



Isorlanda Caracristi
José Mauro Palhares
Rejane Maria Lima de Sousa

BIODIVERSIDADE,
**ECOSSISTEMA E
CONSERVAÇÃO DA
NATUREZA**



OBSERVATÓRIO DO
SEMIÁRIDO

**Isorlanda Caracristi
José Mauro Palhares
Rejane Maria Lima de Sousa**

**BIODIVERSIDADE, ECOSISTEMA E CONSERVAÇÃO DA
NATUREZA**



**Isorlanda Caracristi
José Mauro Palhares
Rejane Maria Lima de Sousa**

**Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES
Semiárid Search na Extension Network/RPES**



Apoio



**BIODIVERSIDADE, ECOSISTEMA E CONSERVAÇÃO DA
NATUREZA**



2024 Fortaleza, Ceará



2024 - by Isorlanda Caracristi, José Mauro Palhares, Rejane Maria Lima de Sousa. Direitos reservados a Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES

Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/REPES- Programa de Pós-Graduação em Geografia. Centro de Ciências Humanas/CCH Av. John Sanford, s/n – Junco – Sobral/CE

Apoio: **CNPq**

Realização

Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES Semiárid Search na Extension Network/RPES

Conselho Editorial

José Falcão Sobrinho (UVA/CE), Cleire Lima da Costa Falcão (UECE/CE), Ernane Cortez Lima (UVA/CE), Raimundo Lenilde de Araujo (UFPI/PI), José Mauro Palhares (UFPB/PB)

Conselho Científico

Antonia Vanessa Silva Freire Ximenes, Cleire Lima da Costa Falcão, Cláudia Maria Sabóia de Aquino, Edson Vicente da Silva, Ernane Cortez Lima, Francisco Nataniel Batista de Albuquerque, José Mauro Palhares (UFPB/PB), Raimundo Lenilde de Araujo, Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque, Simone Ferreira Diniz

Dados Internacionais da Catalogação na Publicação Sistema de Bibliotecas

Caracristi, Isorlanda

Biodiversidade, Ecossistema e Conservação da Natureza/Isorlanda Caracristi, José Mauro Palhares, Rejane Maria Lima de Souza. Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES. Ed. *Observatório do Semiárido*, Fortaleza, 2024.

285p.

ISBN: [978-65-982446-7-5](#)

1. Biodiversidade 2. Geografia. 3. Natureza. I. Semiárido. III. Rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES. IV. Título.

CDU 371.335

Capa e Editoração: Eder Oliveira. As informações, citações e a revisão textual são de responsabilidade exclusiva dos autores

ORGANIZADORES



Isorlanda Caracristi, possui graduação em Bacharelado em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (1987) e doutorado em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (2007). Desenvolveu Estágio Pós-Doutoral junto ao Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos (LCGRH) do Departamento de Geografia da UFC. É Professora associada da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). Foi Coordenadora Adjunta do Mestrado Acadêmico em Geografia da UVA (MAG-UVA) e compõe o quadro de professores permanentes, além de colaborar com o Programa de Pós-Graduação da UECE (PROP GEO) da Universidade Estadual do Ceará. Coordena o Laboratório de Estudos Ambientais e Climáticos (LEAC) e o Grupo de Pesquisa "Estudos Geográficos de Sistemas Ambientais e Climas Intrarregionais". É editora chefe da Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS). Tem experiência e publicações na área de Geociências, com ênfase em Climatologia Geográfica, atuando principalmente nos seguintes temas: geografia física, climatologia geográfica, meio ambiente e teoria e método em geografia física. Atuou durante muitos das Diretorias da AGB Nacional e Seção Fortaleza e hoje é membro titular do Fórum Cearense de Mudanças Climáticas, Biodiversidade e Combate à Desertificação



Licenciado em Geografia e História pela Universidade do Oeste Paulista (1994), Especialista em Geografia e Planejamento Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais-PUC (1998), Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS (2005), Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Paraná - UFPR (2011) e Estágio Pós-Doutoral pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ (2018). Atualmente é Professor Adjunto do Colegiado de Geografia do Campus Oiapoque da Universidade Federal do Amapá/UNIFAP. Professor vinculado a Pós-graduação Lato Sensu em Geografia Oiapoque e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (mestrado) PP GEO/UNIFAP. Tem experiência na área de Geografia Física, com ênfase em Geomorfologia, Climatologia e Hidrografia.



Rejane Maria Lima de Sousa, Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú/UVA. Professora efetiva da rede estadual de Educação do estado do Ceará. Integrante da rede de Pesquisa e Extensão do Semiárido/RPES/CNPq.



AUTORES

Adryane Gorayeb

Doutora em Geografia, Universidade Federal do Ceará (UFC) - gorayeb@ufc.br

Andrea de Sousa Moreira

Coordenadora da Célula de Conservação da Diversidade Ambiental - CEDIB/COBIO,
Secretaria de Meio Ambiente - SEMA, Fortaleza, Ceará, Brasil - andrea.moreira@sema.ce.gov.br

Antônio Lucas Barreira Rodrigues

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Geografia/ UFC barreira_rodrigues@hotmail.com

Adinan Marzulo Maia Martins

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza

Antônio Thiago Alves Farias

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGE), da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). - bio.thiagof@gmail.com.

Andréa Karla Gouveia Cavalcanti

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia na Universidade Federal do Ceará-UFC
- andreakcavalcanti@gmail.com

Carla Bernadete Madureira Cruz

Professora Doutora titular da UFRJ - carlamad@gmail.com

Camila Esmeraldo Bezerra

Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará-UFC -
camila.esmeraldo23@gmail.com

Diego Vicente Sperle da Silva

Mestrando em Geografia, UFRJ - adinanmaia@gmail.com

Elnatan Bezerra de Souza

Professor Associado no Curso de Ciências Biológicas, da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). E-mail:
elnatan_souza@uvanet.br.

Edson Vicente da Silva

Doutor em Geografia, Professor do Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará- UFC -,
cacauceara@gmail.com

Elnatan Bezerra de Souza

Professor Doutor de Ciências Biológicas e do PROPGE da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA
elnatan_souza@uvanet.br

Francisco Laercio Pereira Braga

Doutor em Economia Rural, Universidade Estadual do Ceará (UECE) - laercio.braga@uece.br

Flávia Jorge Lima

Doutora em Geografia, Professora do Departamento de Geografia, Universidade Federal de Alagoas-UFA -
flavia.lima@delmiro.ufal.br

Flávio Rodrigues Do Nascimento

Prof. Dr. da Universidade Federal do Ceará - flaviorn@yahoo.com.br

Francisco Caio Da Silva

Geógrafo pela Universidade Federal do Ceará - caioduarte18@gmail.com

Francílio de Amorim dos Santos

Doutor em Geografia; Docente vinculado ao Instituto Federal do Piauí; e-mail: francilio.amorim@ifpi.edu.br

Francisco Laercio Pereira Braga

Doutor em Economia Rural, Universidade Estadual do Ceará (UECE), - laercio.braga@uece.br

Francisco Laercio Pereira Braga

Dr. em Economia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil - laercio.braga@uece.br

Flávio Rodrigues do Nascimento

Professor Dr. do curso de Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC), - flaviogeo@ufc.br

Francisco Hermínio Ramalho de Araújo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - netinho_serra.sr@hotmail.com

Fernando Eduardo Borges da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - fernando100borges00.1@gmail.com

Felipe Alves de Brito Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Umirim

Felipe Augusto Correia Monteiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Umirim

Glairton Cardoso Rocha

Doutor em Geografia; Docente vinculado ao Instituto Federal do Piauí; e-mail: glairtongeo@ifpi.edu.br

Gustavo Souza Valladares

Professor adjunto - UFPI, valladares@ufpi.edu.br

Isorlanda Caracristi

Professora Doutora dos Cursos de Graduação e Pós-Graduação em Geografia (PROPGE) da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA - Isorlanda_caracristi@uvanet.br

Izaíra Vasconcelos Nepomuceno

Mestre em Sistemática, Uso e Conservação da Biodiversidade, pela Universidade Federal do Ceará (UFC). E-mail: nepomucenoiv@gmail.com.

Izaias Carvalho de Sousa

Universidade Estadual Paulista – UNESP - ic.sousa@unesp.br.

Isabela Gomes Parente

Graduanda em Geografia Licenciatura da Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA, - isabelagomesparente@gmail.com

João Pedro das Neves Cardoso Pedreira 4

Doutorando em Geografia, UFRJ - diegovsperle@gmail.com

Jéssica Cristina Oliveira Frota

Doutoranda PRODEMA - UFPI, jessicauapi@hotmail.com

Jorge Eduardo de Abreu Paula

Professor adjunto -UESPI - jorgeabreupaula@yahoo.com.br

João Antonio dos Santos Costa

Técnico Integrado ao Médio em Administração no Instituto Federal do Piauí - Campus Piripiri. - e-mail: joaoantonio201925@gmail.com

Jader de Oliveira Santos

Professor Associado do Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará/ufc - jadersantos@ufc.br

João Batista Silva do Nascimento

Mestre em Botânica pela Escola Nacional de Botânica Tropical (ENBOT), do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (IBJBRJ). - bbiologo2020@gmail.com

Jander Barbosa Monteiro

Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú. E-mail: jander_monteiro@uvanet.br

José Webem Mendes de Holanda Filho

Mestrando em Geografia pela Universidade Estadual Vale do Acaraú. E-mail: webemholanda@hotmail.com

José Vitor de Sousa Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Umirim

Lavínia Souza Soares

Curso de Geografia -Bacharelado (CCH) - Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA -Campus Sobral)

Luís Henrique Ximenes Portela

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGE), da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). - ximenes849@gmail.com.

Lorena Franklin Pinto

Mestranda do Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Vale do Acaraú/PROPGE-UVA - lorenafranklin883@gmail.com

Leonardo de Sousa Rodrigues

Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE - leonardo.rodrigues@semace.ce.gov.br

Layla Thauane Mota Silva

Tecnologia em Design de Moda no Instituto Federal do Piauí - Campus Piripiri; e-mail: laylathauanemotasilva@gmail.com.

Maria Soraya Macêdo

Dra. em Ecologia e Recurso Naturais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil
mariasorayamacedo@hotmail.com

Marlene Feliciano Figueiredo

Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA - marlene_mata@uvanet.br

Mariana de Oliveira Bünger

Profa, Dra. do departamento de Biologia/ UFC - maribunger@hotmail.com

Maevy dos Santos Brito

Mestranda em Geografia, Universidade Federal do Ceará-UFC - britomaevy@gmail.com

Maria Rita Vidal

Doutora em Geografia, Professora do Departamento de Geografia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará-UNIFESSPA, - mritavidal@yahoo.com.br

Maria Soraya Macêdo

Doutor em Economia Rural, Universidade Estadual do Ceará (UECE), - laercio.braga@uece.br

Maria Antônia Xavier Soares

Graduanda em Geografia Licenciatura da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA - mariaanxs@gmail.com

Marco Túlio Mendonça Diniz

Prof. Dr. da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - tuliogeografia@gmail.com

Maria Laura Alves de Souza

Graduanda no Curso de Ciências Biológicas, da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). - marialaura411@outlook.com.

Marcelo Alves de Souza

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - marceloalvess450@gmail.com

Maria Moreira Albuquerque Souza

Mestranda em Geografia pela Universidade Estadual Vale do Acaraú -UVA - mmoreiraalbuquerque@uva.br

Thiago Rodrigues Sousa Lima

Me. em Geografia, Universidade Federal do Ceará/ufc - trsousalima@gmail.com

Sérgio Domiciano Gomes de Souza

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (PPGGEO-UFC), - sergiogsousa97@gmail.com

Thiago Rodrigues Sousa Lima

Mestre em Geografia, Universidade Federal do Ceará (UFC), - trsousalima@gmail.com

APRESENTAÇÃO

O Fórum do Semiárido ao longo de sua existência, desde 2009 foi apoiado com recursos de órgão de fomento seja o CNPq, CAPES ou FUNCAP, contemplando experiências nacionais e internacionais. Isto posto, em função dos convênios do PROPGEO/UVA realizados com as Universidade da Argentina, Estados Unidos e Portugal, ampliando as discussões e oportunizando trocas de saberes. Resultou em sua sexta edição ser denominado de Internacional. Neste contexto, a discussão do tema proposto para o **VI FÓRUM INTERNACIONAL DO SEMIÁRIDO** “A evolução do conhecimento científico e os estudos interdisciplinares: *Geodiversidade, Antropoceno, Etno-ecologia, Etno-pedologia, Etno-geomorfologia, Etno-climatologia e Biodiversidade*”, possibilita o debate interdisciplinar envolvendo, sobretudo, as ciências da Geografia, Biologia, Agronomia e Geologia, de certo outros profissionais se interessam pela temática. Contudo, busca-se no momento um diálogo com temas que permeiam nas ciências citadas e aqui são fundamentais ao interesse de nosso diálogo. De certo, os programas de pós-graduação de tais ciências proporcionaram aos acadêmicos um debate de diversos olhares, a nível teórico e metodológico. O envolvimento se deu, ainda, pela qualificada rede de periódicos envolvidos no processo, buscando conteúdos qualificados para eventuais publicações. A riqueza e diversidade das publicações expostas no *International Journal Semiarid* e *William Morris Davis – Revista de Geomorfologia*, resultantes do VIFISA oportunizou, ainda, a publicação deste livro em forma de Anais, intitulado **BIODIVERSIDADE, ECOSISTEMA E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**, tornando-se mais um agente propulsor das informações. Contudo, tal evento e as diversas publicações não seriam possíveis sem o apoio do CNPq.

Prof. Dr. José Falcão Sobrinho
Coordenador Geral do VIFISA

Apoio:



SUMÁRIO

USO E COBERTURA DA TERRA E DESAFIOS AMBIENTAIS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: ESTUDO SOBRE A APA DO ESTUÁRIO DO RIO CEARÁ (12)

Francisco Caio da Silva; Flávio Rodrigues do Nascimento

MAPEAMENTO DO RISCO DE INUNDAÇÃO DA PLANÍCIE COSTEIRA DO ESTADO DO PIAUÍ (27)

Jéssica Cristina Oliveira Frota; Gustavo Souza Valladares; Jorge Eduardo de Abreu Paula

ÍNDICES ESPECTRAIS APLICADOS A ANÁLISE DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE NASCENTES, EM ÁREA SEMIÁRIDA DO PIAUÍ (40)

Layla Thauane Mota Silva; João Antonio dos Santos Costa; Francílio de Amorim dos Santos; Glairton Cardoso Rocha

ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO NO LITORAL OESTE DO CEARÁ: UM ESTUDO DE CASO NO BAIXO CURSO DO RIO ARACATIAÇU (53)

Maria Soraya Macêdo; Francisco Laercio Pereira Braga; Thiago Rodrigues Sousa Lima; Andrea de Sousa Moreira; Jader de Oliveira Santos

MAPEAMENTO DA COBERTURA DA TERRA NO PERÍODO SECO NOS SERTÕES CEARENSES UTILIZANDO TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA (70)

Adinan Marzulo Maia Martins; Diego Vicente Sperle da Silva; João Pedro das Neves Cardoso Pedreira; Carla Bernadete Madureira Cruz

UMA ABORDAGEM FITOGEOGRÁFICA DAS FORMAÇÕES SAVÂNICAS DO CEARÁ: PADRÕES DE DIVERSIDADE BETA E PERSPECTIVAS PARA A CONSERVAÇÃO (89)

Luís Henrique Ximenes Portela; Maria Laura Alves de Sousa; Sabrina Barros da Silva; Antônio Thiago Alves Farias; João Batista Silva do Nascimento; Izaira Vasconcelos Nepomuceno; Elnatan Bezerra de Souza

ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) NO CONTATO EM *GLINT* DA IBIAPABA, NO MUNICÍPIO DE TIANGUÁ – CE: IDENTIFICAÇÃO, ESPECIALIZAÇÃO E ANÁLISE AMBIENTAL (113)

José Webem Mendes de Holanda Filho; Jander Barbosa Monteiro

COMPARATIVO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS ABIÓTICOS NOS PLATÔS DE PORTALEGRE, MARTINS, E A SUPERFÍCIE DE APLAINAMENTO AO ENTORNO (130)

Marcelo Alves de Souza; Francisco Hermínio Ramalho de Araújo; Marco Túlio Mendonça Diniz; Fernando Eduardo Borges da Silva

DESCRIÇÃO DOS CICLOS DE VIDA DE LAMPIRÍDEOS DO GÊNERO *Aspisoma* (LAMPYRIDAE, COLEOPTERA) PRESENTES EM UMA REGIÃO ALAGADA SITUADA NAS PROXIMIDADES DE UM RIO DO DISTRITO SÍTIO SÃO PEDRO II, NA LOCALIDADE DE JAGUARETAMA – CEARÁ (144)

José Vitor de Sousa Oliveira; Felipe Alves de Brito Oliveira; Felipe Augusto Correia Monteiro

ANÁLISE TERMOHIGROMÉTRICA A PARTIR DE TRANSECTOS MÓVEIS: UM ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS CORREDORES VERDES NO PERÍODO SECO EM SOBRAL-CE/BRASIL (156)

Isabela Gomes Parente; Maria Antônia Xavier Soares; Lorena Franklin Pinto; Jander Barbosa Monteiro

DIAGNÓSTICO INTEGRADO DAS RELAÇÕES ENTRE MEIO AMBIENTE, SANEAMENTO E SAÚDE (167)

Camila Esmeraldo Bezerra; Flávia Jorge Lima; Maevy dos Santos Brito; Maria Rita Vidal; Edson Vicente da Silva

ANÁLISE DO MAPEAMENTO CIENTÍFICO A PARTIR DA LINGUAGEM R: IMPORTÂNCIA PARA A CONSERVAÇÃO (184)

Antônio Lucas Barreira Rodrigues; Jader de Oliveira Santos; Mariana de Oliveira Bünger

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO ESTADO DO CEARÁ: ANÁLISE DE CONTEÚDO BIBLIOGRÁFICO (2010-2023) (199)

Francisco Laercio Pereira Braga; Maria Soraya Macêdo; Thiago Rodrigues Sousa Lima; Adryane Gorayeb; Jader de Oliveira Santos

ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DO MAPBIOMAS: UM ESTUDO DE CASO EM QUIXERAMOBIM, CEARÁ (210)

Thiago Rodrigues Sousa Lima; Andréa Karla Gouveia Cavalcanti; Francisco Laercio Pereira Braga; Jader de Oliveira Santos

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHOS DE MINIABRIGOS METEOROLÓGICOS EM AMBIENTE SEMIÁRIDO: UMA ANÁLISE ESTATÍSTICA A PARTIR DE SOBRAL-CE (223)

Lavínia Souza Soares; Jander Barbosa Monteiro

A TRIBO COCOSEAE MART. (ARECOIDEAE, ARECACEAE) NO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL: RIQUEZA E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA (239)

Leonardo de Sousa Rodrigues; Izaias Carvalho de Sousa; Marlene Feliciano Figueiredo

BASES CONCEITUAIS, ANTECEDENTES HISTÓRICOS E MANIFESTAÇÃO TERRITORIAL DA DESERTIFICAÇÃO (251)

Sérgio Domiciano Gomes de Souza; Flávio Rodrigues do Nascimento

ANÁLISE FITOGEOGRÁFICA DA SERRA DO ROSÁRIO, SOBRAL, CEARÁ (268)

Maria Moreira Albuquerque Souza, Elnatan Bezerra de Souza, Isorlanda Caracristi

USO E COBERTURA DA TERRA E DESAFIOS AMBIENTAIS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: ESTUDO SOBRE A APA DO ESTUÁRIO DO RIO CEARÁ

Francisco Caio da Silva
Flávio Rodrigues do Nascimento

INTRODUÇÃO

Ao longo da história humana, a natureza sempre desempenhou um papel importante dentro do contexto econômico, social e cultural dos mais diversos povos. Como consequência dessa relação, a busca por meios de se proteger ambientes naturais é algo que acompanha a evolução da própria sociedade. Todavia, mais recentemente, cresceu-se a urgência em se resguardar de forma mais eficaz a natureza, já que o crescimento das desigualdades sociais, a expansão urbana e demandas cada vez maiores por recursos naturais, são apenas alguns dos diversos fatores que tem impulsionado a degradação do meio ambiente, pondo em risco a existência destes espaços.

No Brasil, as Unidades de Conservação são uma das forças mais expressivas voltadas à manutenção de ecossistemas, elas viabilizam que ambientes de grande valor biológico e serviços ecossistêmicos importantíssimos estejam protegidos segundo legislações ambientais específicas. No entanto, a mera existência das UCs não é capaz de assegurar completamente a proteção da natureza e seus recursos.

No caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do Estuário do Rio Ceará, uma Unidade de Conservação de uso sustentável localizada entre as cidades de Fortaleza e Caucaia (Figura 1), a presença humana tem contribuído significativamente para uma descaracterização progressiva de seus ambientes naturais. Algo que acarreta prejuízos aos solos, à biodiversidade, aos recursos hídricos e vários outros efeitos negativos que afetam diretamente a natureza e as condições de vida do próprio homem. Assim, estas tensões geradas por dinâmicas antrópicas adversas comprometem o equilíbrio ecológico da UC e lhe conferem uma acentuada vulnerabilidade ambiental.

Desta forma, a relevância deste estudo parte da necessidade de compreender quais seriam os principais desafios ambientais enfrentados pela APA do Estuário do Rio Ceará. Uma vez que a garantia de um desenvolvimento humano equilibrado só pode ser alcançada por meio de um estudo que relacione como a sociedade humana modifica o meio em que vive em função de suas necessidades e seus interesses. A fim de que, a partir do conhecimento assimilado, seja possível formular soluções para possíveis conflitos, e assim, garantir que tais anseios sejam atendidos sem causar prejuízos à natureza.

Portanto, o objetivo central da pesquisa é: identificar as principais tipologias e os desafios ambientais relacionados ao Uso e Cobertura da Terra da APA do Estuário do Rio Ceará. Com isso, visando tanto a contribuição científica quanto o fomento à promoção de políticas de preservação ambiental e desenvolvimento social.

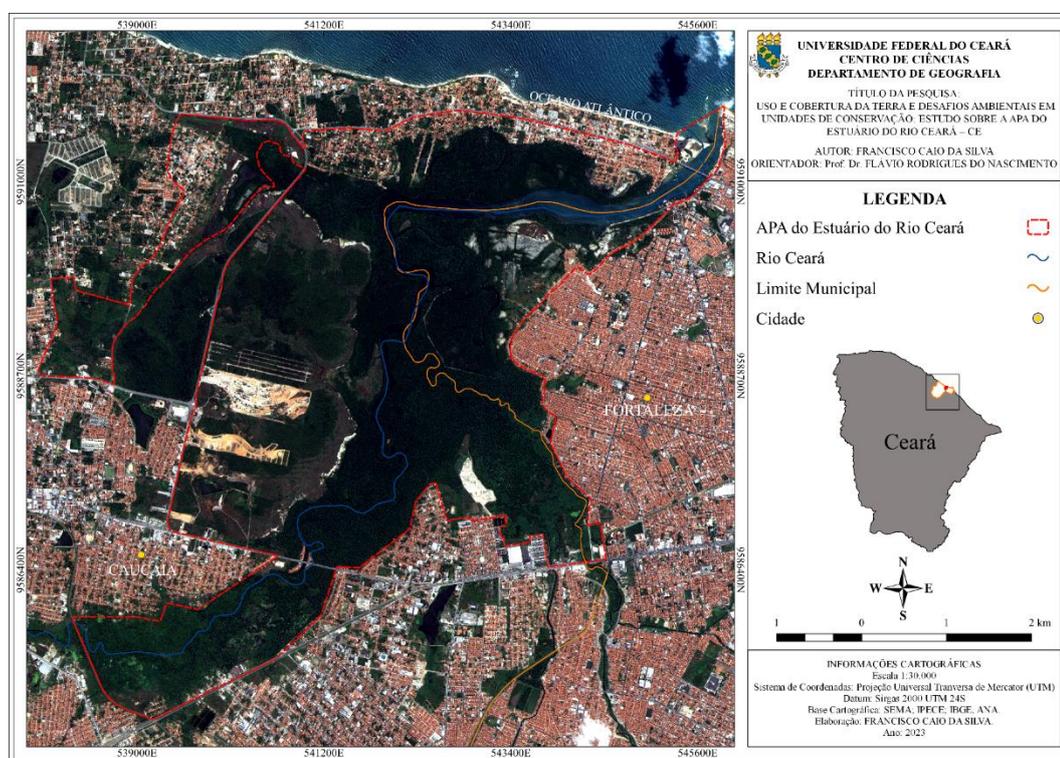
MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

Localizada pontualmente entre os municípios de Fortaleza e Caucaia, a Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará constitui uma paisagem de exceção em meio ao espaço urbano que coexiste entre as duas maiores cidades do Estado do Ceará.

Comportando um território de 2.734,99 hectares, a APA foi instituída por meio do decreto Estadual Nº 25.431, de 29 de março de 1999. Sua criação traz como objetivos principais a conservação de seus aspectos naturais, bióticos e culturais, além da promoção do uso adequado da terra (CEARÁ, 1999). No mapa de localização abaixo, é possível visualizar a posição geográfica da APA do Estuário do Rio Ceará entre as cidades de Fortaleza e Caucaia:

Figura 1 – Localização da APA do Estuário do Rio Ceará - CE



Enquanto as condições climáticas, menciona-se que a UC está inserida na ocorrência do clima Tropical Quente Subúmido. Segundo Brito, Silva e Crispim (2019), neste tipo climático as temperaturas médias superam os 24° C e o regime pluviométrico possui médias anuais situadas nas casas dos 1000 mm e 14000 mm. Em relação aos seus aspectos físicos, o território da APA compreende como subcompartimentos de relevo as feições de campos de dunas, faixa de praia, planície fluvio-marinha, planície fluvial e tabuleiros pré-litorâneos (MENEZES, 2017).

Ainda segundo a autora supracitada, dentro do contexto pedológico, a APA do Estuário do Rio Ceará concentra os Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos, Gleissolos Sálcos, Planossolos e Argissolos Vermelho Amarelo como as classes de solo predominantes. No que diz respeito às suas características fitoecológicas, a UC e seu entorno apresentam uma variedade de complexos vegetacionais, dentre os quais se encontram as vegetações correntes na faixa de

praia e campos de dunas, a vegetação de mangue, vegetação dos tabuleiros e a mata ciliar (MORO *et al.*, 2015).

Se tratando dos seus aspectos sociais, é viável dizer que os bairros que circundam e até mesmo estão inseridos diretamente na APA, a exemplo dos bairros Vila Velha e Barra do Ceará em Fortaleza, e Iparana e Parque Leblon em Caucaia, possuem elevados índices de vulnerabilidade social e ambiental, assim como altos índices de pobreza e violência urbana, acompanhadas também por baixas condições habitacionais (PEQUENO, 2009; ZANELLA *et al.*, 2009).

Levantamentos bibliográficos e documentais

Os levantamentos bibliográficos que integram o arcabouço teórico do presente estudo foram realizados por meio de consultas aos principais bancos de pesquisas e trabalhos científicos disponíveis na *internet*, tais como: *Google Scholar* e *ResearchGate*; e nos repositórios das universidades Federal e Estadual do Ceará. Para isso, utilizou-se como palavras-chave de busca os seguintes termos: “Unidade de Conservação”; “APA do Estuário do Rio Ceará”; “Degradação Ambiental”; “Uso e Cobertura da Terra” e “Geoprocessamento”.

No que concerne aos levantamentos documentais, recorreu-se aos sítios eletrônicos de órgãos e instituições públicas para a aquisição de relatórios ambientais e material cartográfico, sendo estas: Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE); Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH); Agência Nacional de Águas (ANA) e Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima (SEMA).

Mapeamento de uso e cobertura da terra

Partindo do pressuposto que, segundo Leite e Rosa (2012), os levantamentos de uso e cobertura da terra buscam o reconhecimento das formas de utilização do espaço terrestre por parte das ações humanas, ou, quando na ausência destas práticas, das diferentes tipologias de cobertura vegetal, rochas, corpos hídricos ou quais outras respostas espectrais verificadas em sensoriamento terrestre sobre a superfície.

Sendo assim, para a elaboração de um mapa de uso e cobertura da terra que atendesse aos objetivos pretendidos pela pesquisa e a área de estudo em questão, recorreu-se a técnica de interpretação visual de imagens em associação a vetorização manual, julgando ser esta a metodologia mais adequada. Desta forma, o mapeamento realizado seguiu as etapas de:

1) Aquisição de imagens; 2) Pré-processamento; 3) Interpretação Visual e Chave de Classificação, e 4) Espacialização das classes.

1) Aquisição de imagens

A princípio, foram adquiridas imagens do satélite CBERS4A junto ao sítio eletrônico da Divisão de geração de Imagens (DGI) do INPE. As imagens obtidas são do sensor WPM, da Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura, que tem como resolução espacial oito metros nas bandas multiespectrais e dois metros de resolução espacial na banda pancromática. O *download* das cenas em questão foi realizado no dia 13/09/2022 e estas correspondem ao dia 06/08/2022, órbita e ponto 198/118.

2) Processamento digital de imagens

Logo em seguida, as imagens foram aplicadas no QGIS, sigla em inglês para *Quantum Geographic Information System*, software do Sistema de Informações Geográficas (SIG) que oportuniza a criação e manipulação dos mais diversos produtos cartográficos e análise de dados espaciais. Uma vez que estas imagens já possuem correção atmosférica e geométrica, estes dois procedimentos foram dispensados na etapa de processamento digital. Sendo assim, procedeu-se a reprojeção do Datum de referência das imagens, substituindo-se o WGS84 por Sirgas 2000, e mantendo o sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) e o fuso correspondente ao estado do Ceará, o 24° sul, ou, 24S.

Efetuada a reprojeção das coordenadas, foi elaborada uma mesclagem das bandas multiespectrais 2+3+4, que correspondem, respectivamente, às bandas dos espectros verde, vermelho e infravermelho próximo. Mesclagem essa, que foi realizada para viabilizar a visualização adequada do meio físico da terra. Na composição colorida resultante, as fitofisionomias são representadas por tons relativos à cor verde, enquanto os corpos hídricos aparecem em tons que vão do azul escuro ao preto. Já as edificações e o solo exposto, estes são representados pelos tons rosa, cinza e amarelo. Feito isso, foi efetuado o recorte para a área de interesse da pesquisa.

É preciso atentar ao fato de que, originalmente, estas imagens possuem oito metros de resolução espacial. Desta forma, para aprimorar a visualização do que é representado pela imagem e conferir uma maior acurácia aos resultados da pesquisa, foi realizada uma fusão da composição colorida 2+3+4 com a banda pancromática (0). Este processo, que também recebe o nome de *pansharpening*, consiste basicamente na fusão entre imagens multiespectrais de baixa resolução com imagens pancromáticas de maior resolução, criando apenas uma única imagem colorida de alta resolução espacial. Com isso, a composição colorida 2+3+4, ao ser fusionada com a banda pancromática (0), teve sua resolução espacial ampliada, de oito para dois metros, adquirindo uma maior qualidade visual.

3) Intepretação visual

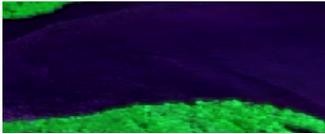
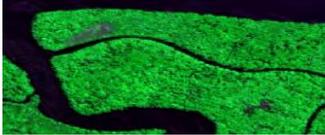
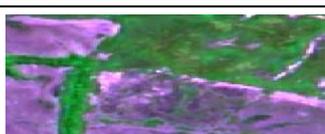
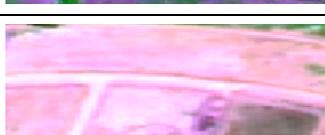
Após os procedimentos listados anteriormente, deu-se início a montagem da chave de classificação que orientaria a vetorização das feições do mapa de uso e cobertura da terra da APA. Inicialmente, é realizada uma interpretação visual da imagem, momento em que se observa de que forma os elementos presentes na realidade terrestre da UC são representados na composição colorida. Trata-se de uma análise preliminar da imagem.

Tal abordagem metodológica baseia-se em Florenzano (2011), onde segundo o autor, independentemente da resolução e escala, as imagens orbitais obtidas por sensores remotos possuem elementos básicos que permitem a interpretação e coleta de dados e informações referentes a áreas, objetos ou fenômenos que se manifestam na superfície terrestre. Desta maneira, ainda conforme o autor, são encarados como elementos comuns às imagens de satélites os aspectos relativos à **cor, textura, forma, tamanho, sombra, padrão, altura e localização** dos objetos.

A observação e análise dos padrões adquiridos por estes aspectos, torna possível a elaboração de sistemas de classificação voltados à construção de mapeamentos temáticos, tais como os de uso e cobertura da terra. Com base nisso, foi estruturada para os elementos constituintes do

meio físico da APA do Estuário do Ceará, e que foram identificados na composição colorida das bandas 2+3+4 do satélite CBERS4A, a seguinte chave de classificação:

Quadro 1 – Chave de classificação

Chave de Classificação		
Objeto	Classe	Propriedades
	Corpos Hídricos	Textura: lisa; Cor: azul escuro ao preto; Forma: linear e curvilínea (rios) e irregulares (lagoas).
	Vegetação de Mangue	Textura: rugosa; Cor: verde escuro; Forma: irregular;
	Área Urbana	Textura: ligeiramente rugosa; Cor: magenta e amarelo; Forma: irregular.
	Vegetação de Tabuleiro	Textura: ligeiramente rugosa; Cor: verde; Forma: irregular; Localizado na porção oeste da APA.
	Coberturas Arenosas	Textura: lisa; Cor: magenta (areia) e verde (vegetação de dunas); Forma: irregular; Localização no extremo norte da APA.
	Apicum	Textura: lisa à ligeiramente rugosa; Cor: roxa acinzentado; Forma: irregular; Localização entre a vegetação de mangue.
	Solo Exposto	Textura: lisa; Cor: magenta; Forma: irregular; Localização próxima à rodovias e sítio urbano.
	Planície Fluvial com Mata Ciliar	Textura: ligeiramente rugosa; Cor: verde; Forma: irregular; Localização acompanha o leito dos rios, compreendendo áreas sujeitas à inundação periódica.

Fonte: Autores, 2024.

Espacialização das classes

Concluída a montagem da chave de classificação, procedeu-se a espacialização no SIG das classes definidas, processo que foi realizado por meio de vetorização manual. Nesta etapa, a

metodologia aplicada seguiu as diretrizes propostas pelo Manual Técnico de Uso da Terra (MTUT) do IBGE (2013), admitindo-se a escala de 1:10.000 como base para vetorização.

Diante disso, é preciso atentar-se a dois conceitos que constituem a base dos levantamentos de uso e cobertura da terra: a escala de mapeamento e a unidade mínima de mapeamento. Em linhas gerais, estes dois princípios tratam da relação existente entre a escala utilizada para mapeamento e a representação daquilo que é mapeado.

Segundo o MTUT (IBGE, 2013), em uma escala de 1:250.000, a menor área possível a ser mapeada equivaleria a um polígono de 156 hectares. Logo, ajustando esta proporção para a escala pretendida no presente levantamento, no caso 1:10.000, têm-se a unidade mínima de mapeamento igual ao espaço de 6,24 hectares. Portanto, feições com dimensão menor que 6,24 hectares não poderiam ser representadas no mapeamento em questão.

Em síntese, isto significa dizer que, ainda que determinadas feições presentes na realidade terrestre também apareçam nas imagens de satélite, dependendo da escala, estas não poderão ser retratadas num levantamento de uso e cobertura do terra se não atingirem o tamanho mínimo a ser mapeado, ou, a unidade mínima de mapeamento. Sob estas condições, é realizada então uma homogeneização daquilo que compreende o conjunto de elementos mais representativos em um dado espaço.

Contudo, isso não significa que as informações retratadas no levantamento estão incorretas, mas sim, fornecem uma reprodução admissível da realidade; uma vez que, segundo o MTUT (IBGE, 2013, p.41) “nenhuma cobertura da terra poderá ser mapeada em toda sua diversidade e complexidade”.

Por fim, é importante mencionar que a metodologia aplicada no estudo em análise também se utilizou do *Google Earth Pro*, outro *software* do SIG que proporcionou uma melhor observação dos elementos que integram a realidade terrestre da APA. Concluídos os procedimentos supracitados, procedeu-se a etapa de análise dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a construção de um mapeamento temático de uso e cobertura da terra para a APA do Estuário do Rio Ceará, objetiva-se reconhecer como os diferentes usos humanos e os elementos naturais que integram a realidade da UC se organizam e se distribuem ao longo de seu território.

Para Rosa (2013), o conhecimento atualizado das formas de uso da terra, assim como seu uso histórico, são de total importância para o estudo dos fenômenos que se desenvolvem sobre dada região, uma vez que, o aproveitamento inadequado deste elemento e seus componentes provoca a degradação do meio ambiente. Sendo assim, o reconhecimento das diversas formas de apropriação da terra na APA e dos seus recursos naturais, oportuniza a tomada de decisão para que eventuais impactos ambientais possam ser mitigados.

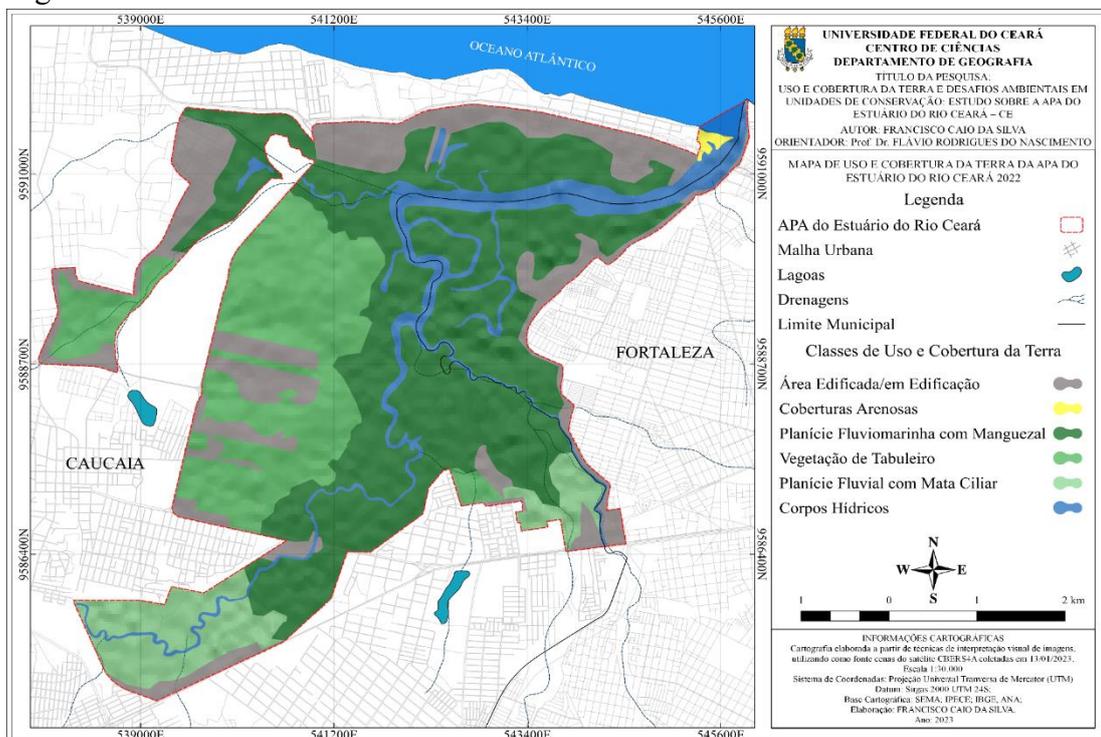
Deste modo, a consolidação do mapeamento de uso e cobertura da terra da APA do Estuário do Rio Ceará, referente ao ano de 2022 que fora realizado na presente pesquisa, obteve um mapa elaborado em escala de semidetalhe de 1:10.000 e publicado na escala de 1:30.000. A precisão dos resultados alcançados está associada a qualidade das imagens do satélite CBERS4A, que foram utilizadas neste estudo.

No referido mapa, foram identificadas e mapeadas sete classes, que correspondem às legendas de uso e cobertura da terra, são estas:

- Área Edificada/em Edificação;
- Coberturas Arenosas;
- Planície Fluviomarinha com Manguezal;
- Vegetação de Tabuleiro;
- Planície Fluvial com Mata Ciliar;
- Corpos Hídricos.

Na figura abaixo, é possível verificar o resultado obtido pelo mapeamento:

Figura 2 - Uso e Cobertura da Terra da APA do Estuário do Rio Ceará 2022



Neste sentido, a tabela abaixo destaca a relação espacial existente entre as classes mapeadas e a área total da UC:

Tabela 1 – Estimativa das áreas de uso e cobertura da terra da APA do Estuário do Rio Ceará 2022.

Estimativa das Áreas de Uso e Cobertura da Terra da APA do Estuário do Rio Ceará 2022		
Classe	Área (ha)	% Relativa à Área Total da APA
Planície Fluvio-marinha com Manguezal	1171,77	42,8%
Vegetação de Tabuleiro	576,91	21,1%
Área Edificada/Em Edificação	498,54	18,2%
Corpos Hídricos	246,96	9,0%
Planície Fluvial com Mata Ciliar	232,11	8,5%
Coberturas Arenosas	8,70	0,3%
Total	2734,99	100%

Fonte: Autores, 2024

Planície fluvio-marinha com manguezal (vegetação de mangue + apicum)

Em síntese, as planícies fluvio-marinhas são ambientes que sofrem a atuação conjunta de processos continentais, relacionados à ação fluvial, e marinhos, decorrentes das oscilações do nível de maré. É sob estes sistemas ambientais que se desenvolve uma vegetação adaptada a terrenos com altos índices de salinidade e que é própria dos manguezais.

Conforme Moro *et al.* (2015), os manguezais, além de sua formação florestal característica, que reúne espécies arbóreas e arbustivas dos gêneros *Laguncularia* (Mangue-Branco), *Rhizophora* (Mangue-Vermelho), *Avicennia* (Mangue-Preto) e *Conocarpus* (Mangue de Botão), concentram também um subtipo de ambiente, o qual é denominado de apicum. Por sua vez, ainda segundo os autores, os apicuns são campos arenosos desprovidos de vegetação que se formam em áreas hipersalinas, denotando uma zona de transição da região entre marés e a terra firme.

Por esta razão, admitindo-se que os apicuns compreendem um subsistema dos manguezais, optou-se por reunir as tipologias “Vegetação de Mangue” e “Apicum”, designadas na chave de classificação, na presente classe.

Conforme dados de seu Plano de Manejo, a APA do Estuário do Rio Ceará, comportava em 2005, uma área de aproximadamente 500 hectares de manguezal (CEARÁ, 2022). Enquanto isso, outros dados coletados por Thiers, Meireles e Santos (2016), sugerem para o ano de 2007, a existência de 982,35 hectares de mangue no estuário do Rio Ceará. Já segundo Neto (2013), a vegetação de mangue ocupava no Rio Ceará em 2009, uma área estimada em 1006,6 hectares.

Em contrapartida, o presente estudo notificou por meio do seu mapeamento de uso e cobertura da terra, a ocorrência de 1.171,77 hectares do ecossistema de manguezal na APA, o que corresponderia a 42,8% do total de sua área, sendo então a classe mais representativa da UC. De modo geral, ao se comparar os dados oficiais de 2005 registrados no plano de manejo da APA e os de 2022 assimilados por esta pesquisa, observa-se ao longo destes 17 anos um avanço de 134,35% das áreas compreendidas pelo manguezal.

De maneira similar, Neto (2013), ao analisar o período situado entre os anos de 1968 e 2009, verificou neste intervalo de tempo, um crescimento de 165% das áreas ocupadas pela vegetação de mangue no estuário do Rio Ceará. Segundo ele, esse crescimento estaria associado a um processo de regeneração natural da vegetação de mangue em áreas do estuário que no passado foram impactadas pela atividade salineira.

A exploração do sal passou a ser desenvolvida na região de mangue do estuário do Rio Ceará a partir de 1930, perdurando até meados da década de 70, quando o produto sofreu uma desvalorização no quadro regional, o que fez com que sua produção entrasse em declínio. Nestes mais de 40 anos, a atividade salineira comprometeu de forma considerável o ecossistema de mangue, acarretando o desmatamento de sua vegetação natural (NETO, 2013).

Com isso, é possível concluir que apesar da influência histórica das atividades salineiras na APA e seu elevado potencial de degradação, as áreas ocupadas pela vegetação de mangue mostraram ao longo do tempo uma regeneração considerável. No entanto, apesar da resiliência do manguezal, este ecossistema ainda se encontra diretamente afetado pelas atividades humanas. Em síntese, os principais desafios relacionados à conservação do manguezal da APA do Estuário do Rio Ceará são pertinentes ao desmatamento, queimadas e à pesca predatória (CEARÁ, 2022).

Ademais, a planície fluviomarinha é um ambiente dotado de uma ecodinâmica altamente instável, justamente pela confluência de processos fluviais e marinhos neste ecossistema, o que lhe confere uma acentuada vulnerabilidade ambiental (MEDEIROS; SOUZA, 2015). Desta forma, a intervenção antrópica na planície fluviomarinha da APA do Estuário do Rio Ceará apresenta riscos significativos à manutenção de sua sustentabilidade e compromete também os demais ecossistemas e serviços a ela associados.

