.* (2019), Calixto Júnior *et al.* (2021), Ferreira *et al.* (2021), Aguiar *et al.* (2025). Neste estudo, *Hancornia speciosa* e *Parkia platycephala* foram encontradas exclusivamente no Cerrado; *Dimorphandra gardneriana* Gomes, *Magonia pubescens* Benth e *Qualea grandiflora* Mart. no Cerrado e Ecótono Cerrado-Caatinga, *Callisthene microphylla*

Warm., *Curatella americana* Mart. e *Qualea parviflora* Mart. no Ecótono e Caatinga, e *Astronium fraxinifolium* Schott apenas no Ecótono.

A diversidade de famílias e espécies encontradas neste estudo é relativamente comum nos inventários florísticos, como os publicados por Castro, Martins e Fernandes (1998), Rocha, Luz e Abreu (2017), Oliveira *et al.* (2019), Andrade *et al.* (2019), Silva *et al.* (2020), Moraes, Araújo e Conceição (2021), Moraes *et al.* (2022), Sá *et al.* (2023), Arraes *et al.* (2025) para o estado do Piauí.

De acordo com o Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora), a análise da flora coletada demonstrou que as espécies, *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. Grose e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Sm. foram categorizadas como “Quase Ameaçada” (NT), 35 espécies classificadas como “Pouco preocupante” (LC) e 113 espécies “Não avaliadas” quanto ao risco de extinção (NE) (Flora e Funga do Brasil, 2026).

3.2 Análise de similaridade florística

A riqueza específica registrada nas áreas amostradas foi de 28 espécies na Área I, 30 na Área II, 71 na Área III, 42 na Área IV, 27 na Área V e 25 na Área VI. A soma das ocorrências foi 223, considerando espécies repetidas entre as seis áreas.

Os padrões de similaridade mostraram variações no compartilhamento de espécies entre as áreas estudadas. O dendrograma (Figura 2) indicou que a Área II (CP) ocupa uma posição intermediária em relação aos demais agrupamentos, demonstrando maior afinidade florística com área ecotonal (Oe) e de Caatinga (SM). Esse resultado difere do esperado e sugere um comportamento transicional, possivelmente associado à influência de ambientes ecotonais.

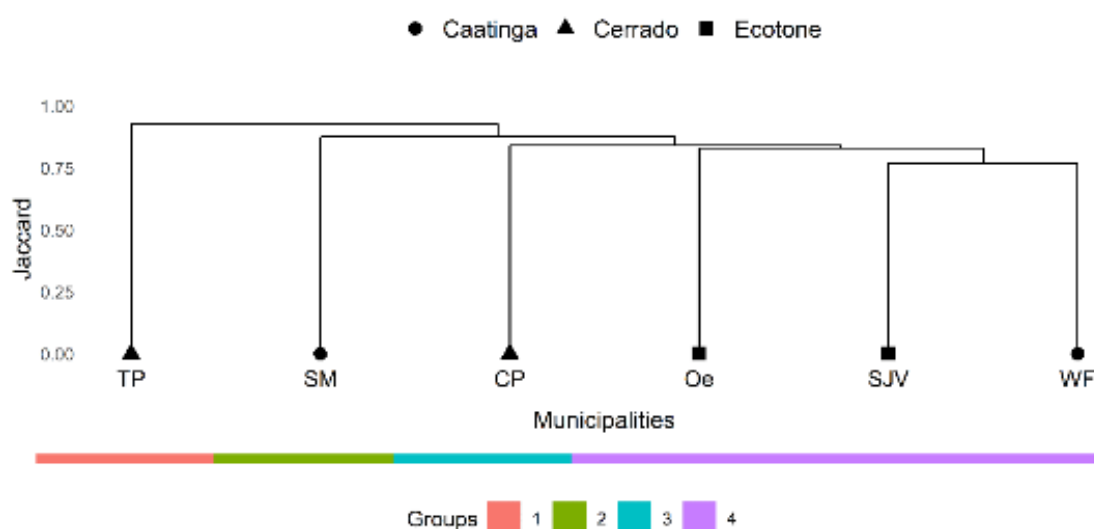


Figura 2 - Dendrograma de similaridade florística obtido por meio do UPGMA nas áreas de estudo. Área

I - Tanque do Piauí (TP), Área II - Cajazeiras do Piauí (CP), Área III - Oeiras (Oe), Área IV - São João da Varjota (SVJ), Área V - Wall Ferraz (WF) e Área VI - Simplício Mendes (SM).

O dendrograma formado permite visualizar as relações de similaridade entre as áreas, indicando a formação do ramo 4 com WF (Área - V), SVJ (Área - IV) e Oe (Área - III) que compartilharam o maior número de espécies em comum e, portanto, são mais semelhantes do ponto de vista florístico. O ramo 3 CP (Área - II) mais áreas do ramo 4, ramo 2 SM (Área - VI) mais áreas do ramo 3 e o ramo 1 com TP (Área - I) mais áreas do ramo 2 são as áreas que se mostram mais dissimilares de forma progressiva. Dessa forma, TP e WF representaram os extremos de similaridade florística na área de estudo, o que confirma as premissas de Castro (2007), ao apontar estes dois municípios como pertencentes aos ecossistemas de Cerrado e Caatinga, respectivamente, e, portanto, bem diferentes. WF e SM, embora próximos geograficamente e situados em áreas de Caatinga, mostraram-se floristicamente distantes, o que evidencia a heterogeneidade da vegetação de Caatinga.

O vale do Canindé apresenta um mosaico de habitats que exerce forte influência sobre a distribuição da flora, resultado da combinação de diferentes tipos climáticos (IBGE, 2019; Alvares *et al.*, 2013), de ampla variação geomorfológica, com relevo que se estende de 0 a 560 m de altitude, e de diversidade de solos (IBGE, 2018; 2019). Essa heterogeneidade ambiental cria condições favoráveis à coexistência de diferentes formações vegetais e estabelece a base para a ocorrência de áreas florísticas em transição ao longo da paisagem.

Sugere-se que a dinâmica vegetal da região também foi influenciada por eventos climáticos anteriores. Ab'Saber (2005) destaca que as glaciações do Quaternário provocaram fases de retração e expansão florestal, alterando a distribuição da Caatinga e do Cerrado no Brasil, onde essa dinâmica histórica, combinada à diversidade do relevo, contribuiu para a formação de ecótonos, áreas de transição entre diferentes ecossistemas.

A influência da altitude na distribuição da vegetação é reforçada por Santos *et al.* (2020) que destacam o estabelecimento de manchas de cerrado no semiárido nordestino. Esses autores ressaltam que essas manchas, fragmentadas por variações no gradiente topográfico e em fatores edáficos, formam ecótonos que interligam diferentes feições de solo e de vegetação.

A distribuição das espécies entre as áreas de amostragem (Tabela 1), foram analisadas também por meio de Diagramas de Venn que mostram os padrões de compartilhamento e exclusividade de espécies. Apenas duas espécies (1,30%),

Aspidosperma pyriforme Mart. & Zucc. e *Combretum leprosum* Mart. foram encontradas em todas as áreas de amostragem, indicando ampla distribuição geográfica das mesmas na região (Figura 3). *Aspidosperma pyriforme* é uma espécie típica da Caatinga, mas também ocorre no Cerrado e em outras regiões do Brasil (Cerávolo *et al.*, 2018; Barbosa *et al.*, 2020; Flora do Brasil, 2026). *Combretum leprosum* apresenta alta capacidade de adaptação a condições de seca e baixa exigência em solos férteis (Arraes *et al.*, 2025).

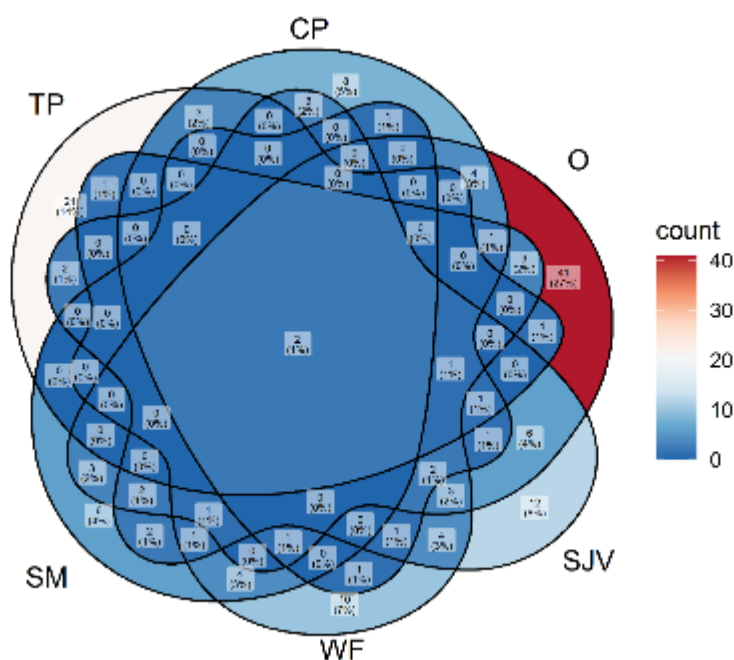


Figura 3 - Diagrama de Venn das áreas de amostragem (Tanque do Piauí (TP), Cajazeiras do Piauí (CP), Oeiras (O), São João da Varjota (SJV), Wall Ferraz (WF) e Simplicio Mendes (SM)).

A espécie *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson, amplamente distribuída na Caatinga do Nordeste do Brasil, foi encontrada em cinco das seis áreas de amostragem, estando ausente apenas na área VI (Simplicio Mendes). Essa espécie, adaptada a regiões com chuvas irregulares, alta irradiação e elevada evapotranspiração (Guimarães *et al.*, 2013), constitui um componente importante da flora local. No geral, a maioria das espécies (98 spp., 64,9%) apresentou ocorrência restrita a uma única área amostral, enquanto as demais (54 spp., 35,1%) foram encontradas em duas a quatro áreas, indicando diferentes padrões de distribuição e adaptação às condições ambientais.

Esse resultado, embora expressivo, deve ser interpretado com cautela, pois pode refletir limitações do esforço amostral, condicionado ao tempo, aos recursos disponíveis e à abrangência espacial das coletas. Assim, a alta proporção de espécies com ocorrência restrita pode estar superestimada, devendo ser testada em estudos com maior intensidade e amplitude amostral.

O diagrama de Venn comparando as áreas I (TP), II (CP), III (Oe) e IV (SJV) (Figura 4) mostra que TP e CP, apesar da proximidade geográfica e de serem definidas como áreas com vegetação típica de Cerrado por Castro (2007), compartilham apenas três espécies (*Cordia superba* Cham., *Dimorphandra gardneriana* Tul. e *Machaerium acutifolium* Vogel.). Vale destacar que na área II, apesar da fisionomia típica de Cerrado onde foram registradas várias espécies comuns ao bioma (*Astronium fraxinifolium*, *Dimorphandra gardneriana*, *Leptolobium dasycarpum*, *Machaerium acutifolium*, *Myrcia tomentosa*, *Qualea grandiflora* e *Tocoyena formosa*), existem também várias espécies típicas da Caatinga (*Aspidosperma pyrifolium*, *Combretum leprosum*, *Croton jacobinensis*, *Microdesmia rígida*, *Waltheria brachypetala* e *Pityrocarpa moniliformis*), indicando uma área de ecótono (transição Cerrado-Caatinga) (Silva *et al.*, 2020; Araujo *et al.*, 2021).

Na comparação das áreas I (TP), II (CP), III (O) e IV (SJV) (Figura 4), destacaram-se as áreas III e IV pela maior diversidade florística e maior compartilhamento de espécies (n=12) entre as áreas estudadas, e com isso apresentam a maior similaridade florística entre si. Essa região, a mais diversa do ponto de vista florístico, apresenta ocorrências exclusivas, como espécies dos gêneros *Erythroxylum* (restrito à área III-Oe) e *Fridericia* (mais frequentes na área III-Oe). Foram observadas novas ocorrências de espécies no Piauí, bem como a presença de espécies endêmicas da Caatinga (*Dyckia spectabilis*, *Jatropha mollissima*, *Mimosa ophthalmocentra*, *Mimosa tenuiflora*, *Croton jacobinensis*, *Microdesmia rígida*) e de espécies típicas do Cerrado (*Dimorphandra gardneriana*, *Magonia pubescens*, *Callisthene microphylla*, *Curatella americana* e *Qualea parviflora*). A coexistência de elementos florísticos de diferentes fitofisionomias caracteriza essa região como ecotonal, evidenciando sua heterogeneidade vegetacional. Segundo Marfo *et al.* (2019), áreas de transição de vegetação entre dois ecossistemas distintos são denominadas ecótonos, que são descritos como mais biologicamente diversos do que os ecossistemas próximos a eles (Marfo; Resjek; Vranova, 2018).

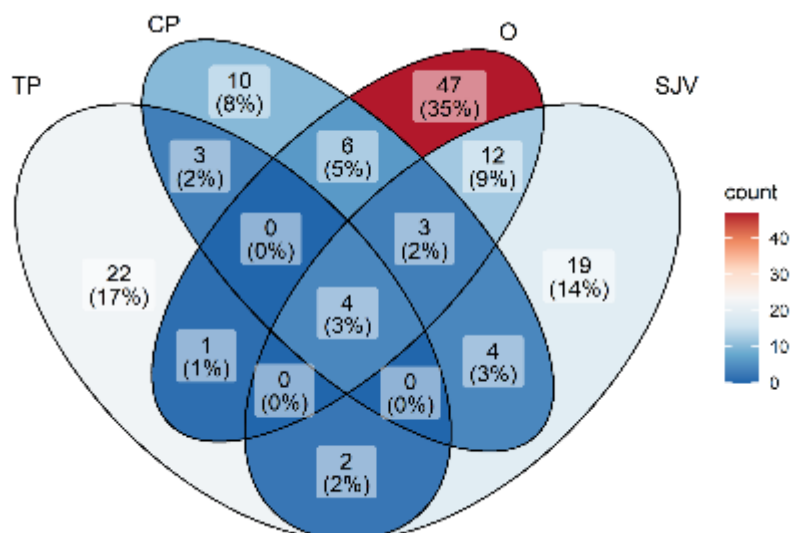


Figura 4 - Diagrama de Venn ilustrando o compartilhamento de espécies entre quatro das seis áreas de amostragem Vale do Canindé, Piauí, Brasil: Áreas I - Tanque do Piauí (TP) (Cerrado); Áreas II - Cajazeiras do Piauí (CP), III - Oeiras (O), IV - São João da Varjota (SJV) Ecótono Cerrado-Caatinga indicando O e SJV com maior compartilhamento de espécies.

A similaridade da flora, quando comparada entre as áreas I (TP), II (CP), V (WF) e VI (SM), mostrou que as áreas de Caatinga WF e SM compartilham a ocorrência de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Sm., *Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelb., *Cnidocolus urens* (L.) Arthur, *Cereus jamacaru* DC., *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz e *Xiquexique gounellei* (F.A.C.Weber) Lavor & Calvente (Figura 5), espécies reconhecidas como endêmicas da Caatinga (Giulietti *et al.*, 2004; Fernandes; Cardoso; Queiroz, 2020; Flora e Funga do Brasil, 2026), o que corrobora a classificação da vegetação desses locais como Caatinga, confirmando Castro (2007).

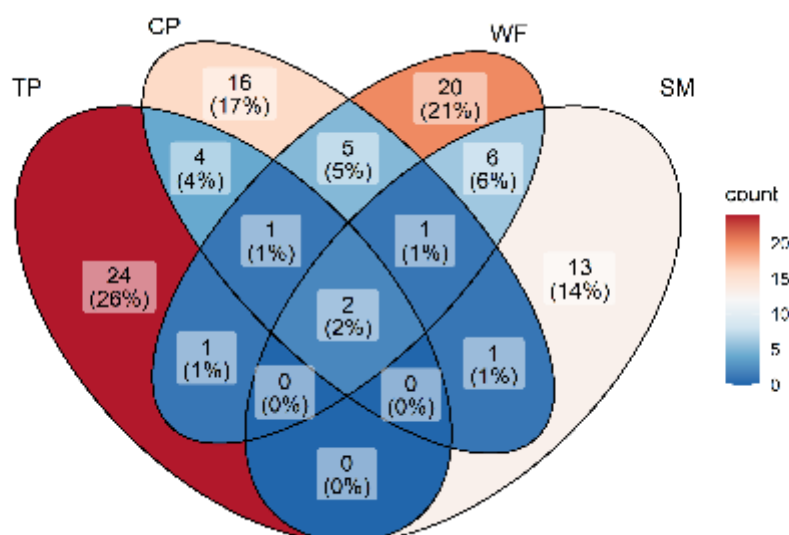


Figura 5. Diagrama de Venn ilustrando o compartilhamento de espécies entre quatro das seis áreas de amostragem no Vale do Canindé, Piauí, Brasil: Área I – Tanque do Piauí (TP), Cerrado e Áreas II – Cajazeiras do Piauí (CP), Ecótono, V – Wall Ferraz (WF) e VI – Simplício Mendes (SM), Caatinga, evidenciando as áreas WF e SM com maior similaridade florística dentro desse conjunto.

A Área I (Tanque do Piauí – Cerrado) apresentou menor similaridade florística em relação às demais áreas analisadas. Esse padrão pode estar associado às diferenças nas fitofisionomias e às condições ambientais específicas de cada local, refletindo variações na composição da flora. Embora a Área II (Cajazeiras do Piauí) tenha sido previamente classificada como Cerrado (Castro, 2007), os padrões observados indicam uma composição florística distinta. Essa área demonstrou compartilhamento de espécies tanto com áreas típicas de Cerrado quanto de Caatinga, evidenciando uma flora de caráter misto. Esse comportamento é compatível com a ocorrência de condições transicionais, sugerindo que a Área II se insere em um contexto ecotonal entre esses domínios vegetacionais. Tal configuração pode ser explicada pela heterogeneidade ambiental do Vale do Canindé, principalmente no que se refere à variabilidade climática (Alvares *et al.*, 2013; IBGE, 2019; Medeiros; Cavalcanti; Duarte, 2020) e à diversidade de solos (Pfaltzgraff *et al.*, 2010; IBGE, 2018), que podem influenciar a composição da vegetação, mesmo em áreas geograficamente próximas.

Já as áreas III (Oeiras) e IV (São João da Varjota) apresentaram maior similaridade florística com as áreas de Caatinga, como evidenciado pelo maior número de espécies compartilhadas e pela associação mais próxima a agrupamentos dominados por Caatinga no dendrograma. De acordo com Gratani (2014) e Falcão *et al.* (2015), a interpenetração do Cerrado em áreas de Caatinga pode ser explicada pela plasticidade fenotípica das espécies do Cerrado, que lhes permite adaptar-se às variações abióticas severas da Caatinga.

A classificação das áreas como Cerrado, Caatinga ou ecótono Cerrado-Caatinga é consistente com os padrões observados na análise de similaridade florística e com as características ambientais associadas. Áreas relacionadas ao Cerrado apresentaram predominância de espécies típicas do bioma, além de condições climáticas do tipo Aw e solos compatíveis com formações savânicas. As áreas de Simplício Mendes e Wall Ferraz demonstraram maior afinidade com a Caatinga, refletida tanto na presença de espécies características quanto na influência de condições climáticas semiáridas. Já Cajazeiras do Piauí, Oeiras e São João da Varjota apresentaram composição florística mista e posicionamento intermediário nas análises, evidenciando seu caráter ecotonal e a influência conjunta dos dois domínios.

Nesse contexto, Moro *et al.* (2024) sugerem que as condições climáticas do Pleistoceno/Holoceno favoreceram o estabelecimento de espécies do Cerrado na

Caatinga. Bueno *et al.* (2017), por sua vez, modelaram dez espécies do Cerrado adaptadas às condições climáticas da Caatinga, as quais permitiram o surgimento de manchas de vegetação de Savana, provavelmente mantidas por condições edáficas e circundadas pela vegetação da Caatinga. A presença de *Qualea parviflora*, *Q. grandiflora* e *Byrsonima coccolobifolia* neste estudo, espécies modeladas por Bueno *et al.* (2017), reforça a existência desses “enclaves” de Cerrado na Caatinga.

Vale destacar que, segundo a classificação do IBGE (2024), o bioma Caatinga abrange os municípios de Cajazeiras do Piauí (II), Oeiras (III) e São João da Varjota (IV). Essa classificação diverge da proposta por Castro (2007), que, por sua vez, também diverge dos resultados obtidos no presente estudo, pelo menos para Cajazeiras do Piauí.

Para a Caatinga, Fernandes, Cardoso e Queiroz (2020) destacam que as listas florísticas existentes baseadas em registros de herbários e revisões taxonômicas, frequentemente adotam uma definição geográfica ampla da Caatinga, ignorando enclaves de biomas distintos, como campos rupestres, savanas e florestas tropicais, que podem abrigar espécies não típicas da Caatinga.

A combinação de dados florísticos com outras linhas de evidência, como geológicas, climáticas e pedológicas, mostra-se crucial para uma compreensão mais abrangente e aprofundada da distribuição e da dinâmica da vegetação, especialmente em áreas ecotonais (Zacarias *et al.*, 2019). A integração dessas diferentes perspectivas permite uma caracterização mais robusta das comunidades vegetais e uma melhor compreensão dos processos ecológicos que atuam nessas zonas de transição.

4. CONCLUSÃO

Este estudo apresenta caráter pioneiro para o Vale do Canindé e amplia o conhecimento sobre a flora do Piauí, especialmente em Tanque do Piauí e Wall Ferraz, onde são apresentados os primeiros levantamentos florísticos sistemáticos.

A composição florística mostrou alta heterogeneidade espacial, com predomínio de espécies exclusivas por área e baixo compartilhamento entre os municípios. Esse padrão demonstra que a flora regional não é homogênea e reflete a influência combinada de fatores climáticos, edáficos e fitofisionômicos associados a Caatinga e ao Cerrado.

As análises de similaridade confirmaram a distinção florística entre áreas mais associadas ao Cerrado, à Caatinga e aos ecótonos. Tanque do Piauí apresentou composição mais relacionada ao Cerrado, Wall Ferraz e Simplício Mendes com identidade florística compatível com a Caatinga. Oeiras e São João da Varjota

apresentaram maior afinidade entre si, evidenciando condição ecotonal marcada pela coexistência de elementos florísticos dos dois domínios e Cajazeiras do Piauí, previamente classificada como Cerrado por Castro (2007), apresentou composição florística mista, com espécies associadas tanto ao Cerrado quanto à Caatinga.

A ocorrência de novos registros para o estado, espécies endêmicas, táxons de distribuição pouco documentada e espécies quase ameaçadas reforça a relevância biogeográfica do Vale do Canindé. Os dados destacam a região como área prioritária para conservação, sobretudo por abrigar ecótonos floristicamente ricos e zonas de conexão entre Caatinga e Cerrado.

REFERÊNCIAS

- Ab'Saber, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 3. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2005.
- Accioly, A. N.; Farias, R. P.; Arruda, E. C. P. Plants in the caatinga possess multiple adaptative leaf morphoanatomical traits concurrently, a pattern revealed from a systematic review. **Journal of Arid Environments**, v. 222, p. 105162, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2024.105162>.
- Aguiar, A. M.; Oliveira, L. R. de; Brito, S. L. L.; Vale, V. S.; Tiengo, G. E.; Moreira, D. S.; Oliveira, A. T. de P. Fitossociologia na unidade de conservação municipal: Refúgio da vida silvestre – Mata da Brígida. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 23, n. 1, e8806, 2025. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv23n1-208>.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Andrade, F. N.; Lopes, J. B.; Barros, R. F. M.; Lopes, C. G. R. Composição florística e estrutural de uma área de transição entre cerrado e caatinga em assentamento rural no município de Milton Brandão-PI, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 47, n. 122, p. 203–215, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18671/scifor.v47n122.04>.
- Andrade-Lima, D. The Caatinga Dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, p. 149–163, 1981.
- Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>.
- Araujo, A. S. F.; Oliveira, L. M. de S.; Melo, V. M. M.; Antunes, J. E. L.; Araujo, F. F.; Mendes, L. W. Distinct taxonomic composition of soil bacterial community across a native gradient of Cerrado–Ecotone–Caatinga. **Applied Soil Ecology**, v. 161, p. 103874, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103874>.

Arraes, J. C. de C.; Velozo, C. de O.; Vieira, F. J.; Conceição, G. M. da. Análises florísticas e fitossociológicas revelam ampla dinâmica vegetacional para a sucessão de áreas perturbadas na Caatinga piauiense. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 18, n. 1, p. 343–368, 2025. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v18.1.p343-368>.

Barbosa, A. V.; Silva, F. H. da; Azevedo Ramos, B. de; Silva, S. M. da; Assunção, M. A. S. de; Silva, M. V. da. Perfil bioativo de *Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc.: uma revisão integrativa. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 9, p. 67990–68008, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-292>.

Bueno, M. L.; Pennington, R. T.; Dexter, K. G.; Kamino, L. H. Y.; Pontara, V.; Neves, D. M.; Oliveira-Filho, A. T. Efeitos das flutuações climáticas quaternárias na distribuição de espécies arbóreas da savana neotropical. **Ecography**, v. 40, n. 3, p. 403–414, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.01860>.

Calixto Junior, J. T.; Moura, J. C. de; Lisboa, M. A. N.; Cruz, G. V.; Gonçalves, B. L. M.; Barreto, E. S. D. S. T.; Rocha, L. S. G. Phytosociology, diversity and floristic similarity of a Cerrado fragment on Southern Ceará state, Brazilian Semiarid. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 130, e3459, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n130.01>.

Castro, A. A. J. F. Levantamento da vegetação no Estado do Piauí. In: Gaiser, T.; Krol, M.; Frischkorn, H.; Araújo, J. C. de (org.). **Mudanças globais e impactos regionais**. Berlim: Springer, 2003. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-55659-3_9.

Castro, A. A. J. F. Unidades de planejamento: uma proposta para o Estado do Piauí com base na dimensão diversidade de ecossistemas. **Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas**, n. 18, p. 1–28, 2007. DOI: 10.18029/1809-0109/pace.n18p1-28.

Castro, A. A. J. F.; Martins, F. R.; Fernandes, A. G. A flora lenhosa da vegetação de cerrado no estado do Piauí, nordeste do Brasil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 55, n. 3, p. 455–472, 1998. DOI: 10.1017/S0960428600003292.

CEPRO. **Piauí: caracterização do quadro natural**. Teresina, 1992. Disponível em: <http://www.cepro.pi.gov.br/>.

Cerávolo, I. P.; Zani, C. L.; Figueiredo, F. J. B.; Kohlhoff, M.; Santana, A. E. G.; Krettli, A. U. *Aspidosperma pyrifolium*, planta medicinal da caatinga brasileira, apresenta alta atividade antiplasmodial e baixa citotoxicidade. **Malaria Journal**, v. 17, n. 1, p. 1–11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12936-018-2568-e>.

CNCFlora. Lista Vermelha da flora brasileira. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <https://cncflora.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 10. fev. 2026.

Drumond, M. A.; Schistek, H.; Seiffarth, J. A. A caatinga: um bioma exclusivamente brasileiro... e o mais frágil. **Revista do Instituto Humanitas Unisinos**, n. 389, p. 1–60, 2012.

Ermgassen, S. O. S. E. Z.; Utamiputri, P.; Bennun, L.; Edwards, S.; Bull, J. W. The role of “no net loss” policies in conserving biodiversity threatened by the global infrastructure boom. **One Earth**, v. 1, n. 3, p. 305–315, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.019>.

Falcão, H. M.; Medeiros, C. D.; Silva, B. L.; Sampaio, E. V.; Almeida-Cortez, J. S.; Santos, M. G. Plasticidade fenotípica e estratégias ecofisiológicas em uma cronossequência de floresta tropical seca. **Forest Ecology and Management**, v. 340, p. 62–69, 2015.

Felfili, J. M.; Eisenlohr, P. V.; Melo, M. M. R. F.; Andrade, L. A.; Meira Neto, J. A. A. **Fitosociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2011.

Fernandes, M. F.; Cardoso, D.; Queiroz, L. P. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. **Journal of Arid Environments**, v. 174, p. 104079, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104079>.

Ferreira, I. N. M.; Ferreira, F. G.; Miranda, S. D. C. D.; Resende, R. T.; Venturoli, F. Floristic and structural aspects of Brazilian Savanna phytophysionomies in the northern Goiás state, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, e68257, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5168257>.

Filgueiras, T. S.; Nogueira, P. E.; Brochado, A. L.; Guala, G. F. Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. **Cadernos de Geociências**, v. 12, n. 1, p. 39–43, 1994.

Flora e Funga do Brasil. **Flora e Funga do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2026. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 11 jan. 2026.

Giulietti, A. M. **Diversidade e caracterização das fanerógamas do semiárido brasileiro**. v. 1. Recife: Instituto do Milênio do Semiárido; Associação Plantas do Nordeste, 2006.

Giulietti, A. M.; Bocage Neta, A. L.; Castro, A. A. J. F.; Gamarra-Rojas, C. F. L.; Sampaio, E. V. S. B.; Virgínio, J. F.; Harley, R. M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

Gratani, L. Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. **Advances in Botany**, v. 2014, p. 1–17, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/208747>.

Guimarães, I. P.; Oliveira, F. N.; Vieira, F. E. R.; Torres, S. B. Efeito da salinidade da água de irrigação na emergência e crescimento inicial de plântulas de mulungu. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, p. 137–142, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i1a2360>.

IBGE. **Área da unidade territorial: IBGE 2025**. BGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Meio Ambiente. Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 abr. 2026.

IBGE. **Base cartográfica vetorial – pedologia**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-ambientais/pedologia/>. Acesso em: 6 nov. 2025.

IBGE. **Bioma predominante**: Bioma predominante: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Meio Ambiente, Biomas 2024. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 jan. 2025.

IBGE. **Malhas territoriais**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

IBGE. **PIB per capita: IBGE 2021**, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 jan. 2025.

Kark, S. Effects of ecotones on biodiversity. In: Scheiner, S. M. (ed.). **Encyclopedia of Biodiversity**. 3. ed. Amsterdam: Academic Press, 2024. p. 263–271. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822562-2.00394-7>.

Kent, M. **Vegetation description and data analysis: a practical approach**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2011.

Klink, C. A.; Machado, R. B. Conservation of the Brazilian cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707–713, 2005.

Legendre, P.; Legendre, L. **Numerical ecology**. Amsterdam: Elsevier Science BV, 1998.

Lindoso, G. S.; Felfili, J. M.; Silva, L. C. R. Variações ambientais e relações florísticas no cerrado sensu stricto sobre areia (Neossolo Quartzarênico) da Chapada Grande Meridional, Piauí. **Revista de Biologia Neotropical**, v. 8, n. 2, p. 1–12, 2011.

Machado, I. E. S.; Tavares, M. E. F.; Medeiros, P. C. A. de O.; Giongo, M.; Souza, P. B. de; Batista, A. C. Florística e fitossociologia de um fragmento de Cerrado lato sensu, Gurupi, TO. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 39, n. 1, e201801685, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4336/2019.pfb.39e201801685>.

Marfo, T. D.; Datta, R.; Pathan, S. I.; Vranová, V. Ecotone dynamics and stability from soil scientific point of view. **Diversity**, v. 11, n. 4, p. 53, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/d11040053>.

Marfo, T. D.; Resjek, K.; Vranova, V. Variações espaciais nas propriedades do solo entre ecótonos: uma breve revisão. **Bulletin of Geography. Physical Geography Series**, v. 14, p. 71–77, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2478/bgeo-2018-0006>.

Medeiros, S. R. M.; Cavalcanti, E. P.; Duarte, J. F. M. Classificação climática de Köppen para o estado do Piauí–Brasil. **Revista Equador**, v. 9, n. 3, p. 82–99, 2020.

Moraes, L. A.; Araújo, M. F. V.; Conceição, G. M. Levantamento florístico das angiospermas do Parque Estadual Cânion do rio Poti, Piauí, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 1987–2014, 2021.

Morais, R. F. D.; Macedo, M. T. D. S.; Gomes, M. T. D.; Fernandes, I. M.; Moraes, F. D.; Marcusso, G. M.; Sousa, J. R. D. Influence of palm trees on the richness and

distribution of plant species on the murundus at a Caatinga/Cerrado ecotone.

Rodriguésia, v. 73, e105, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202273049>.

Moro, M. F.; Amorim, V. O.; Queiroz, L. P. de; Costa, L. R. F.; Maia, R. P.; Taylor, N. P.; Zappi, D. C. Biogeographical districts of the Caatinga Dominion: a proposal based on geomorphology and endemism. **The Botanical Review**, v. 90, p. 376–429, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12229-024-09304-5>.

Motta, E. D. O.; Gonçalves, N. E. W. **Plano nascente Parnaíba: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do rio Parnaíba**. Brasília: Editora IABS, 2016.

Mutti, P. R.; Silva, L. L. da; Medeiros, S. D. S.; Dubreuil, V.; Mendes, K. R.; Marques, T. V.; Bezerra, B. G. Basin scale rainfall–evapotranspiration dynamics in a tropical semiarid environment during dry and wet years. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 75, p. 29–43, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.10.007>.

Oliveira, M. E. A.; Sampaio, E. V. S. B.; Castro, A. A. J. F.; Rodal, M. J. N. Flora e fitossociologia de uma área de transição carrasco-caatinga de areia em Padre Marcos, Piauí. **Naturalia**, v. 22, p. 131–150, 1997.

Oliveira, T. C. S.; Silva, V. F.; Sousa, V. F. S.; Farias, R. R. S.; Castro, A. A. J. F. Diversidade taxonômica e funcional em áreas de cerrado rupestre de baixa altitude no complexo vegetacional de Campo Maior, Nordeste do Brasil. **Biota Amazônia**, v. 9, n. 2, p. 1–5, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v9n2p1-5>.

Peixoto, A. L.; Maia, L. C. **Manual de procedimentos para herbários**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2013.

Pereira, S. L. B.; Nascimento, M. D. S.; Rodrigues, J. D. S. **Compatibilização entre territórios de desenvolvimento e instâncias de gestão regionais**. Teresina: Fundação CEPRO, 2017.

Pfaltzgraff, P. A. S. (org.); Pfaltzgraff, F. S. M. T.; Brandão, R. L. **Geodiversidade do estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010.

Piauí. Governo do Estado. **Lei Complementar nº 87, de 22 de agosto de 2007**. Disponível em: <http://seplan.pi.gov.br/ppt.php>.

Queiroz, L. P. **Leguminosas da caatinga**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009.

Ratter, J. A.; Bridgewater, S.; Ribeiro, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, n. 1, p. 57–109, 2003.

Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F. (org.). **Cerrado: ecologia e flora**. v. 1. Brasília: EMBRAPA, 2008. p. 152–212.

Rocha, A. M.; Luz, A. R. M.; Abreu, M. C. Composição e similaridade florística de espécies arbóreas em uma área de Caatinga, Picos, Piauí. **Pesquisas Botânicas**, n. 70, p. 175–185, 2017.

Sá, A. A.; Sousa, A. R.; Abreu, M. C. de; Santos Filho, F. S. S. Flora of the Spix and Martius expedition in Piauí: a 200 year later parallel. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 5, p. 2868–2885, 2023. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.5.p2868-2885>.

Sampaio, A. C. F.; Bianchin, J. E.; Santos, P. M.; Ariati, V.; Santos, L. M. Fitossociologia do Cerrado sensu stricto na bacia do Rio Parnaíba no nordeste brasileiro. **Advances in Forestry Science**, v. 5, n. 2, p. 299–307, 2018. DOI: <https://doi.org/10.34062/afs.v5i2.5421>.

Santos, L. S. D.; Silva, H. A. D.; Pereira, E. C.; Silva, H. P. D. B. Variação da cobertura vegetal com ênfase na identificação de manchas de cerrado em perfil topográfico do semiárido pernambucano – Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 335–345, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-45721>.

Silva, D. F. M.; Castro, A. A. J. F.; Farias, R. R. S. de; Lopes, R. N. Flora de uma área de cerrado ecotonal da região setentrional do Piauí. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 14, n. 1, p. 16–29, 2020.

Silva, M. V. O.; Araújo, F. S.; Ledru, M. P. A palynological atlas of the Cerrado–Caatinga ecotone in northeastern Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 321, p. 105023, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2023.105023>.

Souza, V. C.; Flores, T. B.; Colletta, G. D.; Coelho, R. L. G. **Guia das plantas do Cerrado**. São Paulo: Taxon Brasil Editora e Livraria, 2018. 583 p.

Strassburg, B. B.; Brooks, T.; Feltran-Barbieri, R.; Iribarrem, A.; Crouzeilles, R.; Loyola, R.; Balmford, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 4, p. 13–15, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>.

Zacarias, R. R.; Britez, R. M.; Galvão, F.; Boeger, M. Fitossociologia de dois trechos de floresta ombrófila densa aluvial em solos hidromórficos, Paraná, Brasil. **Revista Floresta**, v. 42, n. 4, p. 769–782, 2012.

ARTIGO II

Antonia Alikeane de Sá¹

Maria Carolina de Abreu²

Melissa Oda Souza³

Francisco Soares Santos Filho⁴

**GRADIENTES AMBIENTAIS COMO DETERMINANTES DA ESTRUTURAL
DA COMUNIDADE LENHOSA NA TRANSIÇÃO CERRADO–CAATINGA NO
NORDESTE DO BRASIL**

Artigo científico integrante da tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPI), preparado para submissão a periódico acadêmico.

¹Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente em Rede Nordeste (PRODEMA), Universidade Federal do Piauí (UFPI).

²Professora do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI); Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação (PPBC/UFPI).

³ Professora do Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Estadual do Piauí (UESPI).

⁴Professor Associado IV-DE do Centro de Ciências da Natureza (CCN), Universidade Estadual do Piauí (UESPI); Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente em Rede Nordeste (PRODEMA), Universidade Federal do Piauí (UFPI).

GRADIENTES AMBIENTAIS COMO DETERMINANTES ESTRUTURAIS DA COMUNIDADE LENHOSA NA TRANSIÇÃO CERRADO–CAATINGA NO NORDESTE DO BRASIL

RESUMO

Compreender como os gradientes ambientais influenciam as comunidades lenhosas é fundamental para elucidar os mecanismos ecológicos que mantêm a biodiversidade em regiões de transição entre biomas. Entretanto, ainda é limitado o conhecimento sobre a influência conjunta de fatores edáficos, climáticos e altitudinais na estrutura e na composição da vegetação nos ecótonos Cerrado–Caatinga. Neste estudo, analisamos a composição e a estrutura da comunidade vegetal em seis municípios do Vale do Canindé, com ênfase nos padrões de variação entre os tipos vegetacionais e nos fatores ambientais associado. Parâmetros fitossociológicos, índices de diversidade e análise de similaridade florística (Jaccard/UPGMA) foram utilizados para identificar padrões estruturais e florísticos. Foram registrados 129 táxons, 87 gêneros e 31 famílias. As áreas ecotonais (Oeiras e São João da Varjota) apresentaram maior diversidade ($H' = 3,51$ e $3,06$) e equabilidade ($J' = 0,88$ e $0,84$), mostrando seu papel como núcleos de alta heterogeneidade florística. As áreas de Cerrado e Caatinga apresentaram menor diversidade e maior predominância de táxons como *Pityrocarpa moniliformis*, *Cenostigma nordestinum* e *Callisthene microphylla*. A estrutura diamétrica em “J” invertido, observada em todas as áreas, indica comunidades em regeneração, com processos de sucessão secundária associados a distúrbios antrópicos. O gradiente Cerrado-Caatinga no Vale do Canindé configura um mosaico ecológico altamente heterogêneo, no qual fatores ambientais moldam a diversidade e a estrutura das comunidades vegetais. Os ecótonos funcionam como zonas de conectividade e resiliência, sustentando processos regenerativos em paisagens semiáridas. É importante a aplicação de estratégias de manejo integradas que priorizem a conservação funcional e a restauração ecológica de ecossistemas de transição.

Palavras-chave: Biodiversidade; Caatinga; Cerrado; Ecótono; Fitossociologia; Gradiente ambiental; Piauí.

ENVIRONMENTAL GRADIENTS AS DETERMINANTS OF WOODY COMMUNITY STRUCTURE IN THE CERRADO–CAATINGA TRANSITION IN NORTHEASTERN BRAZIL

ABSTRACT

Understanding how environmental gradients influence woody communities is fundamental to elucidate the ecological mechanisms that maintain biodiversity in transition regions between biomes. However, knowledge about the combined influence of edaphic, climatic, and altitudinal factors on the structure and composition of vegetation in Cerrado–Caatinga ecotones is still limited. In this study, to analyze the composition and structure of the shrub-tree community in six municipalities of the Vale do Canindé, with emphasis on patterns of variation among vegetation types and associated environmental factors. Phytosociological parameters, diversity indices, and floristic similarity analysis (Jaccard/UPGMA) were used to identify structural and floristic patterns. A total of 129 taxa, 87 genera, and 31 families were recorded. Ecotonal areas (Oeiras and São João da Varjota) presented higher diversity ($H' = 3.51$ and 3.06) and evenness ($J' = 0.88$ and 0.84), demonstrating their role as nuclei of high floristic heterogeneity. Cerrado and Caatinga areas presented lower diversity and greater predominance of taxa such as *Pityrocarpa moniliformis*, *Cenostigma nordestinum* and *Callisthene microphylla*. The diameter structure in an inverted “J” pattern, observed in all areas, indicates regenerating communities, with secondary succession processes associated with anthropogenic disturbances. The Cerrado–Caatinga gradient in the Vale do Canindé constitutes a highly heterogeneous ecological mosaic, in which environmental factors shape the diversity and structure of plant communities. Ecotones function as zones of connectivity and resilience, sustaining regenerative processes in semi-arid landscapes. The application of integrated management strategies that prioritize functional conservation and ecological restoration of transition ecosystems is important.

Keywords: Biodiversity; Caatinga; Cerrado; Ecotone; Environmental gradient; Piauí; Phytosociology.

1. INTRODUÇÃO

A heterogeneidade ambiental desempenha papel central na estruturação das comunidades vegetais, resultando da interação entre fatores bióticos e abióticos, como o tipo de solo, o regime de precipitação e a topografia (Assunção *et al.*, 2022). Esses gradientes ambientais influenciam profundamente a distribuição das espécies, especialmente em regiões de transição entre biomas, onde pequenas variações ambientais podem gerar grandes contrastes florísticos e estruturais (Forman; Godron, 1986; Kark, 2013).

Em escala global, a variação na diversidade vegetal tem sido explicada por abordagens macroecológicas que relacionam a riqueza de espécies à interação entre energia ambiental, disponibilidade hídrica e geodiversidade (Barthlott *et al.*, 2005; Odum; Barrett, 2007). Complementarmente, a Teoria dos Gradientes Ambientais e dos Ecótonos reconhece as zonas de transição como áreas de elevada complexidade ecológica, nas quais comunidades distintas se sobrepõem e interagem dinamicamente (Risser, 1993). Esses ambientes favorecem processos de coexistência, diversificação e substituição florística ao longo de gradientes ambientais (Kark, 2013).

A Teoria da Dinâmica de Manchas (Patch Dynamics) amplia essa compreensão ao conceber as paisagens naturais como mosaicos espacialmente heterogêneos, formados por manchas em diferentes estágios sucessionais (Pickett; White, 1985). Nessa perspectiva, a estrutura e o funcionamento da paisagem emergem da interação entre processos bióticos e abióticos em múltiplas escalas, sendo continuamente moldados por perturbações naturais e antrópicas. Essa abordagem desloca o foco analítico do equilíbrio estático para os fluxos ecológicos que organizam a paisagem (Wu, 2025). Nesse contexto, os ecótonos destacam-se como ambientes altamente dinâmicos, nos quais a reorganização espacial e temporal das manchas intensifica processos de substituição e coexistência de espécies ao longo de gradientes ambientais.

No Nordeste brasileiro, a interface entre o Cerrado e a Caatinga é um exemplo notável desses processos, originando ecótonos de grande relevância ecológica e biogeográfica (Souza *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2024). A Caatinga, vegetação exclusivamente brasileira, caracteriza-se pela presença de espécies endêmicas e de espécies altamente adaptadas à sazonalidade hídrica e aos longos períodos de seca (Giulietti *et al.*, 2004; Fernandes; Queiroz, 2018), abrigando mais de 5.000 espécies de plantas vasculares (Flora e Funga do Brasil, 2026). O Cerrado, por sua vez, é reconhecido como um dos principais *hotspots* de biodiversidade do planeta, com aproximadamente

12.486 espécies de angiospermas (Joly *et al.*, 2019). A coexistência e interpenetração dessas formações resultam em um mosaico de fisionomias que reflete tanto a diversidade ambiental quanto as crescentes pressões antrópicas regionais.

Nesse contexto, é fundamental reconhecer que a estrutura e a composição da vegetação não são determinadas exclusivamente por gradientes ambientais. No Vale do Canindé as mudanças no uso e na cobertura da terra estão fortemente associadas a determinantes socioeconômicos, especialmente à expansão da agropecuária e ao dinamismo do Produto Interno Bruto (PIB) municipal (Sá *et al.*, 2025). Assim, os padrões atuais da vegetação, incluindo a predominância de espécies pioneiras e a ocorrência de comunidades em regeneração, refletem não apenas condições edafoclimáticas, mas também o histórico de uso da terra e as pressões econômicas que atuam na configuração da paisagem.

A expansão agrícola, a fragmentação da vegetação e o uso intensivo dos recursos naturais têm alterado a dinâmica das comunidades lenhosas, interferindo nos processos sucessionais e na regeneração natural (Grman *et al.*, 2010; Rice, 2021). Contudo, a velocidade da degradação ambiental supera o ritmo dos estudos voltados à caracterização florística e estrutural, especialmente em áreas ecotonais. Assim, investigações florísticas e fitossociológicas tornam-se fundamentais para compreender os padrões de composição e de estrutura da vegetação e subsidiar estratégias de conservação e manejo.

O Vale do Canindé, localizado no semiárido piauiense, é uma dessas áreas, reunindo formações de Caatinga, de Cerrado e ecótonos intermediários (Castro, 2007). Apesar de sua relevância ecológica, a região ainda carece de inventários sistemáticos que integrem análises florísticas, estruturais e ambientais para compreender os fatores que regulam a organização das comunidades lenhosas.

Considerando a influência dos gradientes ambientais sobre a estruturação da vegetação, este estudo buscou responder à seguinte questão: de que maneira a estrutura da comunidade vegetal se distribui nos seis municípios do Vale do Canindé, ao longo da transição entre Caatinga e Cerrado? Parte-se da hipótese de que a estrutura e a composição das comunidades lenhosas variam significativamente ao longo do gradiente fitofisionômico Cerrado–Caatinga, refletindo a influência conjunta da altitude, das variações climáticas, das condições edáficas e do histórico de uso da terra. Diante disso, o objetivo deste estudo foi analisar a composição e a estrutura da vegetação em seis municípios do Vale do Canindé, com ênfase nos padrões de variação entre os tipos vegetacionais e nos fatores ambientais associados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O estudo foi conduzido no Território Vale do Canindé, localizado na macrorregião semiárida do estado do Piauí, no Brasil. O território abrange 13.908,87 km² distribuídos em 17 municípios (IBGE, 2024; Pereira *et al.*, 2017). A região integra a sub-bacia do Médio Parnaíba (Motta; Gonçalves, 2016) e apresenta elevada heterogeneidade ambiental, com ocorrência de fitofisionomias típicas dos biomas Caatinga e Cerrado, além de áreas de transição (ecótonos) entre esses domínios (Castro, 2007) (Figura 1).

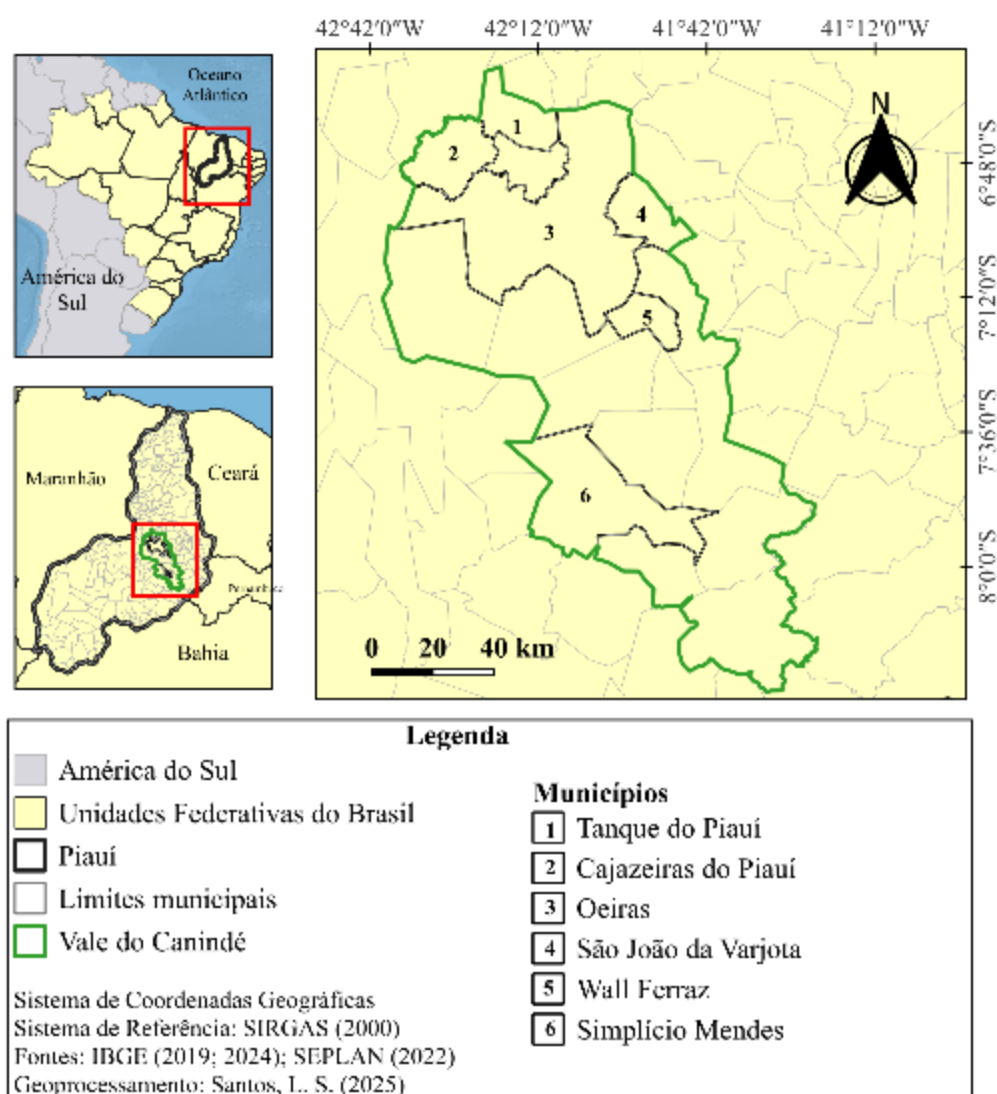


Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo no Território Vale do Canindé, no Piauí.

O clima regional compreende os tipos As (tropical quente e úmido), Aw (tropical com estação seca no inverno) e BSh (estepe quente de baixa latitude), conforme a classificação de Köppen–Geiger (Alvares *et al.*, 2013; Medeiros *et al.*, 2020). A precipitação média anual é de aproximadamente 831,5 mm, com parte significativa das

estações registrando valores inferiores a 900 mm no período de 2001 a 2020 (Batista *et al.*, 2024).

O relevo é predominantemente tabular, caracterizado por chapadas baixas e altas, com superfícies planas a suavemente onduladas, além da ocorrência de vales, morros e colinas isoladas (Ferreira; Dantas, 2010). Os solos predominantes na região são solos distróficos, com ocorrência de classes pouco desenvolvidas e bem intemperizadas, refletindo a heterogeneidade edáfica do território (IBGE, 2019; Lima; Brandão, 2010).

Foram selecionados seis municípios com base na diversidade ambiental e na variação do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* (IBGE, 2021), contemplando um gradiente fitogeográfico representativo. A caracterização detalhada das áreas amostrais é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização das áreas amostrais no Vale do Canindé, no Piauí, Brasil.

Município	Área (km²)	Coordenadas	Altitude (m)	Clima (Köppen)	Solos	Vegetação
Cajazeiras do Piauí	515,427	6°47'50.59"S / 42°23'28.85"O	0–320	Aw	RLd	Cerrado e Caatinga
Oeiras	2.696,724	7°00'47.02"S / 42°07'48.21"O	80–560	Aw	RLd; RQo; LAd	Cerrado e Caatinga
São João da Varjota	394,457	6°54'50.91"S / 41°51'56.87"O	80–560	As	RQo	Cerrado e Caatinga
Simplício Mendes	1.360,04	7°51'25.57"S / 41°54'33.45"O	80–320	BSh	PVAe; RQo	Caatinga
Tanque do Piauí	408,985	6°35'50.78"S / 42°17'2.17"O	160–560	Aw	RLd	Cerrado
Wall Ferraz	317,278	7°14'2.04"S / 41°54'37.97"O	80–320	As	LVAd; RLd	Caatinga

Legenda: RLd = Neossolo Litólico Distrófico; RQo = Neossolo Quartzarênico Órtico; LAd = Latossolo Amarelo Distrófico; LVAd = Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico; PVAe = Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico. **Fonte:** Elaborado pelo autor com base em IBGE (2025), Alvares *et al.* (2013), Pfaltzgraff *et al.* (2010) e Castro (2007). A nomenclatura e as abreviações das classes de solos foram padronizadas de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 2018).

2.2 Delineamento amostral e coleta de dados

O estudo fitossociológico foi realizada entre os meses de maio e junho de 2023 (Cajazeiras, Oeiras e Simplício Mendes), maio e julho de 2024 (Tanque, São João da Varjota e Wall Ferraz). A definição das áreas amostrais em cada município baseou-se na análise prévia de imagens de satélite (*Google Earth*), seguida de verificação em campo com apoio de moradores locais, visando à avaliação do estado de conservação dos fragmentos. Foram priorizadas áreas com menor grau de perturbação antrópica, de modo a representar mais adequadamente a estrutura e a composição da vegetação.

Em cada município, foi selecionado um único fragmento, no qual foram estabelecidos cinco transectos paralelos, inseridos na mesma unidade vegetacional. Em cada fragmento, foram alocados 50 pontos quadrantes, distribuídos ao longo dos transectos, com distância mínima de 30 m da borda. Cada transecto foi composto por 10 pontos-quadrante, espaçados a cada 10 m, totalizando 200 indivíduos por município e 1.200 no total.

Foram amostrados os quatro indivíduos vivos mais próximos de cada ponto central que apresentaram diâmetro ao nível do solo (DAS) ≥ 3 cm. Para cada indivíduo foram registrados: perímetro ao nível do solo (PNS, cm), altura total (ALT, m) e distância ao ponto-quadrante (PQ, m). Em indivíduos com múltiplos fustes, todos os fustes foram mensurados e somados para obter a área basal total, conforme Cottam e Curtis (1956).

2.3 Processamento e análise dos dados

Os parâmetros fitossociológicos utilizados para descrever a estrutura horizontal da vegetação incluíram: número de indivíduos (n), densidade absoluta (DA; ind ha⁻¹), densidade relativa (DR; %), frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR; %), dominância absoluta (DoA; m² ha⁻¹), dominância relativa (DoR; %) e valor de importância (VI; %), além do valor de cobertura (VC), conforme Cottam e Curtis (1956).

A diversidade foi estimada pelos índices de Shannon–Wiener (H') (Shannon; Wiener, 1949), equabilidade de Pielou (J') (Pielou, 1977) e dominância de Simpson (Simpson, 1949). As variáveis foram comparadas por meio de intervalos de confiança da média ($p < 0,05$), considerando-se ausência de diferença estatística quando houve sobreposição entre os limites superior e inferior (Payton *et al.*, 2000).

A similaridade florística entre as áreas foi avaliada com base nas espécies identificadas em nível específico, utilizando o índice de Jaccard (J), a partir de uma matriz binária de presença/ausência dessas espécies. Com base nessa matriz, foi realizada análise de agrupamento hierárquico pelo método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) (Kent, 1992; Legendre; Legendre, 1998).

As análises foram conduzidas no R (versão 4.4.1; R Core Team, 2024), utilizando o pacote *vegan* (versão 2.6-4) para o cálculo dos índices de diversidade, parâmetros fitossociológicos e similaridade florística. O agrupamento UPGMA foi realizado por meio da função *hclust* do R base.

Para avaliar a influência da heterogeneidade ambiental sobre a diversidade, utilizaram-se dados secundários da classificação climática de Köppen–Geiger (Alvares *et*

al., 2013; IBGE, 2019), o Modelo Digital de Elevação SRTM e o mapa de altitude (hipsométrico) gerado a partir do índice Topodata (INPE), bem como as Unidades de Mapeamento de Solos do Brasil (IBGE, 2018; 2019). Todos os mapas foram processados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica SIG (SIRGAS 2000/UTM Zona 23S).

As análises fitossociológicas e os índices de diversidade foram comparados entre as fitofisionomias (Cerrado, Ecótono Cerrado–Caatinga e Caatinga), permitindo avaliar se diferenças estruturais e composicionais estão associadas aos gradientes ambientais e interpretar sua correspondência como evidência da influência da heterogeneidade local sobre a organização das comunidades lenhosas.

2.4 Identificação botânica

O material fértil coletado foi herborizado segundo procedimentos usuais em botânica (Peixoto; Maia, 2013). A identificação das espécies foi realizada com o auxílio de chaves taxonômicas, revisões e comparação com coleções de referência dos herbários HDELTA (Herbário da Universidade Federal Delta do Parnaíba), TEPB (Herbário Graziela Barroso da Universidade Federal do Piauí) e HAF (Herbário Afrânio Fernandes da Universidade Estadual do Piauí). As identificações foram complementadas por especialistas e por consultas às bases de dados Reflora (<https://reflora.jbrj.gov.br/>), *SpeciesLink* (<https://www.splink.org.br/>) e *Plants of the World Online* (<https://powo.science.kew.org/>).

A classificação taxonômica seguiu o Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV, 2016), e a grafia dos nomes científicos seguiu o padrão do portal Flora e Funga do Brasil (2026). O material de testemunho está depositado nos herbários HDELTA, TEPB e HAF, com registros de voucher listados no Apêndice A.

3 RESULTADOS

3.1 Composição florística e diversidade

Os indivíduos inventariados correspondem a 129 espécies, distribuídos em 87 gêneros e 31 famílias, considerando-se também os registros não identificados ao nível específico (ver Apêndice A). As famílias com maior riqueza de táxons foram Fabaceae (37), Bignoniaceae (9) e Euphorbiaceae (9), seguidas por Rubiaceae (6), Malvaceae (5) e Cactaceae (4); em conjunto, essas famílias representaram 54,3% dos táxons registrados no levantamento.

Os índices de diversidade evidenciam comunidades florísticas estruturalmente diversas (Tabela 2). As áreas de ecótono em Oeiras e São João da Varjota apresentaram os maiores valores de H' (3,51 e 3,06, respectivamente) e de equabilidade de Pielou (J') (0,88 e 0,84, respectivamente). Cajazeiras do Piauí exibiu diversidade intermediária ($H' = 2,63$; $J' = 0,79$). As demais áreas (Tanque do Piauí, Wall Ferraz e Simplício Mendes) apresentaram valores mais baixos de diversidade e densidades moderadas.

Tabela 2 - Riqueza, diversidade e densidade das áreas amostradas no Território Vale do Canindé, Piauí.

Área	Fisionomia	Espécies	Famílias	Gêneros	H'	J'	$S (1-\lambda)$	$D (ind\ ha^{-1})$
I	Cerrado	29	14	24	2.23	0.66	0.79	6,044.49
II	Ecótono	28	13	23	2.63	0.79	0.89	47,763.90
III	Ecótono	55	23	35	3.51	0.88	0.96	14,126.54
IV	Ecótono	38	15	32	3.06	0.84	0.93	6,305.58
V	Caatinga	29	11	26	2.44	0.73	0.84	5,051.92
VI	Caatinga	19	9	14	2.16	0.73	0.84	5,051.91

Legenda: H' = Média de diversidade de Shannon–Wiener; J' = Equabilidade de Pielou; Simpson $(1-\lambda)$ = índice de Simpson transformado; $D (ind\ ha^{-1})$ = Densidade de indivíduos por hectare; Áreas: I = Tanque do Piauí, II = Cajazeiras do Piauí, III = Oeiras, IV = São João da Varjota, V = Wall Ferraz, VI = Simplício Mendes. **Fonte:** Dados da pesquisa (2026).

3.2 Estrutura fitossociológica

A comparação das variáveis estruturais totais evidenciou variação entre os municípios quanto à densidade, frequência e dominância. Tanque do Piauí apresentou $DA = 6.044,49\ ind\ ha^{-1}$, $FA = 286$ e $DoA = 0,01993$, enquanto São João da Varjota registrou $DA = 6.305,58\ ind\ ha^{-1}$, $FA = 292$ e $DoA = 0,02186$. Wall Ferraz apresentou $DA = 5.051,92\ ind\ ha^{-1}$, $FA = 272$ e $DoA = 0,02027$. Em Simplício Mendes, a densidade foi semelhante ($DA = 5.051,91\ ind\ ha^{-1}$), porém com menores valores de frequência e dominância ($FA = 250$; $DoA = 0,00865$). Valores mais elevados foram registrados em Oeiras ($DA = 14.126,54\ ind\ ha^{-1}$; $FA = 318$; $DoA = 0,02906$), enquanto Cajazeiras do Piauí apresentou os maiores valores entre as áreas analisadas ($DA = 47.763,90\ ind\ ha^{-1}$; $FA = 298$; $DoA = 36,36395$).

O número de espécies e os parâmetros fitossociológicos variaram entre as áreas (Apêndice B). Em Tanque do Piauí (Cerrado), destacaram-se *Pityrocarpa moniliformis* ($n = 83$; $VI = 42,74$; $DoR = 55,25\%$) e *Combretum leprosum* ($n = 34$; $VI = 12,49$). Nas áreas de ecótono, as espécies mais abundantes foram *Aspidosperma pyrifolium* em Cajazeiras do Piauí ($n = 37$; $VI = 42,11$; $DoR = 92,39\%$), *Croton jacobinensis* em Oeiras ($n = 20$; $VI = 7,63$) e *Cochlospermum vitifolium* em São João da Varjota ($n = 26$; $VI = 9,47$). Nas áreas de Caatinga, destacaram-se *Callisthene microphylla* em Wall Ferraz (n

= 70; VI = 30,06; DoR = 31,64%) e *Cenostigma nordestinum* em Simplício Mendes (n = 55; VI = 30,74; DoR = 39,11%).

Considerando o conjunto das áreas, *Combretum leprosum* foi a espécie mais abundante (n = 133; 11,08%), seguida por *Aspidosperma pyriforme* (n = 89; 7,42%), *Callisthene microphylla* (n = 82; 6,83%) e *Croton jacobinensis* (n = 81; 6,71%).

Os maiores valores de importância (VI) foram registrados para *Pityrocarpa moniliformis* no Cerrado (VI = 42,74), *Aspidosperma pyriforme* no ecótono Cerrado-Caatinga (VI = 42,11) e, na Caatinga, *Cenostigma nordestinum* (VI = 30,74) e *Callisthene microphylla* (VI = 30,06). As famílias Apocynaceae, Fabaceae, Combretaceae, Euphorbiaceae, Vochysiaceae e Erythroxylaceae foram representativas dos maiores valores de importância.

As maiores dominâncias relativas (DoR) foram observadas para *Aspidosperma pyriforme* (92,39%), *Pityrocarpa moniliformis* (55,25%), *Cenostigma nordestinum* (39,11%) e *Callisthene microphylla* (31,64%), refletindo-se nos maiores valores de cobertura (VC).

3.3 Estrutura Vertical e Diamétrica

A estrutura vertical diferiu entre as áreas (Figura 2): a área de Cerrado apresentou a maior altura média (5,1 m), enquanto as áreas de ecótono e de Caatinga apresentaram dosséis mais baixos.

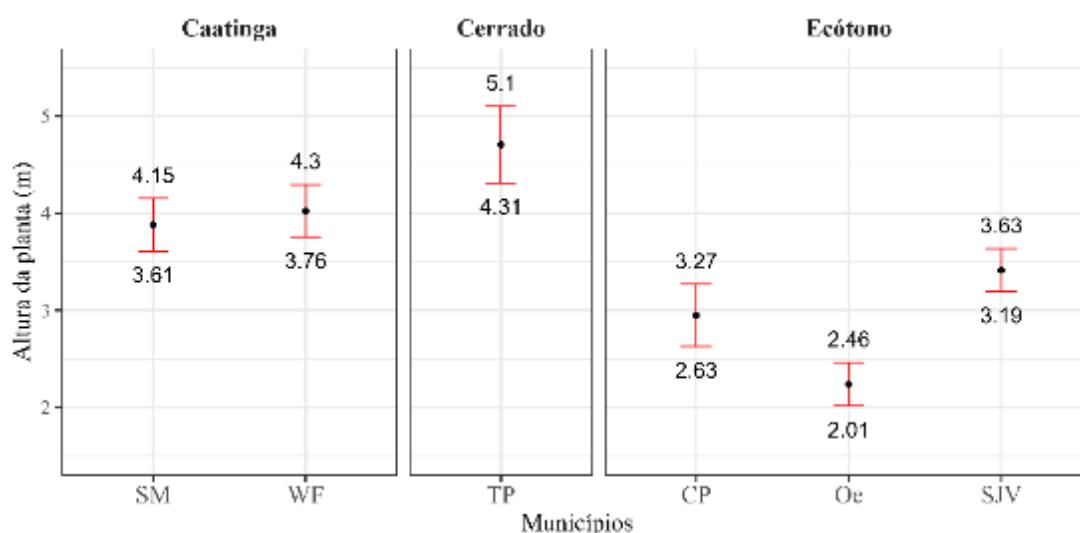


Figura 2 - Intervalos de confiança (95%) da altura da planta (m) para os seis municípios, por fisionomia (Cerrado, Caatinga e Ecótono). As barras verticais representam o IC95% da média; sobreposição indica igualdade estatística ao nível de 5%. Abreviações: CP = Cajazeiras do Piauí; TP = Tanque do Piauí; Oe = Oeiras; SJV = São João da Varjota; SM = Simplício Mendes; WF = Wall Ferraz. **Fonte:** Dados da pesquisa (2026).

As áreas amostradas apresentam histórico semelhante de uso e de distúrbio, não havendo registros de queimadas recentes ou de desmatamento em períodos desconhecidos entre os locais avaliados, o que permite comparações estruturais consistentes entre as comunidades. Nesse contexto, a distribuição diamétrica em todas as áreas seguiu o padrão de “J” invertido (Figura 3), com alta concentração de indivíduos nas menores classes de diâmetro, característica típica de comunidades em processo de regeneração e de recrutamento contínuo. A maior média de diâmetro do caule foi registrada em Wall Ferraz (0,36 m), enquanto a menor, em Oeiras (0,23 m) (Figura 4).