Vegetação de tabuleiro

Os Tabuleiros Costeiros ou Pré-Litorâneos são formações geomorfológicas constituídas por sedimentos do Grupo Barreiras, eles representam uma faixa de transição entre o domínio das terras altas e da Planície Costeira (BEZERRA; MAIA, 2012). Essas estruturas possuem forma de relevo tabular e se distribuem ao longo da linha de costa, posicionando-se à retaguarda da frente marinha.

A cobertura vegetal dos Tabuleiros é representada majoritariamente pela Mata de Tabuleiro, um tipo de formação florestal semidecídua que reúne uma combinação de indivíduos dos complexos florísticos da Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. No presente estudo, a Vegetação de Tabuleiro demonstrou ser a segunda classe mais representativa do levantamento

realizado, abrangendo 576,91 hectares em 2022, o que equivaleria a 21% da área total da APA do Estuário do Rio Ceará.

Segundo Souza *et al.* (2007), devido a expansão urbana, toda a Vegetação dos Tabuleiros se encontra descaracterizada, aspecto que inclusive pode ser notificado na APA, uma vez que os Tabuleiros Costeiros presentes na UC têm sido alvo da construção de grandes empreendimentos imobiliários.

Neste sentido, ainda que os Tabuleiros Costeiros sejam áreas apropriadas à expansão imobiliária e múltiplas formas de uso humano, devido a sua baixa vulnerabilidade ambiental, é necessário garantir que as atividades realizadas nestes espaços estejam em conformidade com às condições de infraestrutura urbana e equilíbrio ambiental. Algo que é especialmente importante quando essas atividades são desenvolvidas próximas às Planícies Fluviais e Marinhas, considerando a fragilidade desses ambientes.

Área edificada/em edificação (área urbana + solo exposto)

A classe identificada como Área Edificada/em Edificação reúne os espaços referentes às tipologias “Área Urbana” e “Solo Exposto” da chave de classificação. Optou-se por unificar estas duas tipologias pois, na presente pesquisa, ambas são entendidas como fenômenos similares.

A área edificada é atinente aos espaços urbanos já consolidados, onde se encontram os diferentes gêneros de edificações presentes nestes espaços, sejam elas públicas, privadas, comerciais, habitacionais ou industriais, incluindo também o arrumamento urbano e seus equipamentos.

A expansão deste meio tem como uma de suas principais características a conversão de áreas rurais em urbanas, o que demanda a remoção da vegetação natural e ocasiona uma consequente exposição do solo. Por esta razão, o solo exposto geralmente tem sua ocorrência associada a áreas em processo de expansão urbana ou em processo de edificação, assim como foi notificado na APA. Portanto, devido a esses fatores, optou-se pela união das classes.

Segundo o presente estudo, as Áreas edificadas/em Edificação ocupam um espaço de aproximadamente 498,54 hectares, o que equivaleria a cerca de 18,3% da área total da APA do Estuário do Rio Ceará. As maiores aglomerações urbanas estão situadas em sua porção norte, onde se localizam os bairros Iparana e Parque Leblon, do município de Caucaia, que possuem grande parte de seus territórios sobrepostos pela área demarcada para a UC.

Corpos hídricos

A classe descrita por “Corpos Hídricos” compreende os elementos relacionados à hidrografia da APA do Estuário do Rio Ceará, onde de forma mais específica se encontram o Rio Ceará, sua foz e seus tributários, dentre os quais se inclui o Rio Maranguapinho.

Os corpos hídricos foram reconhecidos em uma área de 246,96 hectares da APA, o que equivale a aproximadamente a 9% da sua totalidade. Embora o Rio Ceará ofereça uma série de

oportunidades para múltiplos usos, que vão desde a pesca até atividades turísticas, é importante ressaltar que uma série de efeitos adversos resultantes das atividades humanas desenvolvidas na APA e seu entorno, tem contribuído significativamente para a degradação da qualidade ambiental deste recurso. Em geral, os principais desafios ambientais relacionados ao Rio Ceará dizem respeito ao descarte de efluentes ao longo de sua bacia hidrográfica (NETO, 2013).

Problemáticas que também afetam outros corpos hídricos que compõem o sistema fluvial da APA, incluindo o Rio Maranguapinho, que transporta para dentro do Rio Ceará uma quantidade expressiva de resíduos sólidos e águas contaminadas por esgotos e dejetos humanos (LIMA *et al.*, 2019).

As consequências dessas ações acarretam o desequilíbrio ecológico de todo o ecossistema de manguezal, interferindo no ciclo reprodutivo e alimentar das comunidades bióticas que interagem com o complexo estuarino. Por sua vez, esse desequilíbrio resulta na diminuição da biodiversidade e, conseqüentemente, afeta as atividades econômicas e a preservação do modo de vida das comunidades tradicionais associadas a esses espaços.

Planície fluvial com mata ciliar

As Planícies Fluviais são entendidas como áreas planas formadas por sedimentos aluviais de natureza arenosa, siltsosa e arenoargilosa que acompanham as calhas de rios, assumindo dimensão diferenciada em função da descarga hídrica dos rios que as atravessam. Na Região Metropolitana de Fortaleza, dentre as Planícies Fluviais de maior destaque estão as dos rios Ceará, Maranguapinho, Cocó e Pacoti.

Aparecem associados às Planícies Fluviais os Neossolos Flúvicos, solos férteis e profundos que em estado natural são recobertos pelas Matas Ciliares. Segundo Moro *et al.* (2015), as Matas Ciliares são complexos florestais que margeiam o leito dos rios do semiárido e possuem porte mais expressivo que as demais vegetações circundantes, nestes complexos ocorre a presença massiva da Carnaúba (*Copernicia Cerifera*).

Na APA do Estuário do Rio Ceará, vastos bosques de Carnaúba se distribuem em áreas propensas à inundação periódica, formando zonas de transição entre o Manguezal e a Mata Ciliar, ou entre o Manguezal e a Mata de Tabuleiro (CEARÁ, 2022). No geral, atualmente as Matas Ciliares se encontram profundamente degradadas pelas atividades antrópicas, principalmente em decorrência da expansão urbana.

No levantamento de uso e cobertura da terra da presente Unidade de Conservação, as Planícies Fluviais foram notificadas de forma mais significativa em duas porções da APA. Uma delas está situada à montante da foz do Rio Ceará, que compreende a sua Planície Fluvial, e a outra nas proximidades da avenida Mister Hull, no limite entre os municípios de Caucaia e Fortaleza. Ao passo que esta última corresponde a uma zona de inundação sazonal, onde o rio Maranguapinho e outros canais de menor porte intersectam a APA do Estuário do Rio Ceará.

Deste modo, com base na delimitação efetuada, as Planícies Fluviais com Mata Ciliar, ainda que fortemente degradadas pelas intervenções humanas, abrangem uma área de 232,11 hectares de extensão na APA do Estuário do Rio Ceará, o que corresponderia a 8,5% da área total da UC.

É imprescindível ressaltar também, que as Planícies Fluviais são altamente instáveis, em função de serem ambientes onde ocorre uma predisposição à morfogênese sobre a pedogênese, fato que confere a estes espaços uma forte vulnerabilidade à ocupação humana (MEDEIROS; SOUZA, 2015). Diante disso, tais Planícies são áreas sujeitas a riscos ambientais, uma vez que a ocupação humana desordenada destes sistemas acarreta numa degradação de suas Matas Ciliares, o que contribui para o processo de assoreamento dos rios. Dessa forma, as populações que habitam próximas a estes locais estão seriamente expostas ao perigo das enchentes e às doenças associadas a esses eventos.

Coberturas arenosas

A classe referente às Coberturas Arenosas, reúne as porções de Faixa de Praia e Campos de Dunas da Planície Litorânea da APA em avaliação. Segundo Brandão *et al.* (1998), as praias formam um depósito sedimentar contínuo que se estende ao longo de toda a costa, desde a zona de estirâncio até a base das dunas móveis.

Assim como a Faixa de Praia, os Campos de Dunas são constituídos por areias quartzosas holocênicas, de cor esbranquiçada e granulação variando de fina à média. Ao contrário das dunas fixas, as dunas móveis são formações mais recentes e suscetíveis a ação dos ventos, uma vez que não possuem formação pedogenética, o que impede a fixação e desenvolvimento da vegetação, que desempenha um papel importante suavizando a dinâmica eólica.

A presença destas feições na APA está associada à praia de Iparana, justaposta à foz do Rio Ceará. Nos espaços compreendidos pela UC, os Campos de Dunas, juntamente com a Faixa de Praia, compreendem uma área de pouco mais de oito hectares. Ainda que estes elementos possuam uma participação pouco expressiva na totalidade da APA, abrangendo menos de 1% de seu território, estes locais também se encontram afetados pelas pressões antrópicas.

Conforme Menezes (2017), os Campos de Dunas presentes nos bairros de Iparana, em Caucaia, e Barra do Ceará, em Fortaleza, são alvos de intensa concentração ocupacional, onde ocorrem problemas relativos à retirada de areia da duna pelas populações locais. Além disso, esses espaços também têm sido utilizados para a construção de moradias e estabelecimentos comerciais, como no caso das barracas de praia.

Medeiros e Souza (2015) alertam para a alta vulnerabilidade associada a estes sistemas ambientais, devido à manifestação de uma série de fenômenos erosivos nesses espaços, ocasionados pela interação entre as forças fluvial, marinha e eólica, tornando-os suscetíveis à ocorrência de processos morfogenéticos.

Portanto, a interação entre os fatores que conferem uma intensa vulnerabilidade ambiental às coberturas arenosas da APA e as atividades humanas nelas desenvolvidas conduzem à degradação e deterioração progressiva desses espaços. O que implica numa diminuição de suas potencialidades de uso e ocasiona severas consequências ao meio ambiente.

Diante destas circunstâncias, Souza *et al.* (2007) enfatizam que estas áreas devem ser destinadas essencialmente à manutenção de suas integralidades e funcionalidades sistêmicas. Além disso,

as mesmas possuem um elevado potencial paisagístico, o que pode ser desfrutado por meio de atividades turísticas e de lazer, contanto que estas práticas estejam em compatibilidade com os ideais de conservação e sustentabilidade ambiental, o que, ao que parece, não tem sido efetivamente implementado.

CONCLUSÕES

Diante do que foi exposto, é perceptível que a APA do Estuário do Rio Ceará é um elo muito frágil, com ecologia de alta vulnerabilidade ambiental, que conecta as cidades de Fortaleza e Caucaia, dois centros urbanos em constante expansão. Nesse contexto, a presença humana está intimamente ligada aos processos de transformação espacial e às dinâmicas ambientais da UC, o que representa um desafio à sua conservação. Sendo este um dos principais motivos que fomentaram a sua criação, uma vez que, as interferências do homem na natureza quase sempre resultam na alteração de suas características naturais. O que, por outro lado, também serviu como justificativa para a realização da presente pesquisa.

No todo, a APA do Estuário do Rio Ceará enfrenta problemáticas ambientais de origem histórica, ocasionadas principalmente pela exploração econômica de seus recursos naturais e pela ocupação humana indevida em seus espaços, especialmente aqueles mais vulneráveis. Como síntese desses processos, os principais desafios ambientais da UC estão relacionados à degradação ambiental em suas várias formas, desde o desmatamento de sua cobertura vegetal até a poluição hídrica. Além disso, a pressão exercida pela expansão urbana e habitação nos sistemas ambientais da APA agrava a situação, comprometendo a sustentabilidade e continuidade dos recursos naturais e potencial biótico dessa Unidade de Conservação.

Por fim, é sabido dizer que, os objetivos estabelecidos na criação da APA, ainda no ano de 2000, aparentemente não tem sido alcançados. O que nos leva a questionar o real papel da Unidade de Conservação e quais seriam os motivos que explicam a persistente degradação ambiental da APA: seria pela ineficiência dos órgãos e entidades responsáveis por sua gestão ou pela força humana implacável? Diante destes questionamentos, os desafios ambientais que tocam a APA do Estuário do Rio Ceará assumem uma perspectiva ainda mais ampla.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sinceros agradecimentos ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, J. L. C.; MAIA, L. P. Caracterização sedimentológica dos tabuleiros pré-litorâneos do Estado do Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**. Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 47-55, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/8411>. Acesso em: 15 jan. 2024.

BRANDÃO, Ricardo de Lima *et al.* **Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza-Projeto SINFOR. Diagnóstico**

Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza. CPRM, 1998.

BRITO, Érika Gomes; SILVA, Marcus Vinicius Chagas da; CRISPIM, Andrea Bezerra. CLIMATOLOGIA. Fortaleza: Eduece, 2015. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/552631/2/Livro%20%20Climatologia.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2024

CEARÁ (Estado). Decreto nº 25.413, de 29 de março de 1999. Dispõe Sobre A Criação Da Área De Proteção Ambiental Do Estuário Do Rio Ceará, Localizada Na Divisa Dos Municípios De Fortaleza E Caucaia E Adota Outras Providências... **Diário Oficial do Estado**. Fortaleza, CE, 31 mar. 1999. n. 285, p. 1-3. Disponível em: <http://imagens.seplag.ce.gov.br/PDF/19990331/do19990331p01.pdf#page=1>. Acesso em: 06 nov. 2023.

CEARÁ. Leonardo Almeida Borralho. Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima (org.). **Plano de Manejo**: contextualização da UC APA do Estuário do Rio Ceará. Fortaleza: [s.n.], 2022. Disponível em: https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2022/11/Encarte_3_PM_APA_Estu%C3%A1rio_Rio_Cear%C3%A1_RF.pdf. Acesso em: 3 nov. 2023.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

IBGE. **Manual Técnico De Uso Da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

LEITE, Emerson Figueiredo; ROSA, Roberto. Análise Do Uso, Ocupação E Cobertura Da Terra Na Bacia Hidrográfica Do Rio Formiga, Tocantins. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 4, n. 12, p. 90-106, 2012. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/Observatorium/article/download/45664/24437>. Acesso em: 10 out. 2023.

LIMA, Emerson Rodrigues *et al.* Educação Ambiental Como Subsídio À (RE) Avaliação Das Formas De Uso Na APA Do Estuário Do Rio Ceará Em Fortaleza. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 962-975, 2019. Disponível em: <https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/583>. Acesso em: 10 set. 2023.

MEDEIROS, Cleyber Nascimento de; SOUZA, Marcos José Nogueira de. Mapeamento Dos Sistemas Ambientais Do Município De Caucaia (CE) utilizando sistema de informação geográfica: subsídios para o planejamento territorial. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 01, p. 025-040, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/233209/27072>. Acesso em 13 set. 2023.

MENEZES, Karinne Wendy Santos de. **Sistemas Ambientais E Vulnerabilidade Da Área De Proteção Ambiental Do Estuário Do Rio Ceará**: SUBSÍDIOS AO ORDENAMENTO TERRITORIAL. 2017. 152 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico ou Profissional em 2017) - Universidade Estadual do Ceará, , 2017. Disponível em:

<http://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=83405>. Acesso em: 14 de outubro de 2023.

MORO, Marcelo Freire *et al.* Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, v. 66, p. 717-743, 2015.

NETO, Armando Soares dos Reis. **Análise espaço-temporal da vegetação do manguezal no rio Ceará**, Ceará, Brasil. 2013. 103 f. : Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza-CE, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/16314>. Acesso em 10 set. 2023.

PEQUENO, Renato. Estrutura Intraurbana Socioocupacional E Condição Desigual De Moradia Na Região Metropolitana De Fortaleza. In: DANTAS, Eustógio; COSTA, Maria Clélia Lustosa (org.). **Vulnerabilidade Socioambiental Na Região Metropolitana De Fortaleza**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. p. 298.

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luis Silva. Introdução ao geoprocessamento. **UFU: Apostila. Uberlândia**, 2013. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7676925/mod_resource/content/1/Apostila_Geop_rr_osa.pdf. Acesso em: 10 abr, 2023.

SOUZA, MJN de *et al.* **Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do Plano Diretor Participativo–PDPFor**. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, p. 172, 2007. Disponível em: <https://acervo.fortaleza.ce.gov.br/download-file/documentById?id=3ac7512e-1f33-4bb9-a724-00bfc6d41fb3>. Acesso em: 25 jun. 2023.

THIERS, Paulo Roberto Lopes; MEIRELES, Antônio Jeovah Andrade; SANTOS, Jader de Oliveira. **Manguezais na costa oeste cearense: preservação permeada de meias verdades**. 2016. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19468/3/2016_liv_prwthiersmanguezaisnacosta.....pdf Acesso em: 10 set. 2022.

ZANELLA, Maria Elisa *et al.* Vulnerabilidade Socioambiental de Fortaleza. In: COSTA, Maria Clélia Lustosa; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia (org.). **Vulnerabilidade Socioambiental Na Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

MAPEAMENTO DO RISCO DE INUNDAÇÃO DA PLANÍCIE COSTEIRA DO ESTADO DO PIAUÍ

Jéssica Cristina Oliveira Frota
Gustavo Souza Valladares
Jorge Eduardo de Abreu Paula

INTRODUÇÃO

Em face de sua elevada fragilidade e sensibilidade ecológica, as zonas costeiras vem apresentando diversas limitações do ponto de vista ambiental. Estas, relacionadas tanto a ação natural como a ação antrópica. Dentre alguns desses referidos problemas ambientais pode-se destacar o risco de inundação das zonas costeiras.

Segundo o relatório da International Strategy for Disaster Reduction (ISDR, 2007 citado por Hora e Gomes, 2009), o conceito de risco é utilizado nas mais diversas áreas do conhecimento, o que permite ressaltar a existência de uma grande variedade de riscos, podendo ser definido como a probabilidade de consequências prejudiciais, ou perdas previstas como (mortes, ferimentos, propriedade, meios de subsistência, interrupção de atividade econômica ou destruição ambiental) resultando das interações entre perigos naturais ou sociais e circunstâncias vulneráveis.

Assim, o risco pode ser determinado pelas perdas que podem ocorrer (de vidas, ferimentos em pessoas, propriedades, rupturas das atividades econômicas ou danos ambientais), resultantes da influência natural que podem ter sido induzidos ou não pelo homem, da vulnerabilidade e do dano potencial (AMARAL e RAMOS, 2011).

De acordo com ISDR (2007), as inundações destacam-se como um risco e representam um dos fenômenos naturais mais ocorrentes no mundo, afetando numerosas populações em todos os continentes. Estas causam impactos desastrosos nas áreas afetadas, podendo provocar perdas humanas e materiais.

As inundações têm causado também grandes desastres à população brasileira principalmente em razão da ocupação desordenada no leito maior dos rios e a impermeabilização do solo das bacias urbanas. Dessa forma, é possível afirmar que a falta de uma política de monitoramento e controle das inundações tem aumentado os prejuízos e perdas nas cidades, ocasionados pela falta de planejamento do espaço ocupado, falta de conhecimento do risco das áreas passíveis a inundação e interesse na solução desse problema (HORA E GOMES, 2009).

Observa-se que os danos causados pelas inundações tendem sempre a aumentar quando há o incremento dos eventos climáticos extremos, às constantes alterações do uso do solo, com o aumento da ocupação dos leitos de cheia com áreas urbanas e à destruição de áreas florestais, ou seja, as alterações das condições de drenagem natural como: a modificação da topografia e da cobertura vegetal, a impermeabilização sistemática de extensas áreas, desvio incorreto e/ou canalização de linhas de água, conjugadas com a precipitação intensa, potenciam situações de inundação que é indispensável minimizar (TOMINAGA et al., 2009).

De acordo com Pereira e Ventura (2004) as inundações são provocadas por fatores naturais e ampliadas por fatores antrópicos. Nos primeiros se sobressai a precipitação (responsável primordial pelo desencadeamento da situação), regime de escoamento torrencial, configuração morfológica da bacia, natureza geológica dos solos e características da cobertura vegetal. Já nos

segundos destacam-se a pressão urbana e a inerente impermeabilização de vastas superfícies como as obstruções à livre circulação da água, a artificialização de linhas de água e a diminuição das áreas de risco.

Segundo Tucci (2005), a gestão e o combate ao risco à inundação acontecem através da utilização de medidas de controle da inundação que visam tornar mínimo o risco das populações que estão expostas, diminuindo assim, os prejuízos causados. Essas medidas segundo o mesmo podem ser tanto do tipo estrutural como não estrutural, as medidas estruturais fundamentam-se em obras de engenharia que são implementadas para reduzir o risco de enchentes.

Diversos trabalhos vêm sendo desenvolvido destacando-se a realidade dos risco de inundação oferecido por áreas suscetíveis. Estudos como de Rocha (1998); Pereira e Ventura (2004); Naime et al., (2005); Hora e Gomes (2009); Lins-de-Barro e Muehe (2011); Cunha e Taveira-Pinto (2011); Andres et al., (2015), dentre outros procuram demonstrar a realidade de municípios ou de zonas costeiras avaliando sua vulnerabilidade e riscos ambientais, ai incluídos o risco de inundação.

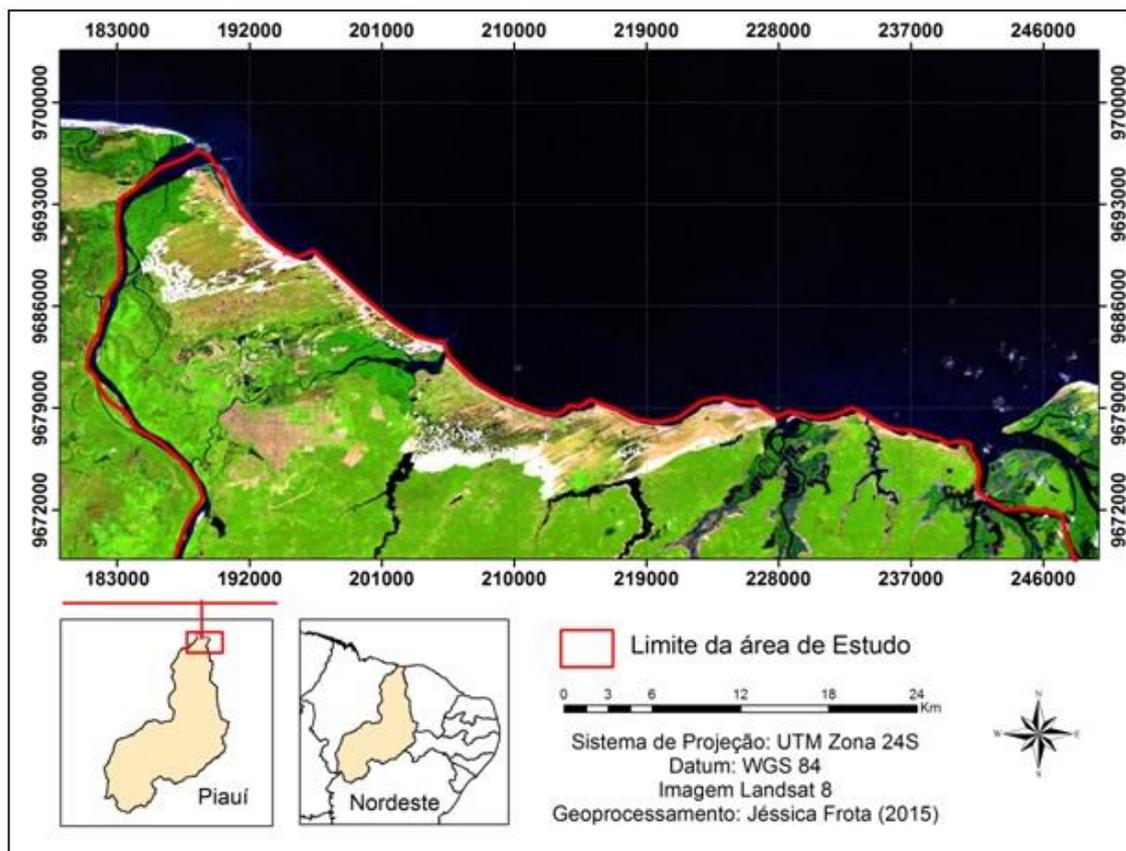
Diante dessas perspectivas, a pesquisa tem como principal objetivo identificar e mapear as áreas da Planície costeira do estado do Piauí que apresentam risco a inundação, destacando seus variados graus de inundação.

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

A planície costeira do estado do Piauí encontra-se localizada na porção norte do litoral piauiense e no nordeste setentrional do Brasil, apresentando uma linha de costa de 66 km (sentido Leste-Oeste), que vai desde a Baía das Canárias, até o limite com o Ceará, na foz dos rios Ubatuba e Timonha (BAPTISTA, 2004; FUNDAÇÃO CEPRO, 1990). Apesar de possuir um litoral pouco extenso, a planície costeira do Piauí é uma área que merece destaque por sua grande importância social, econômica e ambiental, dando especial atenção às preocupações de uso sustentável dos recursos costeiros e o estudo de estruturação de suas principais unidades geomorfológicas. Diante disso, o recorte espacial da área de estudo abrange o município de Ilha Grande e parcialmente os municípios costeiros de Cajueiro da Praia, Luís Correia e Parnaíba (Figura 1) e ainda integra parte da área de Proteção Ambiental do Delta do Parnaíba (APA). A área é limitada pelas coordenadas UTM 9668000/ 182000 W e 9668000/250000 e corresponde aos limites continentais das folhas topográficas SUDENE/DSG (1972) (SA 24 Y-A-IV) folha Parnaíba e (SA 24 Y-A-V) folha Bitupitá, ambas na escala 1:100.000.

Figura 1 – Mapa de Localização da Planície Costeira do Estado do Piauí



Fonte: Elaborado por Autores.

Mapeamento de Risco de Inundação

Dos procedimentos técnicos e metodológicos aplicados na pesquisa foram utilizadas técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto (através da interpretação de imagens de satélite) e dados do sistema de posicionamento global (GPS) levantados na área.

Para a obtenção do mapa de risco de inundação, foram consideradas as relações e interações de fatores do meio físico como: declividade, altimetria, geologia, geomorfologia e fatores do meio antrópico como o uso e cobertura da terra.

Para elaboração dos mapas básicos: Declividade e Altimetria levou-se em consideração o MDE (Modelo Digital de Elevação) da área de estudo adquirido a partir do processamento e da análise de dados da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Estas, por sua vez, foram obtidas no site do Banco de dados geomorfológicos do Brasil-Topodata/INPE as quais estão disponíveis gratuitamente para *download*. Foram obtidos os dados refinados da resolução espacial original (~90m) no formato GRID para (~30) m.

No caso da área em estudo, a imagem SRTM requerida foi a de índice 02S42_ZN referente ao MDE da planície costeira do estado do Piauí. Através do MDE foi possível gerar os mapas de declividade e altimetria, que serviram como instrumento de análise das áreas que apresentam risco.

Para a geração do mapa temático de declividade utilizou-se as ferramentas *ArcToolbox* > *Spatial Analyst tools* > *Surface* > *Slope* do *software*. O mapa foi gerado em porcentagem (PERCENT) estabelecendo-se cinco classes, estas variando de plano a ondulado com os intervalos (0 – 3; 3 – 5; 5 – 10; 10 – 20; > 20) seguindo a classificação de Ramalho Filho e Beek (1995), porém adaptada de acordo com os declives apresentados na área de estudo.

Em seguida, o MDE foi reclassificado gerando cinco classes de altimetria, estas por sua vez, variando de 0 a 70 metros. .

Para os parâmetros: geologia, geomorfologia e uso e cobertura das terras, foram utilizados os mapas produzidos por Sousa (2015) em formato *shapfile*, tendo em vista que os mesmos estão relacionados à mesma área de estudo e foram produzidos na mesma escala de análise da pesquisa 1: 100.000. Vale ressaltar que na utilização do parâmetro geomorfologia foi realizado uma atualização e refinamento do mapeamento de Sousa (2015).

Como forma de melhor detalhar o mapeamento geomorfológico realizado pela autora foram estabelecidos pontos de controle (marcação de ponto) para realização do mapeamento de praias. O levantamento da linha de praia no litoral do Piauí consistiu em medir a posição do perfil longitudinal da linha d'água, tomando-o como perfil representativo da posição da linha de praia a qual corresponde à linha de espraiamento da onda ou linha de *swash* conforme denomina Toldo e Almeida (2003).

Dessa forma, foram percorridos os 66 km da costa piauiense para realização da marcação de pontos com o auxílio do aparelho de Sistema de Posicionamento Global (GPS) e um veículo que se deslocou ao longo da linha de deixa (limite da linha d'água na última maré ocorrida) associada ao espraiamento da onda.

Uma vez marcados, esses pontos foram georreferenciados e transferidos para o SIG (Sistema de Informações Geográficas) onde foram retrabalhados para geração do vetor que deu origem a delimitação das praias da planície costeira do estado do Piauí. Como auxílio utilizou-se de imagens de alta resolução espacial (imagens *rapideye*) para verificar o limite da linha de espraiamento da onda até o início da praia em contato direto com o mar, obtendo assim a delimitação das praias da zona costeira piauiense.

Para o processamento da avaliação ambiental com base em uma integração (Modelagem e Geoprocessamento) dessas variáveis foi adotado um algoritmo classificador, baseado em um método multicritério ordinal aditivo, também definido por Xavier da Silva (2001) como média ponderada. O algoritmo é representado abaixo pela seguinte equação (Eq.1).

(1)

$$A_{ij} = \sum_{K=1}^n (Pk.Nk)$$

Onde,

K=1;

A_{ij} = qualquer célula da matriz;

n = número de parâmetros envolvidos;

P= peso atribuído ao parâmetro ou variável de 0 a 1;

N= nota atribuída ao fator ou parâmetro espacial de interesse.

O suporte à decisão por Multicritério é amplamente utilizado na análise de estudos de risco, sendo abordado por diversos autores, onde a integração com o SIG é fundamental para a obtenção de rápidos resultados e possibilidade de repetição de operações com diversos mapas de interesse (Jankowski, 1995; Malczewski, 1999; Valladares e Faria, 2004). Segundo Xavier da Silva (2001) esse método de análise multicriterial é baseado em um processo de ponderação aditiva, no qual os diversos atributos relevantes são representados através de sua importância relativa.

O princípio metodológico foi baseado no conceito de ecodinâmica de Tricart (1977) que define uma relação entre os processos de morfogênese e pedogênese, onde ao predominar a morfogênese prevalecem os processos erosivos modificadores das formas de relevo, e ao predominar a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos. Neste método conforme ressalta Silva (2015) além de estabelecer uma relação entre os processos de morfogênese e pedogênese, utiliza-se ainda as informações obtidas a partir das imagens de satélites para estudos integrados.

A partir do processo aditivo por Multicritério, o qual funciona como um método de ponderação de camadas ou planos de informação foi adotado pesos para cada variável envolvida no processo, conforme o grau de significância com relação à situação analisada conforme mostra a tabela 1.

Levando em consideração a análise multicriterial da média ponderada é importante compreender que o somatório dos pesos aplicados aos parâmetros não deverá exceder a 1 de acordo com sua intensidade de participação. Assim, definiu-se que a ponderação dos pesos seguiria uma variação de 0 a 1, onde zero representa o menor risco e 1 o maior risco.

Tabela 1 - Pesos atribuídos a cada variável utilizada no mapeamento de risco de inundação

VARIÁVEL	PESO/RISCO DE INUNDAÇÃO (0 a 1)
<i>Geomorfologia</i>	0,25
<i>Altimetria</i>	0,20
<i>Declividade</i>	0,20
<i>Geologia</i>	0,15
<i>Uso e cobertura</i>	0,20
SOMATÓRIO	1

Fonte: Elaborado por Autores.

Em seguida foram estabelecidas notas para as classes de cada variável selecionada, levando em consideração as unidades de maneira individual. As notas também variaram de 0 a 1, no entanto, as áreas fora de análise receberam uma nota superior a 1,0 para ficar fora de análise (Tabela 2, 3, 4, 5 e 6).

Vale ressaltar que os pesos e as notas inseridas nessa pesquisa foram atribuídos com base na experiência e por consenso de equipe multidisciplinar especializada em meio físico e na interpretação de mapas de riscos ambientais, também foram adaptados empiricamente à realidade e a escala de análise da área de estudo, observando a maior influência das variáveis na área. Partindo dessa premissa, optou-se por dar pesos maiores para a geomorfologia, tendo

em vista que esta apresenta uma influência maior na área de estudo quando se fala em risco de inundação.

Tabela 2 – Notas atribuídas a cada classe das unidades geomorfológicas

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	NOTAS/INUNDAÇÃO (0 a 1)	NOTAS X PESOS (0 a 1)
<i>Praias</i>	1,0	0,25
<i>Cordão arenoso</i>	0,5	0,125
<i>Planície eólica</i>	0,4	0,1
<i>Dunas móveis</i>	0	0
<i>Dunas estabilizadas</i>	0	0
<i>Paleodunas</i>	0	0
<i>Planície Fluvio-Marinha</i>	1,0	0,175
<i>Terraço Marinho</i>	1,0	0,1
<i>Planície e terraço fluvial</i>	0,7	0,25
<i>Planície Lacustre</i>	1,0	0,25
<i>Tabuleiro costeiro</i>	0	0
<i>Canais fluviais</i>	0	0

Fonte: Elaborado por Autores.

Tabela 3 - Notas atribuídas a cada classe de Altimetria

ALTIMETRIA (m)	NOTAS/ INUNDAÇÃO (0 a 1)	NOTAS X PESOS (0 a 1)
<i>0-15</i>	1,0	0,2
<i>15-30</i>	0,5	0,1
<i>30-50</i>	0,2	0,04
<i>50-90</i>	0,1	0,02

Fonte: Elaborado por Autores.

Tabela 4 – Notas atribuídas a cada classe de Declividade.

DECLIVIDADE (%)	NOTA/INUNDAÇÃO (0 a 1)	NOTAS X PESOS (0 a 1)
<i>0-1</i>	1,0	0,2
<i>1-3</i>	0,9	0,18
<i>3-5</i>	0,8	0,16
<i>5-10</i>	0,5	0,1
<i>10-20</i>	0,2	0,04
<i>>20</i>	0	0

Fonte: Elaborado por Autores.

Tabela 5 – Notas atribuídas a cada classe das Unidades Geológicas

GEOLOGIA	NOTA/INUNDAÇÃO (0 a 1)	NOTAS X PESOS (0 a 1)
<i>Depósito eólico não vegetado</i>	0	0
<i>Depósito aluvial de planície de inundação</i>	1,0	0,15
<i>Depósito fluvio-marinho</i>	1,0	0,15
<i>Grupo Barreiras</i>	0	0
<i>Depósito eólico vegetado</i>	0	0
<i>Depósito fluvio-lacustre</i>	1,0	0,15
<i>Depósitos praias</i>	0,5	0,075
<i>Paleodunas</i>	0	0
<i>Depósitos eólicos arrasados</i>	0,5	0,075
<i>Canais fluviais</i>	0	0

Fonte: Elaborado por Autores.

As unidades identificadas como fora de análise como: os depósitos não vegetados, o Grupo Barreiras, o depósito eólico vegetado e as paleodunas receberam essa classificação por serem áreas que não apresentam risco de inundação do ponto de vista geológico, isto porque são áreas que apresentam altitudes mais elevadas, solos mais profundos e boa drenagem, ou seja, essas unidades apresentam uma boa estruturação, resistindo melhor aos impactos da chuva, favorecendo a infiltração da água e reduzindo a erosão por escoamento.

Tabela 6 – Notas atribuídas a cada classe das unidades de Uso e Cobertura das terras

USO E COBERTURA DA TERRA	NOTA/INUNDAÇÃO (0 a 1)	NOTAS X PESOS (0 a 1)
<i>Área urbana</i>	0,9	0,18
<i>Corpo d'água</i>	0	0
<i>Cordão arenoso</i>	0,5	0,1
<i>Dunas móveis</i>	0	0
<i>Vegetação de Mangue</i>	1,0	0,2
<i>Pasto limpo</i>	0,5	0,1
<i>Pasto sujo</i>	0,3	0,06
<i>Solo exposto</i>	0,7	0,14
<i>Vegetação de várzea associada à carnaúba</i>	0,9	0,18
<i>Vegetação arbustiva densa</i>	0,2	0,04
<i>Vegetação de caatinga aberta</i>	0,1	0,02
<i>Área úmida</i>	0	0

Fonte: Elaborado por Autores.

A importância de cada evento analisado foi considerada em função do somatório dos produtos dos pesos relativos das variáveis escolhidas, multiplicado pelas notas das classes em cada unidade das células. Dessa forma, uma vez estabelecido pesos e notas, utilizando-se do algoritmo descrito na (Eq.1) foi feito a multiplicação (*nota x peso*) entre cada unidade e cada parâmetro utilizado.

A manipulação dos dados em SIG foi feita em formato matricial, no qual os elementos foram representados por *pixel*, unidade a partir da qual serão efetuados os cruzamentos. Para isso, os dados adquiridos (geologia, geomorfologia, declividade, uso e cobertura e altimetria) foram convertidos em *raster* e todas as variáveis analisadas tiveram o mesmo tamanho de *pixel*, tamanho estes compatíveis aos objetivos do estudo para que seja feito o cruzamento, conforme (SOARES FILHO, 2000).

Para o mapeamento realizado na pesquisa foram convertidos os arquivos vetoriais para matriciais, utilizando-se uma dimensão de célula de 30 x 30 m.

Em seguida aplicando a função *Raster calculator* do software *ArcGis* obteve-se a soma entre os parâmetros:

$$\text{SOMA} = \text{Geomorfologia} + \text{Altimetria} + \text{Declividade} + \text{Geologia} + \text{Uso e Cobertura das terras}$$

Na sequência, os resultados quantitativos foram transformados em classes qualitativas, como, por exemplo, Muito baixo, Baixo, Moderado, Alto, Muito Alto e Altíssimo, tendo como resultado o mapa de risco de inundação da planície costeira do estado do Piauí. Métodos semelhantes também foram empregados nos trabalhos sobre inferência espacial de riscos ambientais a exemplo de Sousa (2015) Crepani et al., (1996), Valladares et al., (2002), Valladares & Faria (2004); Garcia et al., (2006); Meirelles et al.. (2007), Faria et al., (2012) dentre outros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise do Risco de Inundação na planície costeira do estado do Piauí

A integração das informações realizadas a partir de cálculos algébricos entre diversos mapas temáticos possibilitou estabelecer os parâmetros para a criação do mapa de risco de inundação da planície costeira do estado do Piauí, avaliando a ponderação dos valores que tentassem indicar de forma mais fiel possível, os graus de risco dos ambientes analisados, considerando suas influências antrópicas.

Dessa forma, conforme pode-se observar na (Tabela 7) para a planície costeira do estado do Piauí foram identificadas cinco classes de risco de inundação, estas variando em: Muito Baixo (<0,4); Baixo (0,4 – 0,6); Moderado (0,6 – 0,8); Alto (0,8 – 0,9) Muito Alto (0,9 – 1) e Altíssimo (>1).

Observa-se que 30,84% da área foi classificada com risco de inundação muito baixo, e a classe de maior expressão geográfica ocupa 270,65 km² da área, sendo esta associada principalmente as áreas de tabuleiro costeiro, pertencentes ao Grupo Barreiras, onde segundo Paula (2010) os solos presentes nessa unidade geomorfológica têm como classes dominantes os neossolos quartzarênicos, argissolo vermelho-amarelo distrófico e os argissolos acinzentados distróficos, recobertos por vegetação do tipo “mata de tabuleiro” e associações do Cerrado, Cerradão e Caatinga em algumas áreas, o que demonstra boa permeabilidade e boa drenagem dos solos.

Tabela 7 – Classes de Risco de Inundação na planície costeira do estado do Piauí.

CLASSES DE RISCO DE INUNDAÇÃO	ÁREA		GRAU
	km ²	(%)	
<i>Muito Baixo</i>	270,65	30,84	< 0,4
<i>Baixo</i>	146,02	16,64	0,4 – 0,6
<i>Moderado</i>	170,47	19,42	0,6 – 0,8
<i>Alto</i>	115,40	13,15	0,8 – 0,9
<i>Muito Alto</i>	76,46	8,71	0,9 – 1
<i>Altíssimo</i>	98,65	11,24	>1
TOTAL	877,65	100	

Fonte: Elaborado por Autores.

A classe de risco baixo ocupa 16,64% (146,02 km²) da área de estudo e localiza-se principalmente nas áreas que correspondem às unidades de paleodunas, dunas estabilizadas e uma pequena parte das áreas de tabuleiros que por localizarem-se em altitudes mais elevadas e no entanto, por serem áreas de contato das unidades: Planície e terraço fluvial e Planície lacustre apresentam uma classe de baixo risco de inundação e não um risco de inundação muito baixo.

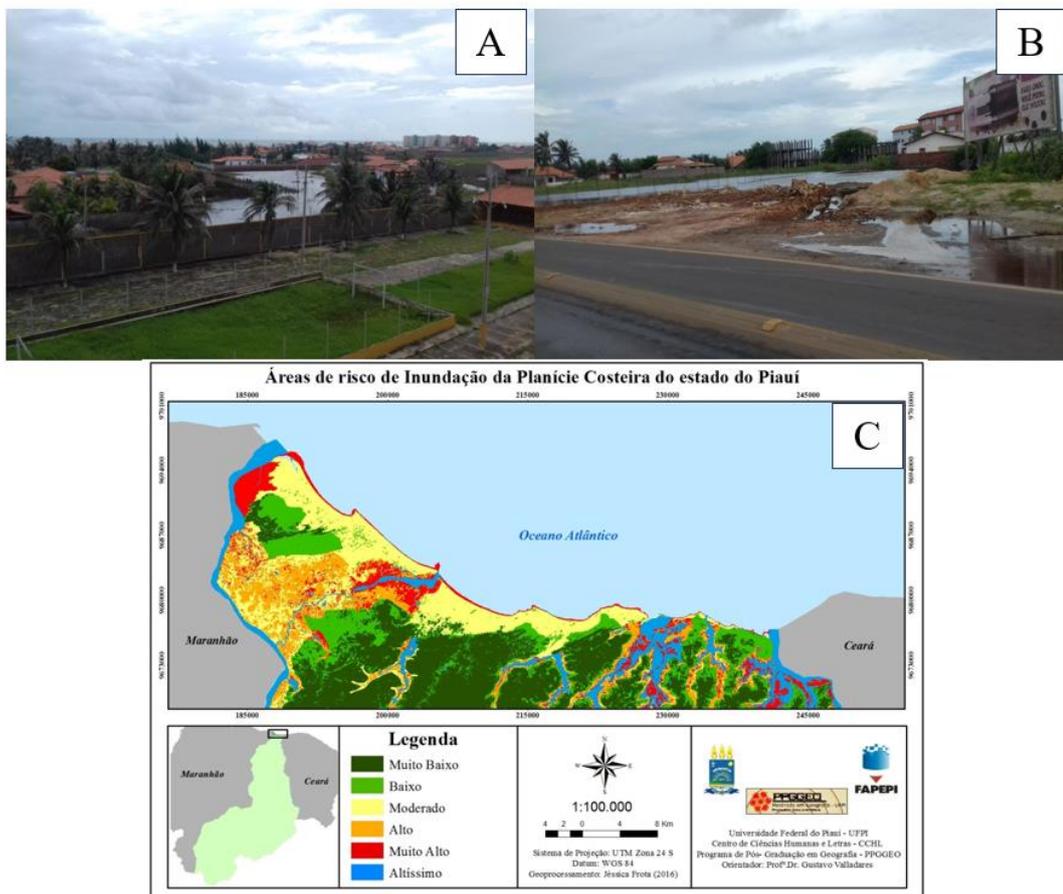
As unidades geomorfológicas que se localizam mais próximas da linha de costa, como o cordão arenoso e as planícies eólicas, por se situarem em áreas mais rebaixadas e sofrerem ação direta do oceano, enquadram-se em uma classe já de maior risco sendo classificada de acordo com dados dessa pesquisa como áreas de risco de inundação moderado. Esta classe corresponde a 19,42% (170,47 km²) da área de estudo e são áreas onde há a predominância de Neossolos Quartzarênicos. Segundo Sousa (2015) esta classe apresenta elevado grau de vulnerabilidade ambiental, variando de 2,6 a 3,0 graus.

Já as unidades Planície Flúvio-Marinha, Planície Lacustre e aos Terraços fluviais correspondem as áreas de risco de inundação alto e muito alto. Isso devido principalmente ao fato de situarem-se em áreas correspondentes às planícies de inundação, portanto, muito próximas à rios e lagos, como é o caso da cidade de Luís Correia e Parnaíba, onde, a urbanização desenvolveu-se e vem se desenvolvendo em áreas muito vulneráveis, muito próximas a linha de costa. Segundo Sousa (2015) as áreas próximas à cidade de Luís Correia apresentam grau de vulnerabilidade muito alto e a cidade de Parnaíba apresenta um grau de vulnerabilidade ambiental variando de

medianamente estável a moderadamente vulnerável variando de (1,7 a 2,6). Essas classes, por sua vez, representam cerca de 13,15% e 8,71% da área que corresponde a 115,40 km² e 76,46 km², ou seja, uma porção significativa da planície costeira com riscos de inundação.

A população chega a construir casas em áreas de elevado risco, sofrendo a ação de cheias de rios e a ação da erosão marinha, onde o mar avança destruindo casas que estão muito próximas à linha de costa e que desobedecem aos limites estipulados para impedimento desses transtornos. As imagens a seguir (figura 2A, B, C) demonstram a questão dos riscos de inundação na cidade de Luís Correia-PI.

Figura 2 A, B: Área com risco de inundação próximo à praia de Atalaia na cidade de Luís Correia-PI. Figura 2C: Mapa de risco de inundação da Planície costeira do estado do Piauí.



Fonte: Elaborado por autores.

Vale ressaltar que durante a análise de multicritério realizada por meio do software ArcGis a área que corresponde à unidade planície flúvio-marinha localizada próximo ao rio Parnaíba, grande parte de sua extensão foi submetida a uma correção de pixel por esta estar subdividida em duas classes (Risco alto e risco muito alto). Isso devido principalmente a copas das árvores que se localizam no entorno desta unidade. No entanto, sabe-se que estas áreas apresentam um risco muito alto de inundação.

As áreas classificadas com risco altíssimo representam cerca de 11,24% da área de estudo e estão representadas principalmente pelos deltas e canais fluviais presentes na região, que em sua maioria encontram-se permanentemente inundados, com exceções de alguns canais e/meandros abandonados.

Assim, a partir das análises feitas por meio dos dados geográficos no presente estudo, pode-se observar que, a distribuição espacial das ocorrências georreferenciadas de inundações segue uma lógica que respeita as características topográficas dos locais onde os registros foram amostrados. Isto significa que a espacialização das áreas inundáveis tem relação diretamente proporcional à distância em relação aos canais fluviais, bem como à altitude, à declividade e às feições geomorfológicas da área.

Contudo, nota-se que as áreas que apresentam altitudes mais elevadas (tabuleiros e campos de dunas móveis) apresentam risco nulo de inundação e já as áreas próximas a canais fluviais representam as áreas de maior risco de inundação.

Dessa forma, o mapa de risco de inundação produzido permitiu a compreensão das diferentes classes de risco de cada unidade mapeada, podendo ser utilizado como instrumento de gestão costeira para o desenvolvimento local e regional. O mapeamento também permitiu avaliar as potencialidades da planície costeira do Piauí de forma integrada, compatibilizando suas características naturais às restrições que a mesma apresenta, para edificações em áreas alagadiças e áreas não alagadiças.

CONCLUSÃO

A planície costeira do estado do Piauí é composta de uma diversidade de paisagens e fatores que atuam em interdependência na formação e dinâmica da mesma. Estes, ao atuarem em conjunto trazem transformações significativas ao ambiente modificando-o e modelando-o.

Utilizando-se de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto foi possível analisar a dinâmica da planície costeira do estado, e perceber que as mesmas, apresentam ambientes com diferentes fragilidades.

Através do mapeamento de risco de inundação, foi possível identificar a presença de cinco classes de risco a inundação, proporcionando assim, uma separação dos ambientes que apresentam risco muito baixo a risco muito alto. Contudo, notou-se que as áreas que apresentam altitudes mais elevadas destacadas em (tabuleiros costeiros e campos de dunas móveis) apresentaram risco muito baixo de inundação e já as áreas próximas a canais fluviais representam as áreas de maior risco de inundação.

Diante disso, viu-se a necessidade de uma melhor gestão dessas áreas, necessitando de um plano de manejo e políticas públicas que visem uma melhor administração dessas zonas. Vê-se também a necessidade da conscientização das populações no sentido de respeitar as regras relacionadas ao limite proposto para urbanização e assim evitar a construção de edificações em áreas muito próximas à linha de costa.

REFERÊNCIAS

ANDRES, Juliano; CANEPARO, Sony. Cortese; HENDGES, Elvis. Habuske. Riscos de Inundação na Cidade de Francisco Beltrão (PR) por meio de Combinação Linear Ponderada Difusa. IN: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** João Pessoa-PB, Brasil, 2015, INPE.

BAPTISTA, E.M.C. **Caracterização e importância ecológica e econômica dos recifes da zona costeira do Estado do Piauí.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2004, 289 f.

BRASIL. Ministério do Exército – Diretoria do Serviço Geográfico. Região Nordeste do Brasil. **Folha SA 24 Y-A –V Bitupitá.** [S.I.]: SUDENE/DSG, 1972. Escala: 1: 100.000.

BRASIL. Ministério do Exército – Diretoria do Serviço Geográfico. Região Nordeste do Brasil. **Folha SA 24 Y-A-IV Parnaíba.** [S.I.]: SUDENE/DSG, 1972. Escala: 1: 100.000.

CUNHA, Sandra; TAVEIRA-PINTO, Francisco. Aplicação de uma metodologia de análise de risco de inundações à zona ribeirinha do Peso da Régua. IN: 6ª Jornada de Recursos Hídricos e Meio Ambiente. **Anais...** FEUP, 211.

FUNDAÇÃO CENTRO DE PESQUISAS ECONÔMICAS E SOCIAIS DO PIAUÍ – FUNDAÇÃO CEPRO. 1990. **Atlas do Estado do Piauí.** Rio de Janeiro: IBGE. 26p.

HORA, Silmara Borges da; GOMES, Ronaldo Lima. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. **Revista Sociedade e natureza.** (Online) vol.21 no.2 Uberlândia Aug. 2009.

INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION – ISDR – UN. **Secretariat. United Nations documents related to disaster reduction 2000- 2007:** Advance copy. Geneva, UN. International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). Secretariat, 2007.

JANKOWSKI, P. (1995). **Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision-making methods.** International Journal of Geographical Information System, 9, p. 251-273.

LINS-DE-BARROS, Flávia Moraes; MUEHE, Dieter. Avaliação local da vulnerabilidade e riscos de inundação na zona costeira da Região dos Lagos, Rio de Janeiro. **Quaternary and Environmental Geosciences** (2010) 02 (1):55-66.

NAIME, Roberto; ALMEIDA, Paulo Roberto Coutinho Marques de. Áreas de risco por inundação na área da região urbana do município de Novo Hamburgo - Vale dos Sinos – RS. **Revista Ciência e Natura,** UFSM, 27(1): 71 - 91, 2005.

Muehe D., Fernandez G.B., Bulhões E.M.R., Azevedo I.F. de. Avaliação da vulnerabilidade física da orla costeira em nível local tomando como exemplo o arco praiado entre Rio das Ostras e o Cabo Búzios – RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia** - v. 12, nº 2 (2011).

PEREIRA, Margarida; VENTURA, José Eduardo. AS ÁREAS INUNDÁVEIS EM MEIO URBANO A abordagem dos instrumentos de planeamento territorial. 7º Congresso da Água, APRH, (em CD-ROM, s. p.), 2004.

SOUSA, Roneide dos Santos. **Planície Costeira do Estado do Piauí**: mapeamento das unidades de paisagem, uso e cobertura da terra e vulnerabilidade ambiental. 138f. (Mestrado em Geografia – Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Piauí), Teresina, 2015.

TOMMINAGA, Lídia. Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosângela do. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.p. 196.

TUCCI, C. E. M. **Gestão das inundações urbanas**. Global Water Partnership. Edição em arquivo digital. Brasília, 2005.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1977.

VALLADARES, G.S.; FARIA, A.L.L. **SIG na análise do risco de salinização na bacia do Rio Coruripe**, AL. ENGEVISTA, v. 6, p.86-98, 2004.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**. Rio de Janeiro, Ed. do Autor, 228p. 2001.

ÍNDICES ESPECTRAIS APLICADOS A ANÁLISE DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE NASCENTES, EM ÁREA SEMIÁRIDA DO PIAUÍ

Layla Thauane Mota Silva
João Antonio dos Santos Costa
Francílio de Amorim dos Santos
Glairton Cardoso Rocha

INTRODUÇÃO

A água é um elemento fundamental para todos os seres vivos. Manter esse recurso preservado está cada vez mais difícil na nossa sociedade. O Brasil possui grande potencial hídrico, detendo grande parte das reservas subterrâneas mundiais e possuindo o maior percentual de áreas de recarga, contudo, exibe má distribuição do recurso no território nacional (Silveira; Oliveira, 2016) e deficiência em termos de monitoramento qualitativo, quantitativo e conhecimento das influências do uso do solo.

Os recursos hídricos são essenciais para o desenvolvimento da sociedade. Logo, conhecer a dinâmica e a qualidade da água por influência do uso e ocupação das terras e as estações do ano é de fundamental relevância para a engenharia de recursos hídricos. Nesse sentido, a reconhecida importância dessas técnicas auxilia no esforço contínuo para preservar as nascentes dos rios. O estudo em questão teve como foco principal as nascentes da Bacia Hidrográfica do rio dos Matos, em específico aquelas presentes nos limites do município de Piriipiri.

O uso de índices espectrais desempenha um papel fundamental no estudo da conservação de nascentes de rios, visto que são derivados de imagens de Sensoriamento Remoto e permitem a quantificar e a monitorar as características do ambiente, como, por exemplo, a vegetação, a umidade do solo e até identificar as queimadas. O mapeamento e coleta de dados através de índices espectrais na região em que a nascente se encontra, tem grande importância. Pois registra a situação da fauna e vegetação em seu entorno, interferências e utilidade da mesma pela comunidade local e existência de agravantes como a poluição por resíduos sólidos, sendo relevante para o desenvolvimento de medidas que previnam o desaparecimento e contaminação desta.

Ao analisar esses índices, os pesquisadores podem identificar áreas degradadas, avaliar mudanças ao longo do tempo e desenvolver estratégias de conservação baseadas em dados sólidos. Além disso, a capacidade de monitorar remotamente vastas áreas geográficas torna os índices espectrais uma ferramenta eficiente para a identificação precoce de problemas ambientais, permitindo a intervenção antes que danos significativos ocorram.

Como benefício da execução destes procedimentos tem-se o monitoramento da disponibilidade hídrica, prevenindo o desaparecimento e assoreamento dessa bacia, bem como a disseminação de boas práticas de conservação da água e solo, particularmente em Piriipiri. Dessa forma, será possível observar como a vegetação presente nessa região no entorno da bacia está sendo afetada pela ação humana. Será possível, ainda, melhorar a qualidade da relação da fauna e flora, melhorias na qualidade do solo que se torna mais preparado para práticas de agricultura, apresentar maior segurança no consumo e lazer, preservação do bioma da região, garantia da dessedentação de animais, etc.

Nesse sentido, a reconhecida importância dessas técnicas auxilia no esforço contínuo para preservar as nascentes dos rios. O estudo em questão teve como objetivos realizar a

caracterização das áreas de nascentes e a análise do estado de conservação das nascentes do rio dos Matos, no município de Piripiri, a partir de índices espectrais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Aspectos conceituais e legais sobre nascentes

De forma conceitual, a nascente representa o afloramento natural de mananciais subterrâneos que apresenta permeabilidade, vindo a dar início a um curso de água (Brasil, 2012), sendo um elemento do curso hídrico imprescindível para a manutenção das bacias hidrográficas (Rocha *et al.*, 2019) e do ciclo da água na natureza, desempenhando atualmente funções muito além das necessidades biológicas (Gomes *et al.*, 2021).

Historicamente, a exploração e destruição dos recursos naturais em território brasileiro surge como consequência da falta de planejamento no decorrer do processo ocupacional, exploração ambiental, a princípio advinda de interesses europeus durante o período de colonização e expansão da fronteira agrícola, acarretando sérios problemas ambientais, aos quais atingiram também nascentes e região em seu entorno (Neves *et al.*, 2014).

Além possibilitar a sobrevivência de fauna, flora e vida humana no seu entorno, as bacias hidrográficas estão diretamente relacionadas a diversas atividades, como a contribuição substancial relacionada a questões econômicas e abastecimento de centros urbanos, onde a maioria desses recursos não retornará à natureza, impedindo seu curso natural, gerando conflitos socioambientais como crises de abastecimento, poluição e queda na qualidade da água, devido ao seu consumo predatório e ausência de aplicações de políticas públicas (Freitas; Yoshida; Silva, 2022).

As nascentes, também, encontram-se vulneráveis a essa condição predatória, pois, de acordo com Silveira e Oliveira (2016), as mesmas e outras fontes subterrâneas acabam servindo de recurso para o abastecimento de regiões, onde a escassez hídrica já é uma realidade e essa utilização se dá, geralmente, de forma a prejudicar a jusante da bacia, por diversas razões, sendo algumas destas o desvio total ou parcial de sua vazão, poluição em seu entorno e interior, e assoreamento.

As nascentes tornaram-se objeto de preservação, sendo assegurado por lei a preservação das mesmas e de sua Área de Preservação Permanente (APP), que apresenta raio de 50 metros. O Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012), aponta em seu Artigo 3º, a necessidade de proteger a biodiversidade local, paisagem, estabilidade geológica, assegurando bem estar das populações humanas e preservação do recurso hídrico. No entanto, vem a ser muito comum a não aplicação destas medidas, seja pelo desconhecimento da população em relação a estas ou pela falta de fiscalização a esses locais.

De acordo com Dias *et al.* (2023), há necessidade da imposição de um gerenciamento adequado direcionado a conservação e preservação das nascentes, que compreenda pontos básicos como a proteção e recuperação de barreira vegetal, controle da erosão, minimização de contaminação biológica e química, visando o bem estar coletivo e remediação de impactos ambientais, bem como o monitoramento dessas áreas. Além destas, buscar a conscientização da população local a respeito da importância dessa preservação e como as mesmas podem beneficiar-se a partir desse ato vem, também, a ser um método eficaz, como comprovado por Barros, Chaves e Pereira (2017).

Estudos, como o que aqui se propõe, auxiliam a população e os órgãos públicos ao se disporem a analisar individualmente o estado de cada nascente e desenvolver medidas que auxiliem na preservação do recurso tema desta pesquisa. Nesse sentido, Bohrer *et al.* (2015, p.111), destacam que “o conhecimento do comportamento, bem como do estado de preservação das nascentes e de seu entorno é de suma importância para predizer a quantidade de água disponível e a qualidade para o abastecimento urbano”.

A avaliação do estado de conservação ambiental engloba uma série de fatores que devem ser cuidadosamente averiguados, levando em consideração a coleta de dados hidrográficos, topográficos e imagens de satélite, como aplicado por Pieroni *et al.* (2019), onde foi empregada a metodologia desenvolvida por Gomes, Melo e Vale (2005), referente ao Índice de Impactos Ambientais em Nascentes (IIAN), para a análise macroscópica de Uberlândia (MG), como forma de avaliação dos impactos ambientais nas áreas de nascentes do município. Essa metodologia apresenta diversos parâmetros distribuídos ao em uma tabela onde cada fator apresenta diferentes níveis para a classificação do objeto de estudo, a saber: cor e odor da água; preservação da vegetação ao longo da APP; presença de lixo no entorno; utilização por animais e por seres humanos; proteção local; e proximidade com a estrada.

Índices espectrais aplicados ao estudo da conservação de nascentes

Dispondo das ferramentas tecnológicas necessárias, pode-se trabalhar a aplicação de índices espectrais como forma de metodologia (ou parte dela) destinada a análises ambientais. Esses índices compreendem operação matemática realizada através dos valores numéricos encontrados nos *pixels*, retirados das imagens de satélite. Segundo Mendes e Rosendo (2013), a utilização de índices espectrais pode ser aplicada como forma remota de análise do território e averiguação da preservação de nascentes, facilitando a fiscalização, que dessa forma pode ser realizada de forma mais rápida, mapeando o local, apontando áreas de risco e possíveis alterações no ambiente, em especial nas que se encontra em regiões de difícil acesso. Nesse sentido, Silva, Miranda e Nascimento (2013, p.6924) destacam que:

O sensoriamento remoto surge como uma ferramenta ímpar no monitoramento e controle ambiental em escala global, pela sua capacidade de fornecer levantamentos sinóticos e repetitivos de grandes áreas, às vezes inacessíveis, custo operacional relativamente baixo, de modo rápido e sem necessidade de deslocamentos rotineiros aos locais de estudo.

Leivas *et al.* (2013) retratam em sua pesquisa a relevância da aplicação dos Índices de Água de Diferença Normalizada (*Normalized Difference Water Index - NDWI*) e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index - NDVI*) para o monitoramento de grandes áreas, como forma de avaliar as condições hídricas e cobertura vegetal de dada região objetivando a detecção de possíveis riscos ambientais e anomalias existentes no local. O Índice de Queimada Por Razão Normalizada (*Normalized Burn Ratio - NBR*) mostra-se, também, como uma ferramenta de apoio fundamental nesse tipo de estudo, auxiliando na identificação de áreas degradadas, comprometidas pelo fogo, determinando sua localização, extensão e nível de dano (Leite *et al.*, 2017).

O NDWI é um método desenvolvido por McFeeters (1996), com o objetivo de delinear feições aquáticas e realçar sua presença em imagens de sensoriamento remoto. Este índice foi derivado do NDVI, que se baseia na assinatura espectral característica da vegetação verde e saudável,

apresentando um contraste evidente entre as bandas vermelho e infravermelho próximo (Leivas *et al.*, 2013).

O NDVI é empregado com frequência para o monitoramento da vegetação em grandes escalas por que compensa parcialmente a variação nas condições de iluminação, inclinação da superfície terrestre e aspectos das visadas do sensor em função da ampla largura da órbita (2.700 km). Nuvens, água e neve têm reflectâncias maiores no visível do que no infravermelho, sendo que nestas condições o NDVI tem valores negativos. Rochas e solos expostos têm reflectâncias similares nestas duas bandas e o resultado no índice de vegetação é aproximadamente zero. Em cenas com vegetação o NDVI varia de 0,1 a 1,0, onde os valores mais altos são associados com o maior vigor e densidade da cobertura vegetal. Efeitos atmosféricos como o espalhamento por poeira, aerossóis e nuvens do tamanho dos subpixels agem no sentido de aumentar a reflectância na banda 3 em relação à banda 4 e reduzir o valor do índice da vegetação (Holben, 1986).

Formulado por Key e Benson (2006), o índice NBR considera em sua equação duas faixas espectrais, correspondentes ao infravermelho próximo (NIR), que apresenta altos valores de reflectância independente da matéria orgânica existente na cobertura vegetal, e infravermelho médio (MIR), que mostra baixa reflectância para matéria orgânica queimada e alta reflectância para vegetação saudável, permitindo a identificação das áreas de queimadas, quantificação e análise de seu comportamento ao longo de determinado período (Silva; Pestana; Martins, 2019).

MATERIAIS E MÉTODOS

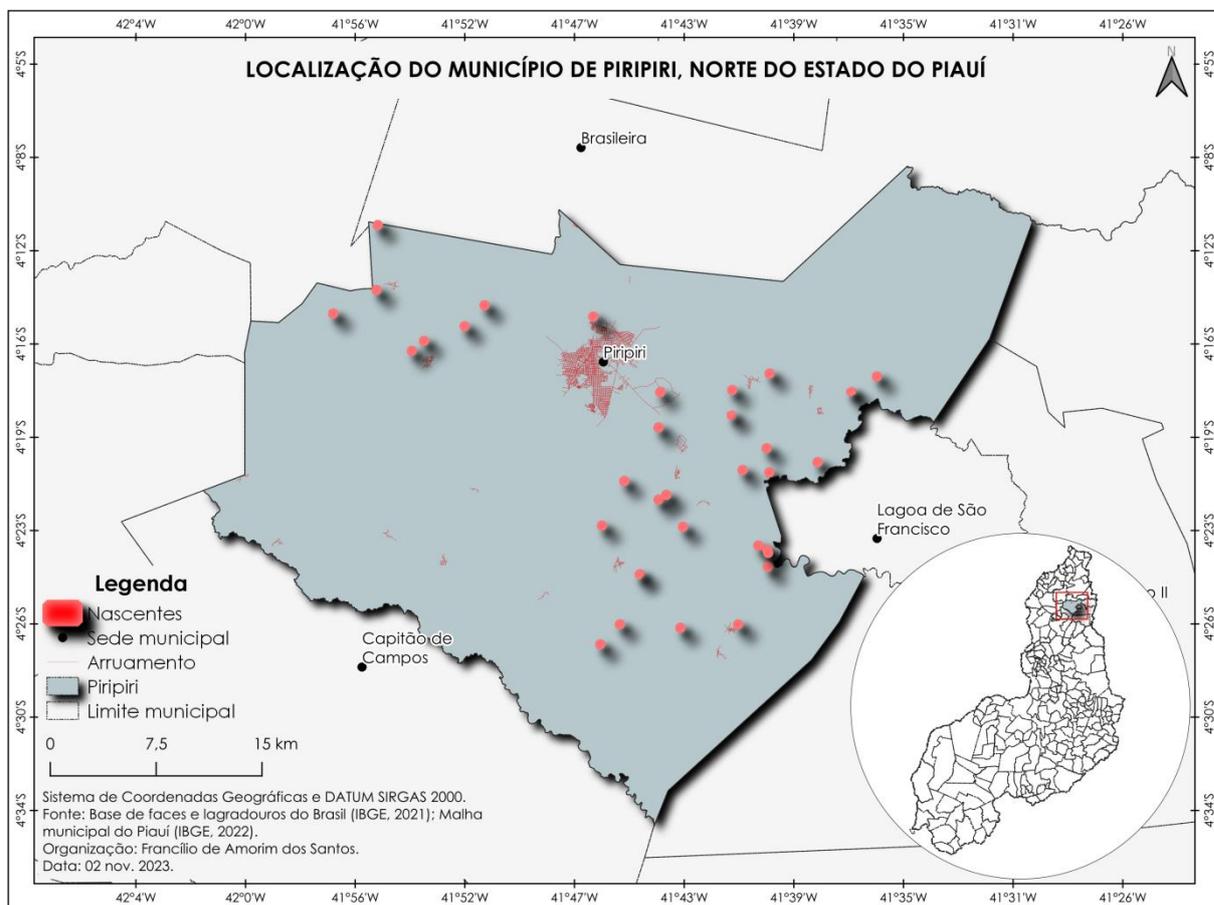
A área em estudo

O município de Piri-piri/PI dista 160 km da capital Teresina. O município é um importante polo têxtil e é privilegiado no que se refere a oferta de recursos hídricos, mesmo considerando sua condição semiárida. A sede municipal tem as coordenadas geográficas de 04°16'24"S e 41°46'37"W. Piri-piri compreende uma área irregular de 1.302 km², tendo os seguintes limites municipais: Batalha e Brasileira ao norte; ao sul Capitão de Campos e Pedro II; a oeste Barras, Boa Hora, Batalha e Capitão de Campos; e a leste Domingos Mourão, Pedro II e Lagoa de São Francisco (AGUIAR; GOMES, 2004).

Do ponto de vista ambiental, o município de Piri-piri, onde se encontram as nascentes relacionadas para esse estudo, apresenta marcante complexidade e diversidade, tanto do ponto de vista dos componentes bióticos (biodiversidade), quanto daqueles abióticos (geodiversidade). Nesse contexto, o território municipal apresenta estruturas geológicas predominantemente sedimentares, pertencentes à Bacia sedimentar do Parnaíba, como os arenitos, folhelhos e siltitos, das formações Cabeças, Longá e Pimenteiras Além de colúviões e aluviões Holocênicos, de origem recente predominantemente próxima a drenagens atuais (Amorim, 2022). A geologia local condiciona um relevo típico de bacia sedimentar, com chapadas planas, presença de escarpas serranas, planaltos e baixos platôs, superfícies aplainadas conservadas e dissecadas, com predomínio dessas últimas (CPRM, 2006).

Os grupos de solos encontrados no referido município são: Plintossolo Pétrico Concrecionário (FFc), Latossolo Amarelo Distrófico (LAd), Nitossolo Vermelho Eutrófico (NVe), Argissolo Vermelho Eutrófico (PVe), Neossolo Litólico Distrófico (RLd), Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo), Planossolo Háplico Eutrófico (SXe) (INDE, 2014).

Figura 1 - Localização do município de Piripiri, situado no norte do estado do Piauí.



Fonte: IBGE (2023).

Em relação às condições climáticas, trata-se de um clima hipertérmico, com uma estação chuvosa no primeiro semestre, com duração média de 5 (cinco) a 6 (seis) meses, com isoietas anuais que oscilam entre 800 e 1600 mm. Essas precipitações estão quase que exclusivamente atreladas ao período de atuação da Zona de Convergência Intertropical no Hemisfério Sul, principal sistema provedor de chuvas no Norte do Nordeste do Brasil.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para análise espaço-temporal da fisionomia da cobertura vegetal, níveis de umidade do solo e áreas queimadas foram obtidas imagem do satélite *Landsat 9*, junto ao *United States Geological Service (USGS)*, distribuídas gratuitamente no site <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. A imagem possui as seguintes características: órbita/ponto 219/63, resolução espacial de 30 metros, com data de passagem do dia 29 de setembro de 2023. A imagem passou por conversão geográfica, onde foi exportada para o sistema de referência SIRGAS 2000 / *Brazil Polyconic*, para facilitar procedimentos posteriores.

Para conhecimento das classes de fisionomia da cobertura vegetal foi utilizado o índice de vegetação ajustado ao solo (NDVI), por meio do emprego da Equação 1 (Jensen, 1996 *apud* Melo; Sales; Oliveira, 2011). O índice varia de +1 a -1, cujos valores próximos a +1 representam

a melhor condição da cobertura vegetal, ao passo que valores próximos a -1 correspondem às piores condições encontradas na área de estudo.

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \quad Eq. [1]$$

Onde: *NDVI* = índice de vegetação por diferença normalizada; *NIR* = fluxo radiante no infravermelho próximo; *R* = fluxo radiante na região do vermelho visível.

Os níveis de umidade do solo foram identificados através da aplicação do índice de diferença da água normalizado (*NDWI*), conforme está representado na Equação 2 (McFeeters, 1996, apud Brubacher; Guasselli, 2013). Esse índice pode variar de +1 a -1, logo foram delimitados os valores de 0 a 0,2 como sendo água, valores menores que 0 como sendo não água e valores acima de 0,2 correspondendo a solo seco.

$$NDWI = \left(\frac{V - IR_p}{V + IR_p} \right) \quad Eq. [2]$$

Onde: *NDWI* = índice de diferença da água normalizado; *V* = comprimento de onda do verde; *IR_p* = comprimento de onda do infravermelho próximo.

Para identificação das áreas com cicatrizes de queimadas foi utilizado o índice espectral de queimada por razão normalizada (*NBR*), que considera a diferença normalizada entre o pico de reflectância no infravermelho próximo e do infravermelho de ondas curtas para identificação das referidas áreas (Allen; Sorbel, 2008). O *NBR* varia de -1 a 1+, onde os valores negativos representam a cobertura vegetal queimada, enquanto os valores próximos de zero representam os corpos d'água e solos sem vegetação e os valores positivos dizem respeito à vegetação saudável (Key; Benson, 2006).

$$NBR = \left(\frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \right) \quad Eq. [3]$$

Onde: *NBR* = índice espectral de queimada por razão normalizado; *NIR* = reflectância relativo ao comprimento de onda do infravermelho próximo; *SWIR* = comprimento de onda relativo ao infravermelho médio.

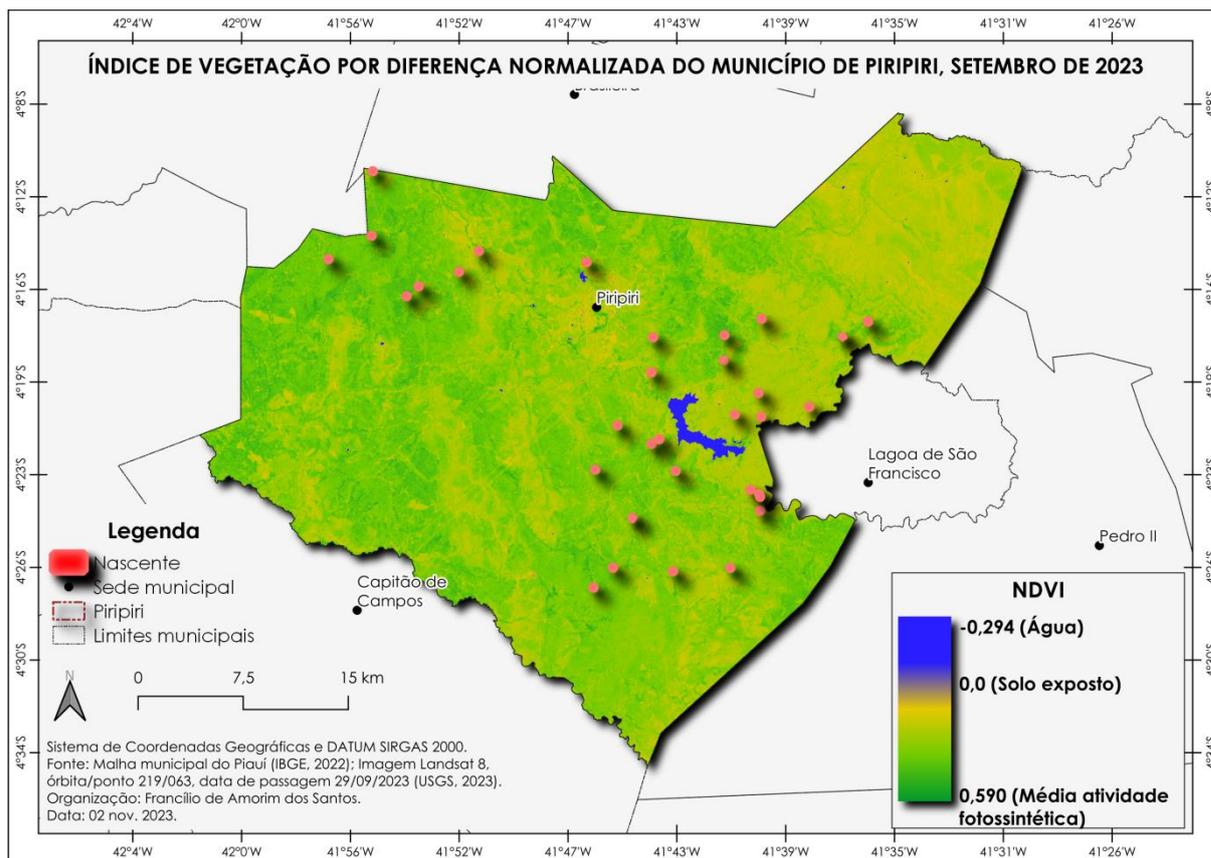
Ressalta-se que para a geração do *NDVI*, *NDWI* e *NBR* utilizou-se a calculadora raster, disponível na versão 3.28 do QGIS, para inserção das respectivas equações. Ao passo que para melhor visualização da imagem gerada utilizou-se o tipo de renderização “banda simples falsa-cor” e legenda contínua.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 é exibido mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, onde observa-se a quantidade considerável de solo exposto (correspondente aos valores próximos a 0,0 e coloração amarelada), que se intercala com a vegetação (valores próximos a 1,0 e representação em cor verde), confundindo-se com a vegetação rala (verde mais suave). A presença de áreas sem vegetação está presente principalmente no setor urbano e no setor Nordeste do município

de Piri-piri. O NDVI, também, aponta pequena quantidade de corpos hídricos (valores abaixo de 0, com a cor azul), com destaque para o açude Caldeirão, que está circundado por nascentes.

Figura 2 - Índice de vegetação por diferença normalizada para o município de Piri-piri, para setembro de 2023.



Fonte: USGS (2023).

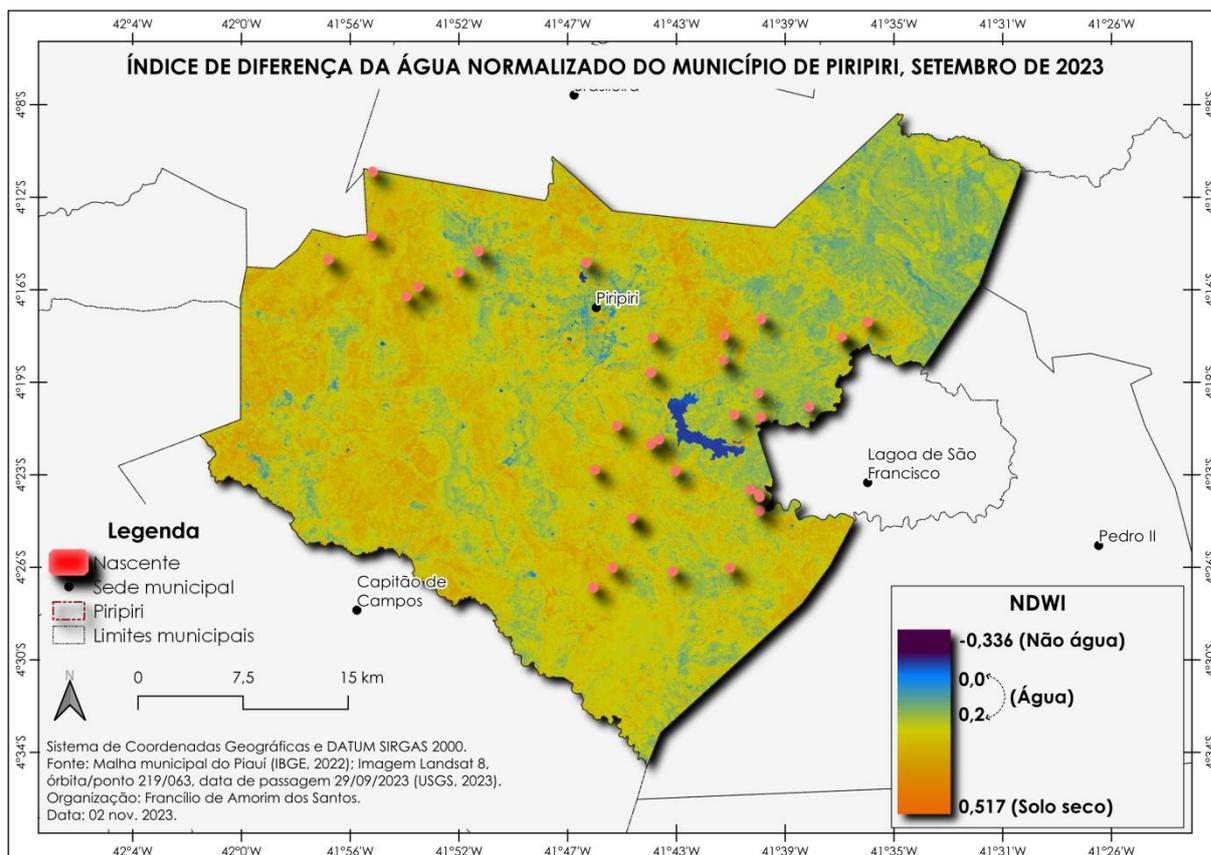
Pode-se averiguar que na distribuição espacial da vegetação a mesma não se mantém constante, seja por intervenções antrópicas ou pelas próprias características do clima semiárido. A vegetação apresenta em sua maioria tons verdes menos densos, devido a presença de cobertura vegetal de baixo a médio porte, embora ocorram áreas com manchas de vegetação de alto porte, principalmente na região Oeste.

A maioria das nascentes mapeadas encontram-se em locais com presença de vegetação, mesmo que de pequeno porte. Dessa forma, entende-se que a oferta hídrica, fornecida pelas mesmas, têm beneficiado o desenvolvimento da região em seu entorno, devido a presença de atividade fotossintética registrada. Possivelmente, esses afloramentos apresentam baixos níveis de erosão, devido a presença de cobertura vegetal.

A Figura 3 representa o índice de NDWI, que apontou áreas com água ou vegetação com alta umidade. Portanto, ao observar as manchas azuis no mapa, é possível identificar várias regiões com alto teor de umidade. Através da análise do mapa, é possível estabelecer uma relação entre as áreas identificadas com alto teor de umidade pelo índice NDWI e as nascentes localizadas

nessa região. As áreas com valores entre 0,2 e 0,0 no índice NDWI correspondem a nascentes perenes, que possuem fluxo de água contínuo ao longo do ano.

Figura 3 – Índice de diferença da água normalizado para o município de Piripiri, para setembro de 2023.

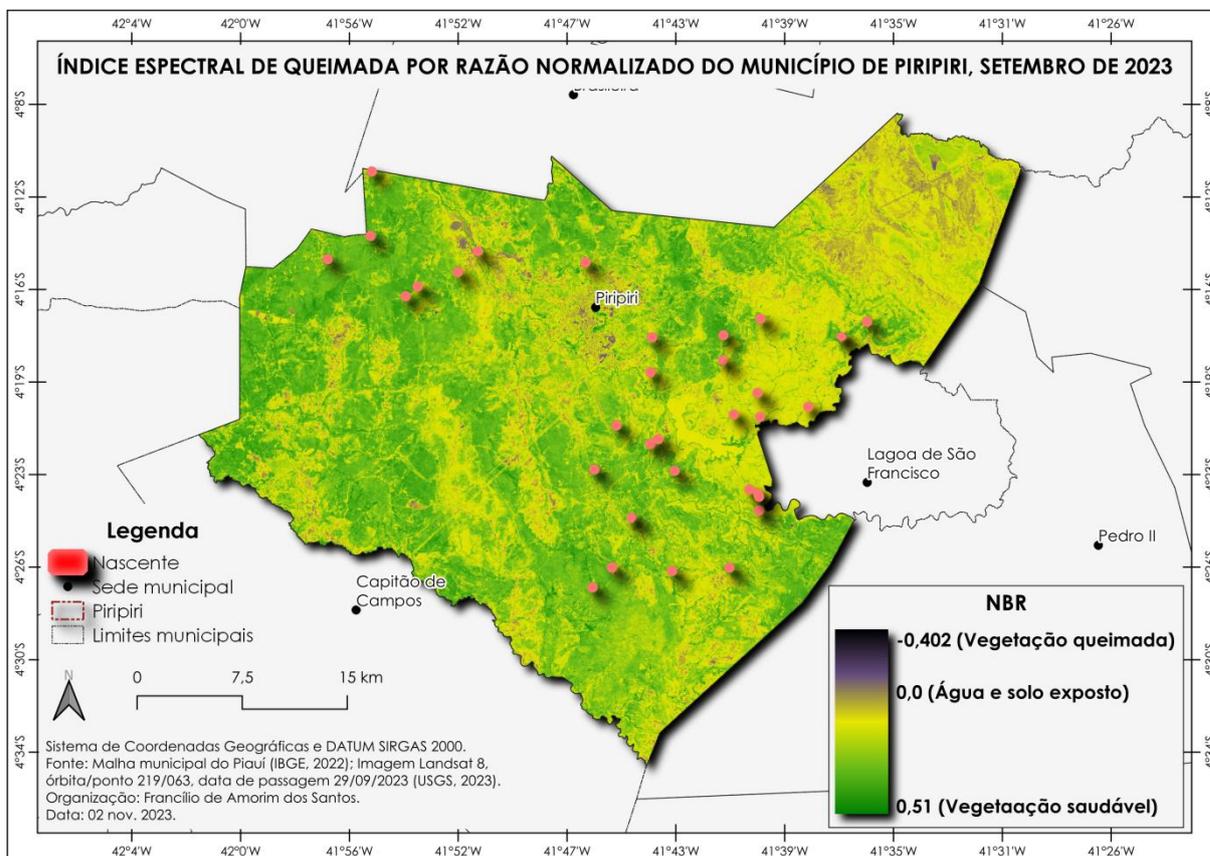


Fonte: USGS (2023).

É exibido ainda vastas áreas com presença de solo seco, valores próximos a 0,1, (em destaque na região Oeste e Noroeste), comum nesse momento pela ausência de chuvas e altas temperaturas, estando estas em grande parte do território, circundando muitas das áreas de nascentes. Apesar disso, as mesmas, de maneira geral, encontram-se próximas ou inseridas em área úmida devido sua constância hídrica e contribuição para a vegetação que a cerca.

A Figura 4 exibe o Índice de queimada por razão normalizada, onde se visualiza as áreas mais escuras, em coloração acinzentada (valores próximos a -1,0), que indicam uma diminuição no vigor vegetativo, sugerindo a ocorrência de secas, degradação ou queimadas. As áreas mais próximas do verde (valores próximos a 1,0) indicam um aumento no vigor vegetativo e possivelmente um estágio avançado de recuperação da vegetação.

Figura 4 - Índice espectral de queimada por razão normalizado para o município de Piri-piri, para setembro de 2023.



Fonte: USGS (2023).

As áreas que apresentam tons em cinza e preto indicam presença de vegetação degradada devido às queimadas. Em grande parte, as regiões com matéria orgânica queimada estão presentes na zona urbana da cidade e no extremo Nordeste do município. No NDVI essas áreas foram apontadas como apresentando solo exposto ou presença de vegetação com baixa atividade fotossintética, apesar de apresentarem-se em extensão considerável em pontos distintos ao longo de todo o território. As nascentes próximas à área urbanizada, seguindo a Norte, Nordeste e Sudeste, encontram-se muito próximas ou inseridas em áreas afetadas pela ação do fogo, o que pode alertar para um possível risco às mesmas por ausência ou diminuição da vegetação saudável de sua APP.

O município de Piri-piri exibe presença significativa de vegetação saudável, apesar das áreas afetadas pelas queimadas. Esse fato indica que a região possui um bom estado de conservação ambiental, com um baixo número de ocorrências de incêndios florestais. Além disso, a presença de nascentes em seus arredores contribui para a manutenção da vegetação saudável, uma vez que essas nascentes fornecem água para o desenvolvimento das plantas. As mesmas estão, em grande parte, localizadas em áreas com presença de umidade e com cobertura vegetal, sem ocorrência de incêndio nas proximidades. Contudo, essa condição não se aplica a todas as áreas, em especial as mais próximas do meio urbano.

A vegetação saudável observada no município de Piripiri é resultado de uma série de fatores. A existência de uma cobertura florestal densa contribui para a proteção do solo contra a erosão e a manutenção da umidade, criando um ambiente propício para o crescimento das plantas. Além disso, a presença das nascentes fornece água em quantidade suficiente para suprir as necessidades hídricas da vegetação.

No entanto, é importante ressaltar que mesmo em regiões com vegetação saudável e presença de nascentes, ainda é possível encontrar áreas afetadas pelas queimadas. Essas áreas podem ser resultado tanto de fatores naturais, como ocorrência de raios durante tempestades, quanto de ações humanas, como queimadas não controladas. Portanto, é fundamental manter um monitoramento constante e adotar medidas de prevenção e combate aos incêndios florestais, visando preservar a vegetação e as nascentes presentes na região de Piripiri.

CONCLUSÕES

A ocorrência de queimadas florestais em áreas próximas às nascentes é uma preocupação, fato que deve levar ao monitoramento pelos órgãos responsáveis, a fim de garantir a proteção dos recursos naturais. O uso de imagens de satélite e técnicas de Sensoriamento Remoto tem se mostrado um método eficiente, simples e viável para estudar as queimadas, a erosão do solo e a qualidade da água no município de Piripiri.

Ao analisar o NDWI podemos concluir que a região de Piripiri apresenta em grande parte da sua área um alto teor de umidade, especialmente próximo às nascentes permanentes. Isso ocorre porque essas nascentes fornecem água durante todo o ano, o que torna o solo mais úmido, influenciando no crescimento de uma vegetação mais saudável ao redor dessas nascentes. O NBR se mostrou mais preciso do que o NDVI na quantificação das áreas queimadas, sendo considerado o índice mais adequado para esse estudo. Como a área queimada pertence ao bioma cerrado, podemos concluir que a resposta da vegetação presente segue as expectativas esperadas pelo uso do NDVI, mas principalmente pelo uso do NBR.

Essas informações são relevantes para entender os impactos das queimadas nas áreas próximas às nascentes e auxiliar na tomada de decisões para a proteção dos recursos naturais. O monitoramento contínuo dessas áreas por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto e análise dos índices mencionados pode contribuir para a implementação de medidas de prevenção e controle das queimadas, visando à conservação do meio ambiente e à preservação dos recursos hídricos.

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 José do Peixe. Fortaleza: CPRM, 2004.

ALLEN, J. L.; SORBEL, B. Assessing the differenced Normalized Burn Ratio's ability to map burn severity in the boreal forest and tundra ecosystems of Alaska's national parks. **International Journal of Wildland Fire**. 2008.

AMORIM, J. C. P. de. **Geopatrimônio e patrimônio cultural do município de Piripiri, Piauí**. 2022. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2022.

BARROS, A. M.; CHAVES, C. de O.; PEREIRA, G. M. Recovery of springs: Formation of environmental multipliers in degraded area of Rural Settlement, Eldorados dos Carajás, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 814–819, 2017.

BOHRER, R. E. G.; VASCONCELOS, M. de C.; SIPPERT, L.; BISOGNIN, R.; SOUZA, E. L. de. Estudo e implantação de projeto de monitoramento de vazão das principais nascentes do Lajeado Erval Novo. *Revista Monografias Ambientais*, [S. l.], v. 14, p. 108–111, 2015.

BRASIL. Novo Código Florestal. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Lei nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012.

BRUBACHER, J. P.; GUASSELLI, L. A. Mapeamento da área inundável da planície do rio dos Sinos a partir do índice NDWI, São Leopoldo - RS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBSR, 2013, p.4.540-4.547.

DIAS, J. S.; CARPANEZ, T. G.; SILVA, J. B. G.; BRANCO, O. E. de A. Caracterização do estado de conservação de nascentes do Córrego da Pindaíba/MG. **Revista Internacional de Ciências**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 60-78, 2023.

FREITAS, V. P. de; YATSUDA, C. M. Y.; SILVA JUNIOR, G. A. da. As medidas legais protetivas de bacias hidrográficas e seus reflexos na preservação ambiental dos recursos hídricos. **Revista Eletrônica Direito e Política**, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 638–673, 2022.