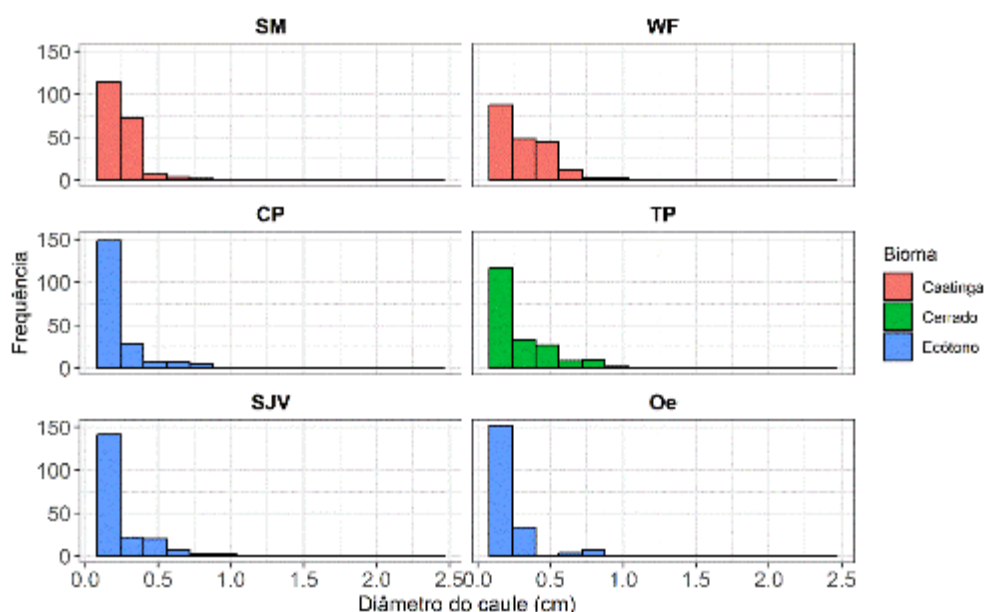


Figura 3 - Distribuição em classes de diâmetro do caule (cm) do componente vegetal nos seis municípios, evidenciando o padrão “J” invertido. Abreviações conforme a Figura 2. **Fonte:** Dados da pesquisa (2026).

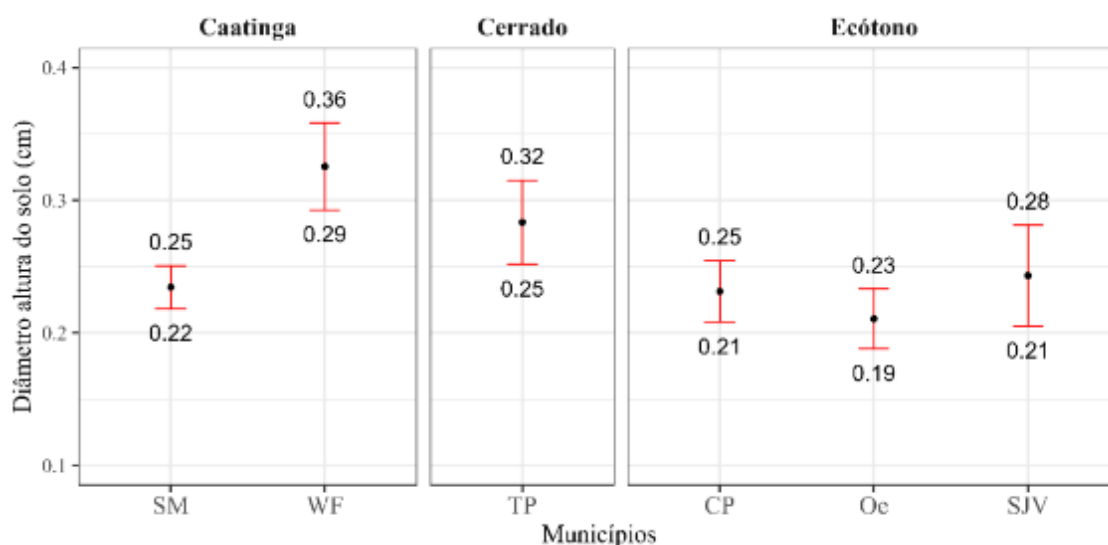


Figura 4 - Intervalos de confiança (95%) do diâmetro altura ao nível do solo (cm) nos seis municípios. Barras = IC95%; sobreposição indica igualdade estatística ($p < 0,05$). Abreviações conforme a Figura 2. **Fonte:** Dados da pesquisa (2026).

3.4 Similaridade florística

O dendrograma obtido a partir do índice de Jaccard mostrou baixa similaridade florística geral entre as áreas amostradas (Figura 5). Observa-se a formação inicial de um agrupamento entre São João da Varjota (SJV) e Wall Ferraz (WF), com similaridade aproximada de $J \approx 0,30$. Cajazeiras do Piauí (CP) integra-se a esse grupo em um nível inferior de similaridade ($J \approx 0,20$ – $0,25$).

As áreas de Oeiras (Oe) e Simplício Mendes (SM) formam um agrupamento distinto, estabelecido apenas em níveis mais elevados de distância (menor similaridade), indicando menor compartilhamento florístico entre si e em relação às demais áreas. Tanque do Piauí (TP) apresentou os menores valores de similaridade em relação a todas as outras localidades ($J < 0,10$), posicionando-se de forma isolada no dendrograma.

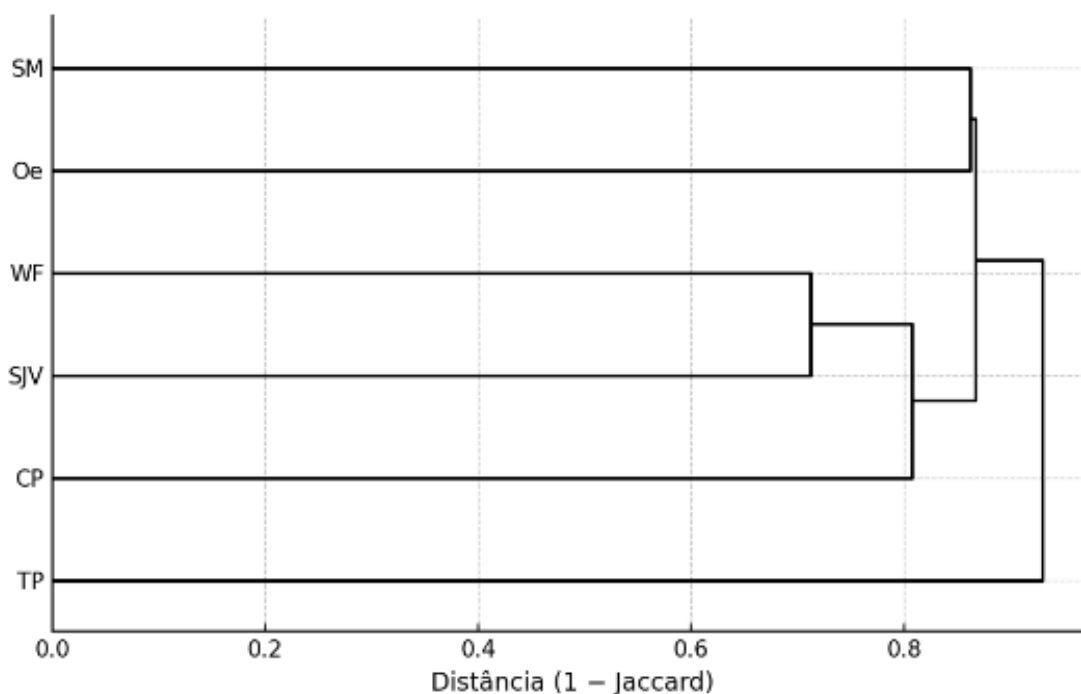


Figura 5 - Similaridade florística entre as áreas amostradas no Território Vale do Canindé, Piauí, obtida pelo método de agrupamento UPGMA com base no índice de Jaccard. A distância representada no eixo horizontal corresponde a $1 - J$, em que valores menores indicam maior similaridade florística. As linhas corresponderam aos municípios amostrados e as colunas às espécies registradas. As áreas analisadas incluem São João da Varjota (SJV), Wall Ferraz (WF), Cajazeiras do Piauí (CP), Oeiras (Oe), Simplício Mendes (SM) e Tanque do Piauí (TP). **Fonte:** Dados da pesquisa (2026).

3.5 Gradientes ambientais: relevo, clima e solos

A heterogeneidade ambiental do Vale do Canindé mostra um gradiente ecofisiográfico estruturado pela variação conjunta de relevo, clima e solos (Figura 6). O território apresenta amplitude altitudinal de 0 a 560 m, distribuição de três regimes climáticos (Aw, As e BSh) e mosaico pedológico formado por Argissolos Vermelho-

Amarelos, Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Luvisolos Crômicos, Neossolos Litólicos e Neossolos Quartzarênicos.

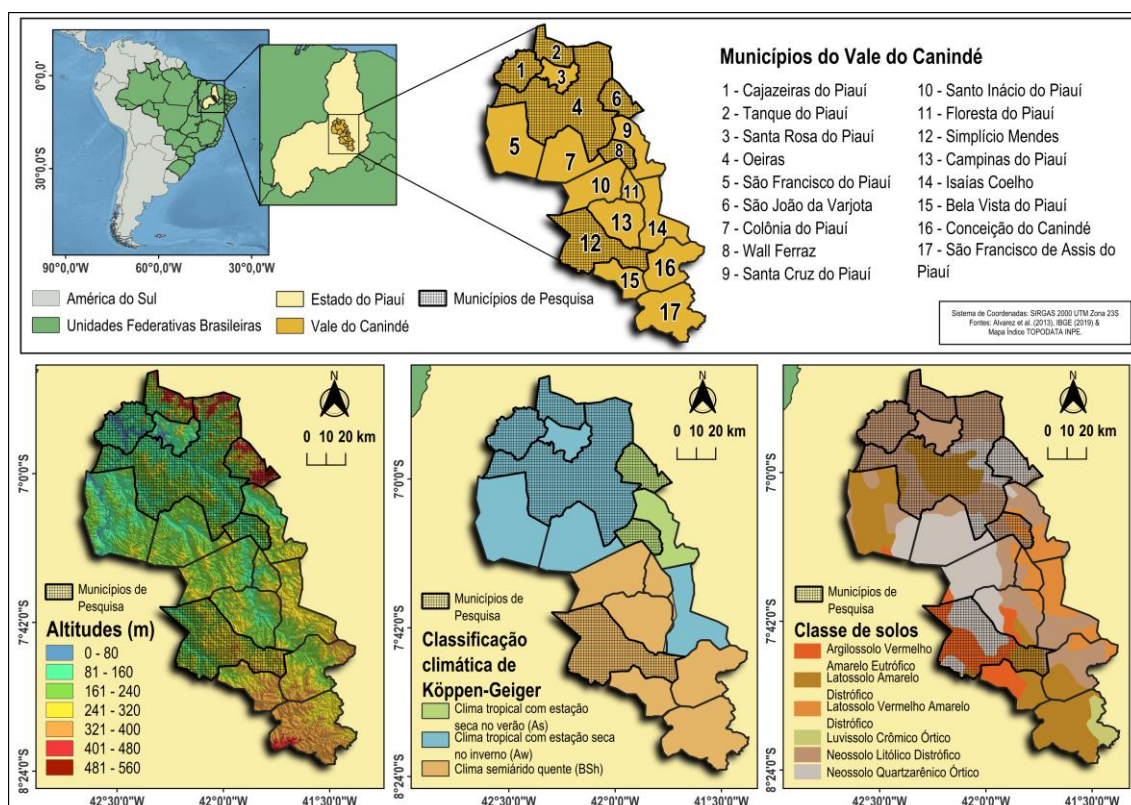


Figura 6 – Caracterização físico-ambiental do Território Vale do Canindé, Piauí, evidenciando a variação altitudinal, a classificação climática de Köppen-Geiger e as classes de solos nos municípios que compõem a região, com destaque para os municípios de pesquisa. **Fonte:** Autor, com base em IBGE (2018; 2019) e Alves *et al.* (2013).

O mapa mostra um gradiente altitudinal bem definido ao longo da paisagem, com altitudes mais elevadas em Tanque do Piauí (81–560 m), onde predominam fisionomias típicas de Cerrado, e altitudes mais baixas em Cajazeiras do Piauí (0–320 m), a área associada à transição entre Cerrado e Caatinga na área avaliada. Em direção a Oeiras e São João da Varjota, observa-se uma nova elevação do relevo, acompanhada por fisionomias ecotonais, enquanto, nos municípios mais ao sul, como Wall Ferraz e Simplício Mendes, a redução da altitude (81–320 m) coincide com a ocorrência de formações características de Caatinga.

O gradiente climático acompanha a variação altitudinal do território, com predominância de clima tropical sazonal nas áreas de Cerrado (Tanque do Piauí) e nos setores ecotonais (Oeiras e Cajazeiras do Piauí). Nas porções mais secas da Caatinga, observam-se transições para clima tropical com estação seca de inverno (São João da Varjota e Wall Ferraz) e para clima semiárido quente (Simplício Mendes).

A distribuição pedológica reforça a estruturação florística regional. Nos ecótonos (Cajazeiras, Oeiras e São João da Varjota), com ocorrência frequente Neossolos

Litólicos distróficos e Neossolos Quartzarênicos, solos rasos ou arenosos que favorecem espécies tolerantes ao estresse hídrico. Em Wall Ferraz e Simplício Mendes com ocorrência de Latossolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Amarelos e Neossolos Quartzarênicos, coerentes com ambientes mais secos e oligotróficos típicos da Caatinga.

4. DISCUSSÃO

A diversidade registrada nas áreas ecotonais Cerrado–Caatinga de Oeiras e São João da Varjota confirma o papel dessas localidades como zonas de transição, conforme proposto por Castro (2007). Esses ambientes são caracterizados pela sobreposição de elementos florísticos distintos, o que favorece o aumento da riqueza e maior uniformidade na distribuição das abundâncias (Forman; Godron, 1986; Holland, 1988; Kark, 2013; Moro; Milan, 2016). Os valores de diversidade observados ($H' = 3,51$ e $3,06$) são equivalentes ou superiores aos registrados em outras áreas de transições do Nordeste, como Sete Cidades–PI (Matos; Felfili, 2010) e a Ibiapaba–CE (Araújo *et al.*, 1999), reforçando a relevância do Vale do Canindé como área de alta diversidade na interface Cerrado–Caatinga. Esse padrão contrasta com áreas menos heterogêneas do Piauí (Silva *et al.*, 2018), indicando a influência da estrutura da paisagem, que intensifica a dinâmica ecológica em ecótonos ao promover variações espaciais e funcionais (Risser, 1993).

A heterogeneidade fisiográfica evidenciada nos resultados confirma que a organização da vegetação no Vale do Canindé é fortemente condicionada por gradientes ambientais. A variação conjunta de altitude, clima e solos amplia o espaço de nicho e favorece a coexistência de grupos funcionais com diferentes estratégias adaptativas (Barthlott *et al.*, 2005; Kark, 2013; Neri *et al.*, 2013; Souza *et al.*, 2021). Esses resultados são consistentes com a literatura que aponta o papel do relevo e do regime hídrico na modulação da disponibilidade de recursos e na distribuição de espécies (Clark *et al.*, 1999; Walter *et al.*, 2024), bem como a influência de solos distróficos na intensificação de pressões seletivas e interações competitivas (Furley; Ratter, 1988; Oliveira-Filho, 1989; Ratter, 1992; Neri *et al.*, 2013).

Nesse contexto, a classificação das áreas como Cerrado, Caatinga ou ecótono deve ser compreendida como resultado da integração entre estrutura da vegetação, composição florística e condições ambientais. Áreas típicas de Cerrado apresentam maior porte estrutural, presença de espécies savânicas dominantes e associação com condições ambientais menos restritivas, enquanto áreas de Caatinga são caracterizadas por menor altura média, maior proporção de espécies adaptadas ao estresse hídrico e maior

influência de condições semiáridas (Fernandes; Queiroz, 2018). Os ecótonos, por sua vez, distinguem-se pela coexistência desses elementos, exibindo composição mista, elevada diversidade e estrutura intermediária, configurando-se como sistemas ecológicos próprios (Kark, 2013).

A condição de Cajazeiras do Piauí mostra de forma clara essa dinâmica. Embora previamente classificada como Cerrado (Castro, 2007) ou Caatinga (IBGE, 2024), os resultados deste estudo indicam que o município apresenta características típicas de ecótono. Sua posição geográfica, em contato com áreas de maior altitude como Tanque do Piauí e associada às menores cotas altitudinais da área estudada, favorece o estabelecimento de uma zona de transição ambiental. Essa configuração se reflete na vegetação, que combina elementos florísticos e estruturais de ambos os biomas, corroborando a interpretação de ecótonos como unidades ecológicas próprias, conforme discutido por Marimon *et al.* (2021) e Cruz Silva *et al.* (2025). A presença de espécies típicas de transição neste estudo (*Aspidosperma pyrifolium*, *Cochlospermum vitifolium*, *Combretum leprosum*, *Erythroxylum deciduum*, *Hymenaea courbaril* L., *Krameria tomentosa* A.St.-Hil., *Lachesiodendron viridiflorum* (Kunth) P.G. Ribeiro, L.P. Queiroz & Luckow, *Pityrocarpa moniliformis*, *Simarouba versicolor* A.St.-Hil., *Terminalia actinophylla* Mart. e *Ximenia americana* L.) reforça esse padrão (Castro, 2007; Dantas *et al.*, 2024; Gomes *et al.*, 2024).

No Cerrado de Tanque do Piauí, os valores de diversidade foram relativamente baixos ($H' = 2,23$; $J' = 0,66$), inferiores aos registrados em Regeneração-PI ($H' = 2,75$; $J' = 0,70$; Lindoso *et al.*, 2009) e em Lavras da Mangabeira-CE ($H' = 3,18$; $J' = 0,83$; Calixto Júnior *et al.*, 2021). Esse padrão está associado à forte dominância de *Pityrocarpa moniliformis*, responsável por 41,5% dos indivíduos amostrados. Embora essa espécie seja tipicamente associada à Caatinga, sua ocorrência em áreas de Cerrado é documentada (Queiroz, 2009; Santos-Filho *et al.*, 2013; Flora e Funga do Brasil, 2026). Esse resultado evidencia que a classificação fitogeográfica não deve ser baseada na presença isolada de espécies, mas no conjunto integrado de atributos estruturais, florísticos e ambientais da comunidade. Nesse sentido, a elevada dominância de *P. moniliformis* pode ser interpretada como reflexo de perturbações antrópicas, que favorecem espécies com ampla amplitude ecológica e alta capacidade adaptativa (Gilbert *et al.*, 2009; Lima; Coelho, 2018; Hou *et al.*, 2023), sem necessariamente alterar a identidade ecológica da área como Cerrado.

Nas áreas de Caatinga, os índices de diversidade registrados em Wall Ferraz ($H' = 2,44$) e Simplício Mendes ($H' = 2,16$) foram superiores aos de áreas mais degradadas, como São João do Piauí ($H' = 1,70$; Silva *et al.*, 2022) e Iguatu-CE ($H' = 1,59$; Lima; Coelho, 2018), e inferiores aos de áreas mais conservadas, como Santa Terezinha-PB ($H' = 2,54$; Guedes *et al.*, 2012). A dominância de espécies como *Cenostigma nordestinum* e *Callisthene microphylla* reflete adaptações a condições semiáridas e estágios intermediários de regeneração (Fernandes; Queiroz, 2018).

A estrutura das comunidades, evidenciada pela distribuição diamétrica em “J” invertido, indica recrutamento contínuo e predomínio de indivíduos jovens, padrão típico de comunidades em regeneração. A elevada abundância de espécies pioneiras e tolerantes a distúrbios, como *Combretum leprosum* e *Croton blanchetianus*, sugere histórico recente de perturbação antrópica, associado à expansão agropecuária e à fragmentação da vegetação (Medeiros *et al.*, 2023; Arraes *et al.*, 2025; Sá *et al.*, 2025). A menor média de diâmetro em Oeiras reforça essa interpretação, indicando estágio sucessional mais inicial (Salomão *et al.*, 2024).

Embora esses padrões estejam associados a gradientes ambientais, a heterogeneidade florística e estrutural observada também reflete a influência das atividades humanas. A expansão da agropecuária e a intensificação do uso da terra atuam como fatores centrais de transformação da vegetação (Sá *et al.*, 2025), influenciando não apenas sua extensão, mas também sua estrutura e diversidade. Nesse sentido, a predominância de espécies pioneiras e a configuração estrutural observada refletem a interação entre pressões econômicas e processos ecológicos, resultando em comunidades em diferentes estágios sucessionais.

A menor altura média da vegetação observada nos ecótonos reforça essa interpretação. Embora condições ambientais intermediárias possam limitar o crescimento estrutural, a recorrência de distúrbios antrópicos contribui para a manutenção de comunidades em estágios sucessionais iniciais, resultando em menor porte médio (Oliveira *et al.*, 1997; Lemos; Rodal, 2002; Costa-Coutinho *et al.*, 2019; Melo *et al.*, 2023). Assim, a estrutura vertical reduzida pode ser interpretada como um indicador da interação entre limitações ambientais e histórico de uso da terra.

A análise de similaridade florística evidenciou maior relação entre São João da Varjota e Wall Ferraz, marcada pela presença de espécies compartilhadas (*Aspidosperma pyrifolium*, *Callisthene microphylla*, *Combretum leprosum*, *Hymenaea courbaril*, *Luetzelburgia auriculata* Allemão) Ducke, *Pseudobombax parvifolium* Carv.-Sobr. &

L.P.Queiroz, *Qualea parviflora* Mart. e *Xiquexique gounellei* (F.A.C.Weber) Lavor & Calvente). Cajazeiras do Piauí também se integra a esse grupo, reforçando sua natureza ecotonal. As áreas de Simplício Mendes e de Oeiras apresentaram composições florísticas influenciadas pela dominância local de *Cenostigma nordestinum* e *Croton jacobinensis*. Tanque do Piauí apresentou posição isolada no dendograma (Figura 5), refletindo um componente florístico tipicamente de Cerrado, com o domínio de espécies como *Parkia platycephala*, *Dimorphandra mollis* Benth., *Hancornia speciosa* Gomes e *Qualea grandiflora* Mart. a exemplo de outros estudos no ecossistema de Cerrado (Souza *et al.*, 2018), o que resultou em menores valores de similaridade florística nas áreas desse estudo.

5. CONCLUSÃO

A vegetação do Território Vale do Canindé é estruturada por gradientes de relevo, clima e solos que moldam um mosaico de formações de Cerrado, Caatinga e ecótonos. As áreas de transição apresentaram os maiores valores de diversidade e equabilidade, confirmando seu papel como zonas de convergência florística e funcional. Oeiras, São João da Varjota e Cajazeiras do Piauí destacam-se como núcleos ecotonais de alta heterogeneidade, nos quais coexistem espécies e estratégias adaptativas de ambos os domínios.

Os padrões estruturais, incluindo a distribuição diamétrica em “J” invertido, mostram comunidades em regeneração e influenciadas por diferentes intensidades de perturbação antrópica. A dominância local de algumas espécies-chave indica ajustes às condições edáficas, climáticas regionais e antrópicas, reforçando a importância de compreender a dinâmica sucessional para o manejo da vegetação.

A integração entre dados florísticos, estruturais e ambientais confirma Cajazeiras do Piauí como um ecótono funcional e reforça a relevância dessas zonas para a manutenção da diversidade e da resiliência em paisagens tropicais sazonais. Os resultados fornecem subsídios para estratégias de conservação e restauração baseadas em processos ecológicos, destacando a regeneração natural, o manejo de espécies estruturadoras e a proteção dos ecótonos como componentes essenciais da sustentabilidade ambiental regional. Estudos futuros que integrem análises ecológicas, pedológicas e socioambientais poderão aprofundar a compreensão da dinâmica desses ecossistemas de transição.

MATERIAL SUPLEMENTAR

As informações complementares deste estudo encontram-se disponíveis nos materiais suplementares dos Apêndices A e B.

REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S. l.], v. 22, p. 711–728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras**. Edição especial. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos – SPR. Brasília-DF: ANA, 2015.
- APG IV. Uma atualização da classificação do Grupo de Filogenia dos Angiospermas para as ordens e famílias de plantas com flores: APG IV. **Revista de Botânica da Sociedade Linnean**, [S. l.], v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016.
- Araújo, F. S.; Martins, F. R.; Shepherd, G. J. Variações estruturais e florísticas do carrasco no planalto da Ibiapaba, estado do Ceará. **Revista Brasileira de Biologia**, [S. l.], v. 59, p. 663–678, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-71081999000400015>.
- Arraes, J. C. C. *et al.* Análises florísticas e fitossociológicas revelam ampla dinâmica vegetacional para a sucessão de áreas perturbadas na Caatinga piauiense. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 343–368, 2025. DOI: 10.26848/rbgf.v18.1.p343-368.
- Assunção, V. A.; Sartori, Â. L. B.; Mansano, V. D. F. Floristic structuring of woody plants from the Chaco in light of abiotic factors. **Rodriguésia**, [S. l.], v. 73, p. e00262019, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860202273071>.
- Barthlott, W.; Mutke, J.; Rafiqpoor, D.; Kier, G.; Kreft, H. Global centers of vascular plant diversity. **Nova Acta Leopoldina NF**, [S. l.], v. 92, n. 342, p. 61–83, 2005.
- Batista, F. F.; Rodrigues, D. T.; Silva, C. M. S. Analysis of climatic extremes in the Parnaíba River Basin, Northeast Brazil, using GPM IMERG-V6 products. **Weather and Climate Extremes**, [S. l.], v. 43, p. 100646, 2024.
- Calixto Júnior, J. T.; Moura, J. C.; Lisboa, M. A. N.; Cruz, G. V.; Gonçalves, B. L. M.; Barreto, E. S. S. T.; Barros, L. M.; Drumond, M. A.; Mendonça, A. C. A. M.; Rocha, L. S. G.; Silva, M. A. P.; Cordeiro, L. S. Phytosociology, diversity and floristic similarity of a Cerrado fragment on Southern Ceará state, Brazilian Semiarid. **Scientia Forestalis**, [S. l.], v. 49, n. 130, e3459, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n130.01>.
- Castro, A. A. J. F. Unidades de planejamento: uma proposta para o Estado do Piauí com base na dimensão diversidade de ecossistemas. **Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas**, Teresina, v. 18, p. 1–28, 2007.

- Clark, D. B.; Palmer, M. W.; Clark, D. A. *Edaphic factors and the landscape-scale distributions of tropical rain forest trees*. **Ecology**, [S. l.], v. 80, p. 2662–2675, 1999.
- Costa-Coutinho, J. M.; Jardim, M. A.; Castro, A. A. J. F.; Viana-Junior, A. B. Conexões biogeográficas de savanas brasileiras: partição da diversidade marginal e disjunta e conservação do trópico ecotonal setentrional em um hotspot de biodiversidade. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 12, n. 7, p. 2406–2427, 2019.
- Cottam, G.; Curtis, J. T. The use of distance measures in phytosociological sampling. **Ecology**, [S. l.], v. 37, n. 13, p. 451–460, 1956.
- Cruz Silva, A.; Veenendaal, E.; Van der Plas, F. *et al.* Vegetation transition in the central Brazilian Cerrado is better explained by structure than tree composition differences. **Plant Ecol**, [S. l.], v. 226, p. 563–572, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-025-01500-6>.
- Dantas, M. C. S.; Sousa Júnior, J. R.; Monteiro, J. M. Fitossociologia de componente lenhoso de uma área de vegetação em Floriano, sul do Piauí. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 20, n. 3, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2024.011201>.
- Fernandes, M. F.; Queiroz, L. P. Vegetação e flora da Caatinga. **Ciência e Cultura**, [S. l.], v. 70, n. 4, p. 51–56, 2018.
- Ferreira, R. V.; Dantas, M. E. Relevô. In: Pfaltzgraff, P. A. D. S.; Torres, F. D. M.; Brandão, R. D. L. (org.). **Geodiversidade do estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010. p. 45–64.
- Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2026. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 01 fev. 2026.
- Forman, R. T. T.; Godron, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. v. 4, p. 22–28.
- Furley, P. A.; Ratter, J. A.; Gifford, D. R. Observations on the vegetation of eastern Mato Grosso, Brazil. III. The woody vegetation and soils of the Morro de Fumaça, Torixoreu. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B**, [S. l.], v. 203, p. 191–208, 1988.
- Gilbert, B.; Turkington, R.; Srivastava, D. S. Dominant species and diversity: linking relative abundance to controls of species establishment. **The American Naturalist**, [S. l.], v. 174, n. 6, p. 850–862, 2009.
- Giulietti, A. M. *et al.* Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: Silva, J. M. C.; Tabarelli, M.; Fonseca, M. T.; Lins, L. V. (org.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. p. 47–90.
- Gomes, M. T. D.; Jacobina, H. P.; Alves, G. M.; Filho, E. J. D. C. L.; Reis, H. D. S.; Morais, R. F. D.; Funch, L. S. Revealing floristic and structural variation in regenerating areas in the Cerrado-Caatinga transition: an analysis across seres. **Rodriguésia**, [S. l.], v. 75, p. e00112022, 2024. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202475020>.

- Grman, E.; Lau, J. A.; Schoolmaster, D. R. Jr.; Gross, K. L. Os mecanismos que contribuem para a estabilidade da função do ecossistema dependem do contexto ambiental. **Ecology Letters**, [S. l.], v. 13, p. 1400–1410, 2010.
- Guedes, R. D. S.; Zanella, F. C. V.; Júnior, J. E. V. C.; Santana, G. M.; Da Silva, J. A. Caracterização florístico-fitossociológica do componente lenhoso de um trecho de caatinga no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 99–108, 2012.
- Holland, M. M. SCOPE 31: The Role of Ecotones in Landscape Management and Restoration. **Environmental Management**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 320–328, 1988.
- Hou, G.; Shi, P.; Zhou, T.; Sun, J.; Zong, N.; Song, M.; Zhang, X. Espécies dominantes desempenham um papel de liderança na formação da estabilidade da comunidade nas pastagens do norte do Tibete. **Journal of Plant Ecology**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. rtac110, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jpe/rtac110>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base cartográfica vetorial – pedologia**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-ambientais/pedologia/>. Acesso em: 6 nov. 2025.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas territoriais**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/>. Acesso em: 3 nov. 2025.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PIB per capita**: IBGE 2021, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 jan. 2025.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área da unidade territorial: IBGE 2025. BGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Meio Ambiente. Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 3 abr. 2025.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bioma predominante**: Bioma predominante: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Meio Ambiente, Biomas 2024. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 jan. 2025.
- Joly, C. A. *et al.* **Primeiro Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos**. São Carlos: Editora Cubo, 2019. 351 p.
- Kark, S. Ecotones and ecological gradients. In: Leemans, R. (ed.). **Ecological systems**. New York: Springer, 2013. p. 147–160.
- Kent, M.; Coker, P. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. New York: John Wiley and Sons, 1992. p. 167–169.
- Legendre, P.; Legendre, L. **Numerical ecology**. Amsterdam: Elsevier Science BV, 1998.

- Lemos, J. R.; Rodal, M. J. N. Fitossociologia do componente lenhoso de um trecho da vegetação de caatinga no Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], v. 16, p. 23–42, 2002.
- Lima, B. G.; Coelho, M. F. B. Fitossociologia e estrutura de um fragmento florestal da caatinga, Ceará, Brasil. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 28, n. 2, p. 809–819, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509832095>.
- Lima, E. A. M.; Brandão, R. L. Geologia. In: Pfaltzgraff, P. A. D. S.; Torres, F. D. M.; Brandão, R. D. L. (org.). **Geodiversidade do estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010. p. 15–24.
- Lindoso, G. S. *et al.* Diversidade e estrutura do cerrado sensu stricto sobre areia (Neossolo Quartzarênico) na Chapada Grande Meridional, Piauí. **Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 45–61, 2009.
- Marimon, B. S.; Lima, H. S.; Duarte, T. G.; Chiarello, F.; Marimon-Junior, B. H. The Amazon-Cerrado transition: a barrier permeable to plants but not to fire. In: Scariot, A.; Sousa-Silva, Jc; Felfili, Jm (eds.). **Vegetation and flora of the Cerrado: contributions to knowledge and conservation**. Brasília: Embrapa, 2021. p. 195–217.
- Matos, M. D. Q.; Felfili, J. M. Forística, fitossociologia e diversidade da vegetação arbórea nas matas de galeria do Parque Nacional de Sete Cidades (PNSC), Piauí, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], v. 24, p. 483–496, 2010.
- Medeiros, A. V. S.; Guedes, R. S.; Souza, P. F.; Zanella, F. C. V. Phytosociology of an open arboreal caatinga with high basal area in the Seridó desertification region, Brazil. **Revista Caatinga**, [S. l.], v. 36, n. 3, p. 601–611, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n313rc>.
- Medeiros, S. R. M.; Cavalcanti, E. P.; Duarte, J. F. M. Classificação climática de Köppen para o estado do Piauí – Brasil. **Revista Equador**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 82–99, 2020.
- Melo, J. D. O.; Dantas-Medeiros, R.; Moreira, L. G. L.; Giordani, R. B.; Zucolotto, S. M. A Caatinga: um bioma exclusivamente brasileiro. **Ciência e Cultura**, [S. l.], v. 75, n. 4, p. 01–09, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/2317-6660.20230048>.
- Moro, R. S.; Milan, E. Natural forest fragmentation evaluation in the Campos Gerais region, Southern Brazil. **Environment and Ecology Research**, [S. l.], v. 4, p. 74–78, 2016.
- Neri, A. V.; Schaefer, C. E. G. R.; Souza, A. L. d.; Júnior, W. G. F.; Meira-Neto, J. A. A. Pedology and plant physiognomies in the cerrado, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S. l.], v. 85, n. 1, p. 87–102, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013000100007>.
- Odum, E. P.; Barrett, G. W. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2007. 623 p.
- Oliveira, M. E. A.; Farias, R. R. S.; Castro, A. A. J.; Martins, F. R. Classificação e caracterização dos tipos vegetacionais do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí,

Brasil. In: Castro, A. A. J. F.; Castro, N. M. C.; Arzabe, C. (org.). **Biodiversidade e ecótonos da região setentrional do Piauí**. Teresina: EDUFPI, 2010. v. 5, p. 66–89.

Oliveira, M. E. A.; Sampaio, E. V. S. B.; Castro, A. A. J. F.; Rodal, M. J. N. Flora e fitossociologia de uma área de transição carrasco-caatinga de areia em Padre Marcos, Piauí. **Naturalia**, [S. l.], v. 22, p. 131–150, 1997.

Oliveira-Filho, A. T. Composição florística e estrutura comunitária da floresta de galeria do Córrego da Paciência, Cuiabá, MT. **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], v. 3, p. 91–112, 1989.

Payton, M. E.; Miller, A. E.; Raun, W. R. Testing statistical hypothesis using standard error bars and confidence intervals. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 547–551, 2000.

Peixoto, A. L.; Maia, L. C. **Manual de procedimentos para herbários**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2013. (INCT - Herbário Virtual para a Flora e os Fungos).

Pereira, S. L. B.; Nascimento, M. D. S.; Rodrigues, J. D. S. **Compatibilização entre territórios de desenvolvimento e instâncias de gestão regionais**. Teresina: CEPRO, 2017. 44 p.

Pfaltzgraff, P. A. S. (org.); Pfaltzgraff, F. S. M. T.; Brandão, R. L. **Geodiversidade do estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010.

Pielou, E. C. **Mathematical ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1977.

Pickett, S. T. A.; White, P. S. **The ecology of natural disturbance and patch dynamics**. [S. l.]: Academic Press, 1985.

Queiroz, L. P. **Leguminosas da caatinga**. [S. l.]: Universidad Estadual de Feira de Santana, 2009.

R Core Team. **R: a language and environment for statistical computing** [Software]. [S. l.]: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 15 dez. 2025.

Ratter, J. A. Transitions between cerrado and forest vegetation in Brazil. In: Furley, P. A.; Proctor, J.; Ratter, J. A. (eds.). **Nature and dynamics of forest–savanna boundaries**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 51–76.

Rice, R. E. **Biodiversity conservation, economic growth and sustainable development**. [S. l.]: IntechOpen, 2021.

Risser, P. G. Ecotones at local to regional scales from around the world. **Ecological Applications**, [S. l.], v. 3, n. 3, p. 367–368, Aug. 1993. DOI: 10.2307/1941904.

Salomão, R. D. P. *et al.* **Manual técnico de classificação dos estágios sucessionais de floresta secundária: sistema Capoeira Classe (CapClasse)**. [S. l.]: [s. n.], 2024.

Santos-Filho, F. S.; Almeida Jr., E. B.; Zickel, C. S. A Flora das Restingas de Parnaíba e Luiz Correia - Litoral do Piauí, Brasil. In: Santos-Filho, F. S.; Soares, A. F. C. L.;

Almeida Jr., E. B. (org.). **Biodiversidade do Piauí: pesquisa & perspectivas**. Curitiba: Editora CRV, 2013. v. 2, p. 37–60.

Shannon, C. E.; Winer, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949. p. 1–117.

Silva, D. F. M. *et al.* Diagnóstico fitossociológico e uso da vegetação de um cerrado ecotonal da região setentrional do Piauí. **Revista geográfica acadêmica**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 76–92, 2018.

Silva, L. S.; Teixeira, R. S.; Macedo, W. S. Diversidade florística entre fragmentos de caatinga, Piauí, Brasil. **Diversitas Journal**, [S. l.], v. 7, n. 2, 2022. DOI: 10.48017/dj.v7i2.1865.

Silva, M. V. O.; Araújo, F. S.; Ledru, M. P. A palynological atlas of the Cerrado-Caatinga ecotone in northeastern Brazil. **Review of Palaeobotany and Palynology**, [S. l.], v. 321, 105023, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2023.105023>.

Simpson, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, [S. l.], v. 163, p. 688–697, 1949.

Souza, J. J. L. L.; Pinto, A. S.; Ramos, M. B.; Lopes, S. F. Ecotone soils in Northeastern Brazil. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 81, p. 1–15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG228155391>.

Souza, M. P. *et al.* Composição e estrutura da vegetação de caatinga no sul do Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 210–217, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v12i2.4588>.

Souza, V. C.; Flores, T. B.; Colletta, G. D.; Coelho, R. L. G. **Guia das plantas do Cerrado**. [S. l.]: Taxon Brasil Editora e Livraria, 2018. 583 p.

Walter, J. A.; Atkins, J. W.; Hulshof, C. M. Climate and topography control variation in the tropical dry forest–rainforest ecotone. **Ecology**, [S. l.], v. 105, n. 11, p. e4442, 2024. DOI: 10.1002/ecy.4442.

Wu, J. Dinâmica de manchas. **Enciclopédia Britânica**, 2025. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/patch-dynamics>. Acesso em: 7 fev. 2026.

APÊNDICE A

Apêndice A - Lista completa dos táxons registrados e respectivos vouchers depositados nos Herbários Delta do Parnaíba (HDELTA); Graziela Barroso (TEPB) e Herbário Afrânio Fernandes (HAF).

Famílias	Espécies	Nome popular	Voucher
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Gonçalo-Alves	TEPB33178
	<i>Astronium</i> Jacq.	-	HDELTA8743
	<i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl.	Aroeira	HDELTA8742
Annonaceae	<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr.) H. Rainer	Araticum	TEPB33546 HAF10708
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	Piquiá	TEPB33179
	<i>Aspidosperma</i> Mart. & Zucc.	Piquiá	HDELTA8745

	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Mangaba amarela	TEPB33180
Bignoniaceae	<i>Fridericia</i> Mart. emend L.G. Lohmann	Cipó	TEPB33549
	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	Ipê amarelo	HDELTA8731
	<i>Adenocalymma candolleanum</i> (Mart. ex DC.) L.H. Fonseca & L.G. Lohmann	Cipó	HDELTA8740
	<i>Fridericia dispar</i> (Bureau ex K.Schum.) L.G.Lohmann	Cipó de rego	HDELTA8738
	<i>Fridericia egensis</i> (Bureau & K. Schum.) L.G. Lohmann	Cipó de rego	TEPB33182
	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê sete folhas	TEPB33551
	<i>Handroanthus</i> Mattos	Ipê	TEPB33548
	<i>Pleonotoma jasminifolia</i> (Kunth) Miers	Cipó-cacheado	TEPB33550
	<i>Tanaecium dichotomum</i> (Jacq.)Kaehler& L.G.Lohmann	Cipó de boi	HDELTA8739
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Algodão-bravo	TEPB33184
Cactaceae	<i>Cereus albicaulis</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	Mandacaru-chicha	HAF10692
	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Mandacarú	HAF10693
	<i>Melocactus zehntneri</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	Coroa-de-frade	HDELTA8758
	<i>Pilosocereus catingicola</i> (Gürke) Byles & Rowley	Facheiro	HAF10691
	<i>Xiquexique gounellei</i> (F.A.C. Weber) Lavor & Calvente	Xiquexique	HAF10690
	<i>Cereus fernambucensis</i> Lem.	Mandacaru	HAF10689
Chrysobalanaceae	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	Oiti	TEPB33552
	<i>Chrysobalanus</i> L.	-	TEPB33553
Combretaceae	<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart	Sipauba	TEPB33554
	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Mufumbo	TEPB33188
	<i>Combretum</i> Loebl.	Mufumbo	HDELTA8754
	<i>Terminalia actinophylla</i> Mart.	Chapada	TEPB33206
	<i>Terminalia</i> L.	Chapada	HDELTA8755
Cordiaceae	<i>Cordia rufescens</i> A.DC.	Pau-pombo	HDELTA8727
	<i>Cordia</i> L.	-	HDELTA8729
	<i>Cordia superba</i> Cham.	Grão de galo	HDELTA8728
	<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	Erva baleira	TEPB33593
Dilleniaceae	<i>Davilla cearensis</i> Huber	Cipó-de-fogo	TEPB33555
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	-	HAF10695
	<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	Cocão	TEPB33556
	<i>Erythroxylum pyan</i> Costa-Lima	Cocão	HAF10694
	<i>Erythroxylum</i> P.Browne	-	TEPB33557
Euphorbiaceae	<i>Cnidioscolus urens</i> (L.) Arthur	Cansação	HDELTA8768
	<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Marmeleiro	TEPB33558
	<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	Marmeleiro	HDELTA8772
	<i>Croton</i> L.	-	TEPB33559
	<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	Pião-roxo	HAF10696

Fabaceae	<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	Pinhão	HDELTA8765
	<i>Manihot caerulea</i> Pohl	Maniçoba	TEPB33190
	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	Amburana-de-cheiro	HDELTA6895
	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg	Ramo de bezerro	HAF10700
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico preto	HDELTA6899
	<i>Bauhinia acuruana</i> Moric.	Pata-de-vaca	TEPB33571
	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Pata-de-vaca	HDELTA6873
	<i>Cenostigma bracteosum</i> (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis	Caneleiro	HDELTA8639
	<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & G.P.Lewis	Catingueira	TEPB33575
	<i>Cenostigma pyramidale</i> (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis	Pau-de-rato	TEPB33191
	<i>Cenostigma macrophyllum</i> Tul.	Caneleiro	HAF10697
	<i>Cenostigma</i> Tul.	Caneleiro	TEPB33560
	<i>Cenostigma tocanthum</i> Ducke	-	TEPB33572
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copaíba	TEPB33565
	<i>Copaifera</i> L.	Copaíba	HAF10702
	<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	Cipó-de-estribo	TEPB33561
	<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.	Fava d'anta	TEPB33192
	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Fava d'anta	TEPB33566
	<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.	Balsaminho	HAF10698
	Fabaceae/Indeterminada		TEPB33547
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá de vaqueiro	TEPB33195
	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Jatobá mirim	TEPB33567
	<i>Inga</i> Mill.	-	HDELTA8646
	<i>Lachesiodendron viridiflorum</i> (Kunth) P.G. Ribeiro, L.P. Queiroz & Luckow	Jiquiri	HDELTA6891
	<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	Perobinha-do-campo	HAF10711
	<i>Leptolobium parvifolium</i> (Harms) Sch.Rodr. & A.M.G. Azevedo	Cafezinho	TEPB33570
	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz	Pau-ferro	TEPB33196
	<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Kunth ex DC.	Ingá-bravo	HDELTA6894
	<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	Pau-mocó	TEPB33200
	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	Jacarandá-do-campo	HDELTA8553
	<i>Machaerium</i> Pers.		HAF10710
	<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	Jurema branca	HDELTA6867
	<i>Mimosa</i> L.	Jurema	TEPB33562
	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Jurema preta	TEPB33563
	<i>Mimosa verrucosa</i> Benth.	Jurema-branca	TEPB33204
	<i>Parkia platycephala</i> Benth.	Faveira de bolota	HAF10701

	<i>Piptadenia retusa</i> (Jacq.) P.G. Ribeiro, Seigler & Ebinger	Jurema branca	HAF10699
	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W. Jobson	Angico de bezerro	TEPB33205
	<i>Senegalia</i> Raf.	Unha de gato	HDELTA8654
	<i>Senna</i> Mill.	-	HDELTA8656
	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Barbatimão	HAF10709
	<i>Swartzia apetala</i> Raddi	Coração de negro	TEPB33573
Krameriaceae	<i>Krameria tomentosa</i> A.St.-Hil.	Carrapicho-de-cavalo	TEPB33208
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	Fumo-bravo	TEPB33576
Loganiaceae	<i>Antonia ovata</i> Pohl	-	HDELTA8702
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis</i> C.B.Rob. ex Small		TEPB33577
	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	Murici	HAF10703
	<i>Byrsonima correifolia</i> A.Juss.	Murici	HDELTA8773
	<i>Byrsonima gardneriana</i> A.Juss.	Murici	HDELTA8717
	<i>Byrsonima</i> Rich. ex Kunth	Murici	HAF4066
Malvaceae	<i>Luehea candicans</i> Mart.	Açoita-cavalo	TEPB33214
	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Pau-jangada	TEPB33580
	<i>Byttneria filipes</i> Mart. ex K.Schum.	-	HDELTA8710
	<i>Helicteres muscosa</i> Mart.	-	HDELTA8709
	<i>Pseudobombax parvifolium</i> Carv. Sobr. & L.P.Queiroz	Embiriçú	TEPB33579
Moraceae	<i>Castilla</i> sp.	Inharé	TEPB33581
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> L.	-	TEPB33582
	<i>Campomanesia aromatica</i> (Aubl.) Griseb.	Guabiraba preta	TEPB33583
	<i>Campomanesia</i> Ruiz et Pav.	Rama branca	TEPB33584
	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araçá	HAF10704
	<i>Psidium</i> L.	-	TEPB33585
Nyctaginaceae	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	João-mole	HDELTA8721
Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	Pau-marfim	HAF10712
Polygalaceae	<i>Bredemeyera petiolata</i> M.Mota & J.F.B.Pastore	-	HDELTA8664
Rubiaceae	<i>Cordia rigida</i> (K.Schum.) Kuntze	Maria preta	TEPB33218
	<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	Maria preta	TEPB33588
	<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze	Maria-preta	TEPB33589
	<i>Cordia elliptica</i> (Cham.) Kuntze	Maria-preta	TEPB33219
	<i>Cordia rigida</i> (K.Schum.) Kuntze	Maria preta	TEPB33218
	<i>Cordia</i> A.Rich. ex DC.	Maria-preta	TEPB33587
	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	Pulsar	HDELTA8725
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Pau-de-cedro	HAF10705
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	-	TEPB33590
	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	Tingui	TEPB33221
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	Pau-paraíba	TEPB33591
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i> L.	Jurubeba	TEPB33284
Verbenaceae	<i>Lippia grata</i> Schauer	Alecrim da Caatinga	HDELTA8659

	<i>Lippia origanoides</i> Kunth	Alecrim pimenta	HAF10706
	<i>Callisthene fasciculata</i> Mart	Capitão-do- campo	TEPB33592
Vochysiaceae	<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	André-miúdo	TEPB33225
	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	Pau-terra	HDELTA8660
	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	Pau-terra-mirim	TEPB33226
Ximeniaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	Ameixa	HAF10707

Fonte: Dados da pesquisa (2026).

APÊNDICE B

Apêndice B - Parâmetros fitossociológicos das espécies com maior Valor de Importância (VI) em cada área amostrada, apresentados em ordem decrescente de VI, para o componente vegetal, nas localidades de Tanque do Piauí, Cajazeiras do Piauí, Oeiras, São João da Varjota, Wall Ferraz e Simplício Mendes, no Território Vale do Canindé, Piauí.

Famílias	Espécies	Tanque do Piauí								
		n	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI	VC
Fabaceae	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W.Jobson	83	2508,46	41,50	90,00	31,47	0,0110091	55,25	42,74	48,38
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	34	1027,56	17,00	52,00	18,18	0,0004561	2,29	12,49	9,64
Fabaceae	<i>Parkia platycephala</i> Benth.	11	332,45	5,50	16,00	5,59	0,0045268	22,72	11,27	14,11
Fabaceae	<i>Mimosa verrucosa</i> Benth.	11	332,45	5,50	22,00	7,69	0,0001076	0,54	4,58	3,02
Fabaceae	<i>Senegalia</i> Raf.	10	302,22	5,00	14,00	4,90	0,0003366	1,69	3,86	3,34
Myrtaceae	<i>Campomanesia</i> Ruiz et Pav.	5	151,11	2,50	8,00	2,80	0,0006557	3,29	2,86	2,90
Euphorbiaceae	<i>Manihot caerulescens</i> Pohl	6	181,33	3,00	12,00	4,20	0,0001477	0,74	2,65	1,87
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	5	151,11	2,50	10,00	3,50	0,0003569	1,79	2,60	2,15
Rubiaceae	<i>Cordia elliptica</i> (Cham.) Kuntze	5	151,11	2,50	10,00	3,50	0,0001683	0,84	2,28	1,67
Fabaceae	<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	2	60,44	1,00	4,00	1,40	0,0006354	3,19	1,86	2,09
Apocynaceae	<i>Aspidosperma</i> Mart. & Zucc.	3	90,67	1,50	6,00	2,10	0,0002879	1,45	1,68	1,47
Sapindaceae	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	2	60,44	1,00	2,00	0,70	0,0004577	2,30	1,33	1,65
Apocynaceae	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	2	60,44	1,00	4,00	1,40	0,0000872	0,44	0,95	0,72
Rubiaceae	<i>Cordia</i> A.Rich. ex DC.	2	60,44	1,00	4,00	1,40	0,0000318	0,16	0,85	0,58
Fabaceae	<i>Machaerium</i> Pers.	2	60,44	1,00	4,00	1,40	0,0000167	0,08	0,83	0,54
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	3	90,67	1,50	2,00	0,70	0,0000542	0,27	0,82	0,89
Myrtaceae	<i>Campomanesia aromatica</i> (Aubl.) Griseb.	1	30,22	0,50	2,00	0,70	0,0002286	1,15	0,78	0,82
Fabaceae	<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.	2	60,44	1,00	2,00	0,70	0,0001017	0,51	0,74	0,76
Opiliaceae	<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	1	30,22	0,50	2,00	0,70	0,0000680	0,34	0,51	0,42
Fabaceae	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg	1	30,22	0,50	2,00	0,70	0,0000551	0,28	0,49	0,39
Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	1	30,22	0,50	2,00	0,70	0,0000366	0,18	0,46	0,34
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> L.	1	30,22	0,50	2,00	0,70	0,0000170	0,09	0,43	0,29
Malvaceae	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	1	30,22	0,50	2,00	0,70	0,0000148	0,07	0,42	0,29

Fabaceae	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	1	30,22	0,50	2,00	0,70	0,0000148	0,07	0,42	0,29
Combretaceae	<i>Terminalia</i> L.	1	30,22	0,50	2,00	0,70	0,0000148	0,07	0,42	0,29
Cordiaceae	<i>Cordia superba</i> Cham.	1	30,22	0,50	2,00	0,70	0,0000128	0,06	0,42	0,28
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	1	30,22	0,50	2,00	0,70	0,0000109	0,05	0,42	0,28
Cordiaceae	<i>Cordia</i> L.	1	30,22	0,50	2,00	0,70	0,0000076	0,04	0,41	0,27
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	1	30,22	0,50	2,00	0,70	0,0000076	0,04	0,41	0,27
Total		200	6044,49	100	286	100	0,019925974	100	100	100

		Cajazeiras do Piauí								
Famílias	Espécies	n	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI	VC
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	37	8836,32	18,50	46,00	15,44	33,59513	92,39	42,11	55,44
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	30	7164,58	15,00	34,00	11,41	1,348416	3,71	10,04	9,35
Euphorbiaceae	<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	31	7403,40	15,50	42,00	14,09	0,006554	0,02	9,87	7,76
Fabaceae	<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	17	4059,93	8,50	32,00	10,74	0,005754	0,02	6,42	4,26
Cordiaceae	<i>Cordia rufescens</i> A.DC.	11	2627,01	5,50	20,00	6,71	0,00182	0,01	4,07	2,75
Cordiaceae	<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	14	3343,47	7,00	14,00	4,70	0,001899	0,01	3,90	3,50
Combretaceae	<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart	6	1432,92	3,00	10,00	3,36	1,347926	3,71	3,35	3,35
Bignoniaceae	<i>Tanaecium dichotomum</i> (Jacq.) Kaehler& L.G. Lohmann	9	2149,38	4,50	14,00	4,70	0,001851	0,01	3,07	2,25
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	7	1671,74	3,50	14,00	4,70	0,005015	0,01	2,74	1,76
Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	5	1194,10	2,50	10,00	3,36	0,001782	0,00	1,95	1,25
Ximeniaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	5	1194,10	2,50	8,00	2,68	0,002106	0,01	1,73	1,25
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	4	955,28	2,00	8,00	2,68	0,010691	0,03	1,57	1,01
Myrtaceae	<i>Psidium</i> L.	3	716,46	1,50	6,00	2,01	0,003519	0,01	1,17	0,75
Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	3	716,46	1,50	6,00	2,01	0,002826	0,01	1,17	0,75
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus</i> L.	3	716,46	1,50	6,00	2,01	0,002443	0,01	1,17	0,75
Rubiaceae	<i>Cordia rigida</i> (K.Schum.) Kuntze	2	477,64	1,00	4,00	1,34	0,000328	0,00	0,78	0,50
Rubiaceae	<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.	2	477,64	1,00	2,00	0,67	0,000948	0,00	0,56	0,50
Combretaceae	<i>Terminalia actinophylla</i> Mart.	1	238,82	0,50	2,00	0,67	0,008173	0,02	0,40	0,26
Fabaceae	<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.	1	238,82	0,50	2,00	0,67	0,004944	0,01	0,39	0,26

Fabaceae	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W.Jobson	1	238,82	0,50	2,00	0,67	0,003821	0,01	0,39	0,26
Indeterminada	Indeterminada 1	1	238,82	0,50	2,00	0,67	0,002601	0,01	0,39	0,25
Anacardiaceae	<i>Astronium</i> Jacq	1	238,82	0,50	2,00	0,67	0,002222	0,01	0,39	0,25
Fabaceae	<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	1	238,82	0,50	2,00	0,67	0,002008	0,01	0,39	0,25
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	1	238,82	0,50	2,00	0,67	0,000502	0,00	0,39	0,25
Fabaceae	<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Kunth ex DC.	1	238,82	0,50	2,00	0,67	0,000263	0,00	0,39	0,25
Fabaceae	<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	1	238,82	0,50	2,00	0,67	0,000153	0,00	0,39	0,25
Bignoniaceae	<i>Fridericia dispar</i> (Bureau ex K.Schum.) L.G.Lohmann	1	238,82	0,50	2,00	0,67	0,000134	0,00	0,39	0,25
Cordiaceae	<i>Cordia superba</i> Cham.	1	238,82	0,50	2,00	0,67	0,000117	0,00	0,39	0,25
Total		200	47763,90	100	298	100	36,36395	100	100	100

Famílias	Espécies	Oeiras								
		n	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI	VC
Euphorbiaceae	<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	20	1652,23	10,00	28,00	8,81	0,0011898	4,09	7,63	7,05
Vochysiaceae	<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	8	660,89	4,00	12,00	3,77	0,0042072	14,48	7,42	9,24
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	15	1239,17	7,50	22,00	6,92	0,0012253	4,22	6,21	5,86
Combretaceae	<i>Terminalia actinophylla</i> Mart.	7	578,28	3,50	14,00	4,40	0,0027972	9,63	5,84	6,56
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	12	991,34	6,00	22,00	6,92	0,0010591	3,65	5,52	4,82
Malpighiaceae	<i>Byrsonima correifolia</i> A.Juss.	13	1073,95	6,50	14,00	4,40	0,0014220	4,89	5,27	5,70
Krameriaceae	<i>Krameria tomentosa</i> A.St.-Hil.	14	1156,56	7,00	18,00	5,66	0,0004360	1,50	4,72	4,25
Fabaceae	<i>Copaifera</i> L.	3	247,83	1,50	4,00	1,26	0,0025698	8,84	3,87	5,17
Fabaceae	<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & G.P.Lewis	6	495,67	3,00	8,00	2,52	0,0016493	5,68	3,73	4,34
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyriformis</i> Mart. & Zucc.	5	413,06	2,50	8,00	2,52	0,0015692	5,40	3,47	3,95
Fabaceae	<i>Bauhinia</i> L.	8	660,89	4,00	12,00	3,77	0,0007140	2,46	3,41	3,23
Euphorbiaceae	<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	9	743,50	4,50	10,00	3,14	0,0003486	1,20	2,95	2,85
Malpighiaceae	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	7	578,28	3,50	10,00	3,14	0,0006049	2,08	2,91	2,79
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> P.Browne	5	413,06	2,50	10,00	3,14	0,0007918	2,73	2,79	2,61
Bignoniaceae	<i>Adenocalymma candolleanum</i> (Mart. ex DC.) L.H. Fonseca & L.G. Lohmann	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0013550	4,66	1,93	2,58

Malpighiaceae	<i>Byrsonima</i> Rich. ex Kunth	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0013218	4,55	1,89	2,52
Malpighiaceae	<i>Byrsonima gardneriana</i> A. Juss.	5	413,06	2,50	8,00	2,52	0,0001477	0,51	1,84	1,50
Bignoniaceae	<i>Fridericia dispar</i> (Bureau ex K.Schum.) L.G.Lohmann	4	330,45	2,00	8,00	2,52	0,0002158	0,74	1,75	1,37
Fabaceae	<i>Bauhinia acuruana</i> Moric.	4	330,45	2,00	8,00	2,52	0,0001398	0,48	1,67	1,24
Rubiaceae	<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze	4	330,45	2,00	8,00	2,52	0,0001361	0,47	1,66	1,23
Euphorbiaceae	<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	3	247,83	1,50	6,00	1,89	0,0002662	0,92	1,43	1,21
Indeterminada	Indeterminada 1.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0009133	3,14	1,42	1,82
Polygalaceae	<i>Bredemeyera petiolata</i> M.Mota & J.F.B.Pastore	3	247,83	1,50	6,00	1,89	0,0002220	0,76	1,38	1,13
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0007435	2,56	1,23	1,53
Fabaceae	<i>Cenostigma bracteosum</i> (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis	3	247,83	1,50	4,00	1,26	0,0002315	0,80	1,18	1,15
Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	3	247,83	1,50	4,00	1,26	0,0001278	0,44	1,07	0,97
Fabaceae	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W.Jobson	2	165,22	1,00	4,00	1,26	0,0001375	0,47	0,91	0,74
Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus</i> L.	2	165,22	1,00	4,00	1,26	0,0001134	0,39	0,88	0,70
Bignoniaceae	<i>Pleonotoma jasminifolia</i> (Kunth) Miers	2	165,22	1,00	4,00	1,26	0,0000762	0,26	0,84	0,63
Fabaceae	<i>Lachesiodendron viridiflorum</i> (Kunth) P.G. Ribeiro, L.P. Queiroz & Luckow	2	165,22	1,00	4,00	1,26	0,0000547	0,19	0,82	0,59
Nyctaginaceae	<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0002982	1,03	0,72	0,76
Fabaceae	<i>Cenostigma tocantinum</i> Ducke	2	165,22	1,00	2,00	0,63	0,0001266	0,44	0,69	0,72
Euphorbiaceae	<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0002677	0,92	0,68	0,71
Malvaceae	<i>Helicteres muscosa</i> Mart.	2	165,22	1,00	2,00	0,63	0,0000715	0,25	0,62	0,62
Simaroubaceae	<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0001737	0,60	0,58	0,55
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0001506	0,52	0,55	0,51
Indeterminada	Indeterminada 2.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0001506	0,52	0,55	0,51
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0001506	0,52	0,55	0,51
Rubiaceae	<i>Cordia</i> A.Rich. ex DC.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000911	0,31	0,48	0,41
Dilleniaceae	<i>Davilla cearensis</i> Huber	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000911	0,31	0,48	0,41
Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i> Mattos	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000911	0,31	0,48	0,41
Loganiaceae	<i>Antonia ovata</i> Pohl	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000746	0,26	0,46	0,38

Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000669	0,23	0,45	0,37
Bignoniaceae	<i>Fridericia egensis</i> (Bureau & K.Schum.) L.G.Lohmann	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000597	0,21	0,44	0,35
Indeterminada	Indeterminada 3.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000597	0,21	0,44	0,35
Fabaceae	<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000597	0,21	0,44	0,35
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum pyan</i> Costa-Lima	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000465	0,16	0,43	0,33
Verbenaceae	<i>Lippia origanoides</i> Kunth	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000465	0,16	0,43	0,33
Malvaceae	Malvaceae/Indeterminada 4.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000465	0,16	0,43	0,33
Fabaceae	<i>Swartzia apetala</i> Raddi	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000297	0,10	0,41	0,30
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis</i> C.B.Rob. ex Small	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000250	0,09	0,40	0,29
Combretaceae	<i>Combretum</i> Loefl.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000250	0,09	0,40	0,29
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000250	0,09	0,40	0,29
Malvaceae	<i>Byttneria filipes</i> Mart. ex K. Schum.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000207	0,07	0,40	0,29
Cactaceae	<i>Cereus fernambucensis</i> Lem.	1	82,61	0,50	2,00	0,63	0,0000207	0,07	0,40	0,29
Total		200	16.522,23	100	318	100	0,0290553	100	100	100

Famílias		São João da Varjota								
		n	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI	VC
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	26	854,01	13,00	34,00	11,64	0,0008232	3,77	9,47	8,38
Vochysiaceae	<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	4	131,39	2,00	8,00	2,74	0,0046712	21,37	8,70	11,69
Fabaceae	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	24	788,32	12,00	24,00	8,22	0,0008694	3,98	8,07	7,99
Malvaceae	<i>Pseudobombax parvifolium</i> Carv.-Sobr. & L.P.Queiroz	2	65,69	1,00	4,00	1,37	0,0043615	19,95	7,44	10,48
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	20	656,93	10,00	24,00	8,22	0,0004614	2,11	6,78	6,06
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	16	525,55	8,00	24,00	8,22	0,0008121	3,72	6,64	5,86
Fabaceae	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W.Jobson	14	459,85	7,00	20,00	6,85	0,0009365	4,28	6,04	5,64
Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i> sp.	13	427,01	6,50	16,00	5,48	0,0008513	3,89	5,29	5,20
Anacardiaceae	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	4	131,39	2,00	6,00	2,05	0,0018723	8,57	4,21	5,28
Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus urens</i> (L.) Arthur	9	295,62	4,50	16,00	5,48	0,0002732	1,25	3,74	2,88
Ximeniaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	9	295,62	4,50	12,00	4,11	0,0003661	1,67	3,43	3,09
Fabaceae	<i>Mimosa</i> L.	7	229,93	3,50	10,00	3,42	0,0002491	1,14	2,69	2,32
Fabaceae	<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.	5	164,23	2,50	10,00	3,42	0,0003856	1,76	2,56	2,13

Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	4	131,39	2,00	8,00	2,74	0,0004138	1,89	2,21	1,95
Combretaceae	<i>Terminalia actinophylla</i> Mart.	4	131,39	2,00	6,00	2,05	0,0005530	2,53	2,19	2,26
Fabaceae	<i>Cenostigma</i> sp.	3	98,54	1,50	6,00	2,05	0,0006535	2,99	2,18	2,24
Fabaceae	<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	2	65,69	1,00	4,00	1,37	0,0008809	4,03	2,13	2,52
Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	3	98,54	1,50	6,00	2,05	0,0005779	2,64	2,07	2,07
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	4	131,39	2,00	8,00	2,74	0,0002689	1,23	1,99	1,62
Fabaceae	<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0006651	3,04	1,41	1,77
Fabaceae	<i>Senna</i> Mill.	5	164,23	2,50	4,00	1,37	0,0000505	0,23	1,37	1,37
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	3	98,54	1,50	6,00	2,05	0,0000334	0,15	1,24	0,83
Fabaceae	Fabaceae/Indeterminada	2	65,69	1,00	4,00	1,37	0,0000310	0,14	0,84	0,57
Euphorbiaceae	<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0001912	0,87	0,69	0,69
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0001663	0,76	0,65	0,63
Fabaceae	<i>Cenostigma macrophyllum</i> Tul.	2	65,69	1,00	2,00	0,68	0,0000319	0,15	0,61	0,57
Cactaceae	<i>Pilosocereus catingicola</i> (Gürke) Byles & Rowley	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0000894	0,41	0,53	0,45
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0000739	0,34	0,51	0,42
Cactaceae	<i>Xiquexique gounellei</i> (F.A.C.Weber) Lavor & Calvente	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0000644	0,29	0,49	0,40
Fabaceae	<i>Cenostigma pyramidale</i> (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0000434	0,20	0,46	0,35
Annonaceae	<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr.) H.Rainer	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0000362	0,17	0,45	0,33
Moraceae	<i>Castilla</i> Cerv.	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0000266	0,12	0,44	0,31
Fabaceae	<i>Inga</i> Mill.	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0000185	0,08	0,42	0,29
Fabaceae	<i>Piptadenia retusa</i> (Jacq.) P.G.Ribeiro, Seigler & Ebinger	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0000185	0,08	0,42	0,29
Bignoniaceae	Bignoniaceae/Indeterminada 1.	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0000118	0,05	0,41	0,28
Bignoniaceae	<i>Fridericia dispar</i> (Bureau ex K.Schum.) L.G.Lohmann	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0000082	0,04	0,41	0,27
Bignoniaceae	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0000082	0,04	0,41	0,27
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i> L.	1	32,85	0,50	2,00	0,68	0,0000082	0,04	0,41	0,27