GOMES, C. S.; FERREIRA, L. L. B.; HENRIQUES, R. J.; BARROS, J. de S.; CARVALHO, R. P. B. de; MAGALHÃES JR., A. P. Nascentes naturais em áreas urbanas: usos e funções socioambientais em Belo Horizonte, MG. **Geo UERJ**, [S. l.], n. 39, p. 1-20, 2021.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, p. 103-120, 2005.

HOLBEN, B. N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**. v. 7, n. 11, p.1417-1434, 1986.

INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPECIAIS. **Mapa de solos**: folha SB.23 (Teresina). Disponível em: <<http://www.visualizador.inde.gov.br/>>. 2014. Acesso em: 10 abr. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de faces e logradouros do Brasil:** situação em 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/28971-base-de-faces-de-logradouros-do-brasil.html?=&t=downloads>. Acesso em: 10 abr. 2023.

_____. **Malha municipal digital do Brasil:** situação em 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/malhas_digitais/>. Acesso em: 10 abr. 2023.

KEY, C. H.; BENSON, N. C. **Landscape assessment (LA):** Sampling and analysis methods. 2006. Disponível em: < <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/24066>>. Acesso em: 01 nov. 2023.

LEITE, C. C. S. S.; SANTOS, S. M. B.; SILVA, A. B.; ROCHA, W. J. S. F. Utilização dos índices espectrais NBR e NDVI na caracterização de incêndios no PARNA Chapada Diamantina (Bahia): Estudo de caso dos Gerais do Machobongo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18. (SBSR), 2017, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2017. p. 2131-2137.

LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; VICENTE, L. E.; TORRESAN, F. E.; VICTORIA, D. C.; BOLFE, É. L. Monitoramento da seca de 2011/12 a partir do NDWI e NDVI padronizado do SPOT-Vegetation. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013, p. 364-370.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. de. Aplicação do índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do riacho dos cavalos, Crateús-CE. **Revista RA´EGA**, Curitiba, v.23, p.520-533, 2011.

MENDES, L. da S.; ROSENDO, J. dos S. Mapeamento da intervenção antrópica em áreas de preservação permanente de nascentes no Cerrado brasileiro. **Brazilian Geographical Journal**, Ituiutaba, v. 4, n. 2, 2013.

NEVES, L. da S.; SOUSA- LEAL, T.; BORIN, L.; CAVALCANTE, V. R.; ROSSETTO, L.; PASCOTTI, D. P.; MORAES, C. P. de. Nascentes, áreas de preservação permanente e restauração florestal: histórico de degradação e conservação no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente - RAMA**, v. 7, n. 3, p. 747-760, 2014.

PIERONI, J. P.; RODRIGUES BRANCO, K. G.; VALLE DIAS, G. R. do; FERREIRA, G. C. Avaliação do estado de conservação de nascentes em microbacias hidrográficas. **Revista Geociência**, São Paulo, v. 38, n. 1 , p.185-193, 2019.

ROCHA, I. L.; SALOMÃO, L. C.; IWATA, B. F.; SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A. Qualidade ambiental das nascentes do Rio Paraim, extremo sul do Piauí. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.3, p.385-399, 2019

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Mapa Geológico do Estado do Piauí**. 2. ed. Teresina, 2006.

SILVA, F; PESTANA, A; MARTINS, L. Sensoriamento remoto para detecção de queimadas no cerrado maranhense: uma aplicação no Parque Estadual do Mirador . **Revista Geografia Acadêmica**, v. 13, n. 2 p. 90-105), 2020.

SILVA, R. G.; MIRANDA, J. R.; NASCIMENTO, C. R. Detecção de áreas queimadas no Parque Estadual de Serra Nova/MG utilizando os índices espectrais NDVI e NDBR. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013, p. 6923-6929.

SILVEIRA, R. P.; OLIVEIRA, V. de P. S. Identificação dos impactos ambientais da ocupação irregular nas Áreas de Preservação Permanente (APP) da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 179-200, 2016.

UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE (Serviço Geológico dos Estados Unidos). **Collection**: Landsat archive. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 01 nov. 2023.

ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO NO LITORAL OESTE DO CEARÁ: UM ESTUDO DE CASO NO BAIXO CURSO DO RIO ARACATIAÇU

Maria Soraya Macêdo
Francisco Laercio Pereira Braga
Thiago Rodrigues Sousa Lima
Andrea de Sousa Moreira
Jader de Oliveira Santos

INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com a maior biodiversidade do mundo (CDB, 2023), classificado como um dos 17 países megadiversos do mundo, detendo mais de 116.000 espécies animais e 46.000 vegetais descritas pela ciência (Mittermeier; Mittermeier, 1997; Brasil, 2023). Diante dessa mega biodiversidade, o Brasil assumiu compromissos com a conservação, o uso sustentável e a repartição dos benefícios da biodiversidade, conciliando o desenvolvimento econômico e social às práticas de conservação das espécies e ecossistemas (CDB, 2023). Esses compromissos estiveram representados no Plano Estratégico 2011-2020 da Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB, o qual estabeleceu 20 metas globais para a biodiversidade - conhecidas como Metas de Aichi - internalizadas por meio das Metas Nacionais de Biodiversidade para 2020. No atual cenário, o País passa a concentrar esforços para o alcance das 23 metas do Marco Global de Kunming-Montreal de Biodiversidade, para 2030, acordadas em dezembro de 2022 durante a Décima Quinta Conferência das Partes da CDB (CDB, 2023).

Quanto à discussão a respeito de estratégias para salvaguardar essa biodiversidade, a criação e a implementação de áreas protegidas é um dos principais instrumentos para a conservação da biodiversidade, de valores culturais associados e para o uso sustentável dos recursos naturais (Maretti *et al.*, 2012). As áreas protegidas (APs) proporcionam benefícios diretos e indiretos para a sociedade e para a economia, que frequentemente são ignorados pelos tomadores de decisão (Pavese; Weigand, 2009). As APs ajudam a manter os serviços ecossistêmicos como, por exemplo, a manutenção da qualidade do ar, regulação climática, controle de erosão, purificação da água, regulação de pragas na agricultura, polinização e mitigação de danos naturais (BPBES, 2023). Portanto, essas áreas criam e protegem identidades territoriais para o turismo, e proporcionam oportunidades de recreação, educação ambiental e protegem a biodiversidade (Pavese; Weigand, 2009; BPBES, 2023).

Dada a importância de manter áreas conservadas, algumas áreas podem ser vistas como singulares, chaves para resguardar a biodiversidade e os serviços associados a elas. As Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade são um instrumento de política pública para apoiar a tomada de decisões, de forma objetiva e participativa, no planejamento e implementação de ações como criação de unidades de conservação, licenciamento, fiscalização e fomento ao uso sustentável (Brasil, 2023). As regras para a identificação de tais Áreas e Ações Prioritárias no âmbito nacional foram instituídas formalmente pelo Decreto nº 5.092 de 21 de maio de 2004.

No Brasil, 30% da área continental e 27% da área marinha são consideradas Áreas Protegidas, o que inclui, além das UCs, os Territórios Indígenas e Quilombolas (UNEP-WCMC, 2021). Embora pareça ser um número expressivo, essas áreas protegidas estão distribuídas

desigualmente no território, em que alguns biomas, como a Amazônia, detêm cobertura maior de UCs (Gomes *et al.*, 2022), enquanto outros, como a Caatinga, têm cobertura de UCs bem menor (cerca de 8% e 6.807.732 ha) e apenas 1,3% é protegida por unidades de Proteção Integral (Teixeira *et al.*, 2021).

Em 2004, o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima reconheceu o litoral extremo Oeste do Ceará como uma das áreas prioritárias para conservação. De acordo com a segunda atualização das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (portaria nº 463, de 18 de dezembro de 2018), o litoral extremo Oeste (Barroquinha, Camocim, Jijoca de Jericoacoara, Cruz, Acaraú, Itarema e Amontada) compõe um polígono categorizado como uma importância biológica “*extremamente alta*”, com prioridade de conservação como “*extremamente alta*” (Brasil, 2018) e com a necessidade de criação de mecanismos que garantam a redução das pressões sobre esses ecossistemas.

Neste contexto, segundo o Cadastro Estadual de Unidades de Conservação (CEUC), disponibilizado através da Secretaria de Meio Ambiente e Mudança do Clima do Estado do Ceará (SEMA), o estado possui 117 unidades de conservação, entre essas 27 são de proteção integral e 90 de uso sustentável, nas esferas Federal, Estadual e Municipal (Ceará, 2024). Além disso, possui uma área protegida de 1.292.287 ha (Ceará, 2024). No entanto, a contribuição do grupo das UCs de proteção integral do estado é ainda pouco relevante, com menos de 1% do território cearense protegido por essa categoria (Gomes *et al.*, 2022). A ampliação da rede de UCs de proteção integral deve ser uma meta de conservação, localizando, mapeando e salvaguardando áreas que estejam atualmente bem conservadas, e que devem se manter protegidas para resguardar a biodiversidade do Ceará (Gomes *et al.*, 2022).

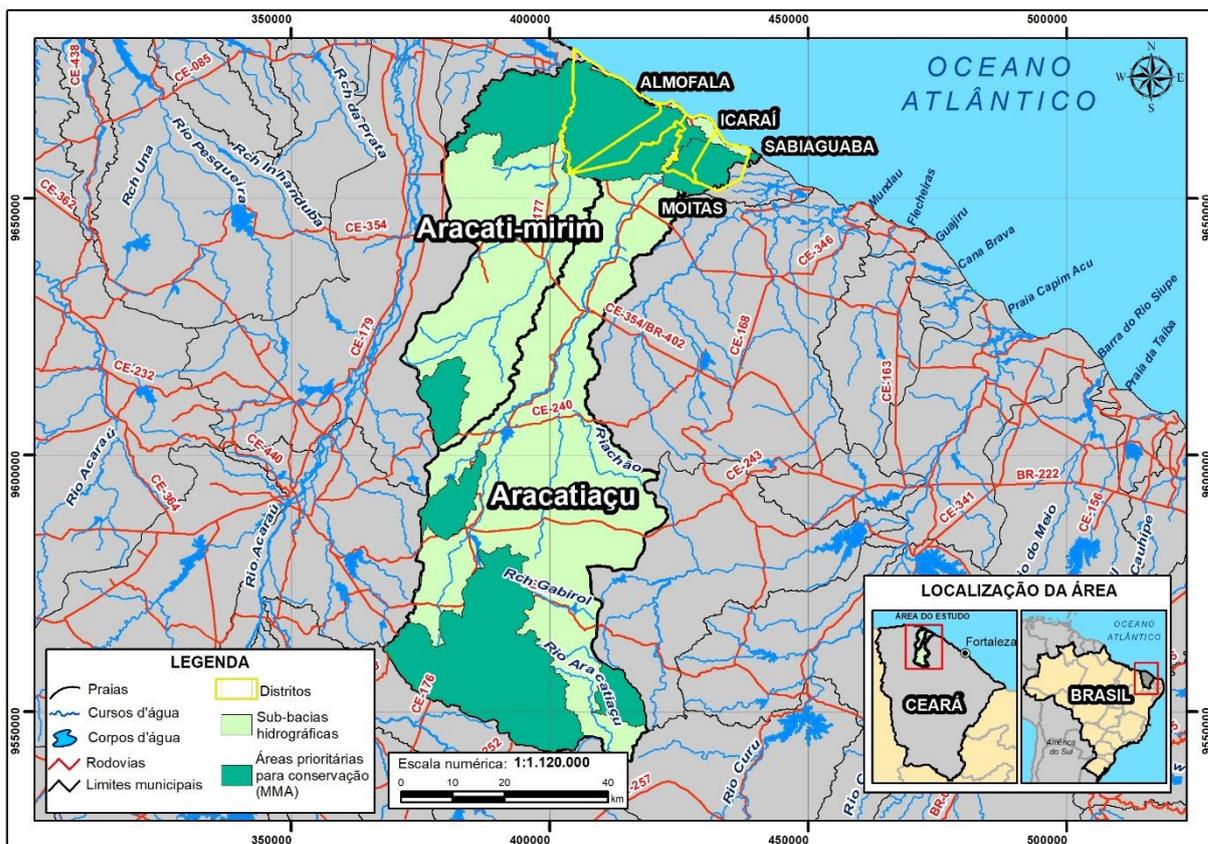
Diante destas informações, as comunidades residentes no litoral extremo oeste cearense, principalmente costeiras, veem emergir caminhos alternativos para a geração de renda complementar, que pode ser seguido de forma sustentável e sem impactos severos nesse ambiente de proteção e conservação. Dentre essas possibilidades, tem-se, por exemplo, o desenvolvimento do turismo comunitário.

Dessa forma, esse estudo busca ressaltar as potencialidades ambientais (meio físico e biótico) e econômicas do baixo curso do rio Aracatiaçu, no litoral extremo oeste do Ceará. De maneira complementar, o trabalho propõe identificar áreas-chaves para a conservação, de forma a salvaguardar o patrimônio paisagístico, as funcionalidades sistêmicas e serviços ambientais, os modos de vida tradicionais, a biodiversidade nativa, endêmica e ameaçada de extinção.

MATERIAL E MÉTODO

A área de estudo compreende os distritos de Icarai, Moitas e Sabiaguaba no município de Amontada e Almofala no município de Itarema e está inserida na Bacia do Litoral, que se situa na porção noroeste do Estado, limitada ao sul e ao oeste pela Bacia do rio Acaraú, ao leste pela Bacia do rio Curu, e ao norte, pelo Oceano Atlântico (Ceará, 2009). Essa área tem, como principal coletor de drenagem, o rio Aracatiaçu, cuja área da bacia é de, aproximadamente, 8.472,77 km² (Ceará, 2009), o equivalente a 6% do território cearense (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo.



Fonte: Elaboração dos autores, 2024.

A área de estudo está inserida, como pode ser observado na Figura 1, nas Sub-Bacias do Aracatiçu e Aracati-mirim, e no Complexo Vegetacional Costeiro, mantendo um conjunto vegetacional diversificado, composto por: Campos e Arbustais Praianos, Vegetação de Dunas Fixas e Móveis, Manguezal, Apicum, Mata e Arbustal de Tabuleiro e Mata Ciliar com Carnaúba (Castro *et al.*, 2012; Moro *et al.*, 2015). Além disso, no que se refere ao clima, a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) classifica dois tipos climáticos para essas sub-bacias, sendo eles: o Tropical Quente Semiárido Brando e o Tropical Quente Semiárido.

Para a análise e caracterização do meio físico, foram utilizados materiais técnicos oriundos de relatórios de órgãos governamentais como: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Chico Mendes (ICMBio), entre outros. No que se refere às informações primárias do estudo, fez-se uma pesquisa de campo e levantamento *in loco* nos distritos de Icará, Moitas e Almofala em novembro de 2023.

Assim, para o diagnóstico do meio biótico, foi utilizado um conjunto de dados secundários resultantes da compilação de informações sobre os grupos-alvo (flora, répteis, aves e mamíferos) como, também, visitas técnicas à área. Os dados secundários foram obtidos por meio de artigos científicos, livros, monografias, dissertações, teses, estudos de consultoria ambiental e espécimes testemunhos tombados em coleções científicas, desde que fossem referentes ao município de Amontada e Itarema (speciesLink, 2024). Como também através de

bancos de dados científicos especializados (Wikiaves, 2024) e as listagens estaduais de fauna e flora (Borges-Nojosa *et al.*, 2021; Botero *et al.*, 2021; Carvalho *et al.*, 2021; Cassiano-Lima *et al.*, 2021; Fernandes-Ferreira *et al.*, 2021; Girão-e-Silva; Crozariol, 2021; Loiola *et al.*, 2021; Xavier *et al.*, 2021).

Nas visitas de campo, priorizou-se buscas ativas percorrendo todos os tipos de ambientes (manguezal, apicum, mata de tabuleiro, dunas, praias, foz e áreas antropizadas). O método baseado em procura ativa é mais generalista - registrando grande variedade de espécies - por permite registrar espécies com hábitos diversos (isto é, arborícolas, aquáticas, terrestres e fossoriais). É um processo bastante versátil de detecção de vertebrados em campo (Crump, 1994) e não houve manejo da fauna, apenas listagens e registros fotográficos.

Para caracterização dos aspectos econômicos das comunidades que residem nos distritos, seguiu-se o mesmo procedimento anterior, ou seja, foram descritos a partir de um conjunto de dados secundários (artigos científicos publicados em periódicos e trabalhos acadêmicos em repositórios das instituições de ensino) e pelas visitas técnicas à área de estudo dos municípios, em que foram mapeadas atividades econômicas desenvolvidas nas comunidades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção está dividida em duas subseções para poder contemplar os objetivos do estudo. Assim, na primeira subseção, faz-se uma caracterização das potencialidades ambientais (físicos e bióticos). A subseção seguinte apresenta aspectos relacionados as atividades econômicas com potencial nas localidades da área de estudo.

Potencialidades ambientais

A proteção da natureza e do patrimônio pela beleza cênica da paisagem é um dos parâmetros no planejamento e na gestão ambiental que podem garantir a permanência das paisagens, da conservação da biodiversidade, de habitats e ecossistemas (Vieira; Verdum, 2019). Esses autores apontam, ainda, que mesmo se estes não estiverem se beneficiando diretamente da beleza cênica da paisagem, também são importantes para preservar, conservar e restaurar o patrimônio cultural e natural, além de trazer benefícios econômicos e sociais.

Nesse contexto, a área estudada compõe o arcabouço físico, natural e cultural que proporciona experiências mais completas de experimentação e contemplação da natureza, o que condiciona a importância da beleza cênica e desencadeia a necessidade de manutenção da paisagem através da conservação.

A região de Barra de Moitas, por exemplo, é vizinha ao distrito de Icaraí e detém peculiaridades face as demais comunidades, uma vez que se localiza na margem do rio Aracatiaçu, de notável potencial paisagístico, em que o manguezal, as dunas e o mar combinam-se em um cenário único na região. Paralelamente, nota-se que o turismo de esportes náuticos na praia de Icaraizinho - escolhido como sede do campeonato brasileiro de windsurf em 2017 - e de turismo náutico ao longo do rio Aracatiaçu ganhou maior visibilidade no cenário regional e nacional, pois conduz os visitantes em um braço desse rio - principalmente no horário próximo ao pôr-do-sol - momento em que a paisagem fica mais valorizada. Além disso, a visão do pôr-do-sol das dunas concorre diretamente com os passeios, pois oferece uma visão panorâmica única do encontro do rio com o mar (Sousa, 2018; Albuquerque, 2022).

Desta maneira, dentre os aspectos físicos, a faixa praial exhibe uma configuração contínua e alongada, que se estende paralelamente por toda a costa, até a base do campo de dunas, sendo constantemente retrabalhada pela ação marinha (Santos, 2016). Na praia de Moitas, há presença de rochas de praia e plataformas de abrasão, coberta e descoberta diariamente pelas águas marinhas. Ainda de acordo com o ZEEC (2021), registram ocorrência na área a Faixa Praial, Restinga, Dunas Móveis, Dunas Fixas por Diagenese, Dunas Fixas, e Planície Fluviomarina com Manguezais. As restingas são em forma de feições arenosas deposicionais alongadas, paralelas à linha de costa, conectadas ao continente e confinam, eventualmente, corpos hídricos lagunares, tendo uma cobertura de vegetação herbácea, caracterizando o primeiro setor ambiental desde a margem mais alta das marés, a abrigar vegetação, na forma dos campos praianos (Souza, 2021).

Da perspectiva das unidades litológicas, ocorre a predominância do Grupo Barreiras na porção central dos municípios, com a depressão sertaneja na retaguarda, sendo a segunda unidade com maior área. Ambos são seccionados pelos depósitos aluvionares e depósitos paludiais, com ocorrência concentrada nas planícies fluviais dos rios Aracatiaçu e Aracati-mirim. Na linha de costa predominam os depósitos eólicos seccionados por manguezais, condicionados à dinâmica de matéria e energia comum nos estuários. A área de estudo é marcada pela ocorrência de litologias relacionadas à dinâmica costeira como praias, dunas, lagoas costeiras, eolianitos ou cascudos e terrenos de mangue.

As dunas, por sua vez, apresentam-se enquanto móveis e fixas, sem e com cobertura vegetal. Dispõem-se de modo contínuo nos diversos setores do litoral cearense, com terrenos geologicamente recentes, sobrepostos aos sedimentos mais antigos do Grupo Barreiras (Maia; Amorim; Meireles, 2022). Há, ainda, ocorrência significativa de dunas fixas mantidas por arenitos (eolianitos), enquanto superfícies descontínuas alongadas e paralelas ao mar, mantidas por uma camada mantenedora de arenito, variando de friável a muito litificada, reconhecidas na literatura geológica como eolianitos, também identificados popularmente como cascudos (Meireles, 2014).

A região costeira da área de estudo é uma das regiões fitoecológicas mais complexas propostas por Figueiredo (1997), pois agrega um conjunto vegetacional diversificado submetido a condições ecológicas bastante diferenciadas (Moro *et al.*, 2015). Dessa maneira, constatou-se que a área estudada mantém os seguintes tipos de vegetação:

- Campos e Arbustais Praianos, localizados logo após a faixa de marés (praia), esse ambiente é altamente limitante para as plantas e apresenta um fator extra de estresse: os *sprays* marinhos e a maresia, resultantes das ondas do mar e da ação do vento, tornando-o salino;
- Vegetação de Móveis, constituem a geração mais recente de dunas, que ainda não foram fixadas pela vegetação, em grande parte, são desprovidas de cobertura vegetal, embora algumas plantas muito resistentes cresçam nas areias quartzosas, pobres em nutrientes e altamente móveis. Nessas dunas, o processo de pedogênese ainda não se iniciou e, devido ao ambiente hostil, poucas espécies conseguem se estabelecer;
- Vegetação de Dunas Fixas, a flora dessa formação parece ser um subconjunto da flora dos tabuleiros e por serem de origem geológica recente, não possuem uma flora endêmica, elas podem apresentar vegetação rasteira, constituindo um campo de dunas, ou podem ser ocupadas de modo consistente por plantas lenhosas, formando um arbustal ou uma floresta de pequeno a médio porte;

- Manguezal é uma floresta paludosa especializada em um ambiente específico - as regiões estuarinas tropicais - mais precisamente nas planícies fluvio marinhas. Essa formação é caracterizada pela ação conjunta de processos continentais e marinhos, as planícies fluvio marinhas são ambientes originados da deposição de sedimentos predominantemente argilosos e ricos em matéria orgânica, onde se desenvolve a vegetação de manguezal e são formadas em áreas onde se processa a mistura de água doce dos rios e lagoas, com a água salgada que adentra o continente através das marés (Brandão, 1995);
- Apicum ou salgado é um subtipo específico de ambiente no ecossistema de manguezal. São campos arenosos nos quais predomina uma vegetação herbácea adaptada a ambientes salinos;
- Mata e Arbustal de Tabuleiro ocorrem sobre os tabuleiros costeiros e dentre as formações costeiras, sendo a mais rica em espécies lenhosas, com uma flora que mistura elementos do Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e, até mesmo, Amazônia (Castro *et al.*, 2012; Moro *et al.*, 2015). Os termos arbustal e mata estão relacionados ao porte da vegetação; e
- Mata Ciliar com Carnaúba é uma formação que se desenvolve ao longo do curso dos rios do semiárido, com porte maior que a vegetação circundante. Essas matas crescem sobre solos mais profundos que os terrenos cristalinos da Depressão Sertaneja e abrigam árvores perenifólias (que não perdem as folhas no período de estiagem), em que podem se desenvolver com marcante presença de carnaúba (*Copernicia prunifera*), constituindo um tipo particular de mata ciliar que recebe o nome de mata ciliar com carnaúba ou carnaubal (Moro *et al.*, 2015).

Além da alta complexidade fitoecológica, a área é protegida pela Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006) por conter ecossistemas associados à Mata Atlântica. Segundo o Art. 2º, a Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais e as vegetações de restingas, consideram-se integrantes do Bioma Mata Atlântica, com as respectivas delimitações estabelecidas em mapa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Essa lei tem, por objetivos específicos, a salvaguarda da biodiversidade, da saúde humana, dos valores paisagísticos, estéticos e turísticos, do regime hídrico e da estabilidade social.

A fauna desta área é muito rica, mostrando que a diversidade de ambientes terrestres e marinhos permite uma alta diversidade animal e vegetal. Assim, ao usar como base as listas estaduais, notou-se que o Ceará possui uma riqueza de, pelo menos, 403 espécies de peixes marinhos (Xavier *et al.*, 2021). Nos rios Aracatiaçu e Aracati-mirim foram registradas 69 e 79 espécies de peixes respectivamente (Botero *et al.*, 2021; Botero *et al.*, 2023). Segundo Costa *et al.* (2021), 21 espécies foram registradas em capturas em currais de pesca (pesca artesanal), na praia de Moitas (Amontada), sendo os mais pescados: carapeba (*Eugerres brasilianus*), peixe-galo (*Selene vomer*), tainha (*Mugil incilis*), tainha (*Mugil curema*), sardinha (*Opisthonema oglinum*) e *Genyatremus luteus*. Xavier (2022) registrou 30 espécies capturadas pelos pescadores da Colônia Z-19, em Itarema,

“do total citado, 12 (38,7%) são capturadas em períodos específicos do ano, são eles: camurim entre agosto e dezembro; ariacó, guarajuba e sirigado entre dezembro e maio, sendo que guarajuba é capturada também ao acaso fora do período citado; barbudo, bonito, xaréu, espada e pescada entre janeiro e julho; lagosta entre junho e novembro e a cavala em dois períodos distintos, entre maio e julho e dezembro a março” (p. 169-170).

Na Colônia Z-18 em Amontada, Xavier (2022) registrou 26 espécies capturadas pelos pescadores. O estudo enfatiza os possíveis impactos na pesca caso seja implantado o projeto de parque eólico offshore CEMAB 1 (Proc. Ibama 02001.001606/2022-00 - 23/01/2022, potência total de 1.080 MW), especialmente para os pescadores da comunidade de Moitas, devido às rotas de saída e retorno das embarcações para as áreas de pescaria (Xavier, 2022; Xavier; Gorayeb; Brannstrom, 2022).

A herpetofauna abrange o grupo dos répteis (Squamata, Testudinata, Crocodylia e Sphenodonta) e dos anfíbios (Anura, Caudata e Gymnophiona). Este é um táxon bastante rico, compondo metade das espécies de vertebrados terrestres e acumulando uma notável diversidade fisiológica, anatômica, bioquímica e comportamental. A herpetofauna terrestre, de provável ocorrência na área, lista 55 espécies (RIMA da Usina Eólico-Elétrica Icarai, 2011; EIA do Complexo Eólico Itarema, 2014; Borges-Leite; Rodrigues; Borges-Nojosa, 2014; Roberto; Loebmann, 2016; Cassiano-Lima *et al.*, 2021; Roberto; Cascon, 2023).

As tartarugas marinhas são espécies migratórias que possuem um complexo ciclo de vida e que utilizam uma grande área geográfica e múltiplos habitats, que podem ocorrer em ambientes pelágicos quando neonatos (recém-nascidos), bem como em diversas áreas costeiras nas fases juvenis e adultas (Bolten *et al.*, 2003). Das cinco espécies de tartarugas marinhas que ocorrem na costa brasileira, quatro são registradas no litoral de Amontada e Itarema: tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*), tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*), tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) e tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*) para fins de reprodução e alimentação (Marcovaldi, 1993; Marcovaldi; Marcovaldi, 1999; Baptistotte, 2014). Vale salientar que há registros de desovas ocasionais de tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*) nas praias de Patos e Icarai (Lima *et al.*, 2003; Carneiro *et al.*, 2020).

A avifauna registrada para os municípios de Amontada e Itarema compõe uma listagem de 159 espécies (Wikiaves, 2024). Dentre essas espécies, 24 são consideradas migratórias (Pacheco *et al.*, 2021). Ao longo de sua rota migratória, as aves utilizam diversas áreas para descanso e alimentação. Sem essas áreas, as aves não são capazes de atingir o seu destino, deixando de completar seu ciclo de vida. Essa interconexão entre ambientes, biomas, países, continentes e hemisférios - executada pelas espécies migratórias - torna o Brasil essencial para atendimento dos compromissos de conservação da biodiversidade (ICMBio, 2024).

Dentro deste panorama, o Brasil é signatário de acordos internacionais relacionados à proteção de espécies migratórias e dos habitats por elas utilizados, como a Convenção Internacional para Conservação da Fauna, Flora e Belezas Cênicas das Américas (Convenção de Washington), a Convenção de Ramsar - relativa à conservação de ambientes aquáticos -, a Rede Hemisférica de Reservas para Aves Limícolas e outros (ICMBio, 2024).

A mastofauna é composta por mamíferos que podem ser aquáticos (cetáceos e sirênios) e terrestres (voadores e não-voadores). O levantamento de dados secundários levou a listagem de 22 espécies de mamíferos não-voadores, 39 espécies voadoras e 25 espécies marinhas (RIMA da Usina Eólico-Elétrica Icarai, 2011; EIA do Complexo Eólico Itarema, 2014; Fernandes-Ferreira *et al.*, 2021; Carvalho *et al.*, 2021; Carneiro, 2021).

Diante da diversidade da área, muitas espécies estão ameaçadas de extinção, com representantes de todos os grupos faunísticos, podendo-se citar algumas delas: avifauna - jacupemba (*Penelope superciliaris*, VU - Vulnerável), batuíra-bicuda (*Charadrius wilsonia*, EN - Em Perigo) e

maçarico-de-bico-torto (*Numenius hudsonicus*, VU); herpetofauna - tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*, EN) e tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*, VU); ictiofauna - pargo (*Lutjanus purpureus*, VU), camurupim (*Megalops atlanticus*, VU), badejo-amarelo (*Mycteroperca bonaci*, VU), cavalo-marinho-raiado (*Hippocampus erectus*, VU) e cavalo-marinho-de-focinho-longo (*Hippocampus reidi*, VU); mastofauna - gato-do-mato-pequeno (*Leopardus emiliae (tigrinus)*, VU), boto-cinza (*Sotalia guianensis*, EN) e cachalote (*Physeter macrocephalus*, VU); flora - cedro (*Cedrela odorata*, VU).

Potencialidades das atividades econômicas

Um das janelas de oportunidades econômicas existentes nas comunidades dos distritos visitados refere-se ao desenvolvimento de turismo comunitário, pois - no caso do turismo no litoral extremo oeste - tem-se observado o crescimento de forma exponencial do turismo de massa, principalmente nos distritos que margeiam o mar, caracterizados como os mais visitados (Sabiaguaba, Icaraí, Moitas, Almofala e Itarema).

Entretanto, algumas comunidades desses distritos de Amontada e Itarema estão desenvolvendo o turismo comunitário como estratégia de enfrentar o avanço do turismo de massa. Segundo Dantas e Gorayeb (2023), o turismo comunitário tem como premissa o desenvolvimento humano, pautando-se no empoderamento da população local e na preservação ambiental. Nele, o turista é levado a interagir com o lugar e com as famílias residentes, melhorando a qualidade de vida dos moradores locais.

A praia de Caetanos de Cima - localizada no distrito de Sabiaguaba em Amontada - é conhecida por suas iniciativas no campo do turismo comunitário. Almeida, Gorayeb e Brannstrom (2020) enfatizam que a população local - composta por 126 famílias distribuídas em uma área de, aproximadamente, 865 hectares - vive, principalmente, da pesca artesanal, da agricultura familiar, da pecuária de subsistência e do turismo comunitário, assemelhando-se às características do modo de vida tradicional. Essa comunidade localiza-se à beira da praia, em uma área onde as belas paisagens naturais resultam em diversas disputas territoriais, especialmente relacionadas aos parques eólicos e ao turismo de massa. Isso gera um cenário de conflito na comunidade, que busca organizar-se para proteger seu território, sua cultura e sua tradição.

Além disto, a comunidade de Caetanos de Cima é rica em manifestações da cultura popular, que representam espaços tangíveis de preservação de suas memórias. Através de tradições como os cordéis, a dança do coco, o reisado, a preparação de alimentos tradicionais e os lambedores, entre outras práticas, são transmitidos pelas gerações familiares locais, envolvendo valores e conhecimentos sobre a terra e o mar, assim como as habilidades da pesca e da agricultura (Holanda, 2016).

Durante a visita à comunidade Morro dos Patos - distrito de Almofala (Itarema) - constatou-se a influência positiva do caso exitoso da comunidade de Caetanos de Cima, o que permitiu o início, em 2022, de atividades relacionadas ao turismo comunitário, ainda em estágio inicial. Essas atividades envolvem a inserção dos visitantes em ambientes cotidianos comuns dos moradores, proporcionando aos turistas experiências novas e autênticas ao explorar a cultura e tradição locais.

Na vila de pescadores da praia de Icaraí de Amontada, popularmente conhecida como Icaraizinho de Amontada, o turismo em ascensão é marcado, nos últimos anos, pela busca de

atrativos naturais (lagoas, pôr-do-sol) e práticas esportivas (*kitesurfe* e regata de pacote), o que contribuiu para a expansão urbana do distrito. Esse movimento turístico local em ascensão resultou no aumento de loteamentos, construções imobiliárias - muitas vezes desordenada - e desenvolvimento de atividade econômica voltada à construção de complexos eólicos (Monteiro, 2017; Nascimento, 2018; Sousa, 2020).

Além das localidades mencionadas, Barra de Moitas e sua praia - localizada no distrito de Moitas - abriga uma comunidade tradicional situada na foz do rio Aracatiaçu que resiste ao turismo em massa e à especulação imobiliária (Aquino, 2019). Nos últimos anos, tem-se promovido o turismo náutico comunitário no Rio Aracatiaçu, atraindo visitantes de todo o Brasil. Contudo, essa exposição ao turismo também trouxe desafios ambientais, como a especulação imobiliária e o descarte inadequado de resíduos sólidos.

O município de Amontada reconheceu como Patrimônio Cultural Imaterial as manifestações culturais da região: dança do coco, roda de capoeira, quadrilha junina, saberes, conhecimentos e práticas tradicionais de saúde (parteiras, benzedeiras, curandeiras e rezadeiras) e o “Reso” que é uma atividade de teatro popular, fruto da união de tradições das culturas ibéricas, africanas e indígenas unificadas no município, com figurinos, danças, enredos e músicas próprias e únicas da região, que se assemelha ao Reisado e Folia de Reis (Amontada, 2022a,b; Amontada, 2023 a,b,c)

Além do setor turismo característico nessa região, tem-se, também, atividades tradicionais de relevância histórica e cultural que, no caso, refere-se à pesca artesanal. Essa atividade existe como atividade extrativa, compondo a dieta alimentar dos grupos humanos desde a pré-história da humanidade.

Segundo a legislação brasileira, a pesca é considerada artesanal quando praticada diretamente por pescador profissional, de forma autônoma ou em regime de economia familiar, com meios de produção próprios ou mediante contrato de parceria, desembarcado, podendo utilizar embarcações de pequeno porte (Brasil, 2009). No Ceará, a regulação e o fomento das atividades de pesca são regidos pela Lei nº 13.497, de 06 de julho de 2004. As embarcações normalmente utilizadas pelas comunidades são: jangada, pacote, canoa, bote a vela e bote a motor. Na região em estudo (Amontada e Itarema), o pescador faz uso de diversos apetrechos como, por exemplo, manzuá, linha de mão, caçoeira para peixe, rede de emalhar, boeira e fundo, tarrafa e pescaria de currais (Xavier, 2022).

Assim, nota-se que a pesca faz parte da cultura e da história ancestral das comunidades litorâneas. No Ceará, os 573 km de litoral se destacam como território da pesca, pois a carência e a irregularidade das chuvas dificultavam a produção agrícola dos recursos essenciais à manutenção da subsistência (Arruda *et al.*, 2023).

A influência da cultura indígena marca, de maneira significativa, o modo de vida das comunidades pesqueiras cearenses (Dantas, 2020). Nesse contexto, essas comunidades são marcadas pela acumulação e transmissão intergeracional de um vasto conhecimento sobre os recursos naturais e por uma organização econômica e social na qual a acumulação de capital não é o foco (Arruda *et al.*, 2023). Esses conhecimentos são, portanto, fundamentais para promover o uso sustentável dos recursos pesqueiros. Contudo, a visão de sustentabilidade não deve se restringir à manutenção de ecossistemas naturais em seu estado original, mas deve apoiar-se, também, no respeito à cultura e no enfrentamento às injustiças sociais que assolam as populações de países em desenvolvimento (Arruda *et al.*, 2023).

Diante deste contexto, a pesca artesanal é uma das principais atividades realizadas nas comunidades de Amontada e Itarema. Em 12 de julho de 2023, o município de Amontada sancionou a Lei nº 1.513, que instituiu as diretrizes para incentivo e desenvolvimento da pesca artesanal. Um dos objetivos da lei é fazer o resgate histórico da cultura local da pesca artesanal e valorizar o pescador, criando programas para o desenvolvimento sustentável da pesca artesanal (Art. 2º).

Outras atividades tradicionais desenvolvidas nas comunidades da área visitada - apesar de baixo valor econômico - apresentam importância para a cultura e manutenção das tradições locais, tais como os trabalhos manuais (bordados, artesanato e rendas) elaborados pelas mulheres das comunidades. Essas atividades possuem uma característica comum, a transmissão de conhecimento entre gerações, o que proporciona um ambiente propício para a valorização e manutenção cultural das comunidades.

Nesta esteira, os resultados obtidos, em conjunto, mostram um mosaico de potencialidades (físicas, bióticas e econômica) existentes na região estudada, com o desenvolvimento de atividades tradicionais (pesca) e atividades ainda incipientes do turismo (comunitário). Além disso, de acordo com os objetivos do SNUC, a área em estudo tem atributos relevantes para ser uma área protegida, sendo uma área de relevante interesse para conservação, a fim de recuperar a prestação de serviços ecossistêmicos de abrangência local e regional, apesar de já possuir parte do território sob proteção da Lei da Mata Atlântica (Brasil, 2006).

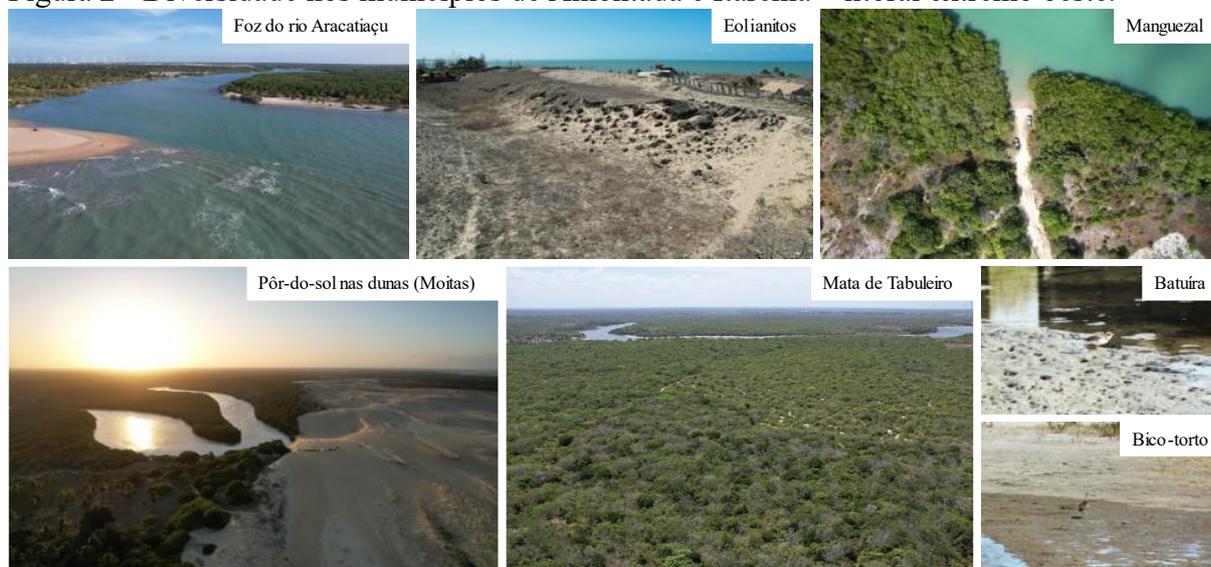
CONCLUSÕES

O litoral extremo oeste do Ceará, categorizado como área prioritária para a conservação (Brasil, 2018) apresenta alta biodiversidade e sua conservação torna-se ferramenta necessária para salvaguardar a biodiversidade nativa, migratória e ameaçada de extinção. Além de abrigar, em maior escala, os serviços ecossistêmicos que mantêm a região: (1) Serviços de Provisão (os produtos obtidos dos ecossistemas, ex.: alimentos, água doce, fibras, madeira); (2) Serviços de Regulação (benefícios obtidos a partir de processos naturais que regulam as condições ambientais, ex.: absorção de CO² pela fotossíntese das florestas; controle do clima, polinização de plantas, controle de doenças e pragas); (3) Serviços Culturais (são os benefícios intangíveis obtidos, de natureza recreativa, educacional, religiosa e/ou estético-paisagística) e (4) Serviços de Suporte (contribuem para a produção de outros serviços ecossistêmicos, ex.: ciclagem de nutrientes, formação do solo e dispersão de sementes).

Diante dos atrativos físicos, bióticos e sociais (Figura 2), estudos mais aprofundados são de extrema importância para uma gestão eficiente desses recursos, além de planos e programas voltados para a recuperação e proteção de ambientes degradados, espécies ameaçadas, migratórias e ações voltadas para a educação ambiental nas comunidades que fazem uso direto ou indireto dos serviços ecossistêmicos prestados, assim como nos ambientes explorados pela atividade turística. A criação de uma unidade de conservação, ação estabelecida como prioritária para a área é, sem dúvidas, o aparato legal necessário para o ordenamento da implantação de empreendimentos e do turismo na região. Diante das potencialidades ambientais e econômicas da área, bem como dos costumes e usos dos recursos naturais, a criação de uma unidade de conservação do grupo de uso sustentável seria o cenário mais adequado. Dentre as categorias desse grupo, a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) é uma categoria que tem o objetivo alinhado às características da área, que é preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da

qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, bem como valorizar, conservar e aperfeiçoar o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente, desenvolvido por estas populações (Brasil, 2000).

Figura 2 - Diversidade nos municípios de Amontada e Itarema – litoral extremo oeste.



Fonte: Elaboração dos autores, 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa Cientista Chefe Meio Ambiente do Governo do Estado do Ceará, à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap - Processo nº 07321726/2023), à Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima (SEMA) e à Universidade Federal do Ceará (UFC).

REFERÊNCIAS

- AÇIKSÖZ, S. *et al.* Linkages among ecotourism, landscape and natural resource management, and livelihood diversification in the region of Suğla Lake, Turkey. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 23, n. 1, p. 15-27, 2016.
- ALMEIDA, B. F. M. A.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. A cartografia social do assentamento Sabiaguaba, Ceará, brasil – uma estratégia cartográfica em prol da defesa territorial de comunidades tradicionais. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 5–21, 2020.
- ALBUQUERQUE, L. V. **Caracterização do turismo náutico comunitário em Barra de Moitas, Amontada - Ceará**. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 50f., 2022.
- AMONTADA. **Lei nº 1.400, de 30 de maio de 2022**. Fica declarado como Patrimônio Cultural Imaterial do Município de Amontada o "RESO" desenvolvido por nativos desta municipalidade. Prefeitura Municipal de Amontada, CE, 2022a.

AMONTADA. **Lei nº 1.404, de 28 de junho de 2022.** Declara Patrimônio Cultural Imaterial do Município de Amontada os saberes, conhecimentos e práticas tradicionais de saúde dos ofícios tradicionais de saúde popular e cura religiosa das parteiras e parteiros, benzedeiras e benzedeiros, curandeiras e curandeiros, das rezadeiras e dos rezadeiros em atendimento ao disposto nos arts. 215 e 216 da Constituição Federal e art. 234 da Constituição Estadual do Ceará. Prefeitura Municipal de Amontada, CE, 2022b.

AMONTADA. **Lei nº 1.463, de 6 de março de 2023.** Fica estabelecida a Roda de Capoeira como Patrimônio Cultural Imaterial do Município de Amontada. Prefeitura Municipal de Amontada, CE, 2023a.

AMONTADA. **Lei nº 1.464, de 6 de março de 2023.** Fica estabelecida a Dança do Coco como Patrimônio Cultural Imaterial do Município de Amontada. Prefeitura Municipal de Amontada, CE, 2023b.

AMONTADA. **Lei nº 1.474, de 10 de março de 2023.** Fica estabelecida a Quadrilha Junina, como Patrimônio Cultural Imaterial do Município de Amontada. Prefeitura Municipal de Amontada, CE, 2023c.

AME - Assessment Millennium Ecosystem. **Ecosystems and human well-being: wetlands and water.** World resources institute, 2005.

AQUINO, C. **Mar, rio, dunas e manguezais:** conheça o assentamento Barra das Moitas, no Ceará. Brasil de Fato, Fortaleza, 16/12/2019. Disponível em:

<https://www.brasildefato.com.br/2019/12/16/mar-rio-dunas-e-manguezais-conheca-o-assentamento-barra-das-moitas-no-ceara>. Acesso em: 24 jan. 2024.

ARRUDA, E.; MATOS, F. O.; MELO, J. B. Territórios ameaçados: pesca artesanal, saberes tradicionais e a política pesqueira no litoral cearense. **GEOgraphia**, v. 25, n. 55, 2023.

ASADPOURIAN, Z.; RAHIMIAN, M.; GHOLAMREZAI, S. SWOT-AHP-TOWS Analysis for Sustainable Ecotourism Development in the Best Area in Lorestan Province, Iran. **Social Indicators Research**, v. 152, n. 1, p. 289-315, 2020.

BAPTISTOTTE, C. **Testudines marinhos (tartarugas marinhas).** In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. Tratado de Animais Selvagens: medicina veterinária. São Paulo: Roca, 2014. p. 259.

BOLTEN, A. B. *et al.* Variation in sea turtle life history patterns: neritic vs. oceanic developmental stages. **The biology of sea turtles**, v. 2, p. 243-257, 2003.

BORGES-LEITE, M. J.; RODRIGUES, J. F. M.; BORGES-NOJOSA, D. M. **Herpetofauna of a coastal region of northeastern Brazil.** 2014.

BORGES-NOJOSA, D. M.; ÁVILA, R. W.; CASSIANO-LIMA, D., 2021. **Lista de Répteis do Ceará.** Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/repteis/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

BOTERO, J. B.; LOURENÇO, R. C. G., RODRIGUES-FILHO, C. A. S.; RAMOS, T. P. A.; PINTO, L. M. E GARCEZ, D. S. 2021. **Lista de Peixes Continentais do Ceará.** Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente do Ceará. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/peixes/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

BOTERO, J. B. *et al.* **Peixes Estuarinos da Costa Semiárida do Brasil: guia ilustrado.** Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 184 p., 2023.

BPBES - **Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos**. Disponível em: <https://www.bpbes.net.br/servicos-ecossistemas/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

BRANDÃO, R. L. 1995. Sistema de informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto SINFOR: Diagnostico Geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza. CPRM/SEMACE/SRH, Fortaleza. 105p.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2000.

BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2006.

BRASIL. **Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009**. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2009.

BRASIL. 2018. **2ª Atualização das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas/conservacao-1/areas-prioritarias/2a-atualizacao-das-areas-prioritarias-para-conservacao-da-biodiversidade-2018>. Acesso em: 24 jan. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudanças do Clima. Secretaria da Amazônia e Serviços Ambientais. **Áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. 2023.

CARDOSO, E. S. **Pescadores Artesanais: Natureza, Território, Movimento Social**. Tese de Doutorado, 143p. 2001, Universidade de São Paulo, SP, São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-14012003-160032/pt-br.php>. Acesso em: 24 jan. 2024.

CARNEIRO, A. C. A. L.; BEZERRA, S. L.; QUEIROZ, M. T.; FARIA, V. V. **Segundo registro de desova de tartaruga oliva (*Lepidochelys olivacea*) no Ceará, uma parceria de sucesso entre a preservação e as comunidades costeiras**. Encontros Universitários da UFC, Fortaleza, v. 5, n. 6, 2020.

CARVALHO, V. L.; MEIRELLES, A. C. O., SILVA, C. P. N. 2021. **Lista de Mamíferos Marinhos do Ceará**. Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente do Ceará. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/mamiferos/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

CASSIANO-LIMA, D., ÁVILA, R. W.; CASTRO, D. P.; ROBERTO, I. J.; BORGES-NOJOSA, D. M. 2021. **Lista de Anfíbios do Ceará. Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente do Ceará**. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/anfibios/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

CASTRO, A. S. F.; MORO, M. F.; MENEZES, M. O. T. O Complexo Vegetacional da Zona Litorânea no Ceará: Pecém, São Gonçalo do Amarante. **Acta Botanica Brasilica**, 26: 108-124, 2012.

CDB - Convenção sobre Diversidade Biológica (2023). **Status and trends of biodiversity, including benefits from biodiversity and ecosystem services**. Disponível em: <https://www.cbd.int/countries/profile/?country=br>. Acesso em: 24 jan. 2024.

Ceará. Assembleia Legislativa. **Caderno regional da bacia do Litoral**. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador). Fortaleza: INESP, 2009. 96p.

CEARÁ. **Cadastro Estadual de Unidade de Conservação (CEUC)**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiODNmZGM2OWQtYjAwZS00ODkyLTWVsWj57EPBxiazSEntFc1DPt2WGRCxgLP2MjAxZmQxLWFIMzctNGZIMS1hZDJjLTUwNTc3ZTJmYTEzNiJ9>. Acesso em: 24 jan. 2024.

CEARÁ. Secretaria de Turismo do Estado do Ceará (SETUR). **Ceará tem duas cidades entre as mais reservadas por turistas para o fim do ano. 2023**. Disponível em: <https://www.setur.ce.gov.br/2023/11/06/ceara-tem-duas-cidades-entre-as-mais-reservadas-por-turistas-para-o-fim-de-ano/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

COSTA, L. P. *et al.* Diversidade de peixes capturados em currais de pesca na praia de Moitas, Amontada, (Ceará, Brasil). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 15, n. 2, p. 1-13, 2021.

COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997.

CRUMP, M. L. Visual encounter surveys. **Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians**, p. 84-92, 1994.

DANTAS, E. W. C. **Mar à vista: estudo da maritimidade em Fortaleza**. Imprensa Universitária. 3. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/56707/1/2020_liv_ewcdantas.pdf. Acesso em: 24 jan. 2024.

DANTAS, S. C.; GORAYEB, A. O Turismo Comunitário é bom? Desafios e Perspectivas da Prainha do Canto Verde, Ceará, Nordeste do Brasil. **Revista Iberoamericana de Turismo**, v. 13, p. 98-115, 2023.

DEMIR, S.; ATANUR, G. The prioritization of natural-historical based ecotourism strategies with multiple-criteria decision analysis in ancient UNESCO city: Iznik-Bursa case. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 26, n. 4, p. 329-343, 2019.

DIAS, M. E. L. **Turismo: a “Redenção” do Maciço de Baturité?** São Paulo: Blucher Acadêmico, 2008.

EIA – Estudo de Impacto Ambiental do Complexo Eólico Itarema. GEOCONSULT - Consultoria, Geologia e Meio Ambiente Ltda. 709 P., 2014.

FERNANDES-FERREIRA, H.; PAISE, G.; GURGEL-FILHO, N. M.; MENEZES, F. H.; GUERRA, T. S. L, RODRIGUES, A. K.; BECKER, R. G.; FEIJÓ, J. A. 2021. **Lista de Mamíferos Continentais do Ceará**. Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente do Ceará. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/mamiferos>. Acesso em: 24 jan. 2024.

FIGUEIREDO, M. A. 1997. **A cobertura vegetal do Ceará (Unidades Fitoecológicas)**. In: Atlas do Ceará. Governo do Estado do Ceará; IPLANCE, Fortaleza. 65p.

GIRÃO-E-SILVA, W. A.; CROZARIOL, M. A. 2021. **Lista de Aves do Ceará**. Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente do Ceará. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/aves/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

GOMES, F. V. S. *et al.* Representatividade ecológica e extensão total de áreas protegidas pelas unidades de conservação no estado do Ceará, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 34, 2022.

HOLANDA, L. R. "Abrindo Vela, Pescando Culturas": Memória social, patrimônio cultural e defesa do território tradicional da comunidade de Caetanos de Cima no assentamento Sabiaguaba em Amontada, CE. **Revista Nupeart**, v. 15, p. 78-92, 2016.

ICMBio, 2024. **Relatório de áreas de concentração de aves migratórias no Brasil**. Cabedelo, PB: CEMAVE/ICMBio. 2022. 4ª edição. Disponível em: <https://cemave-sede.github.io/painel4/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

LIMA, E. H. S. M.; MELO, M. T. D.; BARATA, P. C. R. **First record of olive ridley nesting in the State of Ceará, Brazil**. Marine Turtle Newsletter, v. 99, n. 20, 2003.

LOIOLA, M. I. B.; SILVA, M. A. P.; RIBEIRO, R. T. M.; SAMPAIO, V. S.; SOARES NETO, R. L.; SOUZA, E. B. 2021. **Lista de Angiospermas do Ceará**. Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente do Ceará. Disponível em <https://www.sema.ce.gov.br/flora-do-ceara/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

LÓPEZ SANTILLÁN, Á. A.; GUARDADO, G. M. "Ecoturismo, desarrollo y sustentabilidad: un recorrido por senderos interpretativos de poder, mercado y simulacro". Alicia Castellanos Guerrero y Jesús Antonio Machuca (coords.), Turismo y antropología: miradas del Sur y el Norte, Universidad Autónoma Metropolitana-Juan Pablos Editor, México D. F, pp. 201-232, 2012.

MAIA, R. P.; AMORIM, R. F.; MEIRELES, ANTONIO J. A. **Falésias: origem, evolução, riscos**. 1. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária: Universidade Federal do Ceará, 2022. v. 1. 85p.

MARCOVALDI, M. A. A new initiative to protect green turtles at an important foraging ground in Ceara, Brazil. **Marine Turtle Newsletter**, v. 63, p. 3-14, 1993.

MARCOVALDI, M. Â.; MARCOVALDI, G. G. Marine turtles of Brazil: the history and structure of Projeto TAMAR-IBAMA. **Biological Conservation**, Washington, n.91, p.35-41, 1999.

MARETTI, C. C. *et al.* **Áreas protegidas: Definições, tipos e conjuntos: Reflexões conceituais e diretrizes para gestão**. Gestão de Unidades de Conservação: Compartilhando uma experiência de capacitação, p. 331-367, 2012.

MEIRELES, A. J. A. **Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais**. 2. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2014. 489p.

MITTERMEIER, R. A.; G. MITTERMEIER, C. **Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations**. CEMEX, 1997.

MONTEIRO, I. P. C. **Avaliação da Qualidade Ambiental da Orla de Icarai de Amontada (CE)**. 2017. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

MORO, M. F. *et al.* Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, v. 66, p. 717-743, 2015.

NASCIMENTO, J. V. S. **Erosão e progradação da linha de costa de Icarai de Amontada - Ceará**. 2018. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PACHECO, J. F., SILVEIRA, L.F., ALEIXO, A. *et al.* Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee-second edition. **Ornithology Research**, v. 29, n. 2, p. 94-105, 2021.

PAVESE, Helena; WEIGAND JR, Ronald. **A Importância econômica das áreas protegidas**. 2009.

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental da Usina Eólico-Elétrica Icarai. GEOCONSULT - Consultoria, Geologia e Meio Ambiente Ltda, 207 P., 2011.

ROBERTO, I. J.; CASCON, P. Natural history of an anuran community in a coastal zone of north-eastern Brazil. **The Herpetological Bulletin**, n. 165, 2023.

ROBERTO, I. J.; LOEBMANN, D. Composition, distribution patterns, and conservation priority areas for the herpetofauna of the state of Ceará, northeastern Brazil. **Salamandra**, v. 52, n. 2, p. 134-152, 2016.

SANTOS, J. de O. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE**. Fortaleza: Edições UFC, 2016. 190 p.

SOUSA, H. V. C. M. **Percepção dos impactos socioambientais no distrito de Icarai de Amontada, Ceará, Brasil**. 2020. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2020.

SOUSA, M. E. **O litoral extremo oeste do Ceará e a cidade de Acaraú na busca do turismo e do desenvolvimento socioeconômico**. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão de Negócios Turísticos) da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 157 f., 2018.

SPAOLONSE, E.; MARTINS, S. S. O. Ecoturismo: uma ponte para o turismo sustentável. **Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)**, v. 9, n. 6, 2016.

SPECIESLINK. **speciesLink network**. Disponível em: <https://specieslink.net/search/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

SOUZA, M. J. N. *et al.* (org.). **Zoneamento Ambiental da Planície Litorânea**. Fortaleza: Sema, 2021. 287 p. (VOLUME 3: DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO: SETORES AMBIENTAIS ESTRATÉGICOS).

TEIXEIRA, L. P. *et al.* How much of the Caatinga is legally protected? An analysis of temporal and geographical coverage of protected areas in the Brazilian semi-arid region. **Acta Botanica Brasilica**, v. 35, p. 473-485, 2021.

UNEP-WCMC, I. U. C. N. NGS. **Protected Planet Report 2020**. Gland: Cambridge, UK; Washington, DC, USA, 2021.

VARGAS DEL RÍO, D.; BRENNER, L. Ecoturismo comunitario y conservación ambiental: la experiencia de La Ventanilla, Oaxaca, México. **Estudios sociales**, v. 21, n. 41, p. 31-63, 2013.

VIEIRA, L. F. S.; VERDUM, R. A proteção da natureza e do patrimônio da humanidade pela beleza cênica da paisagem. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 40, 2019.

WIKIAVES. **WikiAves, a Enciclopédia das Aves do Brasil**. Disponível em: <http://www.wikiaves.com.br/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

WWF (World Wildlife Fund). S-data. **Planejamento Sistemático da Conservação: Criação de Unidades de Conservação**. Disponível em: http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/meio_ambiente_brasil/lep/textos/psc/index.cfm. Acesso em: 24 jan. 2024.

XAVIER, L. G.; FREITAS, J. E. P.; CHARVET, P.; FARIA, V. V. 2021. **Lista de Peixes Marinhos do Ceará**. Fortaleza: Secretaria do Meio Ambiente do Ceará. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/fauna-do-ceara/peixes/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

XAVIER, T. W. F. **Análise participativa dos potenciais impactos socioambientais de parques eólicos marinhos (*offshore*) na pesca artesanal no estado do Ceará, Brasil**. 2022. 266 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

XAVIER, T. W. F.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Participatory cartography as a means to facilitate democratic governance of offshore wind power in Brazil. In: **Majia Nadesan, Martin Pasqualetti, Jennifer Keahey**. (Org.). *Energy Democracies for Sustainable Futures*. 1ed. London: Elsevier Inc, 2022, v. 1, p. 185-194.

MAPEAMENTO DA COBERTURA DA TERRA NO PERÍODO SECO NOS SERTÕES CEARENSES UTILIZANDO TÉCNICAS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA

Adinan Marzulo Maia Martins
Diego Vicente Sperle da Silva
João Pedro das Neves Cardoso Pedreira
Carla Bernadete Madureira Cruz

INTRODUÇÃO

Desde a ocupação humana no semiárido brasileiro sempre houve registros de longos períodos de estiagem na região. Tal característica regional por muito tempo foi utilizada como fator de desvantagem regional (Nobre, 2011) e a não compreensão do homem frente a essa realidade climática propiciou em práticas históricas extensivas em agricultura e pecuária que vem contribuindo gradativamente para a perda da produtividade do solo (Giongo, 2011).

A ação do homem durante séculos sem a preocupação da utilização de práticas conservacionistas no uso da terra acaba por contribuir para a aceleração das mudanças climáticas. O último levantamento do IPCC (2021) indica que haverá aumento da ocorrência de eventos extremos no semiárido e, diante disso, a vegetação da *caatinga* poderá sofrer com o aumento da temperatura regional, onde estudos relacionados a essa temática indicam que a *caatinga* está entre os biomas mais ameaçados (Oyama; Nobre, 2003) e as práticas antrópicas extensivas poderão contribuir para a degradação nessas áreas. Por isso, diante dessa realidade, faz-se tão necessário o monitoramento do semiárido que contribuirá de maneira sistemática para o fomento de políticas públicas na região, seja no âmbito social ou ambiental.

O surgimento da plataforma em nuvem *Google Earth Engine* (GEE) tem agilizado de forma significativa a observação terrestre (Kumar e Mutanga, 2018) onde foi projetada com o intuito armazenar e processar um grande volume de dados com o objetivo de tomada de decisão (Kumar e Mutanga, 2018). A aplicação de metodologias com essa abordagem possibilita abordar temáticas em sensoriamento remoto com robustez, contribuindo para entendermos a dinâmica da superfície terrestre (Tamiminia, 2020).

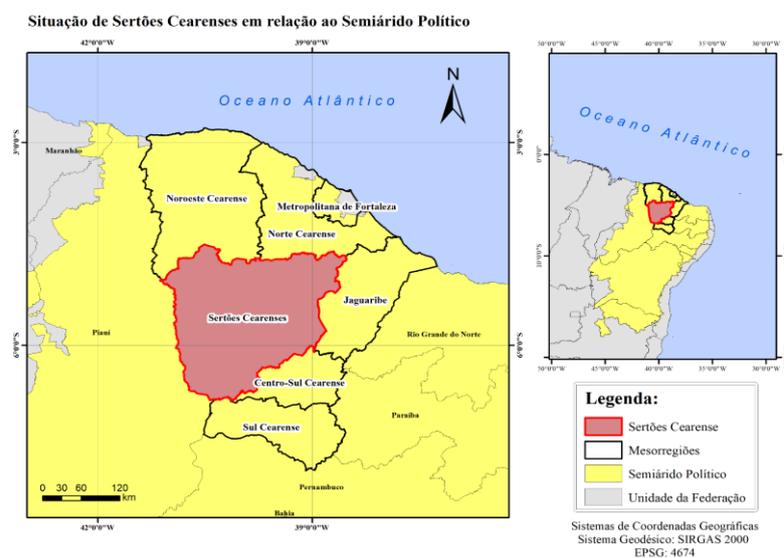
Muitos trabalhos utilizam-se dessa plataforma para mapeamentos de uso ou cobertura da terra na região semiárida (p.ex Sousa et al., 2023; Souza et al., 2020; Cardoso et al., 2021) mas poucos exploram a potencialidade de mapeamentos no período de baixo déficit hídrico. O monitoramento da vegetação seca em épocas de estiagem pode ser a solução para entender os fenômenos de degradação por perda florestal uma vez que a grande variabilidade da vegetação, devido às mudanças fenológicas, pode trazer incertezas diante do uso da terra na região.

Contudo, no presente trabalho objetiva-se o mapeamento da cobertura da terra do ano de 2016 no período seco na mesorregião dos sertões cearenses no Estado do Ceará utilizando técnicas de aprendizado de máquina com dados de sensores orbitais na plataforma GEE. Esse trabalho em pesquisa servirá como ponto de partida para outros mapeamentos multitemporais para a compreensão mais ampla do histórico de degradação na região.

MATERIAL E MÉTODO

A Região Sertões Cearenses é localizada na porção central e oeste do Estado do Ceará, sendo composta por 30 municípios (IBGE, 2022), sendo eles: Acopiara, Aiuaba, Ararendá, Arneiroz, Banabuiú, Boa Viagem, Catarina, Choró, Crateús, Deputado Irapuan Pinheiro, Ibareta, Independência, Ipaporanga, Madalena, Milhã, Mombaça, Monsenhor Tabosa, Nova Russas, Novo Oriente, Parambu, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Quiterianópolis, Quixadá, Quixeramobim, Saboeiro, Senador Pompeu, Solonópole, Tamboril e Tauá. A região se encontra inserida no semiárido político (Figura 1) que é caracterizado por longos períodos de estiagem e chuvas irregulares, o que permitiu que a vegetação local se adaptasse às condições de estresse hídrico. A caracterização florística é predominantemente composta por vastas áreas de *caatinga* arbustiva aberta e arbórea, sendo também observada a presença de cerradão e carrasco (FUNCEME, 1994).

Figura 1. Mapa de localização da mesorregião sertões cearenses



Fonte: Elaborado por autores com dados do IBGE (2022).

A intensidade das secas na região semiárida brasileira é muitas vezes determinada pelos eventos de ENOS (El Niño - Oscilação do Sul) (Tabela 1). Embora seja um evento de escala global pelo aquecimento diferenciado no pacífico equatorial (Melo, 1999), provoca alterações nos regimes de precipitações atmosféricas em grande parte do mundo. Especificamente no Brasil, os efeitos mais sentidos são as reduções de chuvas nas regiões Norte e Nordeste e o aumento na região Sul.

Para a elaboração do mapeamento da cobertura da terra, primeiramente foi necessária a identificação dos limites territoriais da mesorregião Sertões Cearenses em formato shapefile (formato vetorial) através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Este recorte espacial define a nossa área de estudo no ambiente GEE. Ao executar o *upload* das imagens na plataforma em nuvem foi criada uma função para recortar automaticamente todas as cenas para os nossos limites de interesse para os sensores orbitais utilizados.

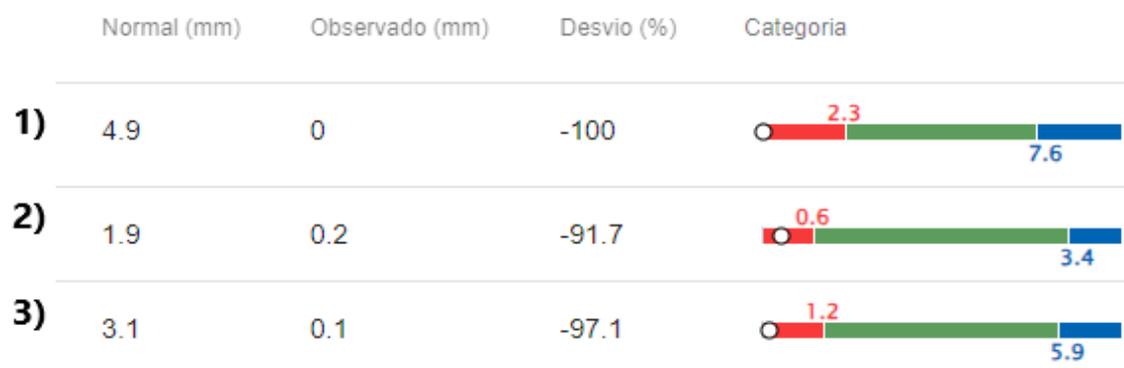
Foram incorporados à plataforma GEE dados do Landsat-8, do sensor *Operational Land Imager* (OLI), que serviram de base para o modelo de aprendizado de máquina *Random Forest* (RF). A fim de adquirir dados ópticos com a menor interferência atmosférica possível foram elaborados diversos filtros. O primeiro filtro é referente a escolha de cenas para a faixa temporal, com isso, foram determinados os mosaicos de dados para os meses praticamente sem chuva (Figura 2) nos sertões cearenses sendo escolhidos os meses agosto, setembro e outubro no ano de 2016. Segundo a FUNCEME, neste ano em específico, foi um dos menos chuvosos da história desde 1910 impactando principalmente a disponibilidade pela água pelo baixo volume dos reservatórios, açudes e entre outros. Portanto, entender a complexidade através de mapeamentos e monitoramentos em épocas de longos períodos de estiagem com auxílio das geotecnologias na região podem elucidar estratégias de tomada de decisão na região estudada.

Tabela 1. Relação entre as secas no semiárido e o ENOS.

ENOS (Século XXI) - Até 2016	Classificação ENOS	Secas (Século XXI) - Até 2016
2002 - 2003	Moderada	2001 - 2002
2006 - 2007	Moderada	2005 e 2007 - 2008
2009 - 2010	Moderada	2010
2015 - 2016	Forte	2012 - 2016

Fonte: Adaptado de INPE, Melo (2016) e Marengo et al. (2017).

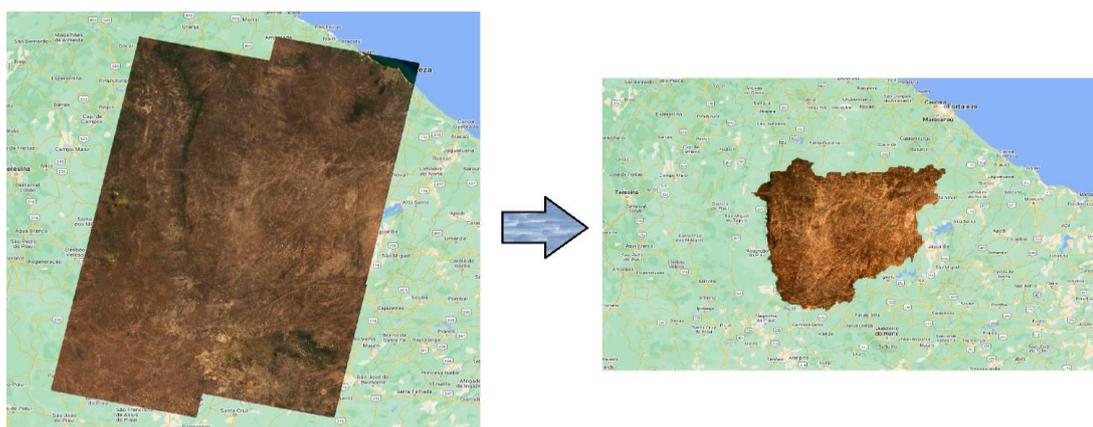
Figura 2 - Médias mensais de chuvas nos sertões cearenses. 1 - agosto; 2 - setembro; 3 - outubro.



Fonte: Adaptado por autores com dados de chuvas da FUNCEME.

O segundo filtro tem por objetivo a filtragem de cenas por cobertura de nuvens. Foi necessário recorrer aos metadados das imagens e aplicar funções de filtros para captar cenas com menos de 1% de cobertura de nuvens (Figura 3).

Figura 3 - Composição colorida RBG para as cenas utilizadas e o recorte espacial para os limites territoriais da Mesorregião Sertões Cearenses.



Fonte: GEE.

Após a seleção final das imagens a serem utilizadas, aplicou-se o fator de escala de acordo com os parâmetros disponibilizados pelo fornecedor do produto, com o objetivo da transformação de níveis de cinza em valores de reflectância de superfície. Após o processo de tratamento dos dados ópticos é possível observar ao todo 8 cenas utilizadas para o período seco (Tabela 2).

Tabela 2. Cenas filtradas pela cobertura de nuvens e pela área de estudo em ambiente GEE.

Identificador da cena Landsat - 8	Data
LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_218063_20160801	01/08/2016
LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_218064_20160801	01/08/2016
LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_217065_20160810	10/08/2016
LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_217063_20160826	26/08/2016
LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_217064_20160826	26/08/2016
LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_218065_20160902	02/09/2016
LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_217065_20161029	29/10/2016
LANDSAT/LC08/C02/T1_L2/LC08_217064_20161029	29/10/2016

Fonte: GEE.

A partir do mosaico de imagens criado foram utilizados para o modelo de aprendizado de máquina RF as bandas do azul (BLUE), verde (GREEN), vermelho (RED), infravermelho próximo (NIR), infravermelho de ondas curtas 1 e 2 (SWIR 1 e 2). Além disso, foram executadas operações matemáticas para a geração de índices espectrais (Tabela 3).

Tabela 3. Índices espectrais e as suas funcionalidades.

SAVI (<i>Soil Adjusted Vegetation Index</i>)	Ressaltar as áreas vegetadas.	$\frac{(1 + 0,5) \times (NIR - RED)}{(NIR + RED + 0,5)}$
NDWI (<i>Normalized Difference Water Index</i>)	Ressaltar as áreas de corpos hídricos.	$\frac{(GREEN - SWIR 1)}{(GREEN + SWIR 1)}$
NDBI (<i>Normalized Difference Built-Up Index</i>)	Ressaltar as áreas antrópicas.	$\frac{(SWIR 1 - NIR)}{(SWIR 1 + NIR)}$
NDDI (<i>Normalized Difference Drought Index</i>) adaptado	Ressaltar as áreas mais secas.	$\frac{(SAVI - NDWI)}{(SAVI + NDWI)}$
MBI (<i>Modified Bare Soil Index</i>)	Ressaltar áreas de solos expostos.	$\frac{(SWIR 1 - SWIR 2 - NIR)}{(SWIR 1 + SWIR 2 + NIR)} + 0,5$

Fonte: Adaptado de MARTINS, A. M. M et al., (2023); GU et al., (2007); SILVA et al., (2021); plataforma INDEX DataBase.

Empregou-se a operação matemática de média entre as cenas selecionadas, sendo necessário devido a ocorrência de sobreposição, principalmente nas áreas limítrofes. Além disso, a aplicação da aplicação de média teve como objetivo mitigar, embora de forma mínima, os efeitos atmosféricos oriundos das nuvens ainda remanescentes nas cenas. A formação da imagem sintética para a classificação supervisionada é resultado da junção das bandas espectrais e índices espectrais calculados no recorte espacial da área de interesse.

Para dar suporte a classificação RF da imagem sintética do período seco, as variáveis estatísticas média, máximo, mínimo, desvio padrão e variância para as bandas e índices espectrais foram aplicados aos dados ópticos do ano de 2016 utilizando também os mesmos filtros supracitados.

Dados de elevação e derivadas geomorfológicas oriundos do produto de sensoriamento remoto *NASADEM* da mesma resolução espacial do Landsat 8, e também, para a mesma área de interesse foram também incluídos no processo de classificação de imagem. O algoritmo *ee.Algorithms.Terrain*, presente na plataforma GEE permitiu os cálculos das derivadas de terreno declividade (*slope*), aspecto (*aspect*) e sombreamento (*hillshade*) que podem ser importantes na distinção das classes mapeadas.

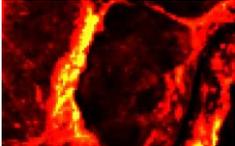
Ao todo definiu-se as classes Areia ou Degradação, Agropecuária, Vegetação de Umidade Baixa, Vegetação de Umidade Moderada, Vegetação de Umidade Alta e Corpos Hídricos, tendo sido coletadas, respectivamente, 47, 41, 46, 50, 48 e 40 amostras a partir da chave de interpretação (Tabela 4) das classes.

A partir da seleção das amostras e das variáveis a serem utilizadas foi possível a construção do modelo de classificação supervisionada RF. Foi utilizado o algoritmo `ee.Classifier.smileRandomForest` presente na plataforma GEE. O classificador RF é formado pela junção de preditores em forma de árvores, onde cada árvore é influenciada pelos valores de um vetor aleatório que é amostrado de maneira independente, seguindo a mesma distribuição para todas as árvores presentes na floresta e com a mesma distribuição para todas as árvores (Breiman, 2001). É importante citar que o parâmetro correspondente ao número de árvores determinado pelo valor 250.

A classificação da cobertura da terra gerada foi exportada para o software ArcGIS Pro, onde foi transformado em vetor (*shapefile*) pela função *Raster to Polygon*, e após isso, foi criado o mapa de cobertura da terra para os Sertões Cearenses. Foram utilizados também os recortes espaciais das áreas edificadas como máscara (buffer de 250 metros) disponibilizados pelo IBGE na escala de 1:250.000. Para a validação foram criados 30 pontos aleatórios pela função *Random Points* para cada classe mapeada onde foram comparadas com imagens de referência do *Google Earth Pro* de alta resolução espacial. Tal comparação entre as classes mapeadas e as imagens de referência, permitiu a geração da matriz de confusão para o cálculo das métricas de validação kappa e exatidão global (Fórmula 1 e 2) do mapeamento gerado.

As fórmulas 1 e 2 representam as métricas de avaliação: Exatidão Global e Índice Kappa. Define-se um nível mínimo de acurácia como Exatidão Global $\geq 0,85$, considerando-se que a acurácia é baixa se o Índice Kappa for inferior a 0,67, média se estiver no intervalo de 0,67 a 0,80, e alta se Kappa $\geq 0,80$.

Tabela 4. Chave de interpretação.

Classes	Landsat 8 - OLI	Características
Areia ou Degradação		<p>Composição falsa cor: Infravermelho de ondas 1 (B6), Infravermelho próximo (B5) e Vermelho (B4).</p> <p>Parâmetros utilizados: mínimo: 0,0924; máximo: 0,4; gamma:0,14.</p> <p>Tons de amarelo brilhantes.</p> <p>É possível observar essa classe em áreas próximas a rios, áreas de agricultura e próximas de áreas construídas.</p>
Agropecuária		<p>Composição falsa cor: Infravermelho de ondas 1 (B6), Infravermelho próximo (B5) e Vermelho (B4).</p> <p>Tons de marrom muito claro.</p> <p>Normalmente formatos retangulares caracterizados pela ação antrópica. Solos expostos ou com uma leve cobertura vegetal.</p>
Vegetação de Baixa Umidade		<p>Composição falsa cor: Infravermelho de ondas 1 (B6), Infravermelho próximo (B5) e Vermelho (B4).</p> <p>Apresenta tons de marrom terroso e diversos formatos, às vezes influenciados pela ação antrópica.</p>
Vegetação de Umidade Moderada		<p>Composição falsa cor: Infravermelho de ondas 1 (B6), Infravermelho próximo (B5) e Vermelho (B4) e SAVI para valores entre 0,3 e 0,4.</p> <p>Apresenta tons de verdes claros, porém, não tanto quanto a classe "Vegetação Úmida", apresenta também rugosidade em sua superfície.</p>

Vegetação de Alta Umidade		<p>Composição falsa cor:</p> <p>Infravermelho de ondas 1 (B6), Infravermelho próximo (B5) e Vermelho (B4) e SAVI para valores maiores que 0,4.</p> <p>Apresenta tons de verdes mais claros apresentando rugosidade em sua superfície. Geralmente a sua presença é próxima de corpos hídricos.</p>
Corpos Hídricos		<p>Composição falsa cor:</p> <p>Infravermelho de ondas 1 (B6), Infravermelho próximo (B5) e Vermelho (B4) e NDWI acima de 0,2. Caracterizado por tons mais escuros da cor azul. Não apresenta rugosidade em sua superfície.</p>

Fonte: Elaborado por autores com imagem Landsat 8 na plataforma GEE.

$$Exatidão\ Global = \sum_{i=1}^m \frac{n_{ii}}{n} \quad (1)$$

$$Kappa = \frac{n \sum_{i=1}^m n_{ii} - \sum_{i=1}^m n_i \cdot n_i}{n^2 - \sum_{i=1}^m n_i \cdot n_i} \quad (2)$$

n: área total; n_{ii} : área pertencente à classe i do mapa modelo e do mapa de referência; n_i : : área pertencente à classe i do mapa modelo; n_i : : área pertencente à classe i do mapa de referência; m: número de classes.

Fonte: Adaptado de Kestring et al. (2015), Anderson et al. (2001) e Krippendorff (2004).

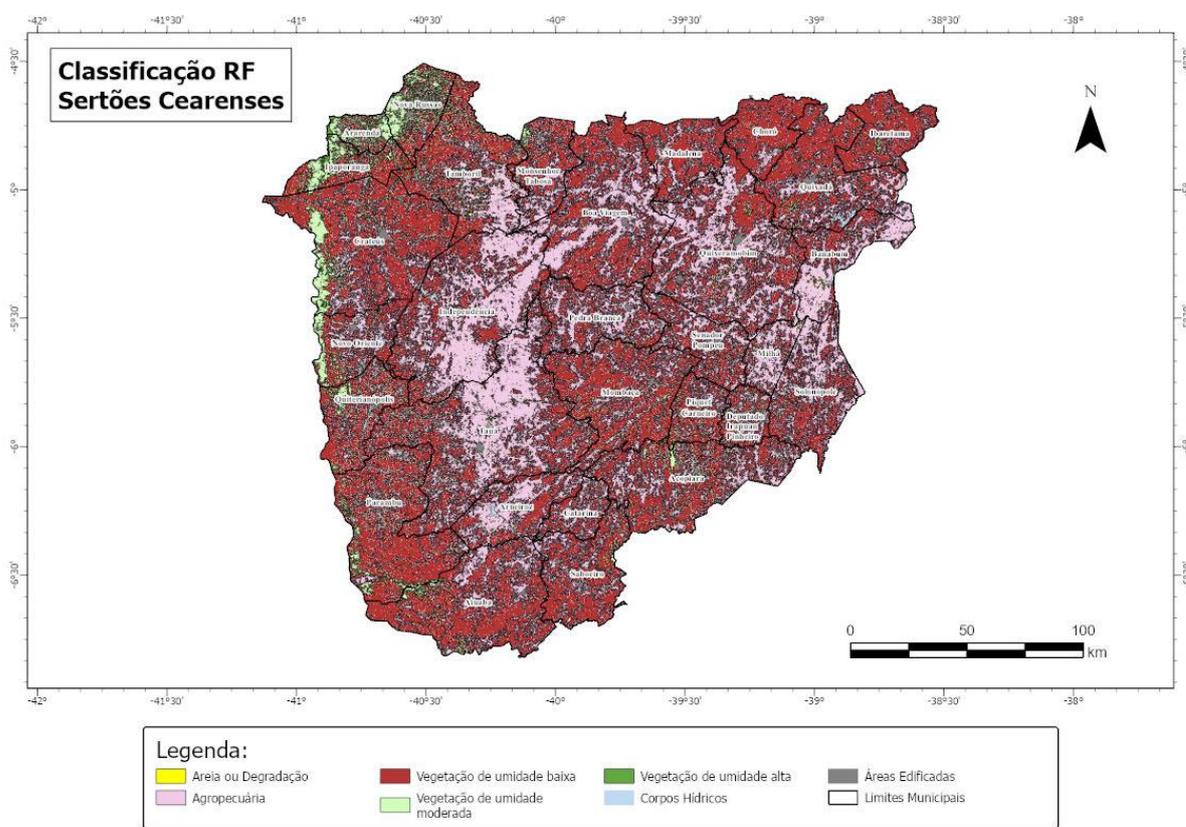
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de cobertura da terra gerado a partir da classificação RF para o período seco do ano de 2016 (Figura 4) indica a predominância da classe “Vegetação de Umidade Baixa” em todo o recorte espacial. Essa classe, em grande maioria, é composta por florestas secas e de vegetação rala com uma variedade de vegetações associadas ao bioma *caatinga*. Artíficos como o acúmulo de água em seus tecidos e raízes, redução do tamanho das folhas e folíolos, esclerofilia e emurchecimento das folhas (Alves, 2007) são estratégias que a vegetação apresenta para a sobrevivência na ausência de chuvas.

Outra classe bastante presente no mapa gerado é a “Agropecuária”, composta por grandes extensões de campos abertos e áreas características com a agricultura e pecuária. É bastante presente na porção leste do mapa abrangendo parte significativa da cobertura dos municípios de Independência e Tauá (Tabela 5). Os municípios Quixeramobim, Milhã e Banabuiú, presentes na porção norte e oeste, apresentaram predominância também predominância para essa classe com padrões característicos de agropecuária em suas coberturas.

No município de Banabuiú são observadas grandes extensões de campos abertos de agropecuária, embora chame atenção a presença de áreas classificadas como “Areia ou Degradação”, concentradas nas proximidades do açude Banabuiú, que aparece praticamente seco em função das ausências de chuvas na região. Essas áreas requerem atenção pois podem ser indícios de uma possível degradação local, podendo contribuir com a erosão e o assoreamento de rios. Na porção extremo sul do município de Aiuaba é possível observar a presença dessa classe, muito por conta do predomínio de solos expostos mais arenosos.

Figura 4. Classificação Random Forest para os Sertões Cearenses no período seco de 2016.



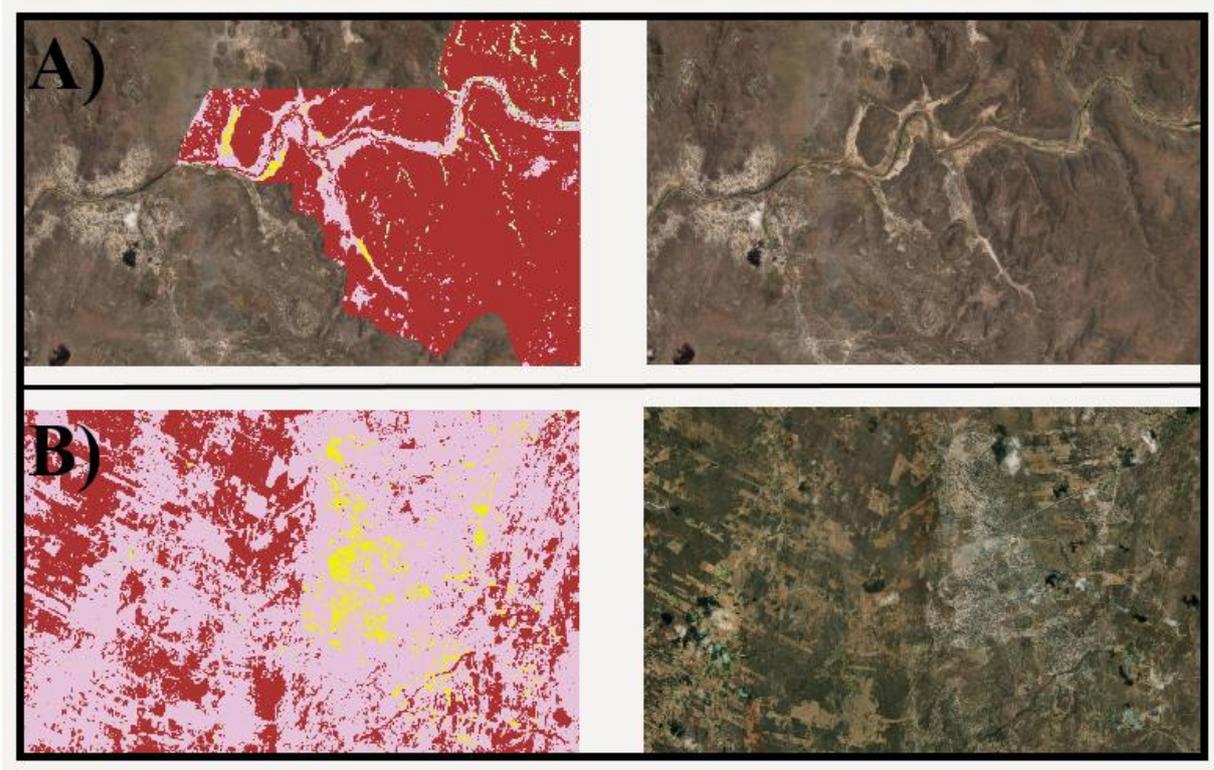
Fonte: Elaborado por autores a partir de dados do Landsat OLI e NASADEM.

Em Cratéis, no extremo leste próximo ao Estado do Piauí, é possível observar grande faixas de solos mais arenosos no entorno de rios (Figura 5 - A) podendo acentuar o assoreamento devido aos processos erosivos presentes na região. Outro exemplo também é visto em Milhã (Figura 5 - B) onde é possível ver uma grande extensão arenosa na porção nordeste do município, localizada nas proximidades de áreas de agricultura. Tais presenças podem ser indicativos de formação de núcleos de desertificação, demandando monitoramento e ações mitigadoras.

Importante mencionar que as áreas de degradação e de areia foram agrupadas em virtude da possibilidade de confusão entre classes, pois em muitos casos, devido à alta reflectância dessas coberturas em função do solo descamado por erosão, se assemelha. Como alternativa de

resolução metodológica, o agrupamento de classes foi a melhor solução. Para uma distinção mais precisa entre essas classes, seria necessário recorrer a uma classificação de imagem de referência mais antiga, a fim de destacar as áreas de mudanças.

Figura 5. Possíveis áreas de núcleos de desertificação. (A) - Porção leste do município de Crateús e (B) - Porção nordeste do município de Milhã.

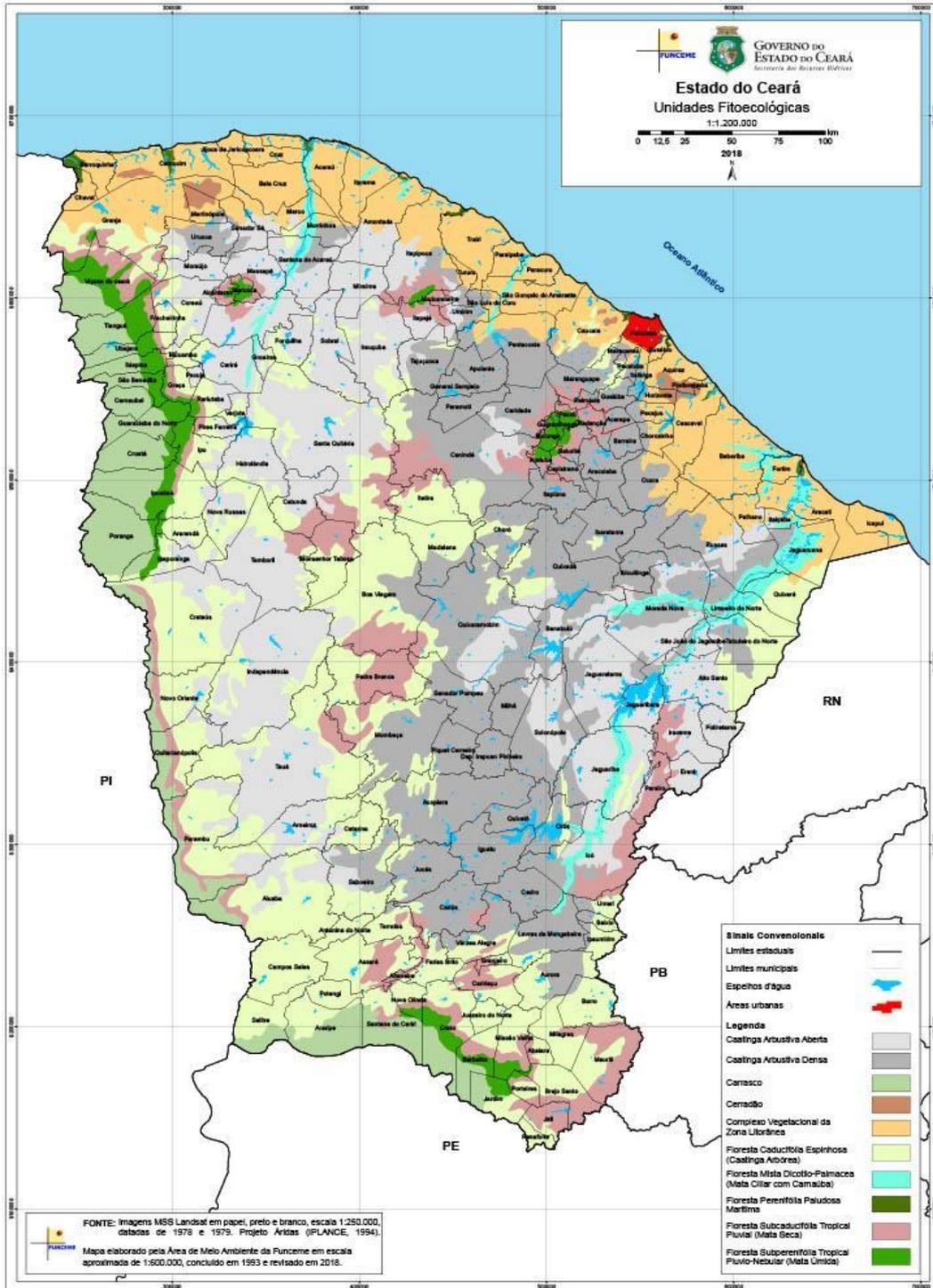


Fonte: Elaborado por autores usando o basemap da ESRI de referência presente no software ArcGIS Pro.