Total		200	6.569,38	100	292	100	0,021858	100	100	100
Famílias	Espécies	Wall Ferraz								
		n	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI	VC
Vochysiaceae	<i>Callisthene microphylla</i> Warm.	70	1768,16	35,00	64,00	23,53	0,0064133	31,64	30,06	33,32
Vochysiaceae	<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	28	707,26	14,00	34,00	12,50	0,0020242	9,99	12,16	11,99
Combretaceae	<i>Terminalia actinophylla</i> Mart.	7	176,82	3,50	12,00	4,41	0,0052189	25,74	11,22	14,62
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	19	479,93	9,50	28,00	10,29	0,0009725	4,80	8,20	7,15
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	13	328,37	6,50	22,00	8,09	0,0004445	2,19	5,59	4,35
Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i> Mattos	8	202,08	4,00	10,00	3,68	0,0008047	3,97	3,88	3,98
Fabaceae	<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Duce	5	126,30	2,50	10,00	3,68	0,0006337	3,13	3,10	2,81
Fabaceae	<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	5	126,30	2,50	10,00	3,68	0,0003621	1,79	2,65	2,14
Cactaceae	<i>Pilosocereus catingicola</i> (Gürke) Byles & Rowley	6	151,56	3,00	10,00	3,68	0,0002324	1,15	2,61	2,07
Rubiaceae	<i>Cordia rigida</i> (K.Schum.) Kuntze	5	126,30	2,50	10,00	3,68	0,0001649	0,81	2,33	1,66
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i> Mart.	5	126,30	2,50	8,00	2,94	0,0002120	1,05	2,16	1,77
Fabaceae	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W.Jobson	3	75,78	1,50	6,00	2,21	0,0003211	1,58	1,76	1,54
Fabaceae	<i>Leptolobium parvifolium</i> (Harms) Sch.Rodr. & A.M.G.Azevedo	1	25,26	0,50	2,00	0,74	0,0006635	3,27	1,50	1,89
Cactaceae	<i>Melocactus zehntneri</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	2	50,52	1,00	4,00	1,47	0,0003615	1,78	1,42	1,39
Malvaceae	<i>Luehea candicans</i> Mart.	3	75,78	1,50	4,00	1,47	0,0002186	1,08	1,35	1,29
Cactaceae	<i>Xiquexique gounellei</i> (F.A.C.Weber) Lavor & Calvente	3	75,78	1,50	4,00	1,47	0,0001569	0,77	1,25	1,14
Fabaceae	<i>Piptadenia retusa</i> (Jacq.) P.G.Ribeiro, Seigler & Ebinger	2	50,52	1,00	4,00	1,47	0,0001003	0,49	0,99	0,75
Malvaceae	<i>Pseudobombax parvifolium</i> Carv.-Sobr. & L.P.Queiroz	1	25,26	0,50	2,00	0,74	0,0003094	1,53	0,92	1,01
Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	2	50,52	1,00	4,00	1,47	0,0000370	0,18	0,88	0,59
Euphorbiaceae	<i>Cnidioscolus urens</i> (L.) Arthur	2	50,52	1,00	4,00	1,47	0,0000342	0,17	0,88	0,58
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	2	50,52	1,00	4,00	1,47	0,0000198	0,10	0,86	0,55
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1	25,26	0,50	2,00	0,74	0,0001774	0,88	0,70	0,69

Rubiaceae	<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	1	25,26	0,50	2,00	0,74	0,0001579	0,78	0,67	0,64
Fabaceae	<i>Diptychandra aurantiaca</i> Tul.	1	25,26	0,50	2,00	0,74	0,0001336	0,66	0,63	0,58
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	1	25,26	0,50	2,00	0,74	0,0000568	0,28	0,51	0,39
Bignoniaceae	<i>Fridericia</i> Mart. emend L.G. Lohmann	1	25,26	0,50	2,00	0,74	0,0000182	0,09	0,44	0,30
Verbenaceae	<i>Lippia grata</i> Schauer	1	25,26	0,50	2,00	0,74	0,0000091	0,04	0,43	0,27
Euphorbiaceae	<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	1	25,26	0,50	2,00	0,74	0,0000076	0,04	0,42	0,27
Cactaceae	<i>Cereus albicaulis</i> (Britton & Rose) Luetzelb.	1	25,26	0,50	2,00	0,74	0,0000063	0,03	0,42	0,27
Total		200	5051,92	100	272	100	0,020272	100	100	100
Famílias	Espécies	Simplicio Mendes								
		n	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI	VC
Fabaceae	<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & G.P.Lewis	55	1389,27	27,50	64,00	25,60	0,0033811	39,11	30,74	33,30
Euphorbiaceae	<i>Croton jacobinensis</i> Baill.	35	884,08	17,50	34,00	13,60	0,0008642	10,00	13,70	13,75
Euphorbiaceae	<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	33	833,56	16,50	32,00	12,80	0,0009577	11,08	13,46	13,79
Fabaceae	<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.	19	479,93	9,50	28,00	11,20	0,0013787	15,95	12,22	12,72
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	21	530,45	10,50	26,00	10,40	0,0005953	6,89	9,26	8,69
Cactaceae	<i>Xiquexique gounellei</i> (F.A.C.Weber) Lavor & Calvente	7	176,82	3,50	12,00	4,80	0,0002839	3,28	3,86	3,39
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart. & Zucc.	7	176,82	3,50	12,00	4,80	0,0001735	2,01	3,44	2,75
Fabaceae	<i>Cenostigma bracteosum</i> (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis	4	101,04	2,00	4,00	1,60	0,0004561	5,28	2,96	3,64
Chrysobalanaceae	<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth.	5	126,30	2,50	10,00	4,00	0,0001533	1,77	2,76	2,14
Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	3	75,78	1,50	6,00	2,40	0,0001197	1,38	1,76	1,44
Euphorbiaceae	<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	3	75,78	1,50	6,00	2,40	0,0000608	0,70	1,53	1,10
Fabaceae	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	1	25,26	0,50	2,00	0,80	0,0000688	0,80	0,70	0,65
Euphorbiaceae	<i>Cnidioscolus urens</i> (L.) Arthur	1	25,26	0,50	2,00	0,80	0,0000364	0,42	0,57	0,46
Indeterminada	Indeterminada 1.	1	25,26	0,50	2,00	0,80	0,0000364	0,42	0,57	0,46
Fabaceae	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	1	25,26	0,50	2,00	0,80	0,0000278	0,32	0,54	0,41
Cordiaceae	<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	1	25,26	0,50	2,00	0,80	0,0000253	0,29	0,53	0,40
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	1	25,26	0,50	2,00	0,80	0,0000124	0,14	0,48	0,32

Euphorbiaceae	<i>Croton</i> L.	1	25,26	0,50	2,00	0,80	0,0000076	0,09	0,46	0,29
Anacardiaceae	<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemão) Engl.	1	25,26	0,50	2,00	0,80	0,0000063	0,07	0,46	0,29
Total		200	5051,91	100	250	100	0,008645	100	100	100

Legenda: número de indivíduos amostrados de cada espécie (n), DA = Densidade absoluta (ind ha⁻¹); DR = Densidade relativa (%); FA = Frequência absoluta; FR = Frequência relativa (%); DoA = Dominância absoluta (m² ha⁻¹); DoR = Dominância relativa (%) e VI% = Valor de importância relativo (%), VC = Valor de cobertura. **Fonte:** Dados da pesquisa (2026).

ARTIGO III

Antonia Alikeane de Sá¹

Davi Leal dos Santos Barbosa²

Maria Carolina de Abreu³

Francisco Soares Santos Filho⁴

DINÂMICA DO USO, COBERTURA DA TERRA E SEUS DETERMINANTES ECONÔMICOS NO VALE DO CANINDÉ, PIAUÍ, BRASIL

Artigo científico integrante da tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPI), publicado na Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 19, n. 10, 2025. DOI: 10.24857/rgsa. v19n10-061.

^{1,2}Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente em Rede Nordeste (PRODEMA), Universidade Federal do Piauí (UFPI).

³Professora do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI); Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação (PPBC/UFPI).

⁴Professor Associado IV-DE do Centro de Ciências da Natureza (CCN), Universidade Estadual do Piauí (UESPI); Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente em Rede Nordeste (PRODEMA), Universidade Federal do Piauí (UFPI).

DINÂMICA DO USO, COBERTURA DA TERRA E SEUS DETERMINANTES ECONÔMICOS NO VALE DO CANINDÉ, PIAUÍ, BRASIL

RESUMO

Objetivo: Analisar as mudanças no Uso e Cobertura da Terra (LULC) em seis municípios do Vale do Canindé (PI) entre 2016 e 2023, utilizando dados do MapBiomass e indicadores socioeconômicos do IBGE.

Referencial Teórico: O sensoriamento remoto é uma ferramenta essencial para compreender a dinâmica espacial e temporal do Uso e Cobertura da Terra, possibilitando o monitoramento de transformações ambientais e socioeconômicas.

Método: A pesquisa baseou-se na análise dos mapas anuais da Coleção 2 (beta) do projeto MapBiomass, referentes aos anos de 2016 e 2023. As informações geoespaciais foram comparadas com dados socioeconômicos do IBGE, permitindo correlacionar as mudanças ambientais com a estrutura produtiva regional.

Resultados e Discussão: Os resultados indicaram redução generalizada da vegetação nativa e expansão significativa da agropecuária, com destaque para Tanque do Piauí (59,82%) e São João da Varjota (35,13%). Observou-se o aumento das áreas não vegetadas, relacionado à intensificação agrícola e à degradação do solo. A dependência econômica do setor primário foi identificada como o principal fator de transformação da paisagem.

Implicações da Pesquisa: Os achados reforçam a necessidade de políticas públicas sustentáveis que conciliem o crescimento econômico com a conservação ambiental no semiárido piauiense, além de evidenciar a importância do monitoramento contínuo por sensoriamento remoto.

Originalidade/Valor: Este é o primeiro estudo a integrar dados de sensoriamento remoto e indicadores socioeconômicos na região do Vale do Canindé, contribuindo para a compreensão das dinâmicas de uso da terra no semiárido nordestino.

Palavras-chave: Agropecuária; Caatinga; Cerrado; Uso da Terra; PIB *per capita*.

LAND USE AND LAND COVER DYNAMICS AND THEIR ECONOMIC DETERMINANTS IN THE CANINDÉ VALLEY, PIAUÍ, BRAZIL

ABSTRACT

Objective: To analyze land use and land cover (LULC) changes in six municipalities of the Canindé Valley (PI), Brazil, between 2016 and 2023, using data from MapBiomass and socioeconomic indicators from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE).

Theoretical Framework: Remote sensing is an essential tool for understanding the spatial and temporal dynamics of land use and land cover, enabling the monitoring of environmental and socioeconomic transformations.

Method: The research was based on the analysis of annual maps from the MapBiomass Project, Collection 2 (beta), for 2016 and 2023. Geospatial information was compared with IBGE socioeconomic data to correlate environmental changes with the regional productive structure.

Results and Discussion: The results revealed a widespread reduction of native vegetation and a significant expansion of agricultural and livestock activities, particularly in Tanque do Piauí (59.82%) and São João da Varjota (35.13%). An increase in non-vegetated areas was also observed, associated with agricultural intensification and soil degradation. The region's economic dependence on the primary sector was identified as the main driver of landscape transformation.

Research Implications: The findings highlight the need for sustainable public policies that reconcile economic development with environmental conservation in the semi-arid region of Piauí. They also emphasize the importance of continuous monitoring through remote sensing.

Originality/Value: This is the first study to integrate remote sensing data with socioeconomic indicators in the Canindé Valley region, thereby contributing to a better understanding of land-use dynamics in the Brazilian semi-arid northeast.

Keywords: Agriculture; Caatinga; Cerrado; Land Use; GDP per capita.

DINÁMICA DEL USO Y LA COBERTURA DEL SUELO Y SUS DETERMINANTES ECONÓMICOS EN EL VALLE DE CANINDÉ, PIAUÍ, BRASIL

RESUMEN

Objetivo: Analizar los cambios en el uso y la cobertura del suelo (LULC) en seis municipios del Valle del Canindé, en el estado de Piauí, entre 2016 y 2023, utilizando datos de MapBiomas e indicadores socioeconómicos del IBGE.

Marco teórico: La teledetección constituye una herramienta fundamental para comprender la dinámica espacial y temporal del uso y la cobertura del suelo, permitiendo el monitoreo de transformaciones ambientales y socioeconómicas.

Método: La investigación se basó en el análisis de mapas anuales de la Colección 2 (beta) del proyecto MapBiomas, correspondientes a 2016 y 2023. La información geoespacial se comparó con los datos socioeconómicos del IBGE, lo que permitió correlacionar los cambios ambientales con la estructura productiva regional.

Resultados y discusión: Los resultados evidenciaron una reducción generalizada de la vegetación nativa y una expansión significativa de las actividades agrícolas y ganaderas, especialmente en Tanque do Piauí (59,82%) y São João da Varjota (35,13%). Asimismo, se observó un aumento de las áreas sin vegetación, asociado a la intensificación agrícola y a la degradación del suelo. La dependencia económica del sector primario se identificó como el principal factor de transformación del paisaje.

Implicaciones de la investigación: Los hallazgos refuerzan la necesidad de implementar políticas públicas sostenibles que concilien el desarrollo económico con la conservación ambiental en la región semiárida de Piauí, así como resaltan la importancia del monitoreo continuo mediante la teledetección.

Originalidad/Valor: Este es el primer estudio que integra datos de teledetección e indicadores socioeconómicos en la región del Valle del Canindé, lo que contribuye a comprender la dinámica del uso del suelo en el Nordeste semiárido brasileño.

Palabras clave: Agricultura; Caatinga; Cerrado; PIB per cápita; Uso del suelo.

RGSA adota a Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



1. INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto tem se consolidado como ferramenta essencial para monitorar e compreender a dinâmica do uso da terra, ao permitir análises temporais e espaciais em diferentes escalas (Barbosa *et al.*, 2021). Seu emprego permite identificar padrões de substituição da vegetação nativa por sistemas agropecuários, bem como avaliar os impactos sobre os serviços ecossistêmicos (Armenteras, 2019; Winkler, 2021). Nesse contexto, a integração de dados de LULC com indicadores socioeconômicos constitui uma abordagem eficaz para compreender como fatores econômicos influenciam diretamente a transformação da paisagem.

No território brasileiro, os impactos desse processo são evidentes. Dados do MapBiomas (2024) indicam que, entre 1985 e 2023, o Cerrado perdeu aproximadamente 27% (38 milhões de hectares) e a Caatinga 14% (8,6 milhões de hectares) de sua cobertura original. Embora a Caatinga e o Cerrado apresentem áreas em regeneração com vegetação secundária, a tendência predominante é a expansão da agropecuária em detrimento da cobertura natural (Souza *et al.*, 2020). Esse cenário se intensificou a partir dos anos 2000, com a formalização do MATOPIBA, região que integra áreas de Cerrado nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (Espíndola *et al.*, 2021). O plano de desenvolvimento agropecuário que deu origem ao MATOPIBA consolidou políticas de incentivo à produção de grãos, sobretudo de soja, transformando extensas áreas de vegetação nativa em monoculturas mecanizadas (Ribeiro *et al.*, 2020).

No Piauí, a inserção no MATOPIBA intensificou a pressão sobre os ecossistemas locais, impulsionando a conversão de áreas de Cerrado em lavouras e pastagens (Batista *et al.*, 2023). A fronteira agrícola avança continuamente em direção ao sul do Piauí e para o leste do Tocantins e do Maranhão, irradiando pressões socioambientais para novas áreas (Hershaw; Sauer, 2023). Esse processo gera consequências diretas para territórios como o Vale do Canindé, que, apesar de historicamente caracterizado por práticas agropecuárias de subsistência, vem incorporando, de forma crescente, dinâmicas do agronegócio (INCRA, 2020). Nesse cenário, a expansão de monoculturas, a degradação do solo e a fragmentação da vegetação tornam-se desafios urgentes para a gestão territorial.

Apesar da relevância do tema, as dinâmicas recentes de LULC no Vale do Canindé e sua relação com fatores econômicos locais permanecem pouco exploradas em escala municipal. Tal lacuna é preocupante, dado que o território apresenta elevada dependência do setor primário, baixo dinamismo econômico e fragilidade socioambiental. Assim,

compreender como o uso e a cobertura da terra se modificaram nos últimos anos e quais são os vetores socioeconômicos associados a essas mudanças é fundamental para subsidiar políticas públicas de planejamento regional e de conservação ambiental.

Diante desse contexto, este estudo busca responder à seguinte questão: como o uso e a cobertura da terra se modificaram entre 2016 e 2023 em municípios selecionados do Vale do Canindé e qual a relação dessas mudanças com as atividades econômicas predominantes? Para isso, foram analisados dados de LULC provenientes do projeto MapBiomas e indicadores socioeconômicos do IBGE em seis municípios representativos do território. O objetivo principal é identificar as transformações espaciais ocorridas e compreender seus determinantes econômicos, contribuindo para o debate sobre estratégias de desenvolvimento sustentável no semiárido piauiense.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As transformações no Uso e Cobertura da Terra (LULC) resultam de um conjunto complexo de fatores econômicos, demográficos e institucionais. Globalmente, essas mudanças são impulsionadas pelo crescimento populacional, pela demanda crescente por alimentos e *commodities* agrícolas e pela adoção de políticas públicas voltadas à expansão da produção (Groot *et al.*, 2012; Forkuo *et al.*, 2021). Além disso, as mudanças climáticas e as dinâmicas institucionais globais têm intensificado a pressão sobre os ecossistemas naturais, promovendo a conversão de áreas vegetadas em sistemas produtivos (Young, 2017; Armenteras, 2019).

Nos países em desenvolvimento, como o Brasil, a vulnerabilidade diante dessas transformações é mais acentuada, dada a forte dependência econômica do setor agropecuário e a predominância de modelos produtivos extensivos (Cao *et al.*, 2021; Luo; He, 2023). A literatura aponta uma relação direta entre o crescimento econômico, frequentemente medido pelo Produto Interno Bruto (PIB), e a conversão de áreas naturais para usos agrícolas e pastoris (Otero *et al.*, 2020). Assim, a expansão agropecuária aparece como um dos principais vetores de perda de cobertura vegetal e de fragmentação de ecossistemas em regiões tropicais e semiáridas.

No Cerrado piauiense, o avanço da fronteira agrícola, especialmente voltada ao cultivo de soja, tem promovido transformações socioeconômicas e ambientais intensas. Vieira *et al.* (2025) apontam que mais de 21% da vegetação nativa foi suprimida em pouco mais de três décadas, o que evidencia a magnitude da conversão de áreas nativas para a produção de *commodities*. Embora esse processo tenha estimulado o crescimento

econômico e o aumento do PIB regional, também aprofundou as desigualdades fundiárias e impactou modos de vida rurais tradicionais (Silva *et al.*, 2020; Andrade; Viana, 2015).

Estudos na bacia do rio Uruçuí-Preto confirmam que as mudanças de uso e ocupação do solo estão diretamente associadas à conversão da vegetação nativa em lavouras e pastagens, o que afeta a biodiversidade e os recursos hídricos (Souza *et al.*, 2019). Esses resultados ressaltam a necessidade de políticas públicas integradas que conciliem o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental, considerando a vulnerabilidade dos ecossistemas e a pressão da agropecuária (Figueredo *et al.*, 2019; Lira *et al.*, 2022).

No semiárido brasileiro, o sensoriamento remoto destaca-se como instrumento indispensável para o monitoramento ambiental e o planejamento territorial (Ganem *et al.*, 2020). Essa tecnologia permite acompanhar continuamente as alterações da cobertura da terra, identificando padrões de degradação, regeneração e intensificação do uso do solo. Integrada a indicadores socioeconômicos, a análise de LULC possibilita compreender de que maneira a dinâmica econômica local, especialmente a associada ao setor primário, influencia a estrutura da paisagem e a sustentabilidade regional.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O Piauí possui 224 municípios e está dividido em 12 Territórios de Desenvolvimento (Piauí, 2007). O Território de Desenvolvimento Vale do Canindé localiza-se no semiárido do Piauí e abrange aproximadamente 13.900 km² (IBGE, 2023) (Figura 1), distribuídos em diferentes formações vegetais de Cerrado, Caatinga e ecótonos entre estes. Para este estudo foram selecionados seis municípios representativos: Tanque do Piauí (Cerrado), Simplício Mendes e Wall Ferraz (Caatinga), além de Oeiras, Cajazeiras do Piauí e São João da Varjota (ecótono Cerrado-Caatinga) (Castro, 2007). A escolha considerou a diversidade fitofisionômica e os contrastes nos indicadores de PIB *per capita* do IBGE (2021).

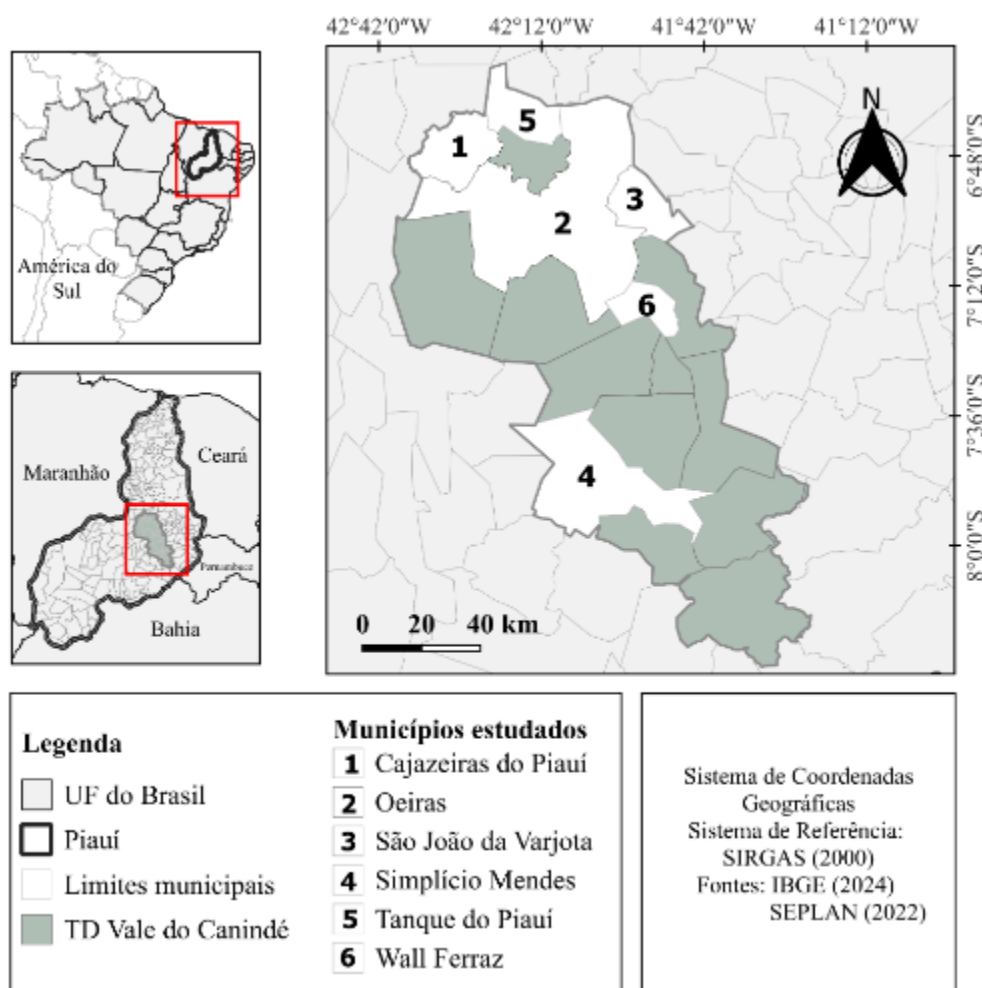


Figura 1 - Mapa da localização geográfica da área de estudo.

O clima da região, segundo Köppen, varia entre "As" (Tropical chuvoso), "Aw" (tropical com inverno seco) e "Bsh" (estepe quente) (Medeiros *et al.*, 2020). A precipitação média anual é de 600 mm (Aguiar; Gomes, 2004). O relevo é predominantemente plano a suavemente ondulado, favorecendo a expansão agrícola (Ferreira; Dantas, 2010). Os solos dominantes são Latossolos e Neossolos Quartzarênicos em áreas de rochas sedimentares, além de formações em substrato cristalino (Lima; Brandão, 2010).

3.2. Análise de Uso e Cobertura da Terra (LULC)

A avaliação das mudanças no Uso e Cobertura da Terra foi realizada com base nos mapas anuais da Coleção 2 (beta) do projeto MapBiomass (2025), derivados de imagens do satélite Sentinel-2 (resolução espacial de 10 m). A escolha por esse sensor deveu-se à sua maior precisão em áreas heterogêneas, como o Vale do Canindé, que combina características de Cerrado e Caatinga. Foram analisados os anos de 2016 e 2023,

que delimitam o recorte temporal do estudo. Esse intervalo foi selecionado em função da disponibilidade e da qualidade das imagens orbitais, garantindo a comparabilidade entre os produtos de sensoriamento remoto utilizados. Além disso, o período abrange mudanças recentes nas dinâmicas de uso e cobertura da terra, associadas à expansão da agropecuária.

Foram analisadas as cinco grandes classes de Uso e Cobertura da Terra utilizadas pelo MapBiomass, das imagens do satélite Sentinel-2, as quais são caracterizadas conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1999; 2012), a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2012) e Keith *et al.* (2020), as quais são:

Floresta: compreende tipos de vegetação com predomínio de dossel contínuo. Na Caatinga, corresponde à Savana-Estépica (IBGE, 2012); no Cerrado, inclui Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca, Cerradão (Ribeiro; Walter, 2008) e florestas estacionais semidecíduais.

Vegetação Herbácea e Arbustiva: agrupa formações naturais não florestais, como as savânicas e campestres. Na Caatinga: abrange a Formação Savânica (ex: Savana-Estépica Arborizada) e a Formação Campestre (ex: Savana-Estépica Parque e Gramíneo-Lenhosa). No Cerrado: inclui a Formação Savânica (Cerrado, no sentido restrito: denso, típico, ralo e rupestre) e a Formação Campestre, com predomínio de estrato herbáceo (campo sujo, campo limpo e campo rupestre).

Agropecuária: designa áreas de produção agrícola, pecuária ou florestal. Tanto na Caatinga quanto no Cerrado inclui Pastagem (plantada), Agricultura (lavouras temporárias e perenes), Silvicultura (eucalipto, pinus) e Mosaico de Usos (áreas mistas de agricultura e pastagem). No Cerrado: pode incluir pastagens abandonadas em estágio inicial de regeneração.

Área Não Vegetada: corresponde a superfícies naturais ou artificiais sem cobertura vegetal predominante. Tanto na Caatinga quanto no Cerrado engloba Afloramento Rochoso, Área Urbanizada e Outras Áreas Não Vegetadas (infraestrutura, mineração, solo exposto). No Cerrado, pode incluir áreas de erosão (voçorocas) ou solo exposto devido ao cultivo em entressafra.

Corpos d'água: incluem todas as áreas cobertas por água, naturais ou artificiais. Na Caatinga e no Cerrado abrange Rio, Lago (incluindo represas e reservatórios) e Oceano e Aquicultura (tanques para atividades aquícolas ou de salicultura).

Para integrar os resultados de Uso e Cobertura da Terra aos aspectos socioeconômicos, foram selecionadas duas variáveis principais: mudança em

agropecuária (ha) e mudança em floresta (ha). Estas foram relacionadas a indicadores municipais de área territorial, população (2022), densidade demográfica (hab./km²) e PIB *per capita* (R\$) e organizadas em tabela.

3.3 Análise dos dados

A análise estatística foi conduzida por meio do coeficiente de correlação de Pearson (r), utilizado para medir a força e a direção da associação linear entre variáveis (Pearson, 1895). A matriz resultante foi construída considerando as variáveis mudança em agropecuária, mudança em floresta, população, densidade demográfica e PIB *per capita*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre 2016 e 2023, a análise da dinâmica de Uso e Cobertura da Terra (LULC) no Vale do Canindé evidenciou forte retração da vegetação nativa, acompanhada da expansão agropecuária e do aumento das áreas não vegetadas. A intensidade dessas alterações variou conforme a fitofisionomia predominante de Cerrado, Caatinga ou ecótono Cerrado-Caatinga, refletindo diferentes graus de pressão antrópica. No período analisado, as áreas agropecuárias apresentaram aumento de +21.678 ha, enquanto a cobertura florestal reduziu em -21.633 ha, em proporção praticamente equivalente (Tabela 1; Figura 2).

Tabela 1 - Mudanças no Uso e Cobertura da Terra (2016–2023) em seis municípios do Vale do Canindé, PI. Veg. Herb. e Arb.=Vegetação Herbácea e Arbustiva.

Município	Classe	2016 (ha)	2023 (ha)	Mudança absoluta (ha)	Mudança percentual (%)
TP – Cer.	Floresta	35.937	33.814	-2.123	-5,91%
	Veg. Herb. e Arb.	2.374	2.567	+193	+8,13%
	Agropecuária	1.344	2.148	+804	+59,82%
	Área Não Vegetada	145	270	+125	+86,21%
	Corpos d'água	0	0	0	0,00%
SM – Caa.	Floresta	109.930	106.594	-3.336	-3,03%
	Veg. Herb. e Arb.	539	395	-144	-26,72%
	Agropecuária	21.920	25.191	+3.271	+14,92%

Município	Classe	2016 (ha)	2023 (ha)	Mudança absoluta (ha)	Mudança percentual (%)
WF – Caa.	Área Não Vegetada	3.401	3.581	+180	+5,29%
	Corpos d'água	207	236	+29	+14,01%
	Floresta	19.126	18.722	-404	-2,11%
	Veg. Herb. e Arb.	378	378	0	0,00%
	Agropecuária	6.916	7.495	+579	+8,37%
	Área Não Vegetada	590	417	-173	-29,32%
	Corpos d'água	33	31	-2	-6,06%
	Floresta	32.545	28.778	-3.767	-11,58%
	Veg. Herb. e Arb.	4.733	4.488	-245	-5,18%
	Agropecuária	12.711	15.789	+3.078	+24,21%
CP – Ect.	Área Não Vegetada	1.367	2.300	+933	+68,25%
	Corpos d'água	55	54	-1	-1,82%
Oe – Ect.	Floresta	214.840	203.542	-11.298	-5,26%
	Veg. Herb. e Arb.	10.951	10.279	-672	-6,14%
	Agropecuária	40.329	49.781	+9.452	+23,44%
	Área Não Vegetada	4.086	6.536	+2.450	+59,96%
	Corpos d'água	113	181	+68	+60,18%
SJV – Ect.	Floresta	36.855	36.150	-705	-1,91%
	Veg. Herb. e Arb.	275	240	-35	-12,73%
	Agropecuária	1.981	2.677	+696	+35,13%
	Área Não Vegetada	323	365	+42	+13,00%
	Corpos d'água	9	12	+3	+33,33%

Fonte: Adaptado de MapBiomias (Coleção 2, beta).

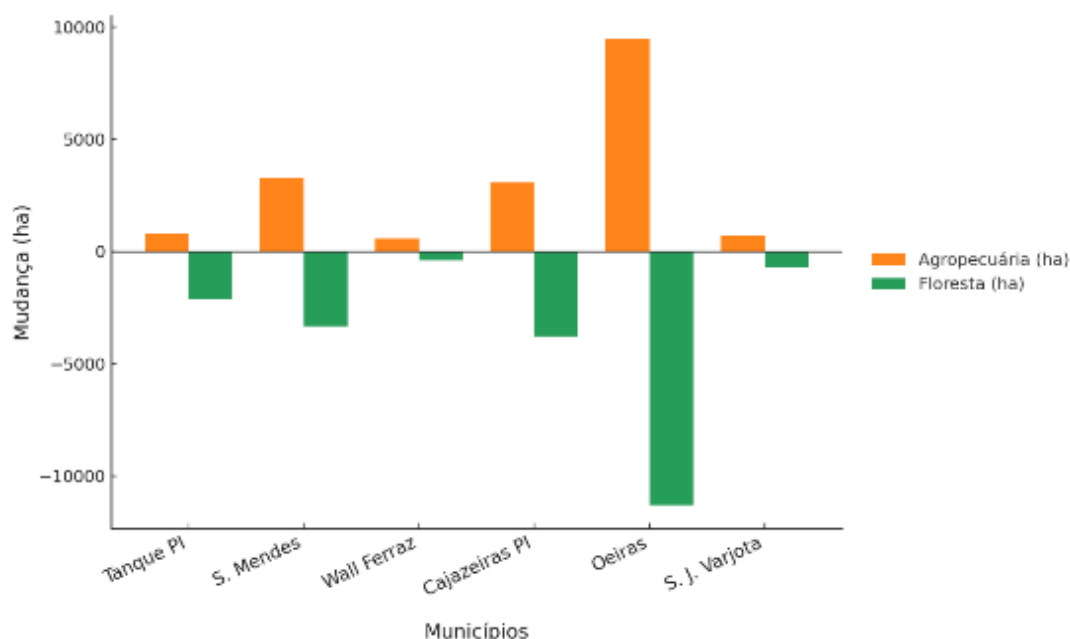


Figura 2 - Comparativo das mudanças em áreas de agropecuária e florestas (ha) nos municípios do Território Vale do Canindé, Piauí, entre 2016 e 2023. **Fonte:** Adaptado de MapBiomas (Coleção 2, beta).

O município de Tanque do Piauí destacou-se por apresentar os maiores percentuais de áreas não vegetadas e destinadas à agropecuária (Figura 3). Essa dinâmica está fortemente relacionada ao avanço da fronteira agrícola voltada ao cultivo de soja, refletindo intensa pressão antrópica sobre o Cerrado local (Figura 4). O predomínio da monocultura de soja, típico de áreas de recente expansão agrícola, é favorecido por condições naturais, como o relevo plano e a presença de Latossolos profundos (Aguiar; Monteiro, 2005). Situação semelhante foi relatada por Souza *et al.* (2019) em Uruçuí (PI), onde a substituição da vegetação nativa pelo agronegócio resultou em maior exposição do solo.