É possível observar também grandes áreas de coberturas de areia de origem natural sendo classificadas como “Areia ou Degradação”, presentes em Quixeramobim sendo um dos municípios que mais apresentaram essa classe em sua cobertura.

As vegetações mais úmidas correspondentes pelas classes “Vegetação Umidade Alta” e “Vegetação de Umidade Moderada”, muitas das vezes, são associadas pelas vertentes mais úmidas do terreno. Segundo o mapa fitoecológico (Figura 6) da FUNCEME (1994) as áreas da porção extremo oeste e noroeste dos sertões cearenses são caracterizadas por vegetação de carrasco e do cerrado sendo caracterizadas por tipos de vegetação mais úmidos que a *caatinga*. Além disso, a vegetação de carrasco são áreas de transição entre as vegetações da *caatinga* e do cerrado. Contudo, em termos de predominância de área são encontradas em Ararendá, Crateús, Ipaporanga, Novas Russas, Novo Oriente, Parambu, Quiterianópolis e Tamboril.

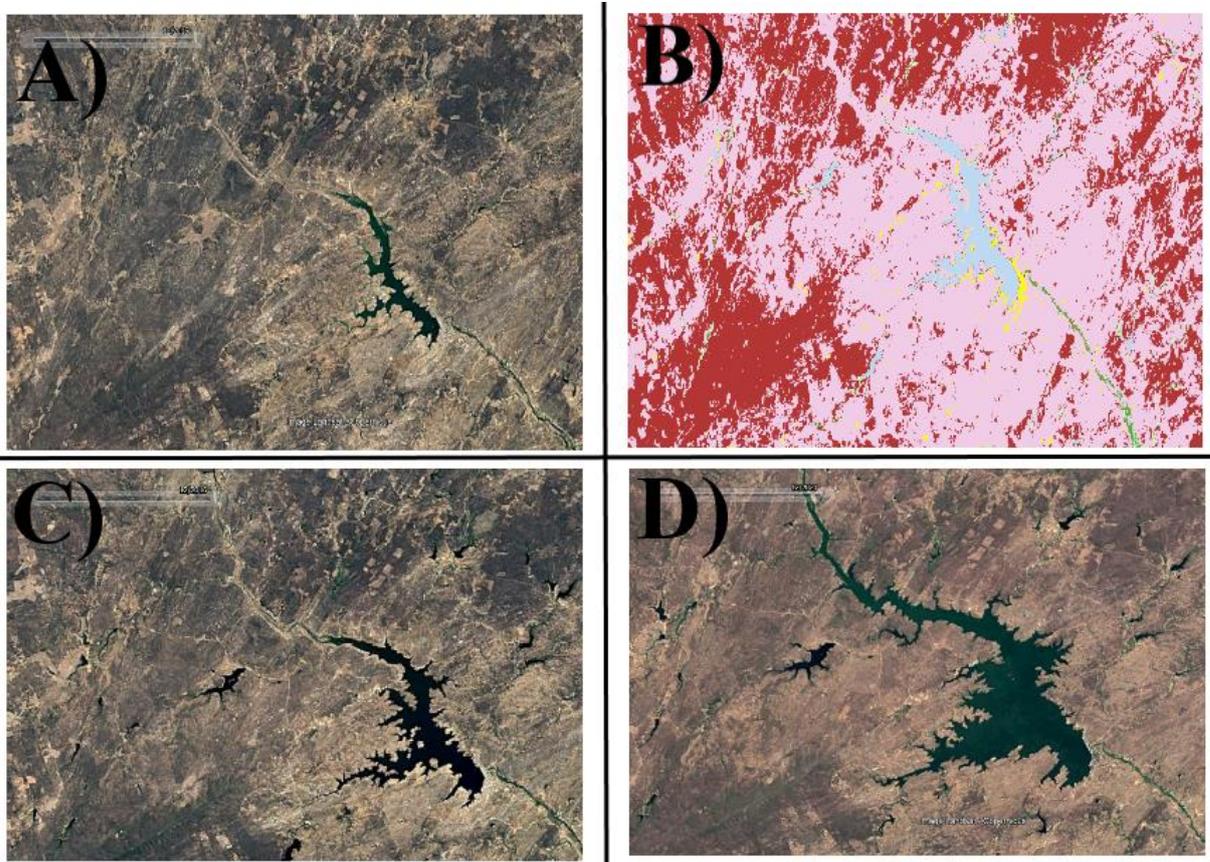
Figura 6. Unidades Fitoecológicas do Estado do Ceará (CE)



Fonte: FUNCEME (1994).

A classe “Corpos Hídricos” é influenciada pelo fomento da construção de açudes, política pública bastante importante em todo o século XX (Melo, 1999) e disseminada até os dias de hoje. É possível visualizar no mapa de cobertura da terra diversos corpos hídricos com formatos semelhantes às de açudes espalhados em todo o sertão cearense, porém mais secos devido ao déficit hídrico, apesar disso, apresentam grande impacto na cobertura dos municípios como é o caso do açude Arneiroz II estudado por Brasil (2017) que trouxe a relevância das áreas vegetadas como inibidor da erosão do solo nas proximidades da massa d’água.

Figura 7. Açude Arneiroz II presente no Município de Arneiroz. (A) - Dezembro de 2015/Ano seco, (B) - Classificação RF Agosto, Setembro e Outubro de 2016, (C) - Dezembro de 2016/Ano seco e (D) - Dezembro de 2020.



Fonte: Elaborado por autores através de imagens disponibilizadas pelo *Google Earth Pro*.

Durante anos de seca (Figura 7 - A, B e C), é possível observar as alterações na extensão da superfície do açude Arneiroz II em comparação com anos normais, nos quais a área está mais preenchida de água (Figura 7 - D).

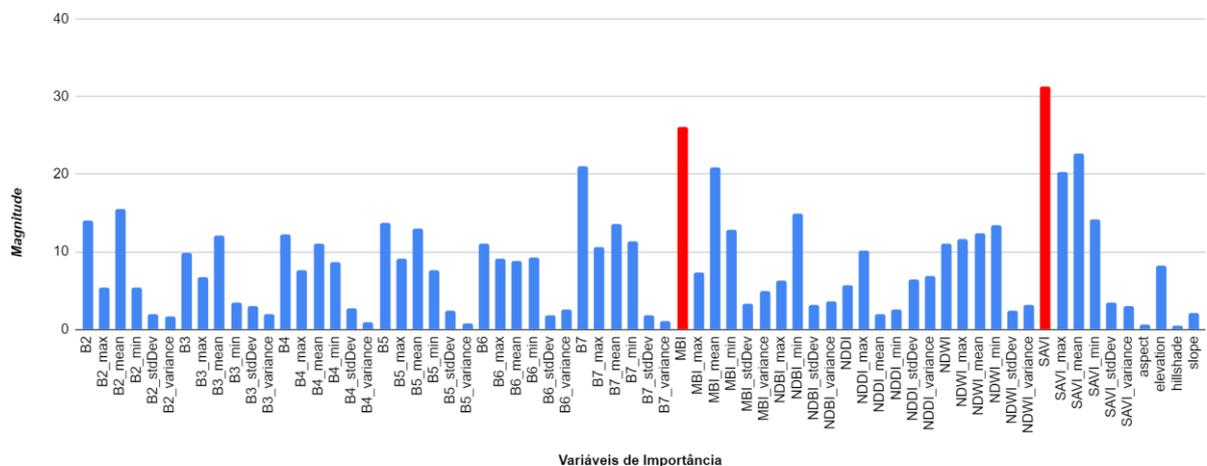
Tabela 5. Áreas (%) das classes mapeadas pelo modelo RF.

Sertões Cearenses - Municípios	Areia e Degradação	Vegetação de baixa umidade	Agropecuária	Corpos Hídricos	Vegetação de média umidade	Vegetação de alta umidade
Acopiara	0,45	60,33	34,84	0,26	3,43	0,36
Aiuaba	1,35	68,41	27,21	0,15	2,48	0,11
Ararendá	0,01	40,9	10,03	0,37	42,54	4,37
Arneiroz	0,35	48,3	49,42	0,96	0,51	0,17
Banabuiú	1,96	37,72	58,61	0,37	0,42	0,21
Boa Viagem	0,06	56,74	42,09	0,01	0,47	0,07
Catarina	0,25	54,72	43,85	0,11	0,55	0,15
Choró	0,07	82,57	15,58	0,19	0,39	0,23
Crateús	0,09	66,74	21,18	0,23	9,6	0,88
Deputado Irapuan Pinheiro	0,62	58,62	36,13	0,27	2,14	0,63
Ibaretama	0,2	79,52	17,94	0,07	1,4	0,22
Independência	0,43	37,78	60,36	0,11	0,77	0,09
Ipaporanga	0,02	56,13	8,19	0,33	30,14	4,47
Madalena	0,08	68,53	29,24	0,03	0,74	0,37
Milhã	1,01	33,65	62,98	0,03	0,65	0,17
Mombaça	0,08	70,03	26,85	0,03	2,02	0,2
Monsenhor Tabosa	0,09	57,48	38,7	0,03	2,91	0,18
Nova Russas	0,12	49,74	11,16	0,46	34,74	1,71
Novo Oriente	0,08	55,29	30,03	0,41	12,53	0,38
Parambu	0,17	74,39	17,42	0,25	6,87	0,37
Pedra Branca	0,09	50,17	48,11	0,02	0,59	0,05
Piquet Carneiro	0,16	65,93	28,65	0,17	3,7	0,43
Quiterianópolis	0,07	67,12	21,37	0,4	9,62	0,58
Quixadá	0,65	62,93	32,7	0,63	1,01	0,25
Quixeramobim	1,06	48,09	48,71	0,03	0,93	0,13
Saboeiro	0,1	69,29	27,85	0,15	2,07	0,2
Senador Pompeu	0,44	55,58	41,68	0,1	0,92	0,18
Solonópole	0,71	49,5	48,3	0,09	0,49	0,27
Tamboril	0,2	59,41	33,17	0,2	5,86	0,57
Tauá	0,24	44,75	52,71	0,29	1,24	0,33

Fonte: Elaborado por autores com base no mapeamento e uso e cobertura da terra.

A importância relativa de cada variável preditora (Figura 8) indicou que o índice de vegetação SAVI foi a variável que mais contribuiu para a classificação do modelo RF. Outro índice espectral que teve resultados significativos foi o MBI. Em relação ao SAVI e o MBI (em vermelho na figura 8), destacam a variabilidade na cobertura da terra e que as condições sazonais, como o período seco, podem afetar essas variáveis, influenciando assim o resultado da classificação pelo modelo RF.

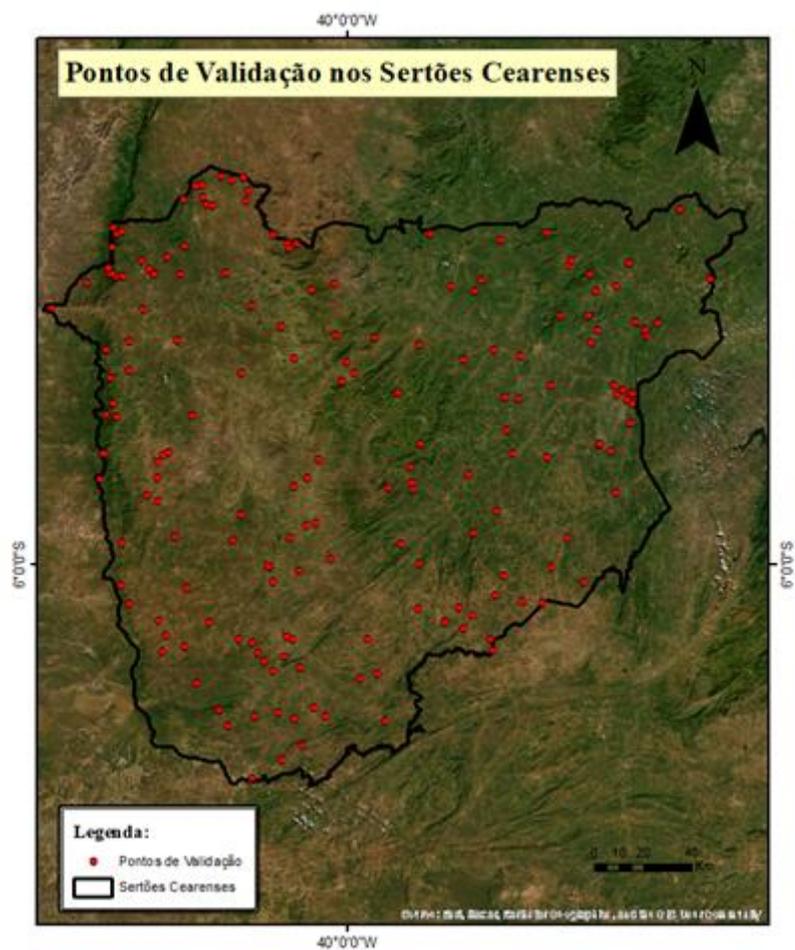
Figura 8. Gráfico de barras das variáveis de importância do modelo RF.



Fonte: Elaborado por autores na plataforma GEE.

Foram empregados um total de 30 pontos de validação por classe, totalizando 180 pontos, distribuídos aleatoriamente no recorte espacial dos Sertões Cearenses (Figura 9). O objetivo foi comparar o mapa gerado pela classificação RF com imagens de satélite de resolução espacial igual ou superior, capturadas durante o período seco na plataforma Google Earth Pro. Essa comparação foi fundamental para criar a matriz de confusão, que, por sua vez, possibilitou o cálculo das métricas para avaliação do mapeamento gerado.

Figura 9. Pontos de validação para a área de estudo.



Fonte: Elaborado por autores usando o *basemap* da ESRI.

A matriz de confusão (Tabela 6) e os respectivos cálculos das métricas de validação indicaram que o kappa e a exatidão global obtiveram valores de 82% e 85%, respectivamente. Segundo Krippendorff (2004), pelos valores das métricas o mapeamento pode ser avaliado como de alta acurácia. A classe “Vegetação de Umidade Moderada” foi a que apresentou maior incerteza, pois o modelo teve dificuldades em separar da classe “Vegetação de Umidade Baixa”. Isso ocorre frequentemente porque a classe “Vegetação de Umidade Moderada” é frequentemente encontrada em minoria em extensas áreas dominadas pela classe “Vegetação de Baixa Umidade”. Além disso, essa situação pode indicar o avanço da classe de vegetação moderada para áreas com vegetação mais seca. Em contrapartida, as classes de “Corpos Hídricos” e as de “Vegetação de Alta Umidade” foram as que mais acertaram em comparação com as demais.

Tabela 6. Matriz de Confusão.

Classes	Areia ou Degradação	Vegetação de Umidade Baixa	Agropecuária	Corpos Hídricos	Vegetação de Umidade Moderada	Vegetação de Umidade Alta	Total
Areia ou Degradação	26	3	1	0	0	0	30
Vegetação de Umidade Baixa	0	27	1	0	2	0	30
Agropecuária	0	6	24	0	0	0	30
Corpos Hídricos	0	0	1	28	1	0	30
Vegetação de Umidade Moderada	0	8	0	2	20	0	30
Vegetação de Umidade Alta	0	0	0	0	2	28	30
Total	26	44	27	30	25	28	180

Fonte: Elaborado por autores.

Além disso, ressalta-se a dificuldade de se encontrar imagens históricas no Google Earth Pro, pois muitas das vezes, foi necessário recorrer a interpretação de anos próximos ou avaliar o histórico da cobertura terrestre da área de estudo através das imagens, pois as condições de visualização e iluminação da imagem de satélite na plataforma não eram favoráveis.

CONCLUSÕES

O sensoriamento remoto em nível orbital, associado às técnicas de aprendizado de máquina, pode contribuir significativamente para o monitoramento e o mapeamento da cobertura da terra no semiárido brasileiro ainda mais em um contexto de eventos extremos de secas como ocorridos no ano de 2016.

O modelo RF indicou que a variável SAVI foi a mais importante no processo de classificação de imagem, devido à sua sensibilidade em captar a vegetação na área de estudo. As características físicas da região, especialmente durante a ausência de chuvas, resultam em

extensões de solos descamados, o que favorece o destaque das áreas vegetadas na área de estudo devido às diferenças em seus comportamentos espectrais. O processo inverso ocorre com a variável MBI, cujo destaque mais acentuado de comportamentos espectrais semelhantes ao solo permitiu que o índice espectral de solos expostos também tivesse importância no modelo RF na área de estudo.

A metodologia de baixo custo e do uso de plataforma em nuvem de alta performance de processamento de grande volume de dados desempenhou um mapeamento de cobertura terrestre com índice kappa e exatidão global satisfatórios possibilitando assim a replicação em outras áreas do semiárido.

Espera-se que este trabalho contribua para uma melhor caracterização da natureza física do semiárido brasileiro. A defasagem de estudos dessa natureza no sensoriamento remoto (GANEM, 2020) pode ser considerada um impedimento para compreender a dinâmica da vegetação, dos núcleos de desertificação, e o monitoramento da água, entre outros temas relevantes no semiárido brasileiro. Contudo, a metodologia aplicada neste estudo pode ser considerada um ponto de partida para a geração de mapas e a construção de séries temporais, sendo fundamental para proporcionar maior clareza quanto à degradação de terras na região.

AGRADECIMENTOS

Agradeço novamente à oportunidade que o Laboratório de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais - ESPAÇO/UFRJ me concedeu para dar continuidade a uma pesquisa tão rica, que é trabalhar com o semiárido brasileiro. Agradeço também à minha orientadora, Carla Madureira, e aos outros coautores, Diego Sperle e João Neves, que se colocaram à disposição para contribuir para este trabalho fantástico de sensoriamento remoto em áreas semiáridas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Jose Jakson Amancio. Geocologia da Caatinga no Semiárido do Nordeste Brasileiro. CLIMEP. Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro, SP, v. 2, n. 1, p. 58-71, jan./jun. 2007.
- AMANI, Meisam; GHORBANIAN, Arsalan; AHMADI, Seyed Ali; KAKOOEI, Mohammad; MOGHIMI, Armin; MIRMAZLOUMI, S. Mohammad; MOGHADDAM, Sayyed Hamed Alizadeh; MAHDAVI, Sahel; GHAHREMANLOO, Masoud; PARSIAN, Saeid; WU, Qiusheng; BRISCO, Brian. Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, [s. l.], v. 13, p. 5326-5350, 2020. DOI 10.1109/JSTARS.2020.3021052. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9184118/authors>.
- BRASIL, J. B.; ROSA, G. Q.; RIBEIRO FILHO, J. C.; SILVA, C. V. T. Estimativa de perda de solo na bacia do açude Arneiroz II por ferramentas de geoprocessamento. *Revista Ambiência, Guarapuava*, v. 13, n. 2, p. 503-517, 2017. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/4703/pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

ANDERSON, J.F.; HARDY, E.E.; ROACH J.T.; WITMER R.E. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Washington, DC: U.S. Geological Survey, 2001. 41p. (Professional Paper 964).

BREIMAN, L. Random forests. *Machine Learning*, v. 45, n. 1, p. 5–32, 2001.

CARDOSO, P. V.; SEABRA, V. da S.; XAVIER, R. A.; RODRIGUES, E. de M.; GOMES, A. S. Mapeamento de Áreas de Caatinga Através do Random Forest: Estudo de caso na Bacia do Rio Taperoá. *Revista Geoaraguaia*, [S. l.], v. 11, n. Especial, p. 55–68, 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/12743>. Acesso em: 18 jan. 2024.

FUNCEME. Mapa Fitoecológico do Estado do Ceará. [S. l.: s. n.], 1994. Fitofisionomias. Disponível em: http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2019/02/15-Mapa_CE_Fitoecologico_A2.pdf. Acesso em: 18 de Janeiro de 2024.

GANEM, Khalil Ali; DUTRA, Andeise Cerqueira; OLIVEIRA, Marceli Terra de; FREITAS, Ramon Moraes de; GRECCHI, Rosana Cristina; VIEIRA, Rita Marcia da Silva Pinto; ARAI, Egidio; SILVA, Fabrício Brito; SAMPAIO, Cláudia Bloisi Vaz; DUARTE, Valdete; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. Mapeamento da Vegetação da Caatinga a partir de Dados Ópticos de Observação da Terra – Oportunidades e Desafios. *Revista Brasileira de Cartografia*, [s. l.], v. 72, p. 829–854, 30 dez. 2020. DOI <https://doi.org/10.14393/rbcv72nespecial50anos-56543>. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/56543>. Acesso em: 18 jan. 2024.

GIONGO, Vanderlise. Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro: Mudanças Climáticas e Sustentabilidade. In: *DESERTIFICAÇÃO e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro*. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Capítulo Balanço de carbono no semiárido brasileiro: Perspectivas e desafios, p. 115-130. ISBN 978-85-64265-02-8.

KESTRING, F. B. F.; GUEDES, L. P. C.; BASTIANI, F. de.; URIBE-OPAZO, M. A.. Comparação de mapas temáticos de diferentes grades amostrais para a produtividade da soja. *Engenharia Agrícola*, v. 35, n. 4, p. 733–743, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p733-743/2015>. Acesso em: 18 jan. 2024.

KRIPPENDORFF, K. Content analysis: an introduction to its methodology. Beverly Hills: Sage Publications, 2004. 412 p.

KUMAR, L.; MUTANGA, O. Google Earth Engine applications since inception: Usage, trends, and potential. *Remote Sensing*, v. 10, p. 1509, 2018.

INDEX DataBase: A database for remote sensing indices. [S. l.], 2011. Disponível em: <https://www.indexdatabase.de/>. Acesso em: 18 jan. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Malhas Territoriais. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>>. Acesso em: 18 jan. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. ENOS - Estação Nacional de Órbita e Sonda. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 18 jan. 2024.

IPCC. Summary for Policymakers. Sixth Assessment Report, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>.

MARTINS, Adinan Marzulo Maia et al. Mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Saboeiro (CE) através de processamento na nuvem no GEE. Revista Continentes, [S.l.], n. 22, p. 66-85, out. 2023. ISSN 2317-8825. Disponível em: <<https://www.revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/410>>. Acesso em: 18 jan. 2024. doi: <https://doi.org/10.51308/continentes.v1i22.410>.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.; AVALA, R.; BRITO, S.; MORAES, O. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. Anais da Academia Brasileira de Ciências. São Paulo 2017.

MELO, Josemir Camilo de. O fenômeno El Niño e as secas no Nordeste do Brasil. Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas, [s. l.], v. 162, ed. 20, p. 13-21, Novembro 1999. DOI <https://doi.org/10.37370/raizes.1999.v.162>. Disponível em: <http://raizes.revistas.ufcg.edu.br/index.php/raizes/article/view/162>.

NASA JPL. (2020). NASADEM Merged DEM Global 1 arc second V001 [Conjunto de dados]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. Acessado em 30 de dezembro de 2020, de doi:10.5067/MEaSURES/NASADEM/NASADEM_HGT.

NOBRE, Paulo. Mudanças climáticas e desertificação: os desafios para o Estado Brasileiro. Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro, Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, p. 25-35, 2011. ISBN: 978-85-64265-02-8.

OYAMA, Marcos Daisuke; NOBRE, Carlos Afonso. A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America. Geophysical Research Letters, [s. l.], v. 30, 5 dez. 2003. DOI <https://doi.org/10.1029/2003GL018600>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2003GL018600>.

SOUZA, A. et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. Remote Sensing, v. 12, n. 17, 2020. DOI: 10.3390/rs12172735.

TAMIMINIA, H. et al. Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, v. 164, p. 152-170, 2020. ISSN 0924-2716. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.04.001>>.

UMA ABORDAGEM FITOGEOGRÁFICA DAS FORMAÇÕES SAVÂNICAS DO CEARÁ: PADRÕES DE DIVERSIDADE BETA E PERSPECTIVAS PARA A CONSERVAÇÃO

Luís Henrique Ximenes Portela
Maria Laura Alves de Sousa
Sabrina Barros da Silva
Antônio Thiago Alves Farias
João Batista Silva do Nascimento
Izaíra Vasconcelos Nepomuceno
Elnatan Bezerra de Souza

INTRODUÇÃO

A Caatinga brasileira, predominante no Nordeste brasileiro, se destaca como o núcleo mais rico e diverso das Florestas e Arbustais Tropicais Sazonalmente Secas (FATSS), caracterizando-se por uma notável heterogeneidade ambiental que abriga uma rica variedade de táxons e gêneros endêmicos (Fernandes; Cardoso; Queiroz, 2022; Silva; Leal; Tabarelli, 2017). Este domínio encontra-se cercado pela Floresta Atlântica e Cerrado, estabelecendo com eles uma relação florístico-vegetacional amplamente estudada, mas não completamente elucidada (Andrade-Lima, 1981; Fernandes et al., 2022; Rizzini, 1997).

Ao longo de toda a extensão da Caatinga, é possível identificar espécies características dos dois domínios que com ela fazem fronteira. Essas espécies se estabelecem em áreas disjuntas que apresentam condições ambientais e fitofisionomias distintas daquelas comumente observadas para o semiárido brasileiro (Bridgewater; Ratter; Ribeiro, 2004; Castro; Martins, 1999; Santos et al., 2007; Ratter; Bridgewater; Ribeiro, 2003).

No caso do Cerrado, a maior, mais biodiversa e mais ameaçada savana neotropical, tem-se o Nordeste como um de seus três supercentros de biodiversidade (Castro; Martins, 1999; Myers et al., 2000). A diversidade florística dos cerrados nordestinos vai além dos táxons típicos e amplamente distribuídos no domínio, incluindo também espécies localmente abundantes, mas com distribuição restrita a essas áreas (Castro; Martins; Fernandes, 1998; Castro et al., 2007; Vieira et al., 2019). Essa característica contribui para uma elevada diversidade beta, que avalia a variação de espécies ao longo de um gradiente ambiental (Bridgewater; Ratter; Ribeiro, 2004; Castro; Martins, 1999).

No Ceará, as áreas com vegetação de cerrado estão entre as 11 Unidades Fitoecológicas catalogadas para o estado, sendo categorizadas como "áreas de exceção" junto às formações florestais dos brejos de altitude (Figueiredo, 1997; Moro et al., 2015). Por um longo período, as pesquisas científicas nesses ambientes concentraram-se nos extremos do estado, englobando os cerrados estabelecidos nas superfícies sedimentares da chapada do Araripe e da formação Barreiras (Costa; Araújo; Lima-Verde, 2004; Moro; Castro; Araújo, 2011; Ribeiro-Silva et al., 2012). Recentemente, essa perspectiva começou a ser modificada, com Nepomuceno et al. (2021) introduzindo o conceito de "savanas da caatinga" para descrever áreas cuja flora assemelha-se mais à Caatinga do Cristalino, mas que ainda mantêm espécies típicas da área nuclear do Cerrado.

À medida que novas formações savânicas são identificadas no estado, faz-se necessário descrever como essas áreas interagem entre si e com o ambiente no qual estão inseridas. Tais informações embasam, por exemplo, políticas conservacionistas, que, na definição de áreas destinadas à proteção ambiental, têm na representatividade ecológica um requisito fundamental (Santos; Cherem, 2023).

Em território cearense, somente 7,87% do território está coberto por alguma categoria de Unidade de Conservação (UC), sendo 92,4% delas de Uso Sustentável e 7,6% de Proteção Integral (Gomes et al., 2022). Além disso, existe uma inadequada distribuição dessas UC, que se concentram nas áreas mais úmidas dos brejos de altitude, negligenciando ecossistemas mais áridos, como a Caatinga do Cristalino e do Sedimentar, o Carnaubal e os Cerrados e Cerradões. Essas fitofisionomias compõem somente 0,44% da área total protegida, tornando-as particularmente vulneráveis aos impactos ambientais (Antogiovanni et al., 2020; Gomes et al., 2022).

Diante disso, surgiram as seguintes indagações: (i) com a descoberta de novas áreas, como as formações savânicas estão distribuídas no estado? (ii) Na interação entre elas, a diversidade beta estadual reflete o panorama regional descrito para áreas de Cerrado? (iii) Quais são as características físicas dos ambientes onde essas formações se estabelecem? (iv) Como é a cobertura dessas áreas por Unidades de Conservação?

Nesse cenário, este trabalho objetiva investigar a relação que as formações savânicas do Ceará possuem entre si, analisando sua distribuição, composição florística, padrões de diversidade beta e a cobertura desses locais por Unidades de Conservação.

METODOLOGIA

Foram utilizados aqui dados primários, advindos de expedições de campo ocorridas entre abril/2012 e dezembro/2023, e secundários, provenientes de trabalhos já publicados anteriormente. Os levantamentos florísticos aconteceram no Herbário Professor Francisco José de Abreu Matos (HUVA), da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), com apoio de seus projetos associados, seguindo a metodologia usual (Mori et al., 1989; Peixoto; Maia, 2013). A tabela 1 detalha os locais selecionados para este estudo. As informações inerentes aos aspectos físicos de cada um seguiram o disposto por Brandão e Freitas (2014), além de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), e Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e observações de campo.

Tabela 1. Formações savânicas cearenses selecionadas para análise. CA = Código da Área.

Localidade	CA	Coordenadas	Número de espécies	Referência
Papagaios	Sav_Papagaios	03°11'11"S, 40°44'35"W	110	Nepomuceno et al. (2021)
São Miguel	Sav_SM	03°21'32"S, 41°01'24"W	99	Nepomuceno et al. (2021)
Vereda dos Tomás	Sav_Veredas	03°13'33"S, 40°55'49"W	66	Nepomuceno et al. (2021)

Quilômetro 35	Sav_35	3°09'41.0"S, 40°46'15.2"W	102	Acervo HUVA
Bom Princípio	Sav_BP	03°11'51"S, 40°41'04"W	74	Nepomuceno et al. (2021)
Caracará	Sav_Caracará	3°42'33.8"S 40°06'47.5"W	85	Acervo HUVA
Fortaleza	Sav_Fortaleza	3°43'02"S, 38°32'35"W	126	Moro, Castro e Araújo (2011)
Serra de Ubatuba/Flores	Sav_SF	3°18'14.4"S, 41°10'35.0"W	60	Acervo HUVA + <i>SpeciesLink</i>
Sítio Palmeirinha	Sav_SP	4°17'55.3"S, 40°43'17.4"W	133	Acervo HUVA
Barbalha	Sav_Barbalha	07°24'S, 39°20'W	98	Costa, Araújo e Lima- Verde (2004)
Floresta Nacional do Araripe	Sav_Flona	07°23'50.22"S, 39°20'40.44"W	87	Ribeiro-Silva et al. (2012)

Fonte: os autores (2024).

No total, 11 áreas foram selecionadas para análise, cuja classificação das fitofisionomias está de acordo com o proposto por Ribeiro e Walter (2008), assim como o conceito de “savana” utilizado aqui para englobar todas as áreas do estado que possuem componentes vegetais típicos do Cerrado, independentemente de sua disposição na paisagem. Os mapas de distribuição destas foram confeccionados no QGIS 3.28 Firenze (Rosas-Chavoya et al., 2022) e cada um dos locais esteve inserido no contexto das Unidades Fitoecológicas do Ceará, de Figueiredo (1997) e Moro et al. (2015). Para cada uma das áreas, selecionaram-se informações ligadas ao número de gênero e espécies por família, assim como o número de espécies por gênero. Cabe ressaltar que os estudos escolhidos para análise tiveram como critério de inclusão possuir mais de 60 espécies em sua listagem florística final.

Os grupos de angiospermas foram classificados a partir do disposto pelo *Angiosperm Phylogeny Group IV* (APG, 2016), enquanto a nomenclatura de cada táxon esteve de acordo com Flora e Funga do Brasil (2024, constantemente atualizado) e o *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, 2024, constantemente atualizado). Tanto o estrato lenhoso quanto o não-lenhoso foram considerados para análise, onde apenas espécies nativas permaneceram nas listagens. Além disso, para uma análise de similaridade mais acurada, foram desconsideradas espécies identificadas somente a nível de gênero. Táxons que apresentarem em sua descrição *aff.* ou *cf.* foram classificados como pertencendo à espécie em questão (ex.: *Utricularia cf. gibba* → *Utricularia gibba*).

Por haver listagens publicadas há mais de 15 anos, algumas espécies tiveram sua nomenclatura atualizada. De modo a padronizar e incorporar a nomenclatura mais recente, as listas florísticas foram modificadas com o auxílio do algoritmo *PlantMiner*, plataforma online que realiza uma consulta automatizada à base de dados da Flora do Brasil para identificar possíveis erros de grafia e legitimidade nomenclatural (Carvalho; Cianciaruso; Batalha, 2010).

Para computar o índice de similaridade entre as áreas, escolheu-se o Coeficiente de Sørensen-Dice, adequado para estudos envolvendo matriz de presença-ausência (McCune; Grace; Urban, 2002). Seu cálculo é feito da seguinte maneira:

$$Sørensen - Dice = \frac{2 \times C}{S1 + S2}$$

Trata-se do dobro do número de espécies comuns entre duas áreas (C) dividido pela soma das espécies de cada área (S1 e S2). Os valores variam de 0 (completamente diferentes) a 1 (similaridade total, com todas as espécies compartilhadas). Quanto mais próximo de 1 for o coeficiente, menor a diversidade beta (Ricklefs; Reyleya, 2016). Esta metodologia é semelhante àquela utilizada por Bridgewater, Ratter e Ribeiro (2004) para os cerrados do Brasil, Vieira et al. (2019) para os cerrados nordestinos, e Nepomuceno et al. (2021) para áreas de cerrado e outros tipos vegetacionais. No entanto, os dois primeiros trabalhos utilizaram somente a flora lenhosa, enquanto o último considerou também a flora herbácea de áreas de Caatinga do Cristalino e Restinga em suas análises.

Para melhor expor os resultados das análises de similaridade, foi realizada uma UPGMA (*Unweighted Arithmetic Average*), um método de agrupamento de dados (Rohlf, 1963). A matriz de presença-ausência foi construída com o auxílio do software PAST 4.10 (Hammer; Harper; Ryan, 2001). Outro aspecto analisado foi a frequência das espécies, expressa em números e porcentagem. Na classificação utilizada aqui, consideraram-se *frequentes* as espécies que estiveram presente em mais de 50% das áreas. Essa definição é semelhante àquela determinada por Bridgewater, Ratter e Ribeiro (2004) e Vieira et al. (2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição das formações savânicas no território cearense

No que concerne à distribuição das formações savânicas no Ceará, é possível categorizá-las em dois tipos: aquelas que estabelecem em baixas altitudes (que não ultrapassam 150 metros) e aquelas inseridas em altitudes elevadas (maiores de 600 metros). Tais áreas encontram-se sobre condições geológicas, geomorfológico-edáficas e climáticas diferenciadas, compartilhando, no entanto, algumas espécies típicas que auxiliam na identificação deste tipo de vegetação. As áreas de Papagaios, São Miguel, Veredas dos Tomás e Quilômetro 35 pertencem ao município de Granja, enquanto a de Bom Princípio faz parte do município de Martinópolis, Ceará (Mapa 1). Ambos municípios são vizinhos, o que faz com que as áreas estejam relativamente próximas entre si. No entanto, apesar proximidade entre as áreas, não há sobreposição entre elas e as fitofisionomias são distintas (Nepomuceno et al., 2021).

No contexto das unidades fitoecológicas do Ceará, quatro das cinco áreas (Papagaios, Quilômetro 35, Vereda dos Tomás e Bom Princípio) estão inseridas sobre o Complexo Vegetacional Costeiro, que apresenta, em alguns pontos de sua extensão, os Cerrados e Cerradões Costeiros (Figueiredo, 1997; Moro et al., 2015). Essas formações associam-se diretamente às superfícies sedimentares do Grupo Barreiras, sobre baixas altitudes, onde os solos predominantes são areno-argilosos, do tipo Neossolos Quartzarênios órticos e Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, de baixa fertilidade natural (Dantas et al., 2014). Já São Miguel encontra-se circunscrito em meio à Caatinga do Cristalino, também sobre cotas altitudinais mínimas, confirmando a tendência de interiorização dessas formações vegetacionais (Ab'Saber, 2003). É importante ressaltar que a formação savânica do Quilômetro 35 está sendo registrada pela primeira vez neste trabalho.

Num mesmo cenário, mas sobre superfícies graníticas, tem-se a savana de Caracará, Sobral, que se estabelece no sopé do *inselgebirge* Serra do Barriga (Mapa 2). Trata-se de uma savana da caatinga com ilhas de vegetação lenhosa intercaladas por um amplo estrato herbáceo, semelhante a um Cerrado Típico, mas que, no período chuvoso, formam um dossel contínuo, aspecto não aplicável à fitofisionomia que lembra (Figura 2) (Ribeiro; Walter, 2008). Esta vegetação não ultrapassa 120 metros de altitude e está inserida sobre Neossolos Litólicos e Luvisolos, ambos característicos da Caatinga do Cristalino (FUNCEME, 2018; Moro et al., 2015).

Mapa 1. Formações savânicas pertencentes aos municípios de Granja e Martinópole, no contexto das Unidades Fitoecológicas do Ceará.

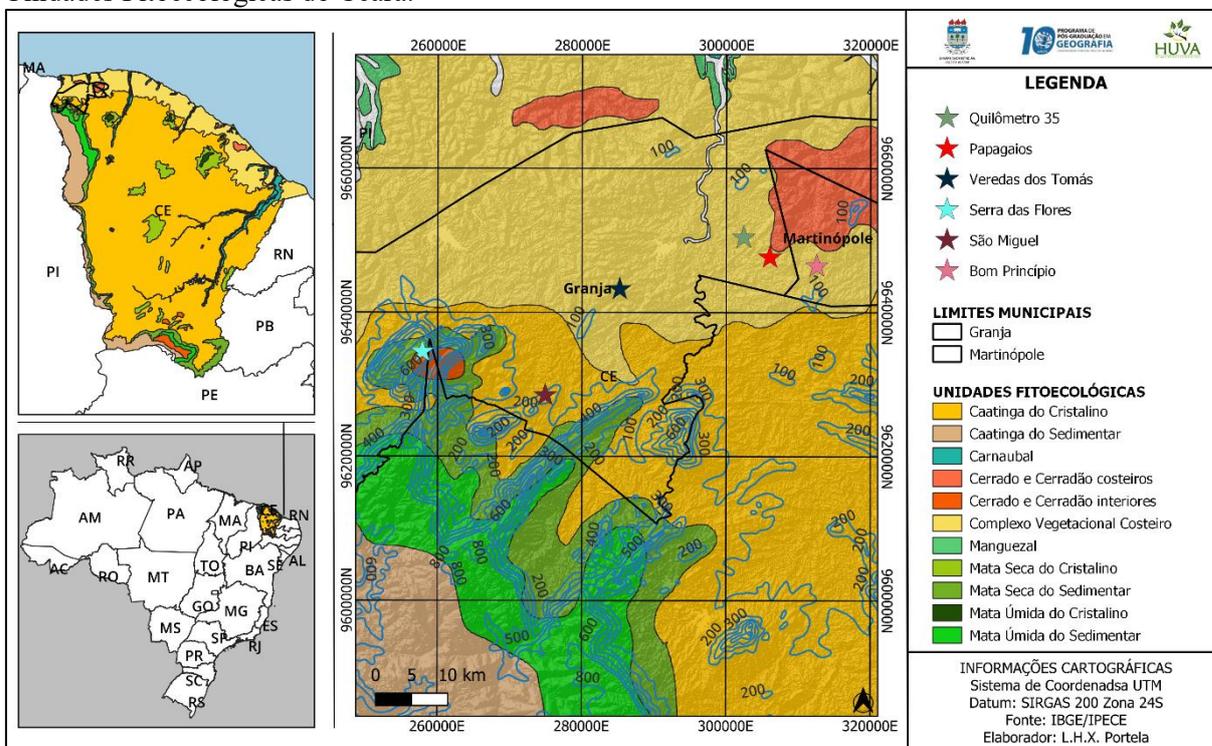
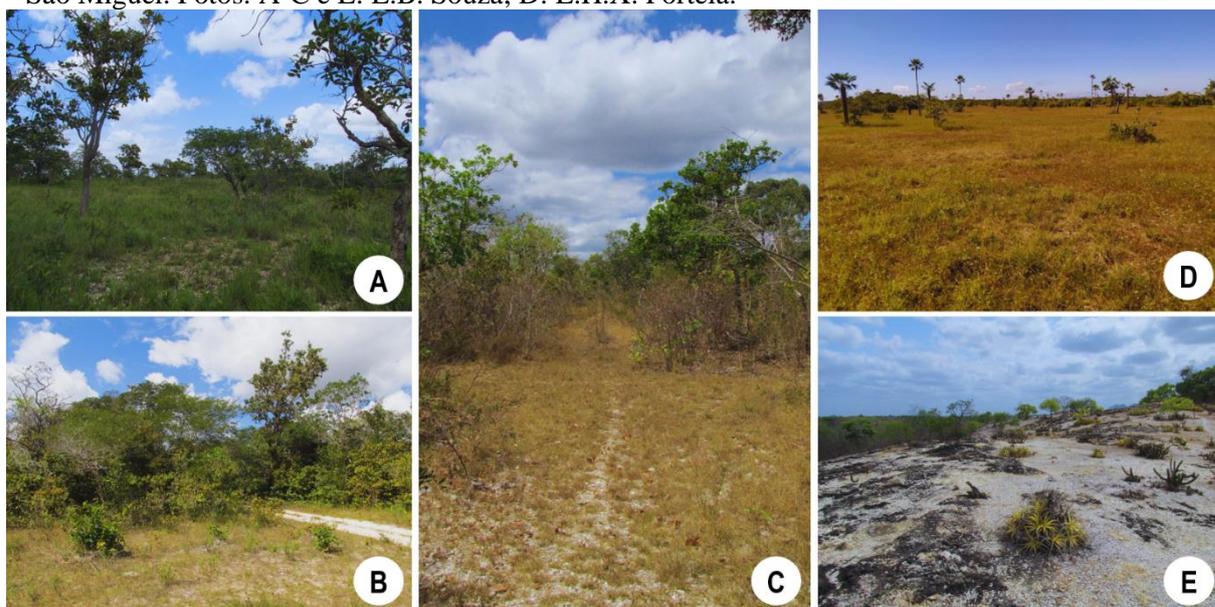


Figura 1. Formações savânicas de Granja e Martinópole, noroeste do Ceará, e suas respectivas fitofisionomias. A – Papagaios; B – Veredas dos Tomás; C – Bom Princípio; D – Quilômetro 35; E – São Miguel. Fotos: A-C e E: E.B. Souza; D: L.H.X. Portela.



Mapa 2. Formação savânica localizada no distrito de Caracará, Sobral, Ceará, no sopé do *inselgebirge* Serra do Barriga, sobre a Caatinga do Cristalino.