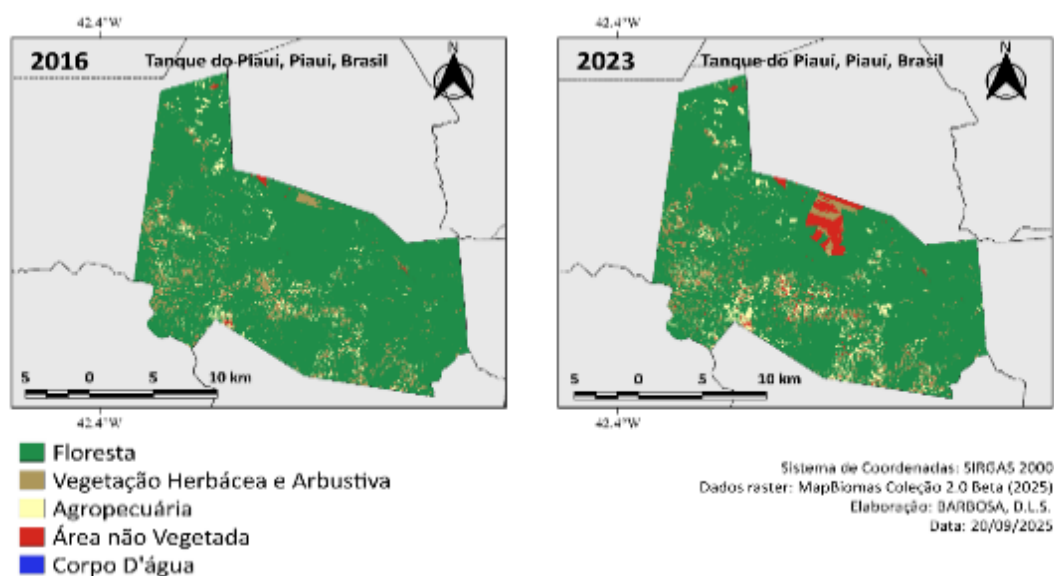


Figura 3 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra entre 2016 – 2023 no Cerrado em Tanque do Piauí.



Figura 4 - Dinâmica do agronegócio no município de Tanque do Piauí: **a)** Calcário para aplicação no solo; **b)** área em fase de preparo para o plantio de soja; **c)** área em estágio final, pronta para a colheita.

Segundo relatório do INCRA (2020), a expansão de *commodities* agrícolas no Piauí tem provocado a vulnerabilização de diversos municípios, com irradiação de impactos socioambientais para novas áreas. Zalles *et al.* (2019), Polizel *et al.* (2021) e Vieira *et al.* (2021) corroboram esse diagnóstico ao apontarem a rápida expansão da soja como fator determinante da supressão vegetal e da reconfiguração da LULC.

Melo *et al.* (2024) destacam que os municípios piauienses inseridos no MATOPIBA são áreas prioritárias para a expansão agrícola, especialmente voltada ao cultivo de soja. Em Tanque do Piauí, observa-se o ingresso de produtores de outras regiões do Brasil, promovendo uma mudança estrutural recente e preocupante (Azerêdo; Silva, 2022). Esse processo de apropriação fundiária, conforme Cunha *et al.* (2020), Polizel *et al.* (2021) e Pompeu *et al.* (2024), tem resultado na redução de áreas destinadas à agricultura familiar e à pecuária extensiva, com consequências diretas sobre os modos de vida locais e sobre a vegetação nativa.

Na Caatinga, as transformações no uso da terra apresentaram maior heterogeneidade. Em Simplicio Mendes, verificou-se a redução mais expressiva da vegetação herbácea e arbustiva, processo associado principalmente à agricultura de subsistência, com destaque para o cultivo de feijão e milho. Em Wall Ferraz, a perda da cobertura florestal foi menos acentuada, acompanhada de redução nas áreas não vegetadas, o que indica menor intensidade da pressão antrópica (Figura 5).

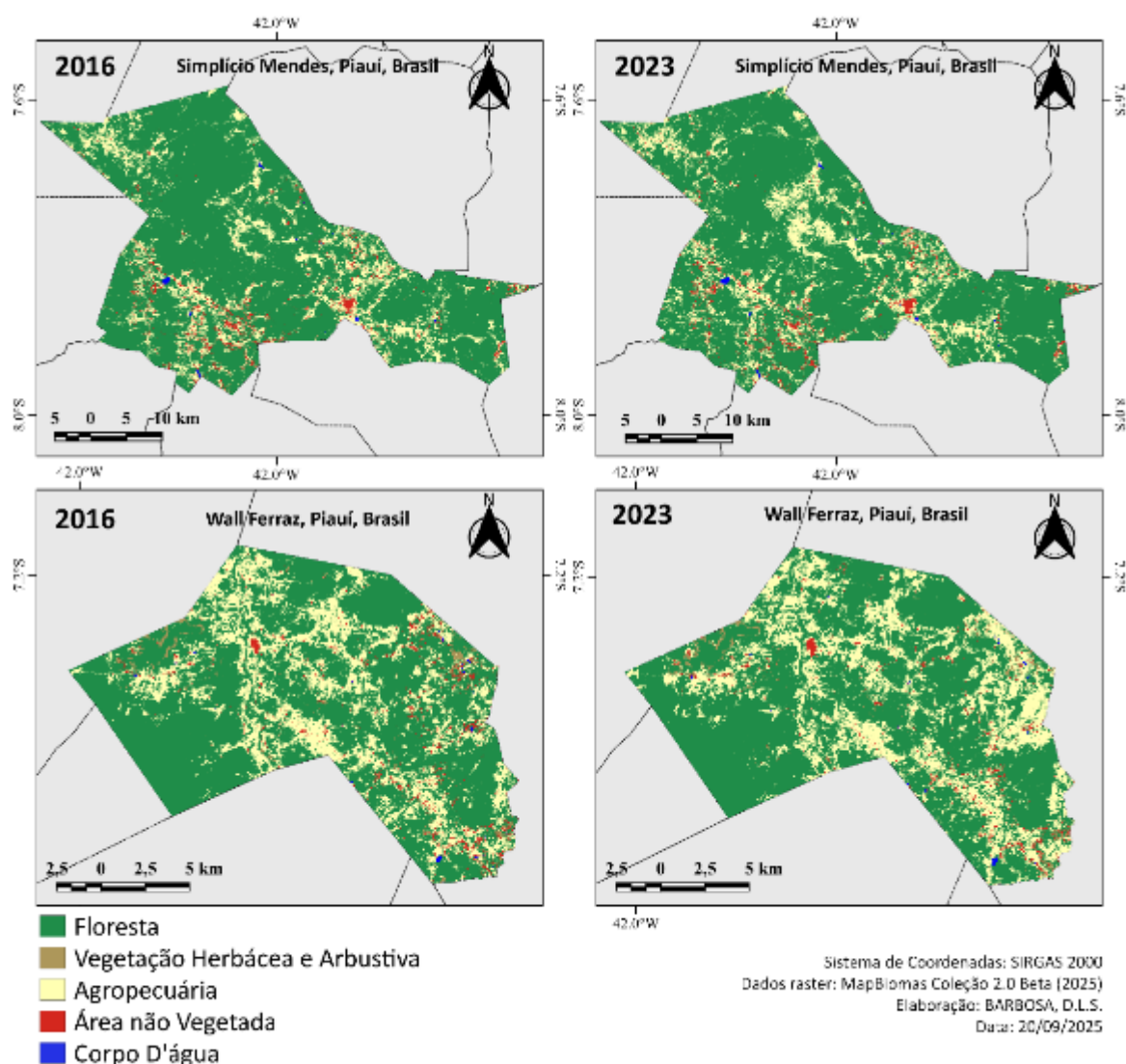


Figura 5 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra entre 2016 – 2023 nas áreas de Caatinga em Simplicio Mendes e Wall Ferraz, Piauí.

Justino *et al.* (2025) evidenciam que, embora a vegetação nativa ainda predomine na Caatinga (50,7% da área em 2022), houve uma retração de 5,4% desde 1985, impulsionada principalmente pela expansão de pastagens (+9,6%) e cultivos agrícolas (+2,2%). Entre as tipologias, a vegetação herbácea foi a mais afetada pelas conversões. Inserida no semiárido brasileiro, a Caatinga enfrenta um processo contínuo de redução da

cobertura vegetal, resultado de pressões antrópicas que promovem a fragmentação da paisagem em áreas agrícolas e de pastagem (Salcedo; Menezes, 2009). Nesse mesmo contexto, Cerqueira e Gomes (2023) identificaram, no Piauí, transições significativas de áreas de pastagem para agricultura, bem como perda de formações savânicas no período de 1985 a 2019.

No ecótono Cerrado-Caatinga, os municípios apresentaram tendências distintas, porém convergentes no avanço da agropecuária em detrimento da vegetação nativa. Cajazeiras do Piauí registrou a maior perda proporcional de floresta, acompanhada por expressiva expansão agropecuária e por aumento significativo das áreas não vegetadas, o que evidencia forte pressão sobre os remanescentes florestais. Em Oeiras, a perda de floresta foi a mais elevada em termos absolutos, associada à expansão agropecuária e ao crescimento das áreas não vegetadas, o que a torna um dos principais polos de transformação da paisagem no ecótono. Em São João da Varjota, a redução florestal foi menos intensa, mas houve um aumento expressivo da agropecuária, indicando que, embora em menor escala espacial, o município segue a mesma lógica de substituição da vegetação nativa por atividades produtivas. Esses resultados reforçam a ideia de que a agricultura de grãos e a pecuária se consolidam como os principais vetores de conversão da cobertura natural no ecótono analisado (Figura 6).

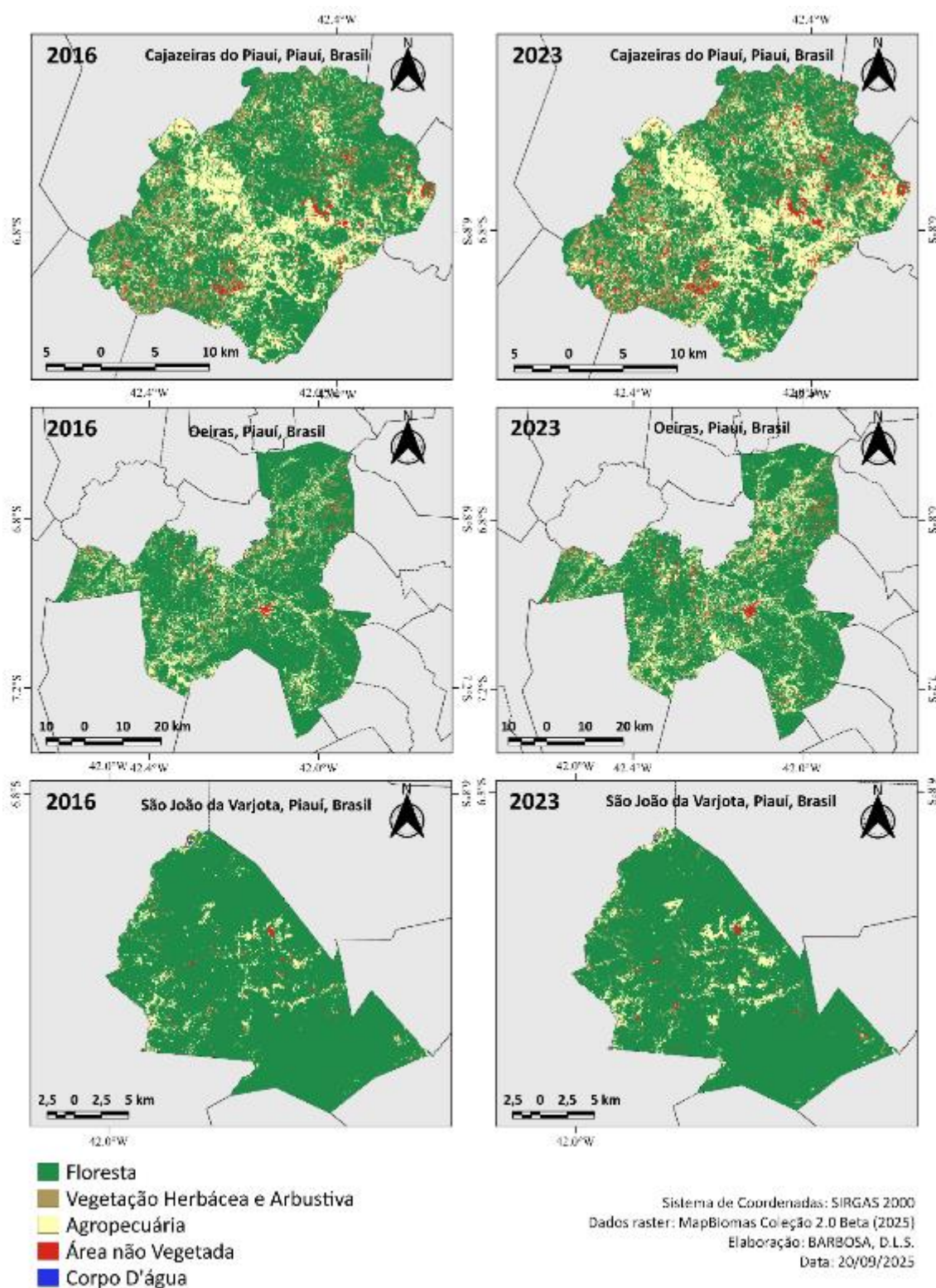


Figura 6 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra entre 2016 – 2023 em área com vegetação de ecótono Caatinga-Cerrado em Cajazeiras do Piauí, Oeiras e São João da Varjota, Piauí.

Esse padrão é consistente com as observações de Santos *et al.* (2017), que verificaram, no sudoeste piauiense, o avanço gradual do uso do solo e sua consequente exposição, em detrimento da vegetação nativa. No Vale do Canindé, o aumento das áreas

não vegetadas na zona de transição ecotonal reflete processos de degradação ambiental associados principalmente à expansão agrícola e urbana. Em Cajazeiras do Piauí, tais processos se manifestam por meio de evidências de erosão e de vegetação esparsa, resultantes tanto do avanço agropecuário quanto das condições edáficas locais (Figura 7). Situação semelhante foi descrita na região de Gilbués (PI), onde, segundo França *et al.* (2017), o uso inadequado do solo, aliado à fragilidade natural dos Latossolos e Neossolos, intensificou processos erosivos, configurando um quadro de desertificação incipiente.



Figura 7- Áreas com vegetação aberta e solo exposto com presença de processos erosivos em Cajazeiras do Piauí (**a, b**) e Oeiras (**c**) em áreas de ecótono Caatinga/Cerrado; Wall Ferraz (**d**) na Caatinga; e, Simplício Mendes com vegetação aberta (**e**) e processo erosivo (**f**).

É essencial considerar as especificidades biofísicas da região. O Vale do Canindé apresenta um mosaico heterogêneo de solos, relevo e clima (Jacomine, 1986; Aguiar; Gomes, 2004; Medeiros *et al.*, 2020). A vegetação decídua da Caatinga perde folhagem na estação seca, o que pode ser confundido com solo exposto. A presença de afloramentos

rochosos e de solos naturalmente descobertos, por vezes com erosão, também dificulta a interpretação de imagens remotas.

Para compreender de forma integrada as pressões antrópicas e as condições locais, a Tabela 2 relaciona a expansão agropecuária e a perda florestal a indicadores socioeconômicos, tais como a área territorial, a população, a densidade demográfica e o PIB *per capita*. A análise evidencia que os municípios com maior dinamismo econômico tendem a apresentar também as maiores taxas de conversão do uso da terra, revelando uma relação direta entre o crescimento econômico e a intensificação das mudanças na cobertura vegetal. Nesse sentido, Seto *et al.* (2012) destacam que a elevação do PIB não se restringe ao avanço das atividades produtivas rurais, mas também está associada à expansão das áreas urbanas e das infraestruturas, reforçando o caráter multidimensional das pressões sobre os ecossistemas locais.

Tabela 2- Análise integrada das mudanças de Uso e Cobertura da Terra para as classes agropecuária e floresta com dados socioeconômicos.

Município	Mudança Agro (ha)	Mudança Floresta (ha)	Área (km ²)	População (2022)	Dens. (hab/km ²)	PIB <i>per capita</i> (R\$)
Tanque do Piauí	804	-2.123	398,01	2.316	5,82	11.931,15
Cajazeiras do Piauí	3.078	-3.767	514,11	3.106	6,05	9.532,17
Oeiras	9.452	-11.298	2.703,14	38.161	14,12	15.737,17
São João da Varjota	696	-705	394,46	4.383	11,11	7.546,96
Wall Ferraz	579	-404	270,43	4.059	15,01	8.485,79
Simplicio Mendes	3.271	-3.336	1.360,03	13.870	10,20	14.307,61

Fonte: Adaptado de MapBiomias (Coleção 2, beta); IBGE (2021; 2022).

A análise estatística corrobora essa relação: a matriz de correlação (Tabela 3) mostra coeficientes elevados, destacando-se a correlação negativa entre expansão agropecuária e perda de floresta e as correlações positivas entre a agropecuária e a população e o PIB *per capita*, reforçando a substituição sistemática da vegetação nativa por usos agrícolas e pastoris.

Tabela 3- Matriz de correlação de Pearson.

Variáveis	Mudanca_ agro_ha	Mudanca_ Floresta_ha	Pop_2022	Dens_hab_ km ²	PIB_perca_pita
Mudanca_agro_ha	1.000	-0.989	0.955	0.316	0.775
Mudanca_Floresta_ha	-0.989	1.000	-0.934	-0.231	-0.789
Pop_2022	0.955	-0.934	1.000	0.508	0.791
Dens_hab_km2	0.316	-0.231	0.508	1.000	0.079
PIB_percapita	0.775	-0.789	0.791	0.079	1.000

Fonte: Adaptado de MapBiomias (Coleção 2, beta); IBGE (2021; 2022).

Os resultados indicam que municípios mais dinâmicos, como Oeiras e Simplício Mendes, concentram maior população e PIB *per capita*, mas também apresentam as maiores taxas de desmatamento e de urbanização. O aumento das áreas não vegetadas nessas localidades sugere que a expansão agropecuária está diretamente articulada a processos de degradação ambiental e de crescimento urbano. A forte correlação entre o crescimento populacional e a agropecuária ($r = 0,955$) confirma essa tendência, indicando que a pressão demográfica intensifica a conversão da cobertura natural. Esse padrão está alinhado às análises de Otero *et al.* (2020), que associam o crescimento econômico à perda de biodiversidade por meio do uso intensivo de recursos naturais, e de Krauss *et al.* (2010), que destacam que a expansão agrícola e o desenvolvimento de cidades e infraestruturas promovem a fragmentação e a invasão de habitats, principais causas da perda de biodiversidade em diversos grupos taxonômicos terrestres.

Contudo, apesar do dinamismo relativo de alguns municípios, a estrutura socioeconômica do território permanece marcada por fragilidades. A economia regional depende fortemente de repasses governamentais, como programas de transferência de renda e aposentadorias, além da persistência de práticas agropecuárias de subsistência (Bueno; Nascimento, 2022). Esse quadro limita as alternativas de desenvolvimento sustentável, mantendo o território vulnerável às pressões externas sobre os recursos naturais.

Historicamente, a base econômica do Vale do Canindé esteve associada à pecuária extensiva nas margens do rio Canindé (Oliveira; Carvalho, 2017). Nas últimas décadas, entretanto, transformações macroeconômicas favoreceram a introdução de novas atividades, como a construção civil, a agricultura irrigada, o agronegócio, o artesanato e o turismo (Sá *et al.*, 2021). Apesar de sua expansão, tais setores ainda se encontram em estágio incipiente, sem capacidade de reduzir significativamente a dependência das práticas tradicionais e dos repasses públicos.

5 CONCLUSÃO

Este estudo confirma a elevada vulnerabilidade ambiental da Caatinga e do Cerrado no Território Vale do Canindé, associada à retração da vegetação nativa e à expansão de usos antrópicos, principalmente da agropecuária. Esse cenário evidencia a intensificação das pressões sobre a cobertura vegetal e reforça a necessidade de

estratégias de conservação e manejo sustentável, sobretudo em áreas mais suscetíveis à conversão e à degradação ambiental.

A correspondência quase direta entre a expansão agrícola e a perda florestal evidencia a agropecuária como o principal vetor de alterações ambientais. Do ponto de vista socioeconômico, a correlação positiva entre crescimento populacional, PIB *per capita* e expansão agropecuária demonstra que o dinamismo econômico regional permanece fortemente ancorado no setor primário, o que reflete baixa diversificação produtiva. A conversão de ecossistemas nativos em monoculturas e áreas degradadas não apenas ameaça a biodiversidade local, mas também compromete a resiliência ecológica do Cerrado e da Caatinga, ampliando os riscos de erosão, fragmentação e perda de serviços ecossistêmicos.

Diante desse cenário, o estudo reforça a necessidade urgente de políticas públicas que promovam a diversificação econômica, incentivem práticas agroecológicas e fortaleçam a agricultura familiar sustentável. Tais estratégias são essenciais para mitigar a pressão sobre os ecossistemas, reduzir a vulnerabilidade socioambiental e fomentar um modelo de desenvolvimento mais equilibrado e resiliente no Vale do Canindé.

REFERÊNCIAS

- Aguiar, R. B.; Gomes, J. R. C. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí: diagnóstico do município de São João da Varjota**. Teresina: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2004.
- Aguiar, T. J. A.; Monteiro, M. S. L. Modelo agrícola e desenvolvimento sustentável: a ocupação do cerrado piauiense. **Ambiente & Sociedade**, v. 8, n. 1, p. 161–178, 2005.
- Andrade, P. S.; Viana, M. R. A questão fundiária sob o impacto do agronegócio no Cerrado piauiense. **Revista Faculdade Santo Agostinho**, v. 12, n. 4, p. 209–229, 2015.
- Armenteras, D. *et al.* Scenarios of land use and land cover change for NW Amazonia: impact on forest intactness. **Global Ecology and Conservation**, v. 17, e00567, 2019.
- Azerêdo, R. F.; Silva, R. P. Mercado de terras no Piauí e a des(regularização) fundiária em curso no século XXI. **Revista NERA**, v. 25, n. 63, p. 49–66, 2022.
- Barbosa, F. L. R. *et al.* Land Use/Land Cover (LULC) classification based on SAR/Sentinel 1 image in Distrito Federal, Brazil. **Sociedade & Natureza**, v. 33, e55954, 2021.
- Batista, M. L. B.; Alves, J. S.; Alves, C. L. B.; André, D. M. Análise fatorial e espacial da modernização agrícola no MATOPIBA. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 3, 2023.

- Bueno, P. H. D. C.; Nascimento, C. S. D. S. Território Vale do Canindé (PI): uma análise de suas vulnerabilidades socioespaciais a partir das condições econômicas. **Estudos Geográficos**, v. 20, n. 3, p. 143–164, 2022.
- Cao, Y. *et al.* The balance between economic development and ecosystem service value in the process of land urbanization. **Land Use Policy**, v. 108, 105536, 2021.
- Castro, A. A. J. F. **Unidades de planejamento: uma proposta para o Estado do Piauí com base na dimensão diversidade de ecossistemas**. Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas, v. 18, p. 1–28, 2007.
- Cerqueira, E. B.; Gomes, J. M. A. Expansão agropecuária e dinâmicas de uso e cobertura do solo no Piauí. **Geo UERJ**, n. 42, e69241, 2023.
- Cunha, E. R. *et al.* Mapping LULC types in the Cerrado-Atlantic Forest ecotone region. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, p. 136, 2020.
- Espindola, G. M. *et al.* Cropland expansion as a driver of land-use change in the Cerrado–Caatinga transition zone in Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v. 1, s10668-021-0138, 2021.
- FAO. **Manual for integrated field data collection**. Rome: FAO, 2012.
- Figueredo, E. S.; Espíndola, G. M.; Silva, A. J.; Pereira, M. L. A inserção do capital transnacional e a expropriação de recursos naturais locais. **Geosul**, v. 34, n. 71, p. 665–686, 2019.
- Ferreira, R. V.; Dantas, M. E. Relevô. In: Pfaltzgraff, P. A. D. S.; Torres, F. D. M.; Brandão, R. D. L. (Orgs.). **Geodiversidade do estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010. p. 45–64.
- Forkuo, E. K. *et al.* The impact of land use and land cover changes on socioeconomic factors. **Environmental Challenges**, v. 5, 100226, 2021.
- França, L. C.; Piuzana, D.; Ross, J. L. Fragilidade ambiental em Gilbués. **Revista Espaços**, v. 38, n. 31, p. 21, 2017.
- Ganem, K. A. *et al.* Mapeamento da vegetação da Caatinga a partir de dados ópticos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, p. 829–854, 2020.
- Groot, R. *et al.* Global estimates of ecosystem service values. **Ecosystem Services**, v. 1, n. 1, p. 50–61, 2012.
- Hershaw, I.; Sauer, S. Land and investment dynamics along Brazil's frontier. **Land Use Policy**, v. 131, 106675, 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Área territorial brasileira – 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24 jan. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24 jan. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **PIB per capita – 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24 out. 2025.

INCRA. **Relatório de Análise de Mercado de Terras do Estado do Piauí – RAMT/PI**. Teresina: INCRA/SR-24, 2020.

Jacomine, P. K. T. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Piauí**. EMBRAPA/SUDENE, 1986.

Justino, S. T. P. *et al.* Spatial-temporal analysis of vegetation cover and soil degradation. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 160, 105528, 2025.

Keith, D. A. *et al.* (Eds.). **The IUCN Global Ecosystem Typology 2.0**. Gland: IUCN, 2020.

Krauss, J. *et al.* Habitat fragmentation and biodiversity loss. **Ecology Letters**, v. 13, n. 5, p. 597–605, 2010.

Lima, E. A. M.; Brandão, R. L. Geologia. In: Pfaltzgraff, P. A. D. S.; Torres, F. D. M.; Brandão, R. D. L. (Orgs.). **Geodiversidade do estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010. p. 15–24.

Lira, D. J. S.; Vieira, V. C. B.; Silva, A. J. Análise espaço-temporal do Uso e Cobertura da Terra. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, 2022.

Luo, R.; He, D. The dynamic impact of land use change on ecosystem services. **Ecological Indicators**, v. 157, 111275, 2023.

MapBiomias. **Coleção 2 (beta) de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil**. 2025. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 10 out. 2025.

Medeiros, R. M.; Cavalcanti, E. P.; Duarte, J. F. M. Classificação climática do Piauí. **Revista Equador**, v. 9, n. 3, p. 82–99, 2020.

Melo, L. F. S.; Picanço Júnior, P. L.; Espindola, G. M. Analysis of burns and deforestation in the Matopiba. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 2, e3223, 2024.

Oliveira, A. J. C.; Carvalho, M. A. A. A história oral aplicada ao levantamento da Fazenda Prazeres. **Revista do IHGP**, v. 99, n. 7, p. 113–128, 2017.

- Otero, I. *et al.* Biodiversity policy beyond economic growth. **Conservation Letters**, v. 13, n. 4, e12713, 2020.
- Pearson, K. Notes on regression and inheritance. **Royal Society of London**, v. 58, p. 240–242, 1895.
- Piauí. **Lei Complementar nº 87, de 22 de agosto de 2007**. Estabelece o Planejamento Participativo Territorial. 2007.
- Polizel, S. P. *et al.* Land use dynamics in the Cerrado–MATOPIBA. **Land Use Policy**, v. 109, 105713, 2021.
- Pompeu, J.; Assis, T. O.; Ometto, J. P. Landscape changes in the Cerrado. **Science of The Total Environment**, v. 906, 167581, 2024.
- Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. As principais fitofisionomias do Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 153–212.
- Ribeiro, L. C. D. S. *et al.* Padrões de crescimento econômico no MATOPIBA. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 58, 2020.
- Sá, A. A.; Abreu, M. C.; Santos Filho, F. S. Changes in the socioeconomic profile of Piauí. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, e14510615492, 2021.
- Salcedo, I. H.; Menezes, R. S. C. Agroecosystem functioning. In: Tiessen, H.; Stewart, J. W. B. (Eds.). **Applying ecological knowledge to land use decisions**. Paris: IICA-IAI-SCOPE, 2009. p. 73–81.
- Santos, J. C. *et al.* Relação entre variáveis meteorológicas e uso do solo. **Nativa**, v. 5, n. 6, p. 414–420, 2017.
- Seto, K. C.; Güneralp, B.; Hutya, L. R. Previsões globais de expansão urbana. **PNAS**, v. 109, n. 40, p. 16083–16088, 2012.
- Silva, A. J.; Monteiro, M. S. L.; Barbosa, E. L. From modernization to deterritorialization. **Redes**, v. 25, n. 2, p. 744–761, 2020.
- Souza, J. R. *et al.* Reconstructing three decades of land use changes. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, 2735, 2020.
- Souza, K. B. *et al.* Mudança no uso do solo no rio Uruçuí-Preto. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 25490–25511, 2019.
- Vieira, V. C. B.; Silva, A. J.; Rocha, J. V. V. Mapeamento da cultura da soja no Piauí. **Caderno de Geografia**, v. 34, n. 79, p. 1224–1245, 2025.
- Vieira, R. M. D. S. P. *et al.* Land degradation mapping in the MATOPIBA region. **Science of the Total Environment**, v. 782, 146900, 2021.

Winkler, K. *et al.* Global land use changes are four times greater than estimated. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, 2501, 2021.

Young, D. J. N. *et al.* Long-term climate and competition explain forest mortality. **Ecology Letters**, v. 20, n. 1, p. 78–86, 2017.

Zalles, V. *et al.* Near doubling of Brazil's intensive row crop area. **PNAS**, v. 116, n. 2, p. 428–435, 2019.

ARTIGO IV

Antonia Alikeane de Sá¹

Maria Carolina de Abreu²

Francisco Soares Santos Filho⁴

IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS E SERVIÇOS (ICMS) ECOLÓGICO NO PIAUÍ: ENTRE A CONFORMIDADE LEGAL E A MELHORIA AMBIENTAL

Artigo científico integrante da tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFPI), preparado para submissão a periódico acadêmico.

¹Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente em Rede Nordeste (PRODEMA), Universidade Federal do Piauí (UFPI).

²Professora do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI); Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação (PPBC/UFPI).

³Professor associado IV-DE do Centro de Ciências da Natureza (CCN), Universidade Estadual do Piauí (UESPI); Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente em Rede Nordeste (PRODEMA), Universidade Federal do Piauí (UFPI).

IMPOSTO SOBRE CIRCULAÇÃO DE MERCADORIAS E SERVIÇOS (ICMS) ECOLÓGICO NO PIAUÍ: ENTRE A CONFORMIDADE LEGAL E A MELHORIA AMBIENTAL

RESUMO

O Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) Ecológico constitui um instrumento de política fiscal voltado à indução da gestão ambiental municipal por meio da redistribuição de receitas condicionada ao atendimento de critérios ambientais. Entretanto, a carência de pesquisas é limitada em territórios submetidos a intensas dinâmicas de transformação socioeconômica. Este estudo analisou o desempenho institucional da política e seus limites como instrumento indutor de efetividade ambiental de seis municípios do Território Vale do Canindé (PI), no período de 2021 a 2024, quanto aos fatores e às estruturas de ação relacionados à implementação dos critérios legais. A pesquisa baseou-se em análise documental de dados secundários da certificação do Selo Ambiental (categorias A, B e C), obtidos junto à Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí (SEMARH). Foram realizadas análises descritivas, regressão linear para tendências temporais, análise de agrupamento hierárquico e frequência de itens e subitens, além de observações *in loco* para avaliação qualitativa. Os resultados mostraram predominância do Selo A, com destaque para Oeiras e Simplício Mendes, evolução em Wall Ferraz e regressão em Tanque do Piauí. Apesar do alto desempenho formal, verificou-se concentração de ações de menor complexidade, como educação ambiental, legislação e controle de poluição, enquanto medidas estruturais como gestão de resíduos sólidos, recuperação de áreas degradadas e unidades de conservação, apresentaram baixa incidência. Observou-se dissociação entre certificação e qualidade ambiental, além de limitações em contextos de pressão agropecuária. Conclui-se que o ICMS Ecológico opera como mecanismo de indução administrativa, com limitada efetividade ambiental. Recomenda-se revisar os critérios de certificação, com maior ênfase em ações de alto impacto, incorporação de indicadores orientados a resultados e fortalecimento da governança ambiental municipal.

.

Palavras-chave: Incentivos fiscais ambientais; Gestão municipal; ICMS Ecológico; Vale do Canindé.

.

TAX ON THE CIRCULATION OF GOODS AND SERVICES (ICMS) ECOLOGICAL IN PIAUÍ: BETWEEN LEGAL COMPLIANCE AND ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT

ABSTRACT

The Tax on the Circulation of Goods and Services (Ecological ICMS) constitutes a fiscal policy instrument aimed at inducing municipal environmental management through the redistribution of revenues conditioned on compliance with environmental criteria. However, the scarcity of research is limited in territories subjected to intense dynamics of socioeconomic transformation. This study analyzed the institutional performance of the policy and its limits as an instrument inducing environmental effectiveness in six municipalities of the Vale do Canindé Territory (PI), in the period from 2021 to 2024, regarding the factors and action structures related to the implementation of legal criteria. The research was based on documentary analysis of secondary data from the Environmental Seal certification (categories A, B, and C), obtained from the Secretariat of Environment and Water Resources of Piauí (SEMARH). Descriptive analyses, linear regression for temporal trends, hierarchical clustering analysis, and frequency of items and subitems were performed, in addition to in loco observations for qualitative evaluation. The results showed a predominance of Seal A, with emphasis on Oeiras and Simplício Mendes, progression in Wall Ferraz, and regression in Tanque do Piauí. Despite the high formal performance, a concentration of lower-complexity actions was observed, such as environmental education, legislation, and pollution control, while structural measures such as solid waste management, recovery of degraded areas, and conservation units showed low incidence. A dissociation between certification and environmental quality was observed, as well as limitations in contexts of agricultural pressure. It is concluded that the Ecological ICMS operates as a mechanism of administrative inducement, with limited environmental effectiveness. It is recommended to revise certification criteria, with greater emphasis on high-impact actions, incorporation of result-oriented indicators, and strengthening of municipal environmental governance.

Keywords: Ecological ICMS; Environmental fiscal incentives; Municipal management; Vale do Canindé.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico sustentável está intrinsecamente ligado a uma gestão eficiente dos recursos naturais, dependendo diretamente da qualidade das instituições envolvidas e das políticas implementadas (Singh *et al.*, 2024). Nesse contexto, o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) Ecológico surge como um importante instrumento fiscal para a gestão ambiental. Ao estabelecer um vínculo direto entre a arrecadação tributária e a proteção ambiental, o ICMS Ecológico incentiva uma gestão prática mais sustentável, otimiza o uso dos recursos naturais e promove um crescimento econômico equilibrado (Oliveira; Grzebieluckas; França, 2022).