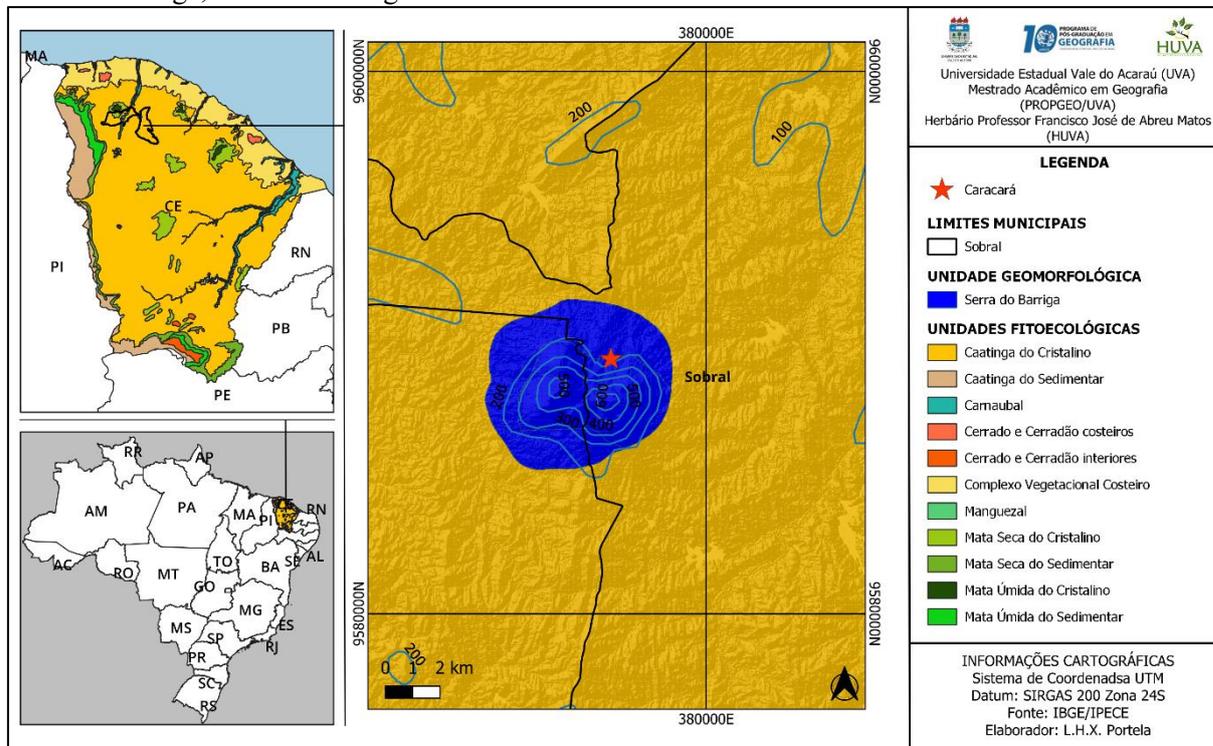
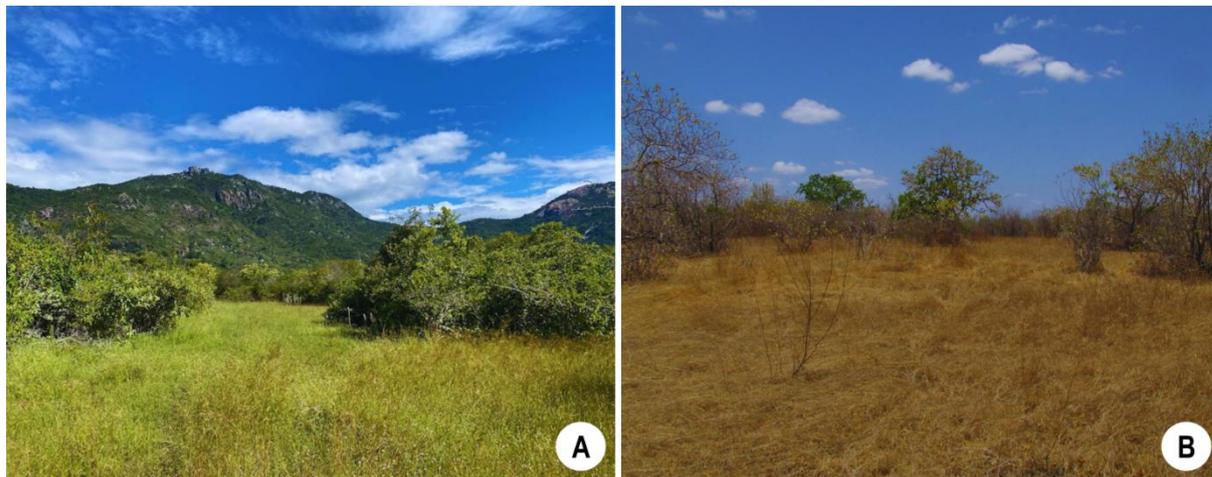
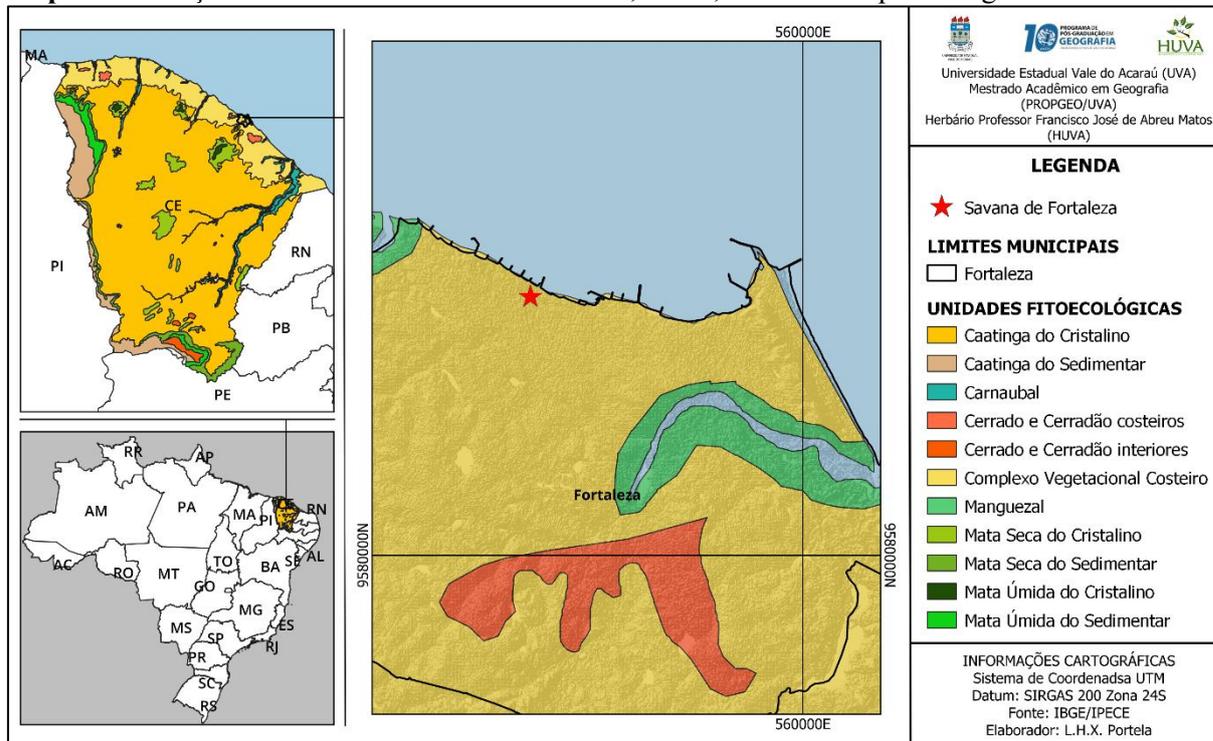


Figura 2. Savana da caatinga de Caracará, Sobral, Ceará. A – Fitofisionomia no período chuvoso, com o *inselgebirge* Serra do Barriga ao fundo; B – Fitofisionomia no período seco. Fotos: L.H.X. Portela.



Ainda no contexto das savanas de baixas altitudes, está a área estudada por Moro, Castro e Araújo (2011), em Fortaleza, Ceará (Mapa 3). Também situada no contexto da formação Barreiras, sobre o Complexo Vegetacional Costeiro, não ultrapassa 20 metros de altitude e abriga desde fitofisionomias mais abertas, semelhantes a um Cerrado Ralo, até áreas de Cerrado Típico e Cerrado Denso (Ribeiro; Walter, 2008).

Mapa 3. Formação savânica localizada em Fortaleza, Ceará, sobre o Complexo Vegetacional Costeiro.



Partindo para a segunda categoria, tem-se a formação savânica descrita para o complexo Serra de Ubatuba/Flores, um maciço quartzítico adjacente ao Planalto da Ibiapaba pertencente aos municípios de Granja e Viçosa do Ceará, Ceará (França; Cabral, 1981) (Mapa 1). A serra é tida como uma área reliquial de elevada importância biológica (Giulietti et al., 2003), com as formações savânicas lá existentes tendo sido documentadas desde o fim da década de 1970 (Figueiredo; Fernandes, 1987). No escopo das unidades fitoecológicas do Ceará, a vegetação savânica da Serra de Ubatuba/Flores pertence ao grupo dos Cerrados e Cerradões Interiores (Figueiredo, 1997; Moro et al., 2015), e se configura como a única mancha conhecida de Cerrado Rupestre do Ceará, localizada no platô do relevo (acima de 700 metros de altitude) (Figura 3A).

Bordeando essa expressiva área de Cerrado Rupestre, está uma zona de Cerrado Típico, estabelecida entre 650-700 metros, que funciona como zona de transição entre a formação florestal das encostas (pertencente à unidade fitoecológica das Matas Úmidas do Cristalino) e a vegetação do platô (Figura 3B). Cabe ressaltar que nas cotas altitudinais mais elevadas do relevo também se encontram pontos de Cerrado Ralo alternados com manchas de floresta úmida.

Sobre as superfícies sedimentares da formação Ipu (Grupo Serra Grande, da Bacia do Parnaíba), acima de 550 metros, tem-se uma área com vegetação savânica pertencente ao distrito Sítio Palmeirinha, Ipu, Ceará (Mapa 4). A fitofisionomia predominante varia de Cerrado Denso à Cerradão, que é formado, em alguns trechos, por árvores de grande porte (Figura 4).

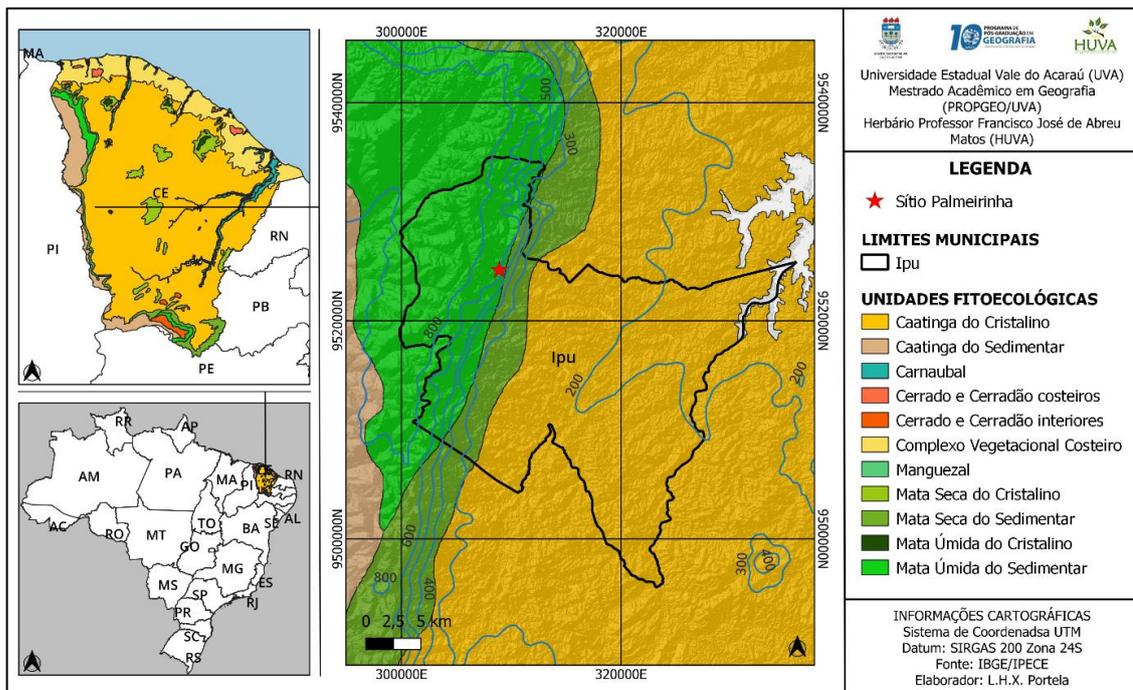
Essa vegetação se estabelece sobre Latossolos Vermelho-Amarelos, aspecto já descrito para os cerradões (Reatto et al., 2008). Cabe ressaltar que, associado às áreas savânicas, tem-se afloramentos de arenito (Batista et al., 2020), onde crescem espécies adaptadas a esse tipo de

substrato, além de outras plantas herbáceas e subarbustivas que se desenvolvem nas fendas das rochas e no substrato advindo da erosão superficial destas. A presença de savanas na região da Ibiapaba foi primeiro documentada por Figueiredo (1989), que descreveu esse tipo vegetacional para áreas isoladas em Viçosa do Ceará e Guaraciaba do Norte. Entretanto, não existem listagens florísticas disponíveis para nenhum desses locais, o que faz da savana do Sítio Palmeirinha, que também está sendo registrada pela primeira vez neste estudo, o primeiro trabalho florístico disponível para a região.

Figura 3. Formações savânicas da Serra de Ubatuba/Flores, entre Granja e Viçosa do Ceará. A – Cerrado Rupestre; B – Cerrado Típico. Fotos: L.H.X. Portela.



Mapa 4. Formação savânica do Sítio Palmeirinha, Planalto da Ibiapaba, Ipu, Ceará.



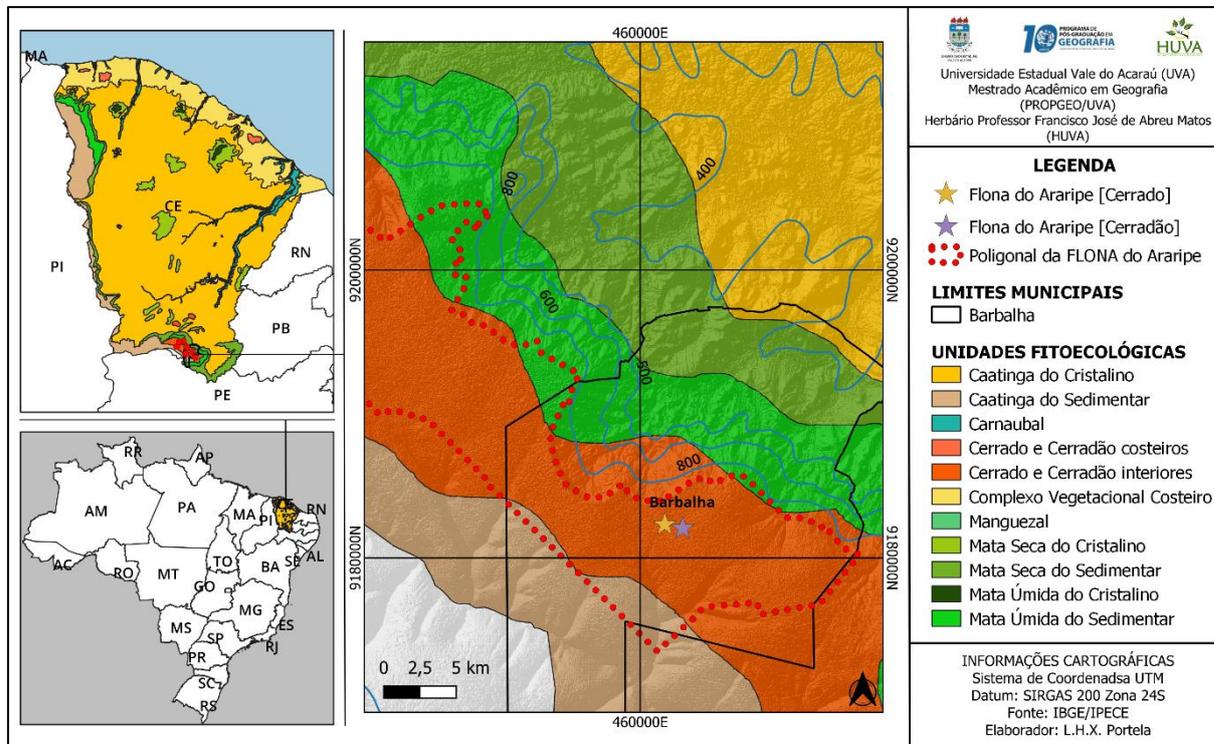
Por fim, estão as savanas pertencentes à Chapada do Araripe, no contexto da Floresta Nacional do Araripe, uma das Unidades de Conservação (UC) da região (Mapa 5). Os “cerrados” do Araripe são tradicionalmente conhecidos, estando enquadrados dentro da província nordestina do domínio proposta por Ratter, Bridgewater e Ribeiro (2003).

As formações savânicas da Floresta Nacional do Araripe restringem-se ao platô da chapada, ocupando uma área de 39 mil hectares, sobre cotas altitudinais variando de 800 a 900 metros (Costa; Araújo; Lima-Verde, 2004; Ribeiro-Silva et al., 2012). Basicamente, duas principais fitofisionomias são descritas para o local: Cerrado Típico e Cerradão, sustentados por arenitos e arenitos conglomeráticos do Cretáceo, pertencentes à formação Exu (Dantas et al., 2014).

Figura 4. Formação savânica do Sítio Palmeirinha e suas principais fitofisionomias, Planalto da Ibiapaba, Ipu, Ceará. A – Área analisada no período chuvoso, com Cerradão ao fundo dos afloramentos areníticos; B – Área analisada no período seco; C – Área de Cerrado Denso. Fotos: L.H.X. Portela.



Mapa 5. Formações savânicas da Chapada do Araripe, no contexto da Floresta Nacional do Araripe, Ceará.



Os solos que se desenvolvem sobre esses sedimentos são do tipo Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos, de característica areno-argilosa, suscetíveis ao intemperismo, bastante permeáveis e porosos, friáveis e de baixa fertilidade natural (Dantas et al., 2014). Essas características assemelham-se àquelas encontradas para os solos do Planalto Central (Reatto et al., 2008), área nuclear do Cerrado, justificando, portanto, a presença deste tipo vegetacional.

Análises florísticas e biogeográficas

Foram catalogados um total de 1041 indivíduos para as 11 áreas escolhidas para análise. Dentro desse valor, tem-se 575 espécies pertencentes à 310 gêneros e 92 famílias. Fabaceae foi a família com a maior riqueza de gêneros (n=45) e de espécies (n=97), seguida de Asteraceae (19 gêneros e 27 spp.), Poaceae (17 gêneros e 25 spp.), Rubiaceae (16 gêneros e 30 spp.) e Apocynaceae e Lamiaceae (12 gêneros cada e 19 e 17 spp., respectivamente).

Quanto aos gêneros com maior riqueza de espécies, tem-se *Ipomoea* L., com 11 espécies, como o mais representativo, seguido de *Chamaecrista* (L.) Moench, *Mimosa* L. e *Senna* Mill. (nove spp., cada), *Croton* L. (oito spp.), *Borreria* G.Mey., *Cyperus* L., *Fridericia* Mart. emend L.G. Lohmann e *Sida* L. (sete spp., cada) e *Combretum* Loefl., *Erythroxylum* L., *Ouratea* Aubl. e *Xyris* Gronov. ex L. (seis spp., cada). Vale ressaltar que nenhum dos gêneros esteve presente em todas as áreas analisadas, estando aqueles com maior frequência presentes na tabela 2.

Dentre as espécies mais frequentes nas formações savânicas cearenses, destaca-se *Qualea parviflora* Mart. como aquela que esteve presente em um maior número de áreas (oito), seguida

de *Anacardium occidentale* L., *Chamaecrista flexuosa* (L.) Greene, *Curatella americana* L., *Myrcia splendens* (Sw.) DC. e *Ximenia americana* L. (sete áreas, cada) (Tabela 3).

Das espécies supracitadas, *Qualea parviflora* mostrou-se a mais frequente nos cerrados nordestinos, seguida de *Anacardium occidentale* e *Curatella americana* (Bridgewater; Ratter; Ribeiro, 2004; Vieira et al., 2019), enquanto *Qualea grandiflora* Mart. foi documentada como a mais frequente para o domínio do Cerrado como um todo (Ratter; Bridgewater; Ribeiro, 2003). Pela sua alta frequência, essas espécies são consideradas oligárquicas para o domínio, junto de *Plathymenia reticulata* Benth. (Bridgewater; Ratter; Ribeiro, 2004).

Por outro lado, *Chamaecrista flexuosa*, *Myrcia splendens*, *Ximenia americana*, *Mimosa somnians* Humb. & Bonpl. ex Willd., *Pavonia cancellata* (L.) Cav., *Staelia virgata* (Link ex Roem. & Schult.) K.Schum. e *Stylosanthes angustifolia* Vogel enquadram-se na categoria de espécies amplamente distribuídas, capazes de colonizar diferentes tipos de vegetação (Flora e Funga do Brasil, 2024, constantemente atualizado).

Tabela 2. Os gêneros mais frequentes documentados para as formações savânicas cearenses.

Gêneros	Família	Frequência	Frequência (%)
<i>Chamaecrista</i>	Fabaceae	9	81.8%
<i>Croton</i>	Euphorbiaceae	9	81.8%
<i>Cyperus</i>	Cyperaceae	9	81.8%
<i>Mimosa</i>	Fabaceae	9	81.8%
<i>Myrcia</i>	Myrtaceae	9	81.8%
<i>Myrcia</i> DC. ex Guill.	Malvaceae	9	81.8%
<i>Sida</i> L.	Malpighiaceae	8	72.7%
<i>Byrsonima</i> Rich. ex Kunth	Rubiaceae	8	72.7%
<i>Borreria</i>	Combretaceae	8	72.7%
<i>Combretum</i>	Rubiaceae	8	72.7%
<i>Hexasepalum</i> Bartl. ex DC.	Convolvulaceae	8	72.7%
<i>Pavonia</i> Cav.	Malvaceae	8	72.7%
<i>Qualea</i> Aubl.	Vochysiaceae	8	72.7%
<i>Senega</i> Spach	Polygalaceae	8	72.7%
<i>Senna</i>	Fabaceae	8	72.7%
<i>Stylosanthes</i> Sw.	Fabaceae	8	72.7%

Tabela 3. Espécies presentes em 50% ou mais das áreas analisadas. OL = Espécies oligárquicas, de acordo com Bridgewater, Ratter and Ribeiro (2004); FCN = Frequentes nos cerrados nordestinos, segundo Vieira et al. (2019); AD = Amplamente distribuídas (com ocorrência confirmada para todos ou quase todos os estados brasileiros), conforme Flora e Funga do Brasil (2024, constantemente atualizado).

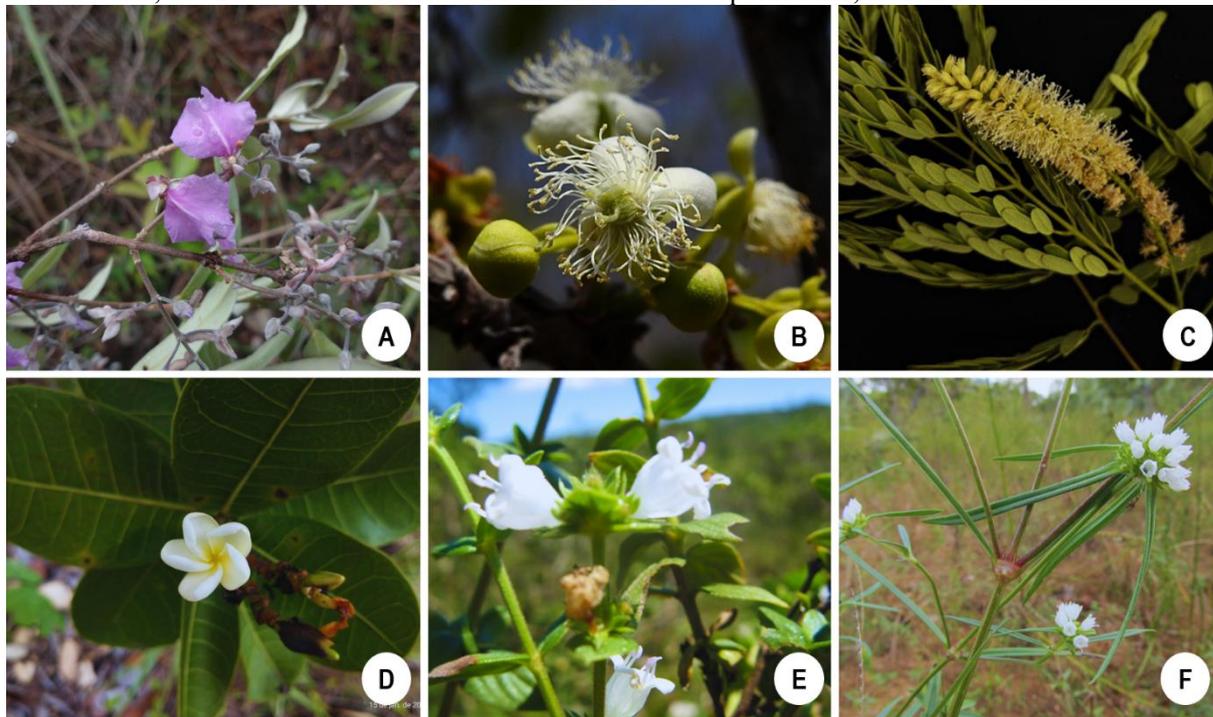
Espécies	Família	Frequência	Frequência (%)	Classificação
<i>Qualea parviflora</i>	Vochysiaceae	8	72.7%	OL + FCN
<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae	7	63.3%	OL + FCN
<i>Chamaecrista flexuosa</i>	Fabaceae	7	63.3%	AD

<i>Curatella americana</i>	Dilleniaceae	7	63.3%	OL + FCN
<i>Myrcia splendens</i>	Myrtaceae	7	63.3%	AD
<i>Ximenia americana</i>	Ximeniaceae	7	63.3%	AD
<i>Agalinis hispidula</i>	Orobanchaceae	6	54.5%	
<i>Cuphea campestris</i>	Lythraceae	6	54.5%	
<i>Hexasepalum gardneri</i>	Rubiaceae	6	54.5%	
<i>Himatanthus drasticus</i>	Apocynaceae	6	54.5%	
<i>Mimosa somnians</i>	Fabaceae	6	54.5%	AD
<i>Pavonia cancellata</i>	Malvaceae	6	54.5%	AD
<i>Plathymenia reticulata</i>	Fabaceae	6	54.5%	OL + FCN
<i>Senna trachypus</i>	Fabaceae	6	54.5%	
<i>Staelia virgata</i>	Rubiaceae	6	54.5%	AD
<i>Stylosanthes angustifolia</i>	Fabaceae	6	54.5%	AD

Já *Agalinis hispidula* (Mart.) D'Arcy, *Cuphea campestris* Mart. ex Koehne, *Hexasepalum gardneri* (K.Schum.) J.H.Kirkbr. & Delprete., *Himatanthus drasticus* (Mart.) Plumel e *Senna trachypus* (Benth.) H.S.Irwin & Barneby mostraram alta frequência nas formações savânicas cearenses, mesmo que ausentes nas listagens de espécies amplamente distribuídas para o Cerrado de Ratter, Bridgewater e Ribeiro (2003) e Bridgewater, Ratter e Ribeiro (2004) e para o cerrados nordestinos de Vieira et al. (2019). Diante disso, considerou-se esses táxons como característicos deste tipo de vegetação no estado.

Do conjunto florístico analisado, 225 gêneros, 38 famílias e 456 espécies estiveram restritas a uma ou duas áreas, aspecto que corrobora o padrão descrito não só para o Cerrado em geral (Bridgewater; Ratter; Ribeiro, 2004), mas também para os Cerrados Nordestinos (Vieira et al., 2019). Entre essas espécies, destacam-se duas: *Hexasepalum nordestinum* Cabaña Fader & E.B. Souza (Rubiaceae) (Figura 5E), planta endêmica e de distribuição exclusiva do Ceará (onde habita o Cerrado Rupestre da Serra de Ubatuba/Flores) e do Piauí (Cabaña-Fader et al., 2019); e *Borreria savannicola* E.B. Souza, Nepom. & L.M. Miguel (Rubiaceae) (Figura 5F), táxon recentemente descrito e endêmico das formações savânicas do Ceará (Souza et al., 2022).

Figura 5. Espécies características das formações savânicas cearenses. A – *Qualea parviflora*; B – *Curatella americana*; C – *Plathymenia reticulata*; D – *Himatanthus drasticus*; E – *Hexasepalum nordestinum*; F – *Borreria savannicola*. Fotos: A e D: I.V. Nepomuceno; B-C-E-F: L.H.X. Portela.

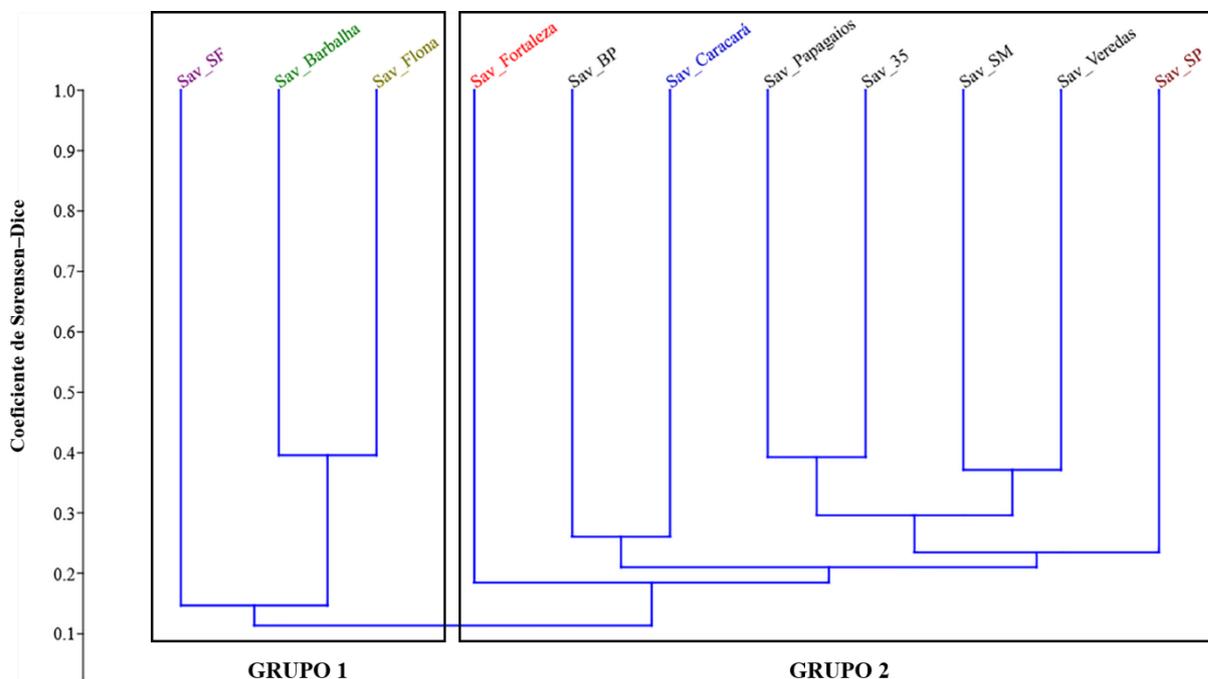


As análises biogeográficas revelaram uma baixa similaridade entre as áreas (não ultrapassando os 40%). Tal aspecto faz com que a diversidade beta seja alta, revelando que o padrão descrito para os cerrados do Brasil e Nordeste se repete também a nível local (Bridgewater; Ratter; Ribeiro, 2004; Vieira et al., 2019). Françoso et al. (2016) destacaram que enquanto a diversidade alfa é maior nas áreas nucleares do Cerrado, a diversidade beta tende a aumentar na medida em que se aproximam nas zonas limítrofes do domínio em razão da elevada interpenetração de espécies ocorrente nessas áreas. Nesse escopo, no agrupamento dos valores, a análise UPGMA, que apresentou uma correlação cofenética de 0.86, revelou também a existência de dois grupos: A, englobando as savanas da região do Araripe e da Serra de Ubatuba/Flores; e B, que abrangeu todas as áreas restantes (Figura 6).

No grupo A, estão três áreas que, tradicionalmente, fazem parte os cerrados e cerradões interiores do Ceará (Figueiredo, 1997; Moro et al., 2015). Faz sentido que as duas formações savânicas do Araripe tenham formado um grupo-irmão tão evidente, uma vez que, além de contíguas, possuem uma flora mais similar àquela encontrada nas regiões nucleares do domínio (Nepomuceno et al., 2021).

A presença do fragmento de Cerrado Rupestre/Típico da Serra de Ubatuba/Flores no grupo A demanda novas análises, dessa vez num panorama mais amplo, inserindo-a no contexto, pelo menos inicial, dos cerrados do Nordeste. Um dos aspectos que tornam esse fragmento interessante é a presença de *Vellozia tubiflora* (A.Rich.) Kunth, sendo este o único local no Ceará com ocorrência da espécie, planta típica desses ambientes, além de populações expressivas de outras famílias características do Cerrado, como Eriocaulaceae (Giulietti et al., 2002; Ribeiro; Walter, 2008; CRIA, 2024, constantemente atualizado).

Figura 6. Agrupamento hierárquico das 11 formações savânicas cearenses analisadas, utilizando o coeficiente de Sorensen-Dice. O código de cada área encontra-se detalhado na tabela 1.



O grupo B é formado exclusivamente pelas savanas da caatinga, onde se observam quatro subgrupos: o primeiro, integrado pelas formações de Caracará e Bom Princípio; o segundo, composto pelas formações de Papagaios e Quilômetro 35; o terceiro, onde se associam as formações de São Miguel e Veredas dos Tomás; e o quarto, onde se inserem as áreas de Fortaleza e Sítio Palmeirinha, na Ibiapaba.

É compreensível que as formações de Fortaleza e Sítio Palmeirinha se destaquem dos outros subgrupos, uma vez que são os locais que apresentam características físicas mais distintas. A área estudada por Moro, Castro e Araújo (2011) faz parte, de fato, do Complexo Vegetacional Costeiro, cujos “cerrados” associados apresentam composição florística distinta não só em relação ao Planalto Central, mas também em relação aos “cerrados nordestinos” (Castro, 1994; Castro; Martins, 1999).

Por sua vez, o Cerrado Denso/Cerradão do Sítio Palmeirinha está inserido nas superfícies sedimentares do Planalto da Ibiapaba, sob condições geomorfológico-edáficas e climáticas diferenciadas das outras áreas de savana da caatinga. No entanto, esta formação alterna-se com áreas contínuas de Mata Seca do Sedimentar, que compartilha as mesmas preferências edáficas (Moro et al., 2015).

Moro et al. (2013) destacaram que as matas secas ocorrentes na Ibiapaba compartilham uma quantidade considerável de espécies com áreas de caatinga do sedimentar, sendo, portanto, um subtipo fisionômico desta. Sendo assim, as formações savânicas do Planalto da Ibiapaba, por mais que estejam inseridas sobre aspectos físicos diferentes, também podem ser classificadas dentro do proposto por Nepomuceno et al. (2021).

Por fim, os três subgrupos restantes do grupo B foram as savanas da caatinga inseridas sobre cotas altimétricas mais baixas. As quatro áreas pertencentes ao município de Granja (Papagaios, Quilômetro 35, São Miguel e Veredas dos Tomás) formam dois *cluster* bem definidos, que

confirmam o trazido por Felfili e Felfili (2001), que citam que quanto mais próximas forem as áreas, mais similares elas tendem a ser.

As formações savânicas do grupo B reforçam a existência das savanas da caatinga enquanto um grupo vegetacional rico em espécies e fitofisionomias, capazes de integrar o mapa as Unidades Fitoecológicas do Ceará. Tal aspecto contribui para reforçar, ao mesmo tempo, o provincialismo dos “cerrados nordestinos”, proposto por Ratter, Bridgewater e Ribeiro (2003) e reforçado por Vieira et al. (2019), e a heterogeneidade da Caatinga (Fernandes; Cardoso; Queiroz, 2022). A presença de novas espécies, recentemente descritas para a ciência, e restritas a essas áreas (*Borreria savannicola* e *Hexasepalum nordestinum*) abrem margem para estudos mais amplos que podem ou não se associar às teorias já existentes acerca da interação entre a flora do Cerrado e os ambientes adjacentes (Pennington; Richardson; Lavin, 2006; Ratter et al., 2003; Rizzini, 1997).

Conservação das formações savânicas cearenses: o que tem sido feito?

Uma elevada diversidade beta aliada à uma variedade de fitofisionomias e altos índices de endemismo fizeram com que o Cerrado fosse classificado como uma das 200 ecorregiões do mundo cuja conservação deve ser priorizada (Olson; Dinerstein, 2002). No entanto, percebe-se que, mesmo com a comprovada importância de seus serviços ecossistêmicos, esse domínio e todas as suas fitofisionomias associadas são negligenciados por parte das políticas conservacionistas (Overbeck et al., 2022).

Essa negligência decorre, em parte, da legislação. Overbeck et al. (2022) ressaltam que, embora o Código Florestal (Brasil, 1965) tenha sido substituído pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012), seu texto mantém uma ênfase contínua na palavra “floresta”, o que deixa subentendido que somente este tipo de vegetação “merece” proteção de fato. Além disso, o fato de a Caatinga, o Cerrado e o Pampa não serem juridicamente considerados patrimônios nacionais, como as florestas Amazônica e Atlântica, influencia na percepção pública e, conseqüentemente, em sua conservação, gerando extensas áreas desprotegidas que sofrem processos intensos de conversão de áreas naturais para a agropecuária (Overbeck et al., 2022; Sano et al., 2020).

Em se tratando do Cerrado e da Caatinga, os dois domínios cuja vegetação é abordada neste trabalho, os dados ligados à conservação são semelhantes. O primeiro domínio possui apenas 8,3% do território do domínio protegido pelas Unidades de Conservação, correspondendo à 388 áreas, das quais 264 (68,29%) são de Uso Sustentável e 124 (31,71%) de Proteção Integral (Santos; Cherem, 2023). Por sua vez, apenas 8% do território total da Caatinga está legalmente protegido por alguma forma de UC, sendo que somente 1,3% desses são de Proteção Integral (Teixeira et al., 2021). A falta de representatividade ecológica também é evidente, havendo uma maior cobertura de alguns ecossistemas em detrimento de outros.

Esses valores são menores do que aqueles estipulada pela *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) (2020), que determina que, pelo menos, 15% das áreas terrestres e 7% dos mares e oceanos sejam destinados à proteção territorial. Além disso, outra problemática é observada: a falta de representatividade ecológica das UC. Arruda et al. (2008) destaca grande parte das áreas protegidas está mal localizada, não englobando uma variedade fitofisionômica em razão, por exemplo, de um tamanho inadequado. Isso faz com que essas sejam incapazes de proteger com eficiência o patrimônio natural de uma determinada região.

No estado do Ceará, essa ausência de representatividade é notada quando as áreas protegidas resguardam, majoritariamente, as regiões mais úmidas do estado (Matas Úmidas do Cristalino e Sedimentar) em detrimento das mais áridas (Gomes et al., 2022). No caso dos locais analisados aqui, apenas três encontram-se resguardados sob alguma categoria de Unidade de Conservação.

As duas áreas do Araripe foram estudadas no contexto da Floresta Nacional do Araripe, uma UC de Uso Sustentável, enquanto a área do Sítio Palmeirinha, no Planalto da Ibiapaba, está inserida nos limites da Área de Proteção Ambiental (APA) Bica do Ipu. As oito áreas restantes estão sem proteção legal, o que as torna vulneráveis à uma variedade de impactos antrópicos não-sustentáveis.

Cabe ressaltar que até mesmo as áreas juridicamente protegidas não estão isentas de impactos negativos. A Floresta Nacional do Araripe, por exemplo, sofre com incêndios resultantes da agropecuária no entorno (MMA, 2006; Rodrigues, 2020), que atinge áreas de vegetação nativa e todos os seus elementos associados, além da extração predatória de *Caryocar coriaceum* (pequi), abundante nas formações savânicas do local (Almeida, 2014).

Apesar disso, observa-se na UC, tanto no Plano de Manejo quanto na prática, uma representatividade paisagística, onde diferentes fitofisionomias são abrangidas pelos seus limites (MMA, 2005). Isso torna efetiva, por exemplo, a proteção de *Antilophia bokermanni* (soldadinho-do-araripe), uma espécie endêmica e ameaçada de ave cuja área de vida se restringe às áreas de mata úmida das encostas do relevo (Girão e Silva; Linhares, 2011).

Ainda no contexto Ibiapaba-Araripe, a APA Bica do Ipu, UC ainda sem plano de manejo, apresenta impactos ambientais que variam desde o descarte de diversos resíduos até desmatamento e queimadas em função da agropecuária e mineração predatória (Lopes; Claudino-Sales, 2019). Ações para orientação e educação ambiental com a população dependente da UC sobre sua importância não são realizadas com frequência em decorrência do número reduzido de servidores, o que afeta na concretização e efetividade de seus objetivos (Lopes; Claudino-Sales, 2021).

Por outro lado, a Serra das Flores, com suas formações savânicas e outros tipos vegetacionais associados, está em processo de integração ao Parque Estadual das Carnaúbas (PEC). Essa Unidade de Conservação de Proteção Integral foi criada pelo Decreto Estadual nº 28.154, de 15 de fevereiro de 2006, conta com aproximadamente 10.005 hectares e está localizada nos municípios de Granja e Viçosa do Ceará.

O objetivo é transformá-lo no Parque Estadual Serra das Flores, mantendo sua categoria e ampliando seus limites em cerca de 3 mil hectares (Ceará, 2023). Tal redefinição englobaria os Cerrados Rupestres e Típicos do platô, assim como as formações florestais das encostas, honrando a categorização desta área como Refúgio Ecológico Montano e sua importância biológica extrema (Giulietti et al., 2002).

Moro, Castro e Martins (2011) propuseram a criação de uma Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), outra categoria de UC, na formação savânica estudada por eles em Fortaleza, Ceará. Os autores justificaram sua proposta na riqueza e diversidade florística que o local possuía em um pequeno espaço, que une espécies de Cerrado, presentes na área *core* ou somente nos encaves e de Caatinga.

Partindo da proposta de Moro, Castro e Araújo (2011) e considerando os avanços feitos em relação à integração da Serra das Flores ao Parque Estadual das Carnaúbas, é crucial direcionar

o foco para as formações savânicas cearenses ainda não resguardadas. As savanas da caatinga, ao mesclarem elementos florísticos do Cerrado e da Caatinga, devem ser vistas como áreas prioritárias à conservação. Uma vez protegidas, essas áreas abrigariam espécies pertencentes a dois dos domínios negligenciados por políticas públicas de conservação, assim como todos os elementos adjacentes associados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados revelaram três novas áreas com formações savânicas para o estado do Ceará: Quilômetro 35, Caracará e Sítio Palmeirinha. Destas, as duas primeiras estão situadas em cotas altitudinais mais baixas, enquanto a última integra os "cerrados" do complexo Ibiapaba-Araripe, preenchendo as lacunas de dados florísticos para esta vegetação no Planalto da Ibiapaba. Os índices de similaridade florística entre essas áreas evidenciam uma elevada diversidade beta, reforçando a observação desse padrão de diversidade não apenas em nível regional, mas também estadual. *Qualea parviflora* destaca-se como a espécie mais frequente, ocorrendo em oito áreas estudadas, enquanto *Borreria savannicola* e *Hexasepalum nordestinum* são táxons inéditos para a ciência, circunscritos à essas formações.

A análise de agrupamento UPGMA indicou dois grupos principais, corroborando a existência das savanas da caatinga no território cearense. A correlação entre as formações savânicas e os diferentes tipos de solo, desde Neossolos Quartzarênicos até Latossolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Litólicos, sugere uma possível contribuição dos fatores edáficos para as dissimilaridades florísticas entre as áreas. Contudo, ressalta-se a necessidade de estudos mais abrangentes dos componentes físicos para uma melhor compreensão dessas correlações.

Apesar dos atributos que reforçam a necessidade de proteção, apenas três das 11 áreas analisadas estão resguardadas por alguma forma de Unidade de Conservação (UC). A constatação de que mesmo aquelas resguardadas não estão isentas de impactos ambientais destaca a complexidade e desafios na gestão efetiva desses ecossistemas. Esforços têm sido feitos para incluir essas formações vegetacionais no mapa da conservação do Ceará, entretanto, a distribuição irregular e a baixa representatividade paisagística das áreas protegidas indicam a necessidade de aprimoramentos na base dessas estratégias conservacionistas.

Como perspectivas futuras, destaca-se a importância crucial de avançar nos estudos nessas áreas, considerando não apenas os aspectos florísticos, mas também os elementos físicos, socioeconômicos e faunísticos. A promoção de pesquisas integradas emerge como uma necessidade para obter uma visão mais completa acerca desses ecossistemas, fornecendo subsídios essenciais para a tomada de decisões em políticas de conservação.

É fundamental, portanto, direcionar esforços para a implementação de estratégias práticas que visem à proteção efetiva dessas áreas, considerando não apenas a manutenção e expansão das Unidades de Conservação já existentes, mas também a mitigação dos impactos ambientais presentes. Isso pode ser feito mediante sensibilização da sociedade quanto à importância desses ecossistemas e a busca por parcerias entre órgãos governamentais, organizações não governamentais e comunidades locais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap), pelo financiamento através do projeto BP5-0197 00136.01.05/23. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de Mestrado concedida ao primeiro autor. Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROPGE) e Herbário Professor Francisco José de Abreu Matos (HUVA), ambos da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), pelo suporte interno.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALMEIDA, Alyson Luiz Santos de. Avaliação ecológica do extrativismo do pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) na Floresta Nacional do Araripe, Ceará: informações para um plano de uso sustentável. 2014. 162 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.
- ANDRADE-LIMA, Dárdano. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, n. 2, p. 149-163, 1981.
- ANTOGIOVANNI, Marina; VENTICINQUE, Eduardo M.; MATSUMOTO, Marcelo; FONSECA, Carlos Roberto. Chronic anthropogenic disturbance on Caatinga dry forest fragments. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, p. 2064-2074, 2020.
- APG [The 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.
- ARRUDA, Moacir Bueno; PROENÇA, Carolyn E. B.; RODRIGUES, Sílvio Carlos; CAMPOS, Ricardo Nóbrega; MARTINS, Renata Corrêa; MARTINS, Éder de Souza. Ecorregiões, unidades de conservação e representatividade ecológica do bioma Cerrado. In: SANO, Sueli Matiko; ALMEIDA, Semíramis Pedrosa de; RIBEIRO, José Felipe (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2008. p. 229-270.
- BATISTA, Zenilda Vieira; VIANA, Maria Somália Sales; BARROSO, Francisco Rony Gomes; AGOSTINHO, Sônia Maria Oliveira; LIMA FILHO, Mario Ferreira. Petrografia e diagênese dos arenitosossilíferos basais e conglomerados da Formação Ipu, no Noroeste do Ceará. **Geologia**, v. 33, n. 1-2, p. 7-27, 2020.
- BRANDÃO, Ricardo de Lima; FREITAS, Luís Carlos Bastos. **Geodiversidade do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o novo Código Florestal.** Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1965.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.** Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012.