O ICMS Ecológico atua como um instrumento de política fiscal que visa recompensar e incentivar os municípios a adotarem práticas de gestão ambiental mais sustentáveis. De acordo com critérios estabelecidos em leis estaduais, parte da arrecadação do ICMS é destinada a municípios que demonstram compromisso com a conservação ambiental (Spanholi; Young; Videira, 2023). Essa modalidade de transferência fiscal intergovernamental, inovadora e ainda pouco estudada, foi implementada pela primeira vez no Brasil, sendo conhecida como ICMS-Ecológico ou (Sauquet *et al.*, 2014).

Com o objetivo de estimular a proteção ambiental, 16 estados brasileiros adotaram o ICMS Ecológico, incluindo o Piauí. No estado do Piauí, a legislação foi instituída pela Lei Estadual nº 5.813, de 3 de dezembro de 2008 (Piauí, 2008), com alterações pela Lei Estadual nº 6.581/14 (Piauí, 2014) e regulamentada pelos Decretos nº 14.861/12, 16.445/16, 19.042/2020 e 21.996/2023 (Piauí, 2012, 2016, 2020, 2023). Essa legislação destina 5% da arrecadação do ICMS aos municípios que atendem aos critérios estabelecidos, visando reconhecer e recompensar seus esforços em prol da sustentabilidade ambiental (Piauí, 2008). Um dos requisitos fundamentais para que os municípios piauienses tenham acesso aos recursos do ICMS Ecológico, conforme a Lei Estadual nº 5.813/2008, é a criação do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente e do Plano Diretor Municipal (Piauí, 2008). Esses instrumentos são cruciais para garantir a participação da sociedade civil nas decisões ambientais e no planejamento estratégico para o desenvolvimento sustentável, demonstrando o comprometimento com a gestão ambiental e a consequente elegibilidade a recursos.

Apesar da adoção do ICMS Ecológico no Brasil, ainda são escassas avaliações empíricas de sua efetividade ambiental em escala municipal no estado do Piauí. A carência de pesquisas é especialmente crítica em territórios submetidos a intensas

dinâmicas de transformação socioeconômica, como o Território de Desenvolvimento Vale do Canindé, no Piauí. Nessa região, a recente expansão da fronteira agrícola para a monocultura de soja (ex: Tanque do Piauí) tenciona diretamente as economias locais, tradicionalmente baseadas na agricultura e pecuária de subsistência (IBGE, 2017; Bueno; Nascimento, 2022; CEPRO, 2023). A literatura carece, portanto, de análises que verifiquem se a certificação do Selo Ambiental transcende o mero cumprimento de formalidades administrativas, traduzindo-se em melhorias mensuráveis na qualidade ambiental local.

Diante dessa lacuna, este estudo busca responder à seguinte questão: Em que medida a obtenção do selo ICMS Ecológico pelos municípios do Vale do Canindé estimulou a adoção de práticas de gestão ambiental mais sustentáveis, e quais os principais desafios e oportunidades identificados nesse processo? Parte-se do pressuposto de que a obtenção do selo ICMS Ecológico em parte dos municípios do Vale do Canindé contribui para a melhoria das práticas de gestão ambiental, impulsionada pela necessidade de atender aos critérios de avaliação bem como pela disponibilidade de recursos financeiros. Com base nisso, o objetivo deste estudo foi analisar o desempenho institucional da política e seus limites como instrumento indutor de efetividade ambiental de seis municípios do Território Vale do Canindé, no período de 2021 a 2024, quanto aos fatores e às estruturas de ação relacionados à implementação dos critérios legais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende o Território de Desenvolvimento Vale do Canindé, localizado na região semiárida do Piauí e inserido na sub-bacia do Médio Parnaíba, com uma extensão total de 13.908,87 km² (IBGE, 2025). A seleção dos municípios baseou-se na diversidade socioeconômica e ecológica do território. Para isso, com base na representatividade fitogeográfica, foram escolhidos seis municípios nas áreas de Caatinga, Cerrado e ecótono entre estes (Castro, 2007), e, no contraste socioeconômico, dentro de cada área fitogeográfica, selecionou-se um município com maior e outro com menor Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, com base nos dados do IBGE (2021).

Assim, os municípios que atenderam a esses critérios e compõem a amostra deste estudo são: Cajazeiras do Piauí, Oeiras, São João da Varjota, Simplício Mendes, Tanque do Piauí e Wall Ferraz (Figura 1; Tabela 1).

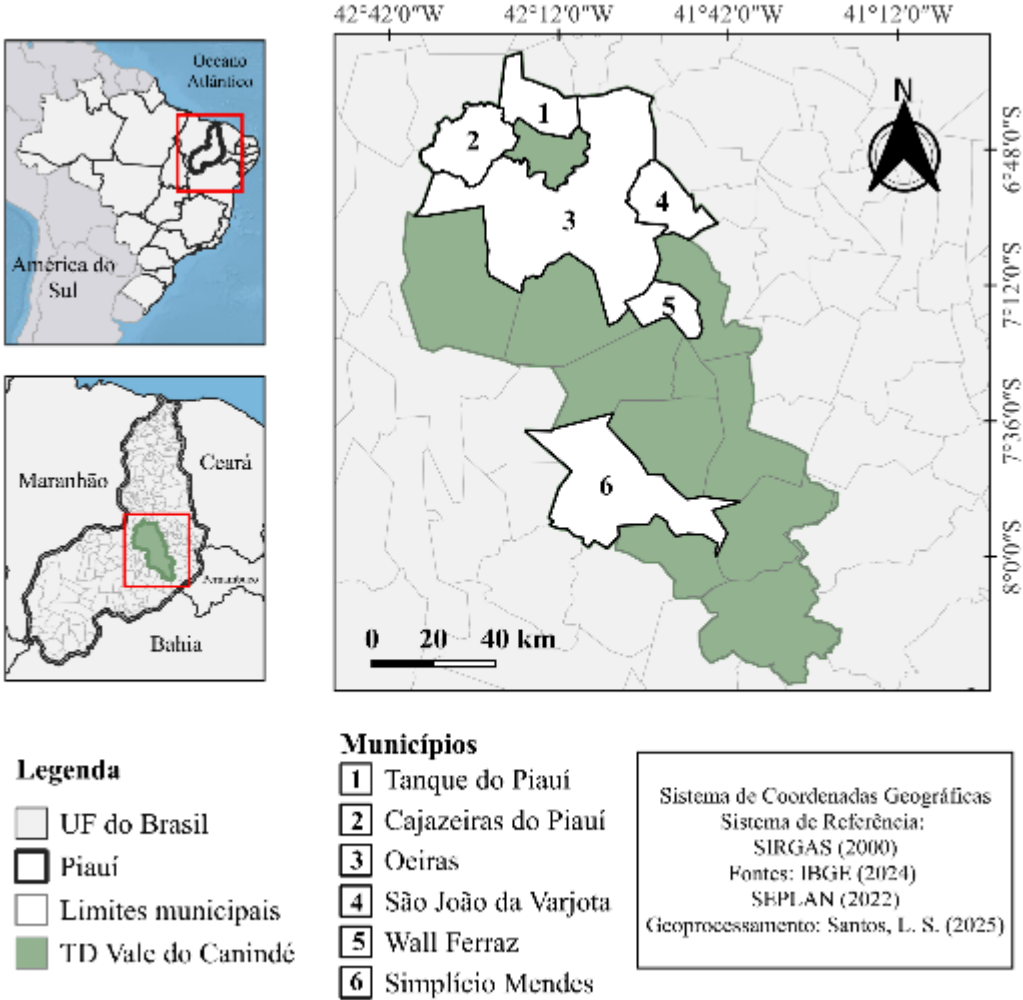


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo no Vale do Canindé, no Piauí.

Tabela 1 – Caracterização dos municípios selecionados para estudo no Vale do Canindé, no Piauí.

Município	Área Fitogeográfica	População (Censo 2022)	PIB Total 2021 (R\$)	PIB <i>per capita</i> 2021 (R\$)
Simplicio Mendes	Caatinga	18.571	240.540,51	12.873,64
Wall Ferraz	Caatinga	4.636	45.420,95	9.872,94
Tanque do Piauí	Cerrado	2.531	24.384,18	9.539,94
Cajazeiras do Piauí	Cerrado	2.809	24.316,22	8.601,35
Oeiras	Ecótono	37.104	557.778,82	15.011,04
São João da Varjota	Ecótono	4.673	55.485,30	11.835,28

Fonte: Dados da pesquisa (2026).

2.2 Coleta e análise de dados

A pesquisa foi conduzida por meio de análise documental de dados secundários. As informações sobre a certificação do Selo Ambiental (categorias A, B ou C), a pontuação e o atendimento aos critérios ambientais para a obtenção do Selo Ambiental de cada município foram obtidas por meio de consulta formal aos processos administrativos da Superintendência da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí (SEMARH), referentes ao período de 2021 a 2024.

A análise considerou os critérios de avaliação ambiental municipal definidos pela Lei Estadual nº 5.813/2008 e suas regulamentações complementares, contemplando diferentes dimensões da gestão ambiental. Esses critérios estão organizados em nove eixos temáticos, abrangendo desde o gerenciamento de resíduos sólidos até a legislação ambiental municipal. A sistematização dos itens e seus respectivos subitens encontra-se apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 - Critérios de avaliação ambiental municipal e respectivos subitens.

Item	Subitens
A – Gerenciamento de Resíduos Sólidos	A.1; A.2; A.3; A.4; A.5; A.6; A.7
B – Educação Ambiental	B.1; B.2; B.3; B.4; B.5; B.6; B.7
C – Redução do Desmatamento	C.1; C.2; C.3; C.4; C.5
D – Queimadas, Solo, Água e Biodiversidade	D.1; D.2; D.3; D.4; D.5; D.6; D.7; D.8; D.9; D.10
E – Proteção de Mananciais	E.1; E.2; E.3
F – Poluição	F.1; F.2; F.3; F.4; F.5; F.6; F.7
G – Edificações Irregulares	G.1; G.2; G.3; G.4; G.5
H – Unidades de Conservação	H.1; H.2; H.3; H.4; H.5
I – Legislação Ambiental	I.1; I.2; I.3; I.4; I.5; I.6; I.7; I.8; I.9; I.10

Nota: Detalhamento dos subitens está disponível no Apêndice A. **Fonte:** Elaboração própria, a partir da Lei Estadual nº 5.813/2008 e de suas regulamentações complementares.

Os dados foram sistematizados em planilhas e submetidos a análises estatísticas com o objetivo de identificar padrões de desempenho e estrutura das ações ambientais. As análises foram realizadas em ambiente computacional Python (versão 3.x), utilizando as bibliotecas Pandas (manipulação de dados), SciPy (análises estatísticas) e Matplotlib (visualização gráfica). O conjunto de procedimentos analíticos incluiu: (i) Estatística descritiva, para caracterização da distribuição percentual dos selos ambientais e síntese dos padrões de certificação ao longo do período analisado; (ii) Regressão linear simples, aplicada à pontuação ambiental dos municípios, com o objetivo de avaliar tendências temporais e sua significância estatística ao longo da série histórica (2021–2024); (iii)

Análise de agrupamento hierárquico (cluster), baseada em matriz de similaridade entre municípios-ano, para identificar padrões de proximidade nas ações ambientais implementadas; (iv) Análise dos itens e subitens da política, com foco na identificação de padrões de frequência, recorrência e distribuição das ações, permitindo inferir a estrutura de implementação da política ambiental municipal.

Foram realizadas observações *in loco* de caráter exploratório, com o objetivo de subsidiar a interpretação qualitativa dos resultados, principalmente no que se refere à verificação de aspectos relacionados à gestão de resíduos, uso do solo, condições de corpos hídricos e ocorrência de áreas degradadas.

Uma limitação do estudo refere-se à indisponibilidade parcial de dados detalhados de subitens para alguns municípios e anos (2021–2022), decorrente da ausência de registros completos nos processos administrativos consultados. Essa limitação pode influenciar a precisão de algumas análises comparativas, inclusive aquelas relacionadas à frequência e coocorrência de subitens.

3. RESULTADOS

A análise dos dados de certificação dos seis municípios, no período de 2021 a 2024, mostra um cenário variável quanto ao desempenho na implementação de políticas ambientais. A Tabela 2 apresenta a consolidação dos resultados anuais, incluindo os itens atendidos, a pontuação obtida e a classificação do selo ambiental para cada município.

Tabela 2 – Desempenho consolidado dos municípios na obtenção do Selo Ambiental (2021-2024).

Município	Ano	Itens Atendidos	Pontuação	Selo
Tanque do Piauí	2021	B, D, F, G, I	109	Selo B
	2022	B, C, D, F, G, I	132	Selo A
	2023	B, H, I	73	Selo C
	2024	B, E, I	108	Selo C
Cajazeiras do Piauí (2021/2023 não requereu)	2022	C, D, F, G, I	112	Selo B
	2024	E, F, G, I	90	Selo B
Oeiras	2021	A, B, C, D, E, F, G, I	246	Selo A
	2022	A, B, C, D, E, F, G, I	245	Selo A
	2023	A, B, C, D, E, F, G, H, I	358	Selo A
	2024	A, B, C, D, E, F, G, H, I	367	Selo A
São João da Varjota (2022/2023/2024 não requereu)	2021	B, F, G	86	Selo C
Wall Ferraz	2021	B, C, F, G, I	102	Selo B

Município	Ano	Itens Atendidos	Pontuação	Selo
Simplício Mendes	2022	B, C, E, F, G, I	138	Selo A
	2023	B, D, E, F, G, H, I	202	Selo A
	2024	B, C, D, E, F, G, I	173	Selo A
	2021	A, C, D, E, F, I	155	Selo A
	2022	A, B, C, D, F, G, I	142	Selo A
	2023	B, C, D, E, F, H, I	120	Selo A
	2024	B, D, E, F, G, H, I	174	Selo A

Legenda: A - Gerenciamento de Resíduos Sólidos; B- Educação ambiental; C - Redução do índice de desmatamento; D - Redução do risco de queimadas, conservação do solo, da água e da biodiversidade; E - Proteção de mananciais de abastecimento público; F - Identificação e mitigação das fontes de poluição; G - Edificações irregulares; H - Unidades de conservação; I - Legislação sobre a política municipal de meio ambiente. Fonte: Piauí (2024). **Fonte:** Dados da pesquisa (2026).

Observa-se predominância de certificações na categoria Selo A, com destaque para os municípios de Oeiras e Simplício Mendes, que mantiveram desempenho elevado ao longo do período analisado (2021-2024). Wall Ferraz apresentou evolução progressiva, passando de Selo B (2021) para Selo A nos anos subsequentes. Já Tanque do Piauí apresentou variação, com redução de desempenho a partir de 2023, enquanto Cajazeiras do Piauí manteve-se na categoria Selo B nos anos em que houve solicitação. São João da Varjota registrou pontuação apenas em 2021, não apresentando dados nos anos subsequentes.

A análise agregada de todas as certificações mostra a distribuição de desempenho para obtenção do Selo Ambiental pelos municípios, em que o Selo A representa a maioria das observações (57,9%), mas as categorias de baixo desempenho, como Selo C (15,8%) e Não Classificado (5,3%), que se referem aos anos em que os municípios não solicitaram ou não se enquadraram para adesão, somam mais de um quinto do total (Figura 2).

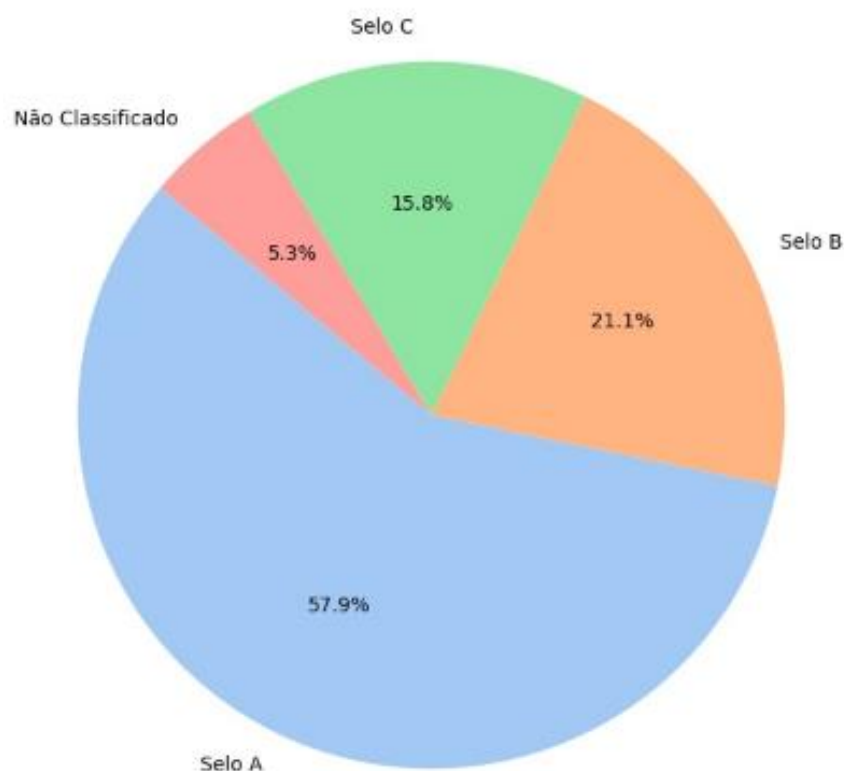


Figura 2 – Distribuição percentual dos tipos de certificação de Selo Ambiental entre os municípios analisados, no período de 2021 a 2024. **Fonte:** Elaborado pela autora (2026).

A evolução temporal do número de itens atendidos (Figura 3) mostra padrões distintas entre os municípios: crescimento ou estabilidade na implementação das ações ambientais em Oeiras, Simplício Mendes e Wall Ferraz, e baixo desempenho em São João da Varjota, Cajazeiras e Tanque do Piauí.

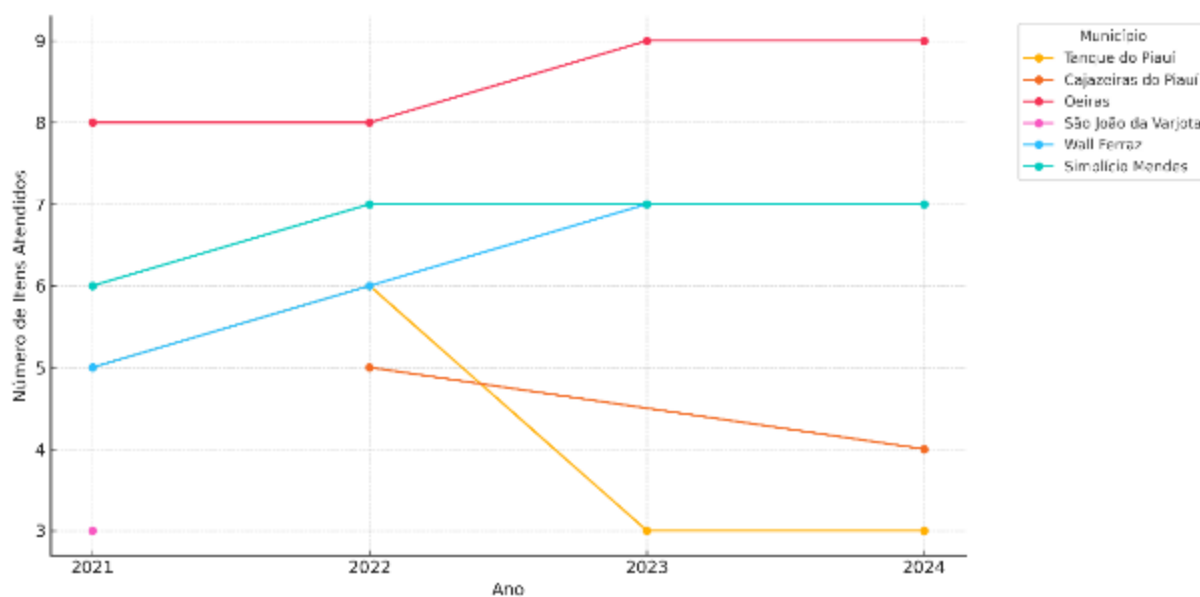


Figura 3 – Evolução do número de itens ambientais atendidos por município (2021-2024). **Fonte:** Elaborado pela autora (2026).

A análise dos dados do Apêndice B (2021–2024), sintetizada na Tabela 3, indica que a implementação da política ambiental municipal se concentra predominantemente nos itens I (legislação ambiental), F (controle de poluição) e B (educação ambiental). Em contrapartida, os itens A (gestão de resíduos sólidos) e H (unidades de conservação) apresentam baixa incidência, estando restritos a um número reduzido de municípios, com destaque para Oeiras. Observa-se, ainda, que a indisponibilidade de dados detalhados para parte dos anos de 2021 e 2022 limita a mensuração precisa das frequências. Ainda assim, mantém-se o padrão de maior ocorrência dos itens I, F e B ao longo do período analisado.

Tabela 3 - Frequência dos subitens da política ambiental do ICMS Ecológico nos municípios analisados (2021–2024)

Item	Subitens mais frequentes	Subitens menos frequentes
B	B.3, B.5, B.7	B.1, B.2
E	E.2, E.3	E.1, E.4
F	F.1, F.2, F.3	F.6, F.7
G	G.2	G.3, G.4, G.5
I	I.1–I.8	I.9, I.10
D	D.1	D.5–D.10
C	C.1	C.3–C.5
A	—	A.1–A.8
H	H.1	H.2–H.5

Nota: A – Gerenciamento de resíduos sólidos; B – Educação ambiental; C – Redução do desmatamento; D – Redução do risco de queimadas e conservação do solo, da água e da biodiversidade; E – Proteção de mananciais de abastecimento público; F – Identificação e mitigação de fontes de poluição; G – Controle de edificações irregulares; H – Unidades de conservação; I – Legislação ambiental municipal; (-): não considerado frequente. Os subitens correspondem às ações específicas implementadas pelos municípios, organizados conforme a frequência de ocorrência no período de 2021 a 2024. **Fonte:** Piauí (2021; 2022; 2023; 2024), elaborado pela autora (2026).

A análise inferencial por regressão linear (Figura 4) evidencia comportamentos distintos entre os municípios. Oeiras ($p = 0,092$) e Wall Ferraz ($p = 0,174$) apresentam variação positiva ao longo do tempo, porém sem significância estatística ao nível convencional. Cajazeiras do Piauí ($p = 0,000$) apresenta tendência de redução significativa na pontuação. Simplício Mendes ($p = 0,801$) apresenta comportamento estável, enquanto Tanque do Piauí ($p = 0,671$) não apresenta tendência linear definida. O município de São João da Varjota não foi incluído na análise inferencial devido à presença de dados em apenas em 2021, inviabilizando o ajuste do modelo.

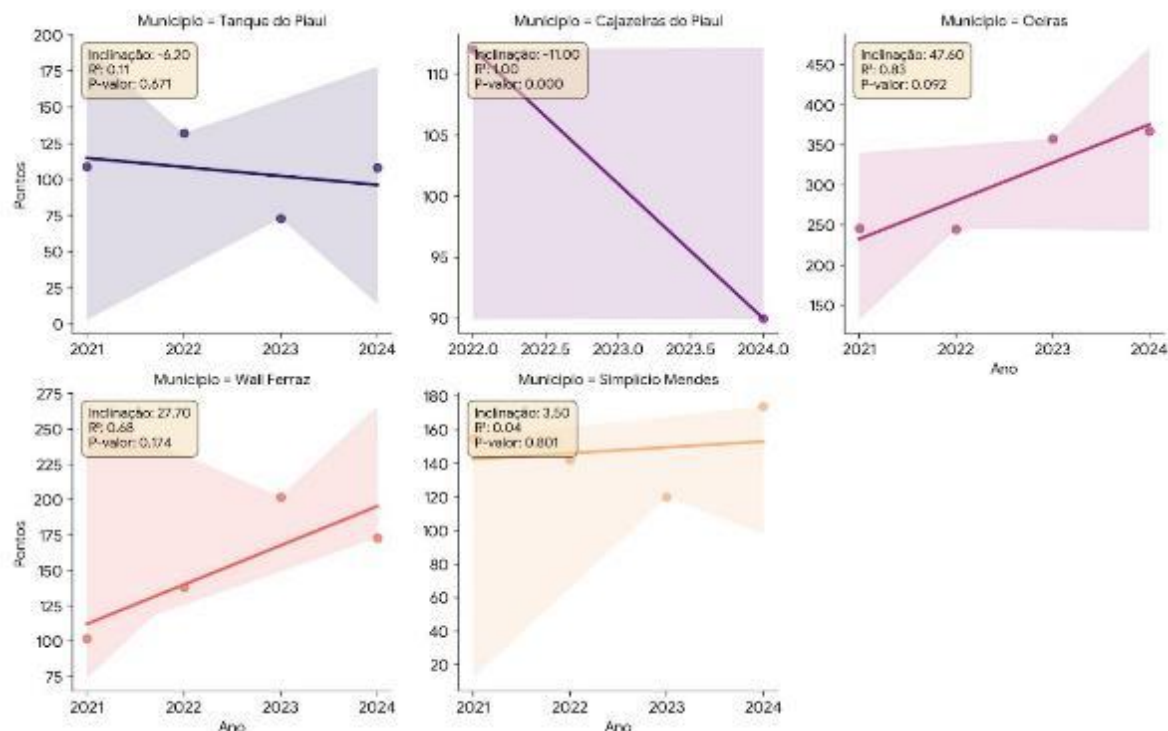


Figura 4 – Análise de regressão linear da pontuação ambiental municipal (2021-2024). **Fonte:** Elaborado pela autora (2026).

A análise de agrupamento hierárquico (Figura 5) permitiu identificar padrões de similaridade entre os municípios ao longo do período analisado resultando na formação de dois clusters principais. O primeiro cluster reúne Wall Ferraz (2021 e 2022), Oeiras (2021) e Tanque do Piauí (2021 e 2022), apresentando distância praticamente nula no dendrograma, o que indica elevada similaridade entre as ações realizadas nesses municípios e anos. O segundo cluster, mais amplo, apresenta maior heterogeneidade interna e é composto por mais subagrupamentos. Entre eles, observa-se um subgrupo intermediário formado por São João da Varjota (2021), Cajazeiras do Piauí (2022), Simplicio Mendes (2022) e Oeiras (2022). Além disso, destaca-se um subgrupo maior, concentrado principalmente nos anos 2023 e 2024, incluindo Tanque do Piauí, Oeiras, Wall Ferraz, Simplicio Mendes e Cajazeiras do Piauí (2024), o que indica um padrão distinto em relação aos anos iniciais analisados.

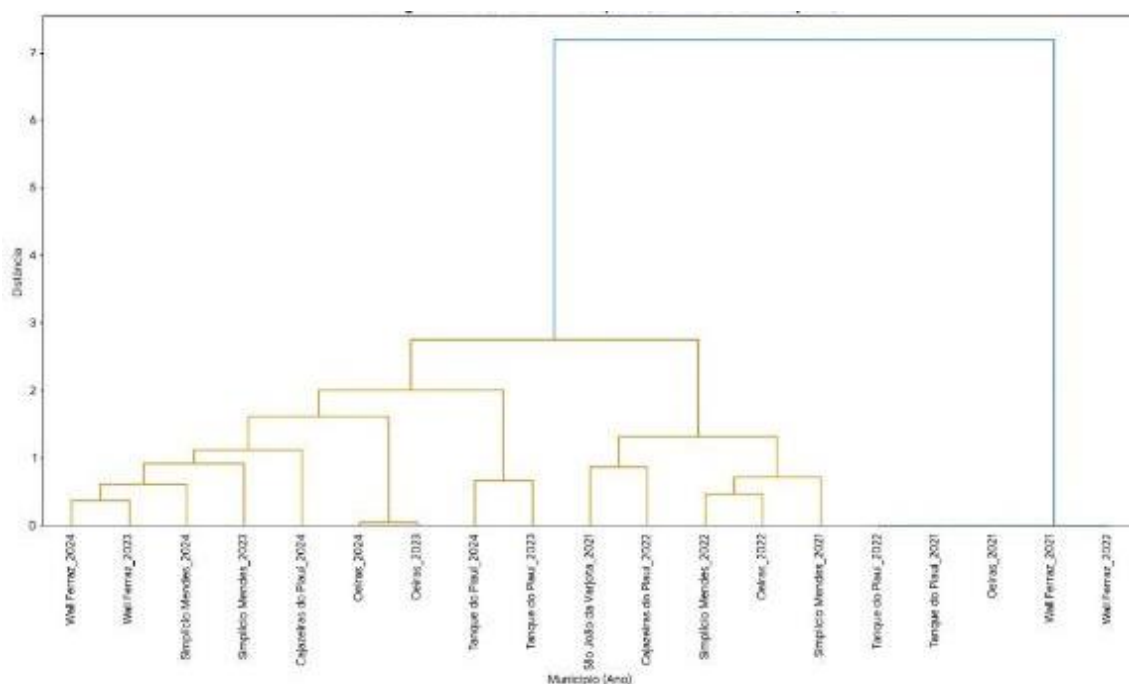


Figura 5 – Dendrograma da análise de cluster hierárquico das ações desenvolvidas pelos municípios ao longo dos anos, com base na similaridade entre as ações. **Fonte:** Elaborado pela autora (2026).

Em conjunto, os resultados evidenciam variações no desempenho entre os municípios, bem como diferenças na evolução temporal, na estrutura das ações implementadas e nos padrões de similaridade entre as estratégias de gestão ambiental.

4. DISCUSSÃO

Os resultados indicam que a variação no desempenho dos municípios no ICMS Ecológico não pode ser explicada somente pela capacidade institucional, estando também relacionada à forma como os incentivos são internalizados no nível local. Observa-se a ocorrência de um efeito de substituição institucional, no qual gestores tendem a priorizar ações de rápida conformidade e menor custo, em detrimento de intervenções estruturais e de longo prazo. Nesse contexto, o instrumento fiscal passa a induzir uma lógica orientada à maximização de receita, deslocando a gestão ambiental para o cumprimento formal de critérios. Esse padrão, já identificado na literatura sobre incentivos fiscais ambientais, pode comprometer a efetividade da política ao gerar viés na alocação de esforços e enfraquecer o planejamento ambiental orientado a problemas locais (Jatobá, 2005; Petry, 2009; Franca, 2017). Assim, os resultados sugerem que, no contexto analisado, o ICMS Ecológico opera predominantemente como um mecanismo de indução administrativa, com limitações quanto à promoção de mudanças ambientais efetivas.

Embora municípios como Oeiras e Simplício Mendes apresentem melhor desempenho, esse resultado não se traduz diretamente em maior efetividade ambiental, tampouco se explica de forma linear por fatores econômicos. A literatura demonstra que o desempenho da gestão ambiental municipal depende de um conjunto mais amplo de fatores institucionais e organizacionais, incluindo capacidade administrativa, coordenação intersetorial e uso de instrumentos de governança (Leme, 2016; Rezende; Dalmácio, 2019). Nesse sentido, a predominância do Selo A ao longo do período analisado, mesmo em contextos com limitações estruturais, sugere que os critérios de certificação podem não refletir adequadamente a qualidade ambiental dos municípios, indicando uma possível dissociação entre desempenho formal e resultados ambientais efetivos.

O caso de Tanque do Piauí reforça essa interpretação. O município apresentou declínio no desempenho a partir de 2022, principalmente nos critérios relacionados à redução do desmatamento e das queimadas, o que é coerente com as dinâmicas recentes de Uso e Cobertura da Terra. Sá *et al.* (2025) apontam expansão expressiva de áreas não vegetadas nesse município, associada ao avanço da agropecuária e à conversão da vegetação nativa. A coexistência entre deterioração de indicadores ambientais e fragilidade no desempenho institucional mostra os limites na capacidade do ICMS Ecológico de induzir mudanças efetivas no território.

Esse cenário reflete um problema mais amplo de estrutura de incentivos. Políticas ambientais tendem a ser menos adotadas quando implicam custos econômicos diretos em contextos de forte pressão produtiva (Peng *et al.*, 2021). Nos municípios inseridos no Cerrado, os retornos de curto prazo associados ao agronegócio frequentemente superam os estímulos financeiros proporcionados pela política ambiental, reduzindo sua capacidade de indução (Brandão; Cardoso; Garrett, 2025). Além disso, a literatura destaca que a gestão ambiental municipal enfrenta limitações estruturais, como pressões econômicas, expansão territorial desordenada e dificuldades de controle e fiscalização (Castelo; Adami; Santos, 2020).

No que se refere à implementação das ações, observa-se um padrão seletivo, com predominância de medidas normativas, educativas e operacionais, caracterizadas por menor custo e maior viabilidade de execução. Embora esse comportamento esteja alinhado a evidências empíricas recentes (Lui; Assunção, 2024; Felipetto *et al.*, 2024), ele também revela uma limitação estrutural do modelo de pontuação, que foca no cumprimento formal de critérios ao invés da efetividade das ações. Como consequência,

o atendimento aos requisitos pode não resultar em limitações na promoção de melhorias ambientais, sobretudo em temas estruturais, como controle do desmatamento, gestão de resíduos sólidos e recuperação de áreas degradadas.

A baixa incidência de ações mais complexas, como a implementação de sistemas adequados de gestão de resíduos sólidos e a criação de unidades de conservação, reforça a existência de barreiras institucionais e restrições orçamentárias (Leme, 2016). Nesse contexto, o ICMS Ecológico, embora relevante como mecanismo de indução, tende a reproduzir desigualdades preexistentes na capacidade de implementação entre municípios, principalmente na ausência de apoio técnico e de instrumentos complementares de financiamento.

Essa dinâmica contribui para explicar a discrepância observada entre certificação e qualidade ambiental. Municípios com elevado desempenho formal, como Oeiras, ainda apresentam problemas ambientais relevantes, a exemplo do assoreamento do Rio Canindé. Esse padrão sugere que a certificação está mais associada ao cumprimento de exigências administrativas do que à resolução efetiva de problemas ambientais. Conforme argumentam Sauquet *et al.* (2014), a eficácia de transferências fiscais condicionadas depende da incorporação de indicadores capazes de capturar resultados ambientais concretos.

A análise de agrupamento mostrou variações temporais relevantes dentro dos próprios municípios, indicando mudanças nos padrões de implementação ao longo do tempo. A indisponibilidade de dados detalhados para determinados períodos (2021–2022), nos casos de Tanque do Piauí, Oeiras e Wall Ferraz, limita a compreensão dessas dinâmicas e aponta para fragilidades na organização e sistematização das informações. Essa lacuna também reduz as possibilidades de monitoramento externo e reforça a necessidade de avanços em transparência e gestão de dados no âmbito da política.

Diante desses resultados, torna-se evidente a necessidade de aprimoramentos no modelo do ICMS Ecológico no estado do Piauí. A elevada quantidade de subitens pode dispersar os esforços administrativos e comprometer a efetividade da política (Barbosa; Resende, 2024). Nesse sentido, uma revisão dos critérios, com maior ênfase em ações estratégicas e na avaliação de resultados ambientais, pode contribuir para alinhar o instrumento aos impactos efetivos no território.

Assim, destaca-se a importância de incorporar critérios voltados à conservação de áreas ecotonais, especialmente no Vale do Canindé, caracterizado por elevada diversidade florística e ocorrência de espécies raras (Sá *et al.*, 2023; Mota; Paulsen, 2024;

Baião *et al.*, 2025). A ausência de indicadores específicos para esses ambientes representa uma lacuna relevante, considerando que instrumentos fiscais podem induzir a conservação quando incorporam métricas sensíveis à qualidade ecológica (Brito; Marques, 2017; Costa, 2018). Dessa forma, a inclusão de critérios voltados à proteção de ecótonos, de espécies endêmicas e espécies de distribuição restrita, associada à criação e consolidação de unidades de conservação, pode fortalecer o alinhamento da política à conservação da biodiversidade regional.

5. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo indicam que o ICMS Ecológico, no Território de Desenvolvimento Vale do Canindé atua como um mecanismo de indução administrativa, visto pela elevada frequência de certificações em níveis superiores (Selo A). No entanto, esse desempenho formal não resulta de maneira consistente em melhorias ambientais efetivas, revelando uma dissociação entre o cumprimento dos critérios de certificação e a qualidade ambiental observada nos municípios analisados.

A implementação da política mostra-se seletiva e concentrada em ações de menor complexidade institucional, como instrumentos normativos, atividades de educação ambiental e medidas operacionais de baixo custo, enquanto intervenções estruturais, que demandam maior capacidade técnica e investimento, apresentam baixa incidência. Essa configuração limita o potencial do instrumento em promover mudanças ambientais mais robustas, especialmente em áreas críticas como gestão de resíduos sólidos, recuperação de áreas degradadas e conservação da biodiversidade.

Embora fatores institucionais e econômicos influenciem a capacidade de implementação municipal, eles não explicam isoladamente os padrões observados. Em contextos de maior pressão produtiva, como no município de Tanque do Piauí com expansão agropecuária, os incentivos financeiros do ICMS Ecológico têm se mostrado insuficientes para induzir transformações estruturais no uso e na gestão do território, reduzindo sua efetividade como instrumento de política ambiental.

Dessa forma, para ampliar as ações ambientais provenientes de incentivos do ICMS Ecológico, recomenda-se a revisão dos critérios de certificação, com maior ponderação para ações de alto impacto ecológico e a incorporação de indicadores orientados a resultados, incluindo a criação de critérios específicos voltados à conservação de áreas ecotonais, em razão de sua relevância para a biodiversidade regional; nesse contexto, o aprimoramento do instrumento, aliado ao fortalecimento da

governança ambiental municipal, constitui condição essencial para alinhar os incentivos fiscais aos desafios ambientais efetivos do território.

REFERÊNCIAS

Baião, A. C. L.; Marcusso, G. M.; Tonelotto, M. A. Importância de áreas de ecótono para a conservação da biodiversidade. **Revista do Instituto Florestal**, 2025. Disponível em: <https://rif.emnuvens.com.br/revista/article/view/945>. Acesso em: 26 abr. 2026.

Barbosa, F. L. S.; Resende, S. N. B. ICMS ecológico como instrumento do desenvolvimento sustentável no estado do Piauí: análise dos critérios legais adotados para certificação ambiental pelo município de Teresina no período de 2018–2022. **Revista do TCU**, Brasília, v. 154, n. 1, p. 52–77, 2024.

Brandão, J.; Cardoso, F. C.; Garrett, R. Why has the Brazilian Cerrado been left behind by voluntary environmental policies? **Global Environmental Change**, [S. l.], v. 92, p. 103005, 2025. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2025.103005.

Brito, R. O.; Marques, C. F. Pagamento por serviços ambientais: uma análise do ICMS Ecológico nos estados brasileiros. **Planejamento e Políticas públicas**, n. 49, p. 1–30, 2017. Disponível em: <https://ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/727>. Acesso em: 26 abr. 2026.

Bueno, P. H. D. C.; Nascimento, C. S. D. S. Território Vale do Canindé (PI): uma análise de suas vulnerabilidades socioespaciais a partir das condições econômicas. **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, [S. l.], v. 20, n. 3, p. 143–164, 2022.

Castelo, T. B.; Adami, M.; Santos, R. B. N. Fronteira agrícola e a política de priorização dos municípios no combate ao desmatamento no estado do Pará, Amazônia. **Estudos Sociedade e Agricultura**, [S. l.], v. 28, n. 2, p. 434–457, 2020. DOI: 10.36920/esa-v28n2-8.

Castro, A. A. J. F. Unidades de planejamento: uma proposta para o estado do Piauí com base na dimensão diversidade de ecossistemas. **Publicações Avulsas em Conservação de Ecossistemas**, Teresina, v. 18, p. 1–28, 2007.

CEPRO. Superintendência. Produto interno bruto dos territórios do Piauí 2020. Teresina, 2023. 43 p. Disponível em: www.cepro.pi.gov.br. Acesso em: 11 jan. 2025.

Costa, D. S. ICMS ecológico: análise sobre a eficácia da política de incentivo à conservação da biodiversidade. 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/11950>. Acesso em: 26 abr. 2026.

Felipetto, M. R. Z.; Ferrari, E. O.; Bertolini, G. R. F. Dal Vesco, D. C. Influência do ICMS ecológico para a efetividade da gestão ambiental. **Informe GEPEC**, v. 28, n. 1, p. 144–163, 2024. Franca, T. S. S. ICMS ecológico em Sergipe: proposta de incentivo à implementação de políticas ambientais. 2017. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/11985>. Acesso em: 26 abr. 2026.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área da unidade territorial: área territorial brasileira, 2025. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 11 set. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa agropecuária. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/>. Acesso em: 11 set. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PIB *per capita*. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/>. Acesso em: 11 set. 2025.

Jatoba, J. **A coordenação entre as políticas fiscal e ambiental no Brasil: a perspectiva dos governos estaduais**. Santiago do Chile: Cepal, 2005. 61p

Leme, T. N. Governança ambiental no nível municipal. In: **Governança ambiental no Brasil**. Brasília: IPEA, 2016. p. 147–180.

Lui, L.; Assunção, P. O ICMS ecológico como um instrumento de política ambiental no Brasil. **Revista Direito GV**, [S. l.], v. 20, p. e2417, 2024.

Mota, C. R.; Paulsen, S. Recursos biológicos e biodiversidade. In: BAUMANN, Renato (coord.). **Indicadores quantitativos da OCDE e o Brasil: meio ambiente**. Rio de Janeiro: Ipea; CEPAL, 2024. v. 5, p. 183–224. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/9786556350752cap5>

Oliveira, F. A.; Grzebieluckas, C.; França, R. N. C. ICMS ecológico versus ICMS produção agrícola: uma abordagem com base no método custo de oportunidade. **Ambiente & Sociedade**, [S. l.], v. 25, p. e1843, 2022.

Peng, W.; Kim, S. E.; Purohit, P.; Urpelainen, J.; Wagner, F. Incorporating political feasibility concerns into the evaluation of India's clean air policies. **One Earth**, [S. l.], v. 4, n. 8, p. 1163–1174, ago. 2021. DOI: 10.1016/j.oneear.2021.07.004.

Petry, K. Á. A utilização de incentivos fiscais de ICMS como instrumento de política ambiental. 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/23241>.

Piauí. Decreto nº 14.861, de 15 de junho de 2012. Regulamenta a Lei Ordinária nº 5.813, de 3 de dezembro de 2008. Teresina: Governo do Estado do Piauí, 2012.

Piauí. Decreto nº 16.445, de 26 de fevereiro de 2016. Altera o Decreto nº 14.861, de 15 de junho de 2012, que dispõe sobre as diretrizes de concessão do Selo Ambiental para os municípios atenderem aos critérios estabelecidos na Lei Ordinária nº 5.813, de 3 de dezembro de 2008.

Piauí. Decreto nº 19.042, de 22 de junho de 2020. Dispõe sobre o procedimento para certificação do Selo Ambiental aos municípios conforme Lei Ordinária nº 5.813 de 2008 (Lei do ICMS Ecológico) e revoga os Decretos nº 14.861 de 2012 e 16.445 de 2016. Teresina: Governo do Estado do Piauí, 2020.

Piauí. Decreto nº 21.996, de 19 de abril de 2023. Altera o Decreto Estadual nº 19.042, de 22 de junho de 2020, que dispõe sobre o procedimento para certificação no Selo

Ambiental aos municípios conforme a Lei Ordinária nº 5.813, de 3 de dezembro de 2008 (Lei do ICMS Ecológico).

Piauí. Lei nº 5.813, de 3 de dezembro de 2008. Cria o ICMS ecológico para beneficiar municípios que se destaquem na proteção ao meio ambiente e dá outras providências.

Piauí. Lei nº 6.581, de 23 de setembro de 2014. Altera a Lei nº 5.813, de 3 de dezembro de 2008, que trata do repasse da parcela do ICMS ecológico para os municípios que se destaquem na proteção do meio ambiente.

Rezende, A. J.; Dalmácio, F. Z. Características determinantes no desempenho ambiental dos municípios paulistas. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 53, n. 2, p. 1–23, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/YmkgxN7F97FbMpFfkyB5L8z/>. Acesso em: 26 abr. 2026.

Sá, A. A.; Barbosa, D. L. S.; Abreu, M. C.; Santos-filho, F. S. Land use and land cover dynamics and their economic determinants in the Canindé Valley, Piauí, Brazil. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 19, n. 10, p. e13550, 2025. DOI: 10.24857/rgsa.v19n10-061.

Sauquet, A.; Marchand, S.; Féres, J. G. Protected areas, local governments, and strategic interactions: the case of the ICMS ecológico in the Brazilian state of Paraná. **Ecological Economics**, [S. l.], v. 107, p. 249–258, 2014.

Singh, S. *et al.* Do natural resources impact economic growth: an investigation of P5+1 countries under sustainable management. **Geoscience Frontiers**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 101595, 2024.

Spanholi, M. L.; Young, C. E. F.; Videira, J. A. M. A importância do ICMS ecológico para os municípios de Mato Grosso. **Novos Cadernos NAEA**, [S. l.], v. 26, n. 2, 2023.

APÊNDICE A

Apêndice A - Itens, subitens e pontuação para aquisição do Selo Ambiental em municípios piauienses.

Item	Subitem	Pontos
A – Gerenciamento de Resíduos Sólidos Pontuação Mínima: 30 (trinta) pontos	A.1 Destinação final ambientalmente adequada de resíduos em aterro sanitário, em funcionamento, de acordo com as normas técnicas	20
	A.2 Possuir serviço regular de coleta seletiva	08
	A.3 Possuir serviço regular de coleta, transbordo e transporte de resíduos sólidos e de limpeza pública abrangendo varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos	06
	A.4 Possuir serviço regular de coleta, transbordo e transporte de resíduos de serviço de saúde.	04
	A.5 Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	04

	A.6 Possuir local de entrega voluntária de resíduos sólidos recicláveis	01 até 04
	A.7 Ações de incentivo e estímulo a cooperativas, associações e/ou outras modalidades de mobilização de trabalhadores de coleta e seleção de materiais recicláveis	06
B - Educação ambiental Pontuação Mínima: 16 (dezesseis) pontos	B.1 Capacitação de recursos humanos municipais sobre dimensão ambiental	02 até 08
	B.2 Formação complementar de professores voltada à dimensão ambiental	02 até 08
	B.3 Treinamento de técnicos e gestores do órgão local de meio ambiente	01 até 08
	B.4 Desenvolvimento de estudos e pesquisas relacionados à dimensão ambiental	04 até 08
	B.5 Promoção e divulgação de material educativo	01 até 04
	B.6 Ações de educação ambiental em âmbito escolar	04 até 12
	B.7 Atividades sociais de educação ambiental	02 até 08
C - Redução do índice de desmatamento Pontuação mínima: 20 (vinte) pontos	C.1 Redução do desmatamento.	06
	C.2 Identificação e monitoramento de áreas degradadas	10
	C.3 Execução de ações de recuperação de áreas degradadas	05 até 20
	C.4 Controle e gerenciamento de autorizações florestais de competência municipal	04
	C.5 Plantio anual de mudas de espécies nativas em quantidade relativa à população do município.	04 até 08
D - Redução do risco de queimadas, conservação do solo, da água e da biodiversidade Pontuação mínima: 20 (vinte) pontos	D.1 Existência de brigada pública municipal de combate a incêndios florestais	20
	D.2 Execução de ações de combate às mudanças climáticas	10
	D.3 Apoio e cooperação com brigada privada de combate a incêndios florestais	04
	D.4 Brigadas temporárias de combate a incêndio (quando não possuir brigada pública municipal)	04
	D.5 Plano de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais e Queimadas	02
	D.6 Execução de ações de proteção de matas ciliares	02 até 08
	D.7 Execução de ações de proteção do solo	02 até 08
	D.8 Treinamento qualificado para combate a incêndios florestais por órgão oficial	06
	D.9 Execução de ações de monitoramento e/ou proteção da fauna silvestre incluída nas listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção	04 até 08
	D.10 Execução de ações de promoção do bem-estar animal	04 até 12

E - Proteção de mananciais de abastecimento público Pontuação mínima: 14 (quatorze) pontos	E.1 Cobertura da rede de esgotamento sanitário	Yx0,2
	E.2 Execução de ações de proteção de nascentes	02 até 08
	E.3 Execução de ações de recuperação e preservação de recursos hídricos (águas subterrâneas e superficiais)	04 até 16
F - Identificação e mitigação das fontes de poluição Pontuação mínima: 20 (vinte) pontos	F.1 Campanhas educativas ou de combate e controle da poluição sonora	04
	F.2 Campanhas educativas ou de combate da poluição atmosférica e mudanças climáticas	04
	F.3 Campanhas educativas ou de combate e controle da poluição visual	04
	F.4 Planejamento e estruturação da fiscalização ambiental municipal	04
	F.5 Exercício da fiscalização de fontes de poluição sonora.	08
	F.6 Exercício da fiscalização de fontes de poluição visual	08
	F.7 Exercício da fiscalização de fontes de poluição atmosférica	08
G - Edificações irregulares Pontuação mínima: 14 (quatorze) pontos	G.1 Estrutura institucional de controle da aplicação da lei municipal de uso e ocupação do solo	06
	G.2 Controle efetivo de uso e ocupação do solo do município (quando possuir lei municipal de uso e ocupação do solo)	04
	G.3 Exercício de fiscalização de irregularidades na aplicação da norma de uso e ocupação do solo (quando possuir lei municipal de uso e ocupação do solo)	06
	G.4 Proposta de requalificação urbana em execução durante o período de apuração	08
	G.5 Mapeamento atualizado de assentamentos precários e edificações irregulares	08
H - Unidades de conservação Pontuação mínima: 14 (quatorze) pontos	H.1 Incidência territorial de unidade de conservação (federal, estadual ou municipal)	08 até 12
	H.2 Estrutura física de unidade de conservação municipal: existência de sede administrativa	04
	H.3 Instituição plano de manejo da unidade de conservação municipal	06
	H.4 Demarcação dos limites da unidade de conservação municipal	04
	H.5 Existência do conselho gestor da unidade de conservação municipal	06
I - Legislação sobre a política municipal de meio ambiente. Pontuação mínima: 20 (vinte) pontos	I.1 Política Municipal de Combate às Mudanças Climáticas	06
	I.2 Instituição de cobrança por serviço de coleta, remoção e destinação de resíduos sólidos	06
	I.3 Política Municipal de Meio Ambiente	06
	I.4 Órgão Municipal de Meio Ambiente	06
	I.5 Fundo Municipal do Meio Ambiente	06

	I.6 Legislação de controle da poluição sonora	06
	I.7 Legislação de controle da poluição visual	02
	I.8 Legislação de controle da poluição atmosférica	02
	I.9 Legislações específicas sobre o licenciamento ambiental municipal	02
	I.10 Legislação de promoção do bem-estar animal	04

Fonte: Piauí (2024), disponível em www.semar.pi.gov.br.

APÊNDICE B

Apêndice B - Itens, subitens e pontuação adquirida pelos municípios para aquisição do Selo Ambiental pelo período de 2021 a 2024.

Municípios	Ano	Itens atendidos	Subitens atendidos	TP	Selo
Tanque do Piauí	2021	B, D, F, G, I	Não identificado	109	Selo B
	2022	B, C, D, F, G, I	Não identificado	132	Selo A
	2023	B, H, I	B.5;B.6;B.7 H.1 I.1;I.2;I.3;I.4;I.6;I.7;I.8	73	Selo C
	2024	B, E, I	B.6;B.7 E.2;E.3 I.1;I.2;I.3;I.5;I.6;I.7;I.8;I.9	108	Selo C
Cajazeiras do Piauí	2022	C, D, F, G, I	C.1 D.1;D.2 F.1;F.2;F.3;F.4;F.5 G.1;G.2 I.1;I.2;I.3	112	Selo B
	2024	E, F, G, I	E.2;E.3 F.1;F.2;F.3;F.5;F.7 G.2;G.3 I.2;I.3;I.4;I.6;I.7;I.8	90	Selo B
Oeiras	2021	A, B, C, D, E, F, G, I	Não identificado	246	Selo A
	2022	A, B, C, D, E, F, G, I	A.1;A.2;A.4;A.5;A.6;A.7;A.8 B.1;B.3;B.4;B.5 C.1; D.1;D.2 E.1;E.2;E.3;E.4 F.1;F.3;F.4 G.1;G.2;G.3 I.1;I.2;I.4	245	Selo A
	2023	A, B, C, D, E, F, G, H, I	A.2;A.3;A.4;A.5;A.6;A.7 B.1;B.2;B.3;B.4;B.5;B.6;B.7 C.2;C.3;C.4;C.5 D.1;D.2;D.5;D.6;D.7;D.8;D.9; D.10 E.1;E.2;E.3 F.1;F.2;F.3;F.4;F.5;F.6;F.7 G.1;G.2;G.3;G.4;G.5 H.1;H.2;H.3;H.4;H.5 I.1;I.2;I.3;I.4;I.5;I.6;I.7;I.8;I.9;I.10	358	Selo A
	2024	A, B, C, D, E, F, G, H, I	A.2;A.3;A.4;A.5;A.6;A.7 B.1;B.2;B.3;B.4;B.5;B.6;B.7 C.1;C.2;C.3;C.4;C.5 D.1;D.2;D.5;D.6;D.7;D.8;D.9; D.10 E.1;E.2;E.3 F.1;F.2;F.3;F.4;F.5;F.6;F.7 G.1;G.2;G.3;G.4;G.5 H.1;H.2;H.3;H.4;H.5 I.1;I.2;I.3;I.4;I.5;I.6;I.7;I.8;I.9;I.10	367	Selo A

São João da Varjota	2021	B, F, G	B.1;B.3;B.4 F.1;F.2;F.3;F.4 G.1;G.2 I.1;I.2;I.4	86	Selo C
Wall Ferraz	2021	B, C, F, G, I	Não identificado	102	Selo B
	2022	B, C, E, F, G, I	Não identificado	138	Selo A
	2023	B, D, E, F, G, H, I	B.1;B.2;B.3;B.5;B.7 D.1;D.5;D.6;D.10 E.2;E.3 F.1;F.2;F.3;F.5 G.1;G.2;G.3;G.4 I.1;I.2;I.3;I.4;I.5;I.6;I.7;I.8	202	Selo A
	2024	B, C, D, E, F, G, I	B.1;B.2;B.3;B.5 C.3;C.5 D.1;D.5;D.6;D.10 E.2;E.3 F.1;F.2;F.3;F.5 G.1;G.2;G.4 I.1;I.2;I.4;I.5;I.6;I.7	173	Selo A
Simplício Mendes	2021	A, C, D, E, F, F, I	A.1;A.2;A.4;A.5;A.6;A.7;A.8 C.1; D.1;D.2 E.1;E.2;E.4 F.1;F.2;F.3;F.4 I.1;F.3;F.4	155	Selo A
	2022	A, B, C, D, F, G, I	A.1;A.2;A.4;A.5;A.6;A.8 B.2;B.3;B.4;B.5 C.1 D.1;D.2 E.1;E.2;E.4 F.1;F.2;F.3;F.4 G.1 I.1;I.3;I.4	142	Selo A
	2023	B, C, D, E, F, H, I	B.3;B.5;B.7 D.1;D.5;D.6;D.8;D.10 E.2;E.3 F.1;F.2;F.3;F.5;F.6 H.1;H.3;H.4;H.5 I.2;I.4;I.6;I.7;I.8;I.9	120	Selo A
	2024	B, D, E, F, G, H, I	B.1,2,3,5,6 D.1,5,8,10 F.1,2,3,5,6 G.2, 4 I.1,2,3,4,5,6,7,8,9	174	Selo A

Legenda: A - Gerenciamento de Resíduos Sólidos; B- Educação ambiental; C - Redução do índice de desmatamento; D - Redução do risco de queimadas, conservação do solo, da água e da biodiversidade; E - Proteção de mananciais de abastecimento público; F - Identificação e mitigação das fontes de poluição; G - Edificações irregulares; H - Unidades de conservação; I - Legislação sobre a política municipal de meio ambiente. TP – Total de Pontos.

Fonte: Piauí (2021;2022;2023;2024), elaborado pela autora (2026).

Observação: Para a maioria dos municípios, não foi possível identificar os subitens cumpridos nos anos de 2021 e 2022, devido à indisponibilidade dos respectivos processos por parte da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH), visto que, para o referido período.

CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE

Esta tese demonstra que o Território de Desenvolvimento Vale do Canindé configura-se como uma área de elevada relevância biológica no contexto do semiárido nordestino, sobretudo em função da expressiva faixa ecotonal Cerrado–Caatinga. Essa zona de transição concentra alta diversidade florística, incluindo espécies raras, endêmicas e novos registros para o estado do Piauí, reafirmando seu papel estratégico na conservação da biodiversidade regional.

Os estudos florísticos e fitossociológicos desenvolvidos contribuíram significativamente para a ampliação do conhecimento sobre a flora local, ao evidenciar a complexidade estrutural e funcional desses ambientes ecotonais. Tais resultados reforçam a importância de investigações sistemáticas em áreas de transição, não apenas para o refinamento das classificações fitogeográficas, mas também para a compreensão do caráter dinâmico da paisagem vegetal, incluindo processos sucessionais, a dinâmica dos ecótonos e as respostas da vegetação frente aos distúrbios naturais e, sobretudo, antrópicos.

Os resultados apresentados nos artigos que compõem esta tese indicam que a biodiversidade do Vale do Canindé encontra-se sob crescente pressão, principalmente em decorrência da expansão agropecuária e da intensificação do uso e da ocupação da terra. Esse processo manifesta-se de forma mais acentuada no município de Tanque do Piauí, onde a atividade agrícola vem avançando por meio de investimentos do setor privado voltados à implantação de grandes empreendimentos, especialmente para o cultivo de soja. Todavia, os benefícios econômicos associados a esse modelo produtivo concentram-se majoritariamente em agentes externos, proprietários das terras e do capital investido, resultando em retornos socioeconômicos limitados para a população local.

A análise temporal do Uso e Cobertura da Terra mostrou uma redução contínua da vegetação nativa, concomitante ao aumento expressivo das áreas antrópicas, sobretudo em municípios com forte dependência do setor primário, o que caracteriza um padrão de desenvolvimento territorial ambientalmente insustentável. Embora Tanque do Piauí apresente uma agricultura mais organizada e tecnificada, é também o município que concentra os maiores níveis de degradação ambiental, reforçando o caráter exógeno, concentrador e ambientalmente oneroso desse modelo de exploração.

Paralelamente, observa-se que, em outras áreas de estudo do Vale do Canindé, a expansão agropecuária ocorre predominantemente em nível de subsistência, associada a tecnologias pouco desenvolvidas, à maior concentração populacional e à carência de

investimentos estruturantes e de políticas públicas voltadas ao fortalecimento da produção agrícola sustentável. Esse cenário amplia a pressão sobre os remanescentes de vegetação nativa e compromete a conservação tanto da Caatinga, que é uma vegetação exclusivamente brasileira, quanto do Cerrado, reconhecido como *hotspot* de biodiversidade, ambos submetidos a um processo contínuo e acelerado de degradação.

A integração entre os dados ecológicos, espaciais e institucionais permitiu identificar uma desconexão estrutural entre as dinâmicas de conservação ambiental e a implementação das políticas públicas no território. Embora o ICMS Ecológico represente um avanço como instrumento de incentivo fiscal, sua efetividade mostrou-se limitada, operando predominantemente sob a lógica da conformidade administrativa. Os municípios tendem a priorizar ações de baixo custo e fácil execução para a obtenção do Selo Ambiental, sem que isso necessariamente se traduza em ganhos ecológicos estruturais, como a redução do desmatamento, o controle sistemático das queimadas ou a gestão adequada dos resíduos sólidos.

Dessa forma, esta tese constata que a política do ICMS Ecológico, tal como implementada no estado do Piauí, carece de revisões normativas e operacionais que promovam a vinculação direta entre os incentivos financeiros e resultados ambientais mensuráveis. A ausência dessa articulação compromete seu potencial como instrumento eficaz de conservação da biodiversidade e de ordenamento territorial sustentável.

Conclui-se que a conservação da biodiversidade no Vale do Canindé demanda estratégias integradas que articulem o conhecimento científico sobre a flora, o monitoramento contínuo das mudanças no Uso e Cobertura da Terra e a reformulação das políticas públicas ambientais. O planejamento territorial deve avançar para além da mera formalidade legal, incorporando critérios ecológicos mais rigorosos, mecanismos de avaliação de impactos ambientais e maior participação social, de modo a conciliar, de forma efetiva, o crescimento econômico com a proteção ambiental no semiárido piauiense.

Com base nos resultados obtidos e nas lacunas identificadas, recomenda-se a continuidade das pesquisas nas áreas amostradas por meio de monitoramentos de longo prazo, com o objetivo de acompanhar as trajetórias sucessionais da vegetação e compreender como a estrutura e a composição florística respondem, ao longo do tempo, às pressões antrópicas e às variações climáticas. Esse acompanhamento permitirá identificar padrões dinâmicos, taxas de regeneração e possíveis mudanças de estado nos

ecossistemas estudados, contribuindo para previsões mais robustas sobre sua resiliência e estabilidade.

Sugere-se também, a realização de estudos integrados envolvendo análises detalhadas dos solos e das condições microclimáticas nas diferentes fitofisionomias, a fim de estabelecer correlações consistentes entre variáveis ambientais e os padrões de distribuição das espécies, aprofundando a compreensão dos processos que estruturam os ecótonos. Por fim, recomenda-se ampliar as abordagens de biodiversidade para além do nível taxonômico, incorporando análises de diversidade genética em populações de espécies-chave (ameaçadas, endêmicas ou pioneiras), como forma de avaliar sua resiliência adaptativa e fornecer subsídios técnicos mais precisos para estratégias de conservação e restauração ecológica.

ANEXO I - Autorização para atividades com finalidade científica.



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 92871-1	Data da Emissão: 13/03/2024 13:56:43	Data da Revalidação*: 13/03/2025
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: ANTONIA ALIKAENE DE SÁ	CPF: 007.841.913-10
Título do Projeto: Autorização para coleta e transporte de material botânico durante minha pesquisa de Tese intitulada: ESTUDO FLORÍSTICO E ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA NO TERRITÓRIO DO VALE DO CANINDÉ NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE, BRASIL	
Nome da Instituição: FUNDACAO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUI	CNPJ: 06.517.387/0001-34

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Coleta e transporte de material botânico durante estudo de florística e fitossociologia	03/2024	06/2026

Observações e ressalvas

1	Todos os membros da equipe de pesquisa devem estar cientes das recomendações e boas práticas a serem seguidas neste momento de emergência zoonosológica no Brasil devido à gripe aviária. Informe-se na página do CEMAVE na Internet: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cemave/destaques/gripe-aviaria/gripe-aviaria-1 .
2	Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
3	Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
4	Este documento não dispensa o cumprimento da Lei nº 13.123/2015, que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade.
5	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia (Decreto nº 98.830, de 15/01/90).
6	Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena, da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
7	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Portaria N°748/2022, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
8	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
9	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação do disposto nesta portaria ou em legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, pode, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou cassada pelo Instituto Chico Mendes, por meio da Coordenação Gestora do Sisbio, e está sujeito às sanções previstas na legislação vigente.
10	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infraestrutura da unidade.
11	Caso seja identificada a ocorrência de espécie exótica dentro ou no entorno de UNIDADE DE CONSERVAÇÃO FEDERAL, além de descrever no relatório de atividades, o pesquisador deve informar à equipe gestora com maior brevidade possível.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0928710120240313

Página 1/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 92871-1	Data da Emissão: 13/03/2024 13:56:43	Data da Revalidação*: 13/03/2025
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: ANTONIA ALIKAENE DE SÁ	CPF: 007.841.913-10
Título do Projeto: Autorização para coleta e transporte de material botânico durante minha pesquisa de Tese intitulada: ESTUDO FLORÍSTICO E ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA NO TERRITÓRIO DO VALE DO CANINDE NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE, BRASIL	
Nome da Instituição: FUNDACAO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUI	CNPJ: 06.517.387/0001-34

Outras ressalvas

1	Recomendamos que as coletas envolvam apenas amostras de partes das plantas e que sempre evite causar impactos nas populações de espécies ameaçadas.	CBC Brasília-DF
---	---	-----------------

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Descrição do local	Município-UF	Bioma	Caverna?	Tipo
1	Zona rural	Oeiras-PI	Cerrado	Não	Fora de UC Federal
2	Zona rural	Cajazeiras do Piauí-PI	Cerrado	Não	Fora de UC Federal
3	Zona rural	São João da Varjota-PI	Caatinga	Não	Fora de UC Federal
4	Zona rural	Simplicio Mendes-PI	Caatinga	Não	Fora de UC Federal
5	Zona rural	Wall Ferraz-PI	Caatinga	Não	Fora de UC Federal
6	Zona rural	Tanque do Piauí-PI	Cerrado	Não	Fora de UC Federal

Atividades

#	Atividade	Grupo de Atividade
1	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Fora de UC Federal

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxon	Qtde.
1	Coleta/transporte de material botânico, fúngico ou microbiológico	Plantae	-

A quantidade prevista só é obrigatória para atividades do tipo "Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ". Essa quantidade abrange uma porção territorial mínima, que pode ser uma Unidade de Conservação Federal ou um Município.

A quantidade significa: por espécie X localidade X ano.

Materiais e Métodos

#	Tipo de Método (Grupo taxonômico)	Materiais
1	Amostras biológicas (Plantas)	Flor, Folhas, Casca, Caule, Frutos/estróbilos, Madeira, Óleos/Resinas/Látex, Ramos, Raízes, Rizoma, Seiva, Semente, Perfilho/rebento

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0928710120240313

Página 2/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio

Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 92871-1	Data da Emissão: 13/03/2024 13:56:43	Data da Revalidação*: 13/03/2025
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades, no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: ANTONIA ALIKAENE DE SÁ	CPF: 007.841.913-10
Título do Projeto: Autorização para coleta e transporte de material botânico durante minha pesquisa de Tese intitulada: ESTUDO FLORÍSTICO E ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA NO TERRITÓRIO DO VALE DO CANINDÉ NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE, BRASIL	
Nome da Instituição: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUI	CNPJ: 06.517.387/0001-34

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo destino
1	FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUI	Outro

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0928710120240313

Página 3/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio

Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 92871-1	Data da Emissão: 13/03/2024 13:56:43	Data da Revalidação*: 13/03/2025
De acordo com o art. 31 da Portaria ICMBio nº 748/2022, esta autorização possui vigência equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto e validade de um ano, devendo ser revalidada anualmente, através da apresentação do relatório anual de atividades. no prazo de até 30 dias após o aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: ANTONIA ALIKAENE DE SA	CPF: 007.841.913-10
Título do Projeto: Autorização para coleta e transporte de material botânico durante minha pesquisa de Tese intitulada: ESTUDO FLORÍSTICO E ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA NO TERRITÓRIO DO VALE DO CANINDÉ NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE, BRASIL	
Nome da Instituição: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUI	CNPJ: 06.517.387/0001-34

Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com Portaria ICMBIO N° 748, Art. 24. A coleta imprevista de amostras biológicas, espécimes ou de material abiótico em unidades de conservação e cavernas, não contemplados na autorização ou na licença permanente, deve ser imediatamente anotada em campo específico do documento.

[illegible]

* Identificar o espécime do nível taxonômico possível.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº Portaria ICMBio nº 748/2022. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0928710120240313

Página 4/4