BRIDGEWATER, Samuel; RATTER, James A.; RIBEIRO, José Felipe. Biogeographic patterns, β -diversity and dominance in the Cerrado biome of Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 13, p. 2295-2318, 2004.

CABAÑA-FADER, Andrea A.; SOUZA, Elnatan Bezerra; BRANDÃO, Ellen K. de Sousa; CABRAL, Elsa L. *Hexasepalum nordestinum* (Rubiaceae): a new species from two disjoint and fragmented areas in Northeast Brazil, with a key to the American species of the genus. **Systematic Botany**, v. 44, n. 1, p. 203-209, 2019.

CARVALHO, Gustavo Henrique; CIANCIARUSO, Marcus Vinicius; BATALHA, Marco Antônio. Plantminer: A web tool for checking and gathering plant species taxonomic formation. **Environmental Modelling & Software**, v. 25, n. 6, p. 815–816, 2010.

CASTRO, Antônio Alberto Jorge Farias. Características da Vegetação do Meio-Norte. In: SIMPÓSIO SOBRE OS CERRADOS DO MEIO-NORTE. **Cerrados: sua biodiversidade é uma bênção da Natureza.** Teresina: EMBRAPA-CPAMN, 1997. p. 45-56.

CASTRO, Antônio Alberto Jorge Farias; MARTINS, Fernando Roberto. Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. **Pesquisa em Foco**, v. 7, n. 9, p. 147-178, 1999.

CASTRO, Antônio Alberto Jorge Farias; MARTINS, Fernando Roberto; FERNANDES, Afrânio Gomes. The woody flora of Cerrado vegetation in the state of Piauí, Northeastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 55, n. 3, p. 455-472, 1998.

CASTRO, Antônio Alberto Jorge Farias; CASTRO, Nívea Maria Carneiro Farias; COSTA, Joxleide Mendes; FARIAS, Ruth Raquel Soares; MENDES, Maura Rejane de Araújo; ALBINO, Rigoberto Sousa; BARROS, José Sidney; OLIVEIRA, Maria Edileide de Alencar. Cerrados marginais do Nordeste e ecótonos associados. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 273-275, 2007.

COSTA, Itayguara Ribeiro; ARAÚJO, Francisca Soares; LIMA-VERDE, Luiz Wilson. Flora e aspectos auto-ecológicos de um enclave de cerrado na Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 18, n. 4, p. 759-770, 2004.

DANTAS, Marcelo Eduardo; SHINZATO, Edgas; BRANDÃO, Ricardo de Lima; FREITAS, Luís Carlos Bastos; TEIXEIRA, Wenceslau Gerales. Origem das paisagens. In: BRANDÃO, Ricardo de Lima; FREITAS, Luís Carlos Bastos (Orgs.). **Geodiversidade do estado do Ceará.** Fortaleza: CPRM, 2014. p. 37-58.

FERNANDES, Moabe; CARDOSO, Domingos; QUEIROZ, Luciano Paganucci. 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, n. 4, e104079, 2020.

FERNANDES, Moabe; CARDOSO, Domingos; PENNINGTON, Toby; QUEIROZ, Luciano Paganucci. The origins and historical assembly of the Brazilian Caatinga Seasonally Dry Tropical Forests. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, e.723286, 2022.

FIGUEIREDO, Maria Angélica. Nordeste do Brasil – relíquias vegetacionais no semiárido cearense (cerrados). **Coleção Mossoroense**, série B, n. 646, p. 1-13. 1989.

FIGUEIREDO, Maria Angélica. A cobertura vegetal do Ceará (Unidades Fitoecológicas). In: **Atlas do Ceará**. Fortaleza, Ceará: IPLANCE, 1997.

FIGUEIREDO, Maria Angélica; FERNANDES, Afrânio. Encraves de Cerrado no interior do Ceará. **Ciências Agrônômicas**, v. 18, n. 2, p. 103-106, 1987.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2024. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/PrincipalUC/PrincipalUC.do;jsessionid=DB836DEC3179C8EBCF5B7ADB3BACB854>. Acesso em: 15 jan. 2024.

FRANÇA, Francisco Assuero Bezerra; CABRAL, Emilia Maria Almeida. Recursos minerais e sua metodologia. In: **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SA.24 Fortaleza: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1981. p. 133-163.

FUNCEME. **Levantamento exploratório – Reconhecimento de Solos**. 2018. Disponível em: http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2019/02/16-Mapa_CE_Solos_A2.pdf. Acesso em 15 jan. 2024.

GIRÃO E SILVA, Weber Andrade; LINHARES, Karina Vieiralves. **Plano de ação nacional para a conservação do soldadinho-do-Araripe**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBio, 2011.

GIULIETTI, Ana Maria; et al. Vegetação: áreas e ações prioritárias à conservação da Caatinga. In: ARAÚJO, Elcida de Lima; MOURA, Ariadne do Nascimento; SAMPAIO, Everardo V. S. B.; GESTINARI, Lísia Mônica de Souza; CARNEIRO, Juliana Melo Torres. (Eds.). **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil**. Recife: Editora UFRPE, 2002. p. 114-131.

GLOBAL BIODIVERSITY INFORMATION FACILITY. Global Core Biodiversity Data. 2024. Disponível em: <https://www.gbif.org/>. Acesso em: 15 jan. 2024.

GOMES, Francisco Vladimir Silva; SANTOS, Ana Maria Ferreira; GUERRA, Renan Gonçalves Pinheiro; QUEIROZ, Liana Rodrigues; MENEZES, Marcelo Oliveira Teles;

MORO, Marcelo Freire. Representatividade ecológica e extensão total de áreas protegidas pelas unidades de conservação no estado do Ceará, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. 1-15, 2022.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Redefinição dos limites do Parque das Carnaúbas avança e inicia nova etapa com a realização das consultas em Viçosa e Granja**. Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2023. Disponível em:

<https://www.sema.ce.gov.br/2023/11/13/redefinicao-dos-limites-do-parque-das-carnaubas-avanca-e-inicia-nova-etapa-com-a-realizacao-das-consultas-em-vicosa-e-granja/>. Acesso em 15 jan. 2024.

HAMMER, Oyvind; HARPER, David A. T.; RYAN, Paul O. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.

IUCN. **Aichi target 11 dashboard**. 2020. Disponível em:

<https://www.protectedplanet.net/target-11-dashboard>. Acesso em 15 jan. 2024..

LOPES, Francisca Lusimara Sousa; CLAUDINO-SALES, Vanda. Geoconservação e geodiversidade na área de proteção ambiental da Bica do Ipu–Ceará: desafios para a sustentabilidade. **REGNE**, v. 5, n. 2, p. 1-20, 2019.

LOPES, Francisca Lusimara Sousa; CLAUDINO-SALES, Vanda. Educação ambiental na área de proteção ambiental da Bica do Ipu, Ceará: desafios para a busca de sustentabilidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 72089-72093, 2021.

McCUNE, Bruce; GRACE, James B.; URBAN, Dean. **Analysis of Ecological Communities**. Oregon: MjM Software Design, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Manejo Diagnóstico – Floresta Nacional do Araripe**. Brasília, DF: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. **Plano Operativo de Prevenção aos Incêndios Florestais da Floresta Nacional de Araripe-Apodi**. Brasília, DF: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, 2006.

MORI, Scott Alan; SILVA, Luiz Alberto Mattos; LISBOA, Gildro; CORADIN, L. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico**. Ilhéus: Centro de Pesquisa do Cacau, 1989.

MORO, Marcelo Freire; CASTRO, Antônio Sérgio Farias; ARAÚJO, Francisca Soares. Composição florística e estrutura de um fragmento de vegetação savânica sobre os tabuleiros pré-litorâneos na zona urbana de Fortaleza, Ceará. **Rodriguésia** v. 62, n. 2, p. 407-423, 2011.

MORO, Marcelo Freire. **Síntese florística e biogeográfica do Domínio Fitogeográfico da Caatinga**. 2013. 366 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

MORO, Marcelo Freire; MACEDO, Mariana Bezerra; MOURA-FÉ, Marcelo Martins; CASTRO, Antônio Sérgio Farias; COSTA, Rafael Carvalho. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, v. 66, n. 3, 717-743. 2015.

NEPOMUCENO, Izaíra Vasconcelos; SOUZA, Elnatan Bezerra de; ZAPPI, Daniela Cristina; MOREIRA, Marcelo Cruz; NEPOMUCENO, Francisco Álvaro Almeida; MORO, Marcelo Freire. Savannas of the Brazilian semiarid region: what do we learn from floristic? **Acta Botanica Brasilica**, v. 35, n. 3, p. 361-380, 2021.

OLSON, David M.; DINERSTEIN, Eric. The Global 200: priority ecoregions for Global Conservation. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 89, p. 199-224, 2002.

OVERBECK, Gerhard Ernst; VÉLEZ-MARTIN, Eduardo; MENEZES, Luciana da Silva; ANAND, Madhur; BAEZA, Santiago; CARLUCCI, Marcos B.; DECHOUM, Michele S.; DURIGAN, Giselda; FIDELIS, Alessandra; GUIDO, Anaclara; MORO, Marcelo Freire; MUNHOZ, Cássia Beatriz Rodrigues; REGINATO, Marcelo; RODRIGUES, Rodrigo Schutz; ROSENFELD, Milena Fermina; SAMPAIO, Alexandre B.; SILVA, Fernando Henrique; SILVEIRA, Fernando A. O.; SOSINKI JR., Ênio Egon; STAUDE, Ingmar R.; TEMPERTON, Vicky M.; TURCHETTO, Caroline; VELDMAN, Joseph W.; VIANA, Pedro L.; ZAPPI, Daniela C.; MULLER, Sandra C. Placing Brazil's grasslands and savannas on the map of science and conservation. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 56, e125687, 2022.

PEIXOTO, Ariane Luna; MAIA, Leonor Costa. **Manual de Procedimentos para Herbários**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2013.

PENNINGTON, Toby R.; RICHARDSON, James E.; LAVIN, Matt. Insights into the historical construction of species-rich biomes from dated plant phylogenies, neutral ecological theory and phylogenetic community structure [Review]. **New Phytol.** V. 172, n. 4, p. 605–616, 2006.

RATTER, James A.; BRIDGEWATER, Samuel; RIBEIRO, José Felipe. 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. 54-109, 2003.

REATTO, Adriana; CORREIA, João Roberto; SPERA, Silvio Tulio; MARTINS, Éder de Souza. Solos do bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, Sueli Matiko; ALMEIDA, Semíramis Pedrosa de; RIBEIRO, José Felipe (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2008. p. 47-86.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, Sueli Matiko; ALMEIDA, Semíramis Pedrosa de; RIBEIRO, José Felipe (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2008. p. 151-212.

RIBEIRO-SILVA, Suelma; MADEIROS, Marcelo Brilhate; GOMES, Beatriz Machado; SEIXAS, Emídia Naiana Costa; SILVA, Maria Arlene Pessoa. et al. Angiosperms from the Araripe National Forest, Ceará, Brazil. **CheckList**, v. 8, n. 4, p. 744-751, 2012.

RICKLEFS, Robert; RELYEA, Rick. **A Economia da Natureza**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

RIZZINI, Carlos Toledo. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997.

RODRIGUES, Rodrigo. Área atingida por incêndio na Floresta Nacional do Araripe pode levar até 30 anos para ser recuperada no Ceará. **G1 Ceará** [online], 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2020/01/04/area-atingida-por-incendio-na-floresta-nacional-do-araripe-pode-levar-ate-30-anos-para-ser-recuperada-no-ceara.ghtml>. Acesso em: 15 jan. 2023.

ROSAS-CHAVOYA, Marcela; GALLARDO-SALAZAR, José Luis; LÓPEZ-SERRANO, Pablito Marcelo; ALCÁNTARA-CONCEPCIÓN, Pedro Camilo; LÉON-MIRANDA, Ana Karen. QGIS a constantly growing free and open-source geospatial software contributing to scientific development. **Cuadernos de Investigación Geográfica**, v. 48, n. 1, p. 197–213, 2022.

SANO, Edson Eyji; BETTIOL, Giovana Maranhão; MARTINS, Eder de Souza; COUTO JÚNIOR, Antônio Felipe; VASCONCELOS, Vinícius; BOLFE, Édson Luis; VICTORIA, Daniel de Castro. Características gerais da paisagem do Cerrado. In: BOLFE, Édson Luis; SANO, Edson Eyji; CAMPOS, Silvia Kanadani (Eds.). **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 21-37.

SANTOS, André M. Melo; CAVALCANTI, Deyvson Rodrigues; SILVA, José Maria Cardoso; TABARELLI, Marcello. Biogeographical Relationships among Tropical Forests in North-Eastern Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 34, n. 3, p. 437-446, 2007.

SANTOS, Sara Alves; CHEREM, Luis Felipe Soares. Estrutura espacial e temporal das Unidades de Conservação no Cerrado: heterogeneidade combinada em prol da conservação. **Sociedade & Natureza**, v. 35, e65504, p. 1-15, 2023.

SILVA, José Maria Cardoso; LEAL, Inara R.; TABARELLI, Marcelo. **Caatinga: the largest Tropical Dry Forest region in South America**. Switzerland: Springer International Publishing, 2017.

SOUZA, Elnatan Bezerra; NEPOMUCENO, Álvaro; RIBEIRO, Maria Luiza R. da Costa; MIGUEL, Laila Mabel. *Borreria savannicola* (Spermacoceae, Rubiaceae), a new species from savanna patches within the Caatinga, Ceará State, Brazil. **Phytotaxa**, v. 576, n. 3, p. 279-288, 2022.

TEIXEIRA, Lucas Peixoto; LUGHADHA, Eimear Nic; SILVA, Marcus Vinicius Chagas da; MORO, Marcelo Freire. How much of the Caatinga is legally protected? An analysis of

temporal and geographical coverage of protected areas in the Brazilian semiarid region **Acta Botanica Brasilica**, v. 35, n. 3, p. 473-485, 2021.

VIEIRA, Leandro T. A.; Castro, Antônio J. F.; COUTINHO, Joxleide M. C. P.; SOUSA, Samara R.; FARIAS, Ruth. R. S.; CASTRO, Nívea M. C. F.; MARTINS, Fernando R. A biogeographic and evolutionary analysis of the flora of the North-eastern cerrado, Brazil. **Plant Ecology & Diversity**, v. 12, n. 5, p. 475–488, 5 ago. 2019.

ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) NO CONTATO EM GLINT DA IBIAPABA, NO MUNICÍPIO DE TIANGUÁ – CE: IDENTIFICAÇÃO, ESPACIALIZAÇÃO E ANÁLISE AMBIENTAL

José Webem Mendes de Holanda Filho
Jander Barbosa Monteiro

INTRODUÇÃO

O município de Tianguá, estado do Ceará, é vocacionado para o turismo ecológico, pela diversidade de paisagens naturais, inclusive, já possuindo empreendimentos de ecoturismo que se localizam na área que é popularmente conhecida como “mirantes da Ibiapaba”. Essa área especulada é uma geoformação nomenclaturada de *glint*, transição da *cuesta* ibiapabana para a superfície sertaneja. E, por ser considerada uma área sensível ao planejamento ambiental, seu uso e ocupação desperta na sociedade civil local uma preocupação no tocante à preservação de sua cobertura natural.

Nesse sentido, um dos termômetros no ordenamento jurídico brasileiro para avaliar a gestão pública na preservação do meio ambiente, são as intervenções em Área de Preservação Permanente (APP), previstas na Lei Federal nº 12.651/2012, conhecida como Novo Código Florestal. Essas áreas tem relevante importância para manutenção de fauna, flora e estabilidade de matas ciliares e recursos hídricos. O êxito de sua proteção sugere uma gestão ambiental eficiente, com perspectiva de resultados para a preservação de recursos naturais e do equilíbrio do uso e ocupação do solo na região.

Essas áreas, conhecidas pela sigla APP, são descritas pela referida lei, sendo o uso, teoricamente, restrito e permanente, localizadas principalmente em entornos de rios, lagos, reservatórios artificiais, ao redor de nascentes, em topo de morros, montes, montanhas e serras, e também em encostas com declividade superior a 45°.

Segundo o Novo Código Florestal, [Lei nº 12.651/12](#):

No Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

(...)

II – Área de Preservação Permanente – APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Brasil, 2012, p. 02).

Por conseguinte, o município de Tianguá tem um vasto recorte de elementos que disponibilizam APP's ao longo de toda expansão territorial, inclusive, de várias características, de acordo com o Novo Código Florestal. Essa disponibilidade se dá, exatamente, pelo relevo privilegiado do município, que é cortado por vales de rios e chapadas, bacias hidrográficas repletas de nascentes e lagos, além do expressivo represamento para constituição do Açude Jaburu, considerado o maior açude em “serra” do mundo. Isso faz com que o município tenha abundância de Áreas contidas na norma, que ainda são pouco conhecidas, catalogadas e fiscalizadas pelo poder público. Ademais, especificamente, temos na APP que fica exatamente no contato em *Glint*, na

porção leste da cidade, uma das maiores preocupações da gestão ambiental local, enclave que é o objeto dessa pesquisa.

Exatamente pelo motivo da curadoria plena, foi pertinente a retirada da área que faz parte do Parque Nacional de Ubajara, pois, além de ter uma curadoria própria de caráter permanente, específica do objeto do parque, já possui estudos propostos e um relativo êxito em sua fiscalização. Portanto, delimitamos a parte do contato em *glint*, que considera o Inciso V da Código Florestal, que diz: “as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive”, onde identificamos o reverso dissecado do embasamento cristalino e o Inciso VIII, que diz: “as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais”.

Abrindo-se parênteses, o termo chapada, utilizado no Código Florestal, é genérico para o uso de estruturas geomorfológicas com talhados (platô) de ruptura de declividade maior que 45°, podendo ser planaltos e *cuestas/Glint*.

No contexto da política ambiental do município de Tianguá, a Secretaria de Meio Ambiente e Turismo (SEMATUR), que depois passou a ser denominada Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA), foi criada no ano de 2018, órgão local que passou a integrar o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), previsto na Lei nº 6.938/1981, que criou a Política Nacional do Meio Ambiente e normatizou o Licenciamento Ambiental como instrumento de controle, sendo sua competência para licenciar, disciplinada pela Lei Complementar nº 140 de 08 de dezembro de 2011, que fixa normas nos termos dos incisos III, VI e VIII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal de 1988.

Com a criação do órgão, surgiu a necessidade de ferramentas de geoprocessamento para que, com ferramenta cartográfica, permitisse analisar os processos e subsidiar as prioridades das fiscalizações. Para além do caso concreto de licenciar, temos o entendimento científico da dialética por trás do uso e ocupação dessas áreas, sendo a geografia a ciência ideal para fazer uma análise verossímil.

Portanto, o mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) da cidade de Tianguá, especificamente no Contato em *Glint*, além da análise do espaço geográfico delas, possui grande relevância para o processo de gestão eficiente da Política Ambiental do município, corroborando com a proteção ambiental de toda região da serra da Ibiapaba, importante área de interesse em políticas públicas do estado do Ceará.

Em síntese, o objetivo geral desse trabalho é identificar, a partir da legislação vigente, as Áreas de Preservação Permanentes (APP's) no contato do *Glint* da Ibiapaba, que se encontram sob a jurisdição do município de Tianguá - CE, realizando um diagnóstico socioambiental destas. Como objetivos específicos, pretende-se: produzir conteúdo cartográfico voltado à espacialização das APP's do município de Tianguá-CE no contato do *Glint*; Realizar uma Análise Ambiental Integrada (AAI), a partir da avaliação do nível de preservação, bem como o uso e ocupação das APP's no contato em *Glint* do município de Tianguá-CE, além de oferecer subsídios, especialmente à gestão e órgãos ambientais, voltados a análise dos processos de licenciamento, fiscalização e política ambiental.

Para referenciar conceitualmente, o *Glint* é o escarpamento acinial e contínuo formado pelo contato discordante de uma estrutura sedimentar imediatamente sobre o

embasamento erodido (Peulvast e Vanney, 2001), exatamente o que ocorre na porção leste do encontro da Chapada com a depressão sertaneja, onde chamaremos de contato em *Glint*.

Como defende em seu brilhante estudo sobre a Ibiapaba, o professor Moura-Fé (2015), geomorfologicamente, afirma que a Ibiapaba, diferentemente do termo Planalto, pode ser conceituada até mesmo de Cuesta, embora o termo *Glint* seja o mais apropriado para a caracterização da geomorfologia da serra da Ibiapaba.

Embora morfologicamente o termo “cuesta” seja adequado à Ibiapaba, sua utilização pode ser complementada, ao passo que a Ibiapaba apresenta uma particularidade importante no tocante aos seus contatos, os quais não são realizados integralmente com relevos dotados de litologias sedimentares, como ocorre normalmente com as cuestras, mas sim, com litologias cristalinas, onde o conceito geomorfológico adequado para esse tipo de contato é *glint* (Moura-Fé, 2015, p. 107; Claudino-Sales e Lira, 2011; Claudino-Sales e Peulvast, 2007).

MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de contemplar os objetivos da proposta, em um primeiro momento fez-se necessária a identificação e delimitação das APP's, além de realizar revisão bibliográfica, essencial para subsidiar tal procedimento. As normas relacionadas com as Áreas de Preservação Permanentes (APP's), principalmente as contidas nos Incisos V e VII do artigo 3º da Lei Federal nº 12.651/2012, serviram de direcionamento para identificar as APP's na territorialidade do trabalho. O uso do geoprocessamento contribuiu, posteriormente, para a espacialização cartográfica.

Mapas foram elaborados em ambiente SIG (QGis), utilizando o Sistema de Projeção Geográfica, com o Datum SIRGAS 2000, unidades em graus, adequando a escala do mapa para 1:250.000., utilizando-se de imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizados em formato GeoTIFF no site da EMBRAPA para a classificação do relevo sombreado.

Para a elaboração do mapa de geologia, utilizou-se como referência o mapa de classificação geológica do estado do Ceará (2020), disponível no site da CPRM (Serviço Geológico do Brasil), com escala de 1:500.000. No mapa de Geomorfologia foi utilizado como referência a base de dados do Ceará disponível no site da Funceme (2011) e IBGE (2019) e, a partir disso, fez-se a classificação e edições pertinentes à delimitação e escala da área em estudo. No mapa hipsométrico, utilizou-se imagens de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) do site da Embrapa (2015), estas sendo tratadas e adaptadas para a área em destaque. Para a classificação pedológica, utilizou-se como base o mapeamento da Funceme (2018), sendo possível a classificação do mapa temático da área da pesquisa. A classificação utilizada para o mapa fitoecológico foi a base de dados da Funceme (2018).

Para Análise Ambiental Integrada (AII) utilizamos em sua essência a Teoria Geral dos Sistemas (TGS). Para Bertalanffy (1975), essa teoria poderia ser o instrumento ideal para analisar elementos, estruturas e processos, disponibilizando assim modelos que se baseassem na integração de elementos que pudessem ser utilizados em diversos campos do conhecimento científico. Sothava (1977), Bertrand (1968), Tricart (1977) e Monteiro (1976) são as maiores referências na aplicação da perspectiva sistêmica utilizada nos estudos realizados dentro da Geografia Física brasileira na atualidade: Sothava (1977) e Bertrand (1968) com o

Geossistema, Tricart (1977) com a Ecodinâmica e Monteiro (1976) com o Sistema Clima Urbano.

A análise sistêmica é a base do geossistema e de grande relevância na Geografia Física, introduzido pela primeira vez nessa ciência por Sothava (1977), a fim de trabalhar fenômenos geográficos. Para ele, o geossistema seria a relação da natureza com a sociedade, pois embora os sistemas sejam fenômenos naturais, os fatores econômicos influenciam no seu funcionamento. A teoria do geossistema é a base fundamental para a organização metodológica, facilitando a compreensão do meio integrado da paisagem (Lima, 2014, p. 26).

Por fim, com bases nos dados coletados em arquivos de órgãos estatais e identificação prévia dos elementos geográficos, observou-se o que disciplina a norma, tendo assim uma modelagem para constituição de mapas de todas as Áreas de Preservação Permanentes (APP) identificadas, objetivando a caracterização sistêmica na perspectiva de análise ambiental. Cabe mencionar que a Análise Ambiental Integrada (AAI) se baseia na identificação, através de mapas, do ambiente de estudo, na perspectiva de: declividade, litologia, solo, hipsometria, cobertura vegetal e a correlação dos geossistemas identificados com o uso e ocupação do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Arcabouço Geológico

Como Cacama et al. (2015) relata, a Cuesta/*Glint* da Ibiapaba representa a borda oriental da Bacia do Parnaíba, uma das maiores bacias sedimentares brasileiras. A bacia abrange praticamente toda a área dos estados do Piauí e do Maranhão, com limites atingindo o nordeste do Pará, centro-norte do Tocantins e o oeste do Ceará, compreendendo uma superfície aflorante de aproximadamente 660.000 km².

Na área de estudo, no caso a Área de Preservação Permanente (APP), delimitada no contato em *Glint* da Ibiapaba, especificamente no município de Tianguá (CE), temos como Unidade Geológica na parte da borda/Topo e Cornija a predominância da Formação Tianguá (CE), bacia sedimentar depositada na Era Paleozoico, do período Siluriano (443-419 M.A), pertencente ao grupo Serra Grande, com litologia de Arenitos finos de cores bege e amarela. Observamos esse afloramento de rochas de Arenitos na Cornija na parte meridional da região da Ibiapaba.

O estudo tem enclave no segmento setentrional da Serra da Ibiapaba onde representa uma escarpa na base mantida em parte pelo material cristalino, em parte sobre o material sedimentar sobreposto (formação Tianguá). Nesse caso, a erosão removeu inclusive partes do embasamento cristalino, face às menores condições de resistência das rochas que o caracterizam em relação ao material sedimentar, exatamente formando o que chamamos de festonamentos. Diferente das cuestas, que têm material sedimentar no sopé, a depressão periférica e parte da vertente é mantida pelo embasamento cristalino.

Nessa parte conceituada do sopé periférico do contato em *Glint* temos o que é conhecido como Unidade de Depósito de Talus Recentes, da era Cenozoica, do período Quaternário (>2,58 M.A), com litologia que predomina fragmentos líticos com matriz de areia, salte e argila.

Os Depósitos de Tálus Recentes (Q2tl) são depósitos com fragmentos de rochas angulosos, de tamanhos diversos em matrizes cascalhosa, arenosa e areno-argilosa, que ocorrem no sopé da Chapada do Araripe e da Serra da Ibiapaba (CPRM, 2021). E, por fim, na parte inferior temos a superfície sertaneja, a formação São Joaquim do grupo Martinópole e a Formação Coreaú do grupo Ubajara.

A designação de Grupo Martinópole foi inicialmente utilizada por Brito Neves (1975). Prado et al. (1981) subdividiram o Grupo Martinópole em três formações: São Joaquim, Covão e Santa Terezinha. A Formação Goiabeira foi incorporada ao grupo por Cavalcante et al. (2003).

A Formação São Joaquim (NP2masj) é constituída predominantemente por quartzitos puros e micáceos, contendo cianita, silimanita e muscovita. Há intercalações de xistos, rochas calcissilicáticas e de formações ferríferas (CPRM, 2021).

A Formação Coreaú (NP2uco) é composta por metarenitos finos, com intercalações de finos níveis de metassiltitos, metargilitos, metagrauvas e de metaconglomerados (CPRM, 2021).

Geossistema Geomorfológico

O topo da Ibiapaba apresenta-se, na sua vertente leste, correspondendo a uma ampla faixa com altitudes situadas entre 814 e 998 m. A vertente norte da Ibiapaba é menos elevada (faixa de 688 a 814 m) que seu entorno norte (dotado de diversos maciços e alguns inselbergues), como é a visão mirante do local de pesquisa, com altimetria similar à maior parte da área de ocorrência do reverso e mais baixa que a vertente leste – frente da cuesta, conforme podemos observar no mapa de hipsometria que foi elaborado.

A Ibiapaba é do período Mesozoico, especificamente de idade cretácea, embasado nas litologias e modelados da região, sendo iniciado com a abordagem das etapas estruturais pré-cretácicas nas províncias Borborema e Parnaíba, com ênfase nas heranças estruturais datadas desse período, importantes para o entendimento das etapas seguintes.

De maneira geral, a evolução neoproterozoica da Província Borborema, segmento leste e norte da área de estudo, é caracterizada pelo desenvolvimento de uma malha de zonas de cisalhamento em escala continental (Vauchez et al., 1995), com a presença de fases de plutonismo granítico (Brito Neves et al., 2003).

Essa região surgiu das colisões do cinturão colisional entre Brasil e África, sendo outras estruturas formadas por gnaisses elaborados no Paleoproterozoico. Logicamente, não cabe um aprofundamento na seara da Geologia, mas precisamos entender o embasamento cristalino do contato em *Glint*, para estudar seus desdobramentos da análise.

Na Plataforma Sul-Americana, na porção continental estável da placa Sulamericana, há várias evidências de processos extensionais, puros e, sobretudo, simples (transtracionais), resultantes do final do Ciclo Brasileiro (Almeida et al., 1981) e distribuídos desigualmente entre 590 e 500 Ma em todas as províncias estruturais (localmente adentrando em províncias cratônicas), sendo responsáveis pela formação de bacias pull apart (bacias transtensionais) ao longo de zonas de cisalhamento e permitindo a formação de bacias intracratônicas (Brito Neves, 1999).

Por outro lado, segundo Vaz et al. (2007) a sucessão de rochas sedimentares e magmáticas da bacia do Parnaíba é disposta em 5 super sequências: (1) Siluriana, 103 (2) Mesodevoniana-Eocarbonífera, (3) Neocarbonífera-Eotriássica, (4) Jurássica e (5) Cretácea, onde a eustasia foi

o fator primordial no controle dos ciclos transgressivos-regressivos e, conseqüentemente, das discordâncias que se estendem por toda a bacia e que definem os limites dessas supersequências.

Ou seja, os depósitos sedimentares que formaram a Ibiapaba são frutos do avanço do nível do mar e a deposição de sedimentos na bacia, espalhando o material. E exatamente o ciclo de diminuição do nível e retorno, temos as variações dos grupos sedimentares na região. Como Costa et al. (1979) pontuam, a 1ª super sequência relaciona-se estritamente ao Grupo Serra Grande, o qual demarca o início de uma invasão marinha, exatamente o aumento do nível do mar. Já o caráter grosseiro dos arenitos e conglomerados da Formação Ipu (formação inferior) indica condições de águas rasas e agitadas, em ambiente nerítico, com abaixamento rápido e contínuo da bacia de sedimentação, coberta por extensa lâmina d'água, que só atingiu profundidades maiores na fase final de sedimentação do grupo, com a sedimentação mais estável dos arenitos finos.

A Formação Tianguá (formação intermediária) representa a superfície de inundação máxima e as camadas da Formação Jaicós (formação superior), o intervalo regressivo dessa sequência, cujas fácies indicam deposição por sistemas fluviais, deltaicos e plataformais, em ambientes continental, transicional e marinho raso (GÓES e FEIJÓ, 1994, p. 57).

A evolução geomorfológica da Ibiapaba chega a uma etapa fundamental que se inicia no Mesozoico e ganha maior representatividade no Cretácico, derivada do processo de fissão do Pangeia e de sua porção meridional, o Gondwana, mais precisamente dos continentes da África e da América do Sul, a qual estabeleceu no Brasil um novo estágio tectônico, o "Estágio de Ativação" que levaria à abertura do oceano Atlântico e que originou a margem equatorial brasileira (Moura-Fé, 2015).

Eventos distensionais, remobilização de falhas antigas, surgimento de fraturas e intenso magmatismo, além da criação de uma "nova geração" de bacias sedimentares, principalmente ao longo da margem continental do Atlântico, caracterizaram essa etapa mesozoica (Almeida et al., 1981).

Segundo Zalán (2012), nesse contexto de separação dos continentes, a margem equatorial brasileira, onde fica as proximidades do objeto de estudo, desenvolveu-se como uma margem continental do tipo transformante, com uma evolução tectônica dominada por distensão oblíqua (transtensão) e movimentos transcorrentes puros, ambos de caráter dextral. A ruptura continental deu-se na direção leste-oeste, criando margens continentais alongadas na mesma direção.

O processo de separação entre América do Sul e África ensejou inicialmente um rifteamento intracontinental que ocorreu por todo o Cretácico Inferior, do início do Berriasiano (145 Ma) ao final do Albiano (100,5 Ma – 108 concomitante ao final da fase rifte), o qual deu origem ao soergimento de volumes montanhosos significativos ao longo de estruturas de riftes abortados, de orientação SE-NO (Moura-Fé, 2015, p. 107; Claudino-Sales e Peulvast, 2006; Matos, 1992).

Os reflexos desse importante processo foram significativos na bacia do Parnaíba, bem como em toda a porção Noroeste do Ceará, submetidos a um acelerado processo de soergimento atribuído a todo o Aptiano-Eoceno - Cretácico-Paleogenico Médio (Peulvast et al., 2008).

Esse soerguimento teve como consequência a inclinação maior de toda a borda leste da bacia, que passou a apresentar mergulhos mais acentuados para oeste, exatamente, assim, apresentando a configuração cuestasiforme da Ibiapaba.

Classicamente, a explicação da evolução geomorfológica do Nordeste brasileiro se dá através dos modelos baseados no escalonamento de superfícies de aplainamento, cuja origem é remetida à interação entre mudanças climáticas e processos tectônicos, onde fases pedogenéticas de clima predominantemente úmido alternaram-se com fases morfogenéticas em clima seco, com chuvas intensas e concentradas, e predomínio dos processos de pediplanação da paisagem, com retração das vertentes, acúmulo de material detrítico na base e formação de pedimentos na direção dos vales (Maia et al., 2010).

Ou seja, as superfícies de aplainamento se desenvolveriam a partir de processos erosivos subsequentes ao soerguimento de núcleos centrais póscretáceos e correlato rebaixamento do nível de base regional (Maia et al., 2010).

Por outro lado, na parte da bacia do Parnaíba temos a dinâmica da modelagem do *Glint* da Ibiapaba, observando o que Maia et al. (2010) relatou, que a partir de um soerguimento de origem poligênica, seriam desencadeados os processos de erosão linear seccionando os vales fluviais, originando vertentes que, submetidas à climas áridos, recuariam lateralmente mantendo suas altimetrias, interpretadas como paleosuperfícies.

Ou seja, temos uma Geossistema Geomorfológico de contato em *Glint* da Ibiapaba com a Superfície Sertaneja, formando uma área com aspecto de chapada e vertente com declividades que formam festonamentos nas superfícies soerguidas dissecadas do embasamento cristalino.

Ademais, outra questão que merece atenção no aspecto geomorfológico é o recuo de material sedimentar, como brilhantemente defende em seu artigo Claudino-Sales (2020), demonstrando o recuo do material sedimentar, forçado pela erosão que ataca de forma mais intensa as rochas do embasamento cristalino por erosão regressiva. É possível observar o fenômeno na base da cornija na região de Tianguá.

Aspectos Pedológicos

Segundo Embrapa (2006), no Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará, na região localizada do estudo podemos encontrar no topo da chapada a predominância de Latossolos vermelho amarelo. Mais especificamente um Latossolo vermelho amarelo distrófico, proeminente textura argilosa e média, ocorrendo em ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade.

As diferentes mudanças climáticas que se sucederam desde o período de soerguimento da Ibiapaba e do embasamento adjacente na vertente Noroeste do Ceará pelo processo de flexura marginal, processo de transporte de material sedimentar, até hoje, atuaram no intemperismo e erosão das estruturas da Ibiapaba, conseqüentemente, modelando-as de formas diferenciadas. Esse processo, conhecido como Flexura Marginal, acabou tornando o interior do continente suavemente montanhoso e nivelou o segmento costeiro com a superfície do oceano, permitindo assim que uma zona litorânea fosse criada (Claudino-Sales, 2005).

No processo de modelagem, de maneira geral, pedogênese e morfogênese atuam simultaneamente (Queiroz Neto, 2011), ao passo que a pedogênese pode ser considerada como

um fator intrínseco à morfogênese, modificando as características superficiais da litosfera e influenciando os mecanismos fundamentais de evolução do relevo (Tricart, 1977).

Ou seja, ao passo que há o processo de flexura marginal que acontece com os sedimentos transportados por processos de intemperismo, temos, em contrapartida, a formação dos solos pela aglutinação dos mesmos no processo de pedogênese, originando as formas características da região.

Esse processo referenda a Teoria da etchplanação, que é, basicamente, a análise integrada dos processos de morfogênese e pedogênese, na ideia de evolução, relacionadas as etapas de modelagem das feições morfológicas.

A formação do relevo, ocorre, então, a partir da interação entre a superfície topográfica e subsuperficial existente no contato entre a rocha e a zona de alteração, que, para Büdel (1982), é paralela à superfície. Tal fato foi designado por Berry (1957) como superfície basal de intemperismo. A zona de ocorrência da água subterrânea caracteriza-se como uma região onde é iniciada a maioria das formas de relevo, uma vez que a água subsuperficial é o principal meio das reações do intemperismo químico, redistribuindo ou eliminando elementos das vertentes (Queiroz Neto, 2000).

Ao movimento lateral da água na subsuperfície dá-se o nome de escoamento subsuperficial, que afeta diretamente a erodibilidade dos solos, antecedendo ou acelerando processos erosivos superficiais e influenciando no transporte de minerais em solução (Queiroz Neto, 2000).

Basicamente, na região do estudo foram encontrados, além do latossolo vermelho amarelo do top do contato do *Glint*, temos na parte inferior, na superfície sertaneja periférica o que se predomina na região de altitude baixa circunvizinha, o solo Podzólico Vermelho Amarelo, que são solos minerais, não hidromórficos, com seqüência de horizontes. Segundo o Empraba (2006), no Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará, temos um solo raso a fraca textura argilosa cascalhenta, fase caatinga hiperxerófila e relevo suave ondulado.

Considerações Fitoecológicas

Basicamente, o enclave de pesquisa faz parte da área de influência da Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Mata Úmida), predominantemente densa e de porte arbóreo, árvores que podem alcançar até 30 m de altura, com raízes profundas, sendo em grande parte latifoliadas (folhas largas e grandes, geralmente presente em regiões quentes para permitir a intensa transpiração) e subperenifólias (grande número de folhas largas e troncos delgados, densa, e o solo coberto por camada de húmus). Segundo Pereira et al. (2005), também há a presença de epífitas e cipós, e alguns arbustos de forma dispersa no interior da mata, constituindo-se como a unidade de vegetação com maior biodiversidade do Ceará.

Obviamente, o barramento da altitude e exposição aos ventos úmidos são os principais determinantes da ocorrência dessa floresta, diferente da dinâmica, por exemplo, da importância da água subterrânea da Chapada do Araripe, cuja ressurgência nas encostas contribui para a permanência da vegetação florestal.

Segundo Fernandes et. al. (1975), as chuvas orográficas são os condicionantes principais da ocorrência das florestas serranas aliadas a outra forma de precipitação – o orvalho – determinado pelo nevoeiro sobre os níveis mais elevados. Por essa razão, o limite das Matas

Serranas com o outro tipo de vegetação a seguir não é uma linha da mesma altitude em torno das serras.

A fisionomia da vegetação é semelhante tanto para as serras cristalinas como para as sedimentares. No entanto, a composição florística apresenta diferenças. Árvores de caules retilíneos, espessos, cobertos, muitas vezes, com líquens, orquídeas, samambaias e bromeliáceas alcançam 30 m. A estratificação vertical apresenta três ou quatro sinúrias.

No predomínio estrato arbóreo, as árvores alcançam até 30 m de altura, com raízes profundas, sendo em grande parte latifoliadas e subperenifólias, com presença de epífitas e cipós, e alguns arbustos de forma dispersa no interior da mata, constituindo-se como a unidade de vegetação com maior biodiversidade do Ceará (Pereira et. al., 2005).

A Análise Integrada tem sua dinâmica para a reciprocidade de influências dos geossistemas, o solo conta a história da fitogeografia, bem como temos o inverso. Como Embrapa (2006) relata, a formação dos latossolos é basicamente influenciada por processos que realizam a remoção de bases trocáveis (nutrientes) e sílica do perfil por lixiviação. Em função disso, comumente apresentam textura média e, às vezes, argilosa, além de serem também porosos e muito intemperizados.

Por outro lado, se analisarmos a tabela a seguir, podemos observar o profundo desequilíbrio ambiental provocados pelas queimadas, pois vem se ocorrendo em diferentes unidades fitogeográficas do Estado, causando sérios prejuízos no contexto da diversidade paisagística e florística.

Figura 1: Tabela com registros de focos de calor identificados: Macrorregião de Sobral – Ibiapaba.

Unidades Fitogeográficas	Área das Unidades (km ²)	2000	2005	2009
Caatinga Arbustiva Aberta	7.416,452	10	76	67
Caatinga Arbustiva Densa	518,538	2	5	1
Carrasco	2.954,594	9	32	25
Cerrado	8,770	-	-	-
Complexo Vegetacional da Zona Litorânea	150,695	-	2	2
Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea)	2.196,582	-	156	65
Floresta Mista Dicotilo-Palmaceae (Mata Ciliar com Carnaúba)	356,526	-	4	2
Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata Seca)	1.181,041	4	95	34
Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-Nebular (Mata Úmida)	1.873,030	15	88	44
Total	16.656,23	40	458	240

Obs.: (-) Sem registro

Fonte: Adaptado por Gomes, 2011.

Nesse contexto, significa que existe uma séria vulnerabilidade natural dos ambientes que compõe a cobertura vegetal, que podem ser materializados a partir dos focos de calor, identificados na tabela a seguir.

Inclusive, um termômetro bastante interessante para diagnosticar áreas que sofreram queimadas nesses locais é a presença excessiva de palmeiras de babaçu (*Attalea speciosa* Mart ex Spreng), uma árvore de crescimento extremamente rápido e que pode atingir uma altura até 30 metros, A sombra formada pelas palmeiras impede o desenvolvimento de outras espécies de árvores, alterando completamente a ecologia dessas áreas. Apesar de ser uma espécie nativa, as palmeiras de babaçu nessas situações passam a ser consideradas como uma espécie invasora.

A dominância de uma única espécie, como é o caso do babaçu, é um caráter atípico das florestas tropicais e resulta da alta resistência dessa espécie ao fogo, além da grande capacidade de colonizar áreas abertas (Muniz, 2004).

Outro fator que precisa ser levado em consideração no aspecto Fitoecológico são os enclaves de remanescentes de mata atlântica presentes no enclave de estudo, vegetação que é protegida por lei, especificamente a Lei nº 11.428/ 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica.

Essas áreas são conhecidas genericamente como áreas de tensão ecológica, caracterizadas por vegetação de transição, podem apresentar ora um mosaico de floras de duas ou mais formações, constituindo enclaves de um tipo de flora dentro de uma formação dominante. O ecótono constitui uma mistura florística entre tipos de vegetação próprios de diferentes formações ou domínios que se contatam. Portanto, podemos considerar a área de estudo como um ecótono. No entanto, usar-se o termo enclave para representar agrupamentos vegetais diferenciados da flora do entorno, em pequenas extensões contidas dentro de uma formação dominante.

Condicionantes Sociais: Uso e Ocupação

A região da Ibiapaba, pelas características fitogeográficas e condições agricultáveis de suas terras, tem como atividade antiga e atual a produção agrícola. Apesar dessa demanda ter avançado bastante com o crescimento pela procura de commodities agrícolas em todos os níveis da cadeia econômica, temos no enclave de estudo uma presença tímida de atividades pastoris e agrícolas, sobretudo com predominância familiar, de pequeno porte e de baixo impacto. Apesar do cenário menos hostil, essa realidade pode alterar à medida que as regiões em que predominam a agricultura de monocultura, como a área circunvizinha ao Açude Jaburu, saturem seus espaços que, também, conflituam com a atividade de geração de energia eólica.

A principal atividade coercitiva de uso e ocupação diagnosticada foi a especulação para atividades de empreendimentos turísticos e a locação de residências para veraneio. E, com o crescimento econômico da região, é previsível que esse uso e ocupação cresça desordenadamente, se não houver gestão sustentável desse território.

Soma-se a isso um empoderamento da região com o crescimento da atividade turística, seja com o turismo interno, no fluxo de pessoas da própria Ibiapaba, seja das regiões circunvizinhas e, até mesmo, de outros estados. Empreendimentos, tais como o “Sítio do Bosco” em Tianguá, por exemplo, viraram pontos de referência do turismo regional.

Segundo Montoro (2001), o turismo é um fenômeno social, tendo em vista os múltiplos impactos causados pelos visitantes em cenários definidos (localidades receptoras), provocando, também, trocas e interações sociais singulares. Os impactos causados aparecem, também, como decorrência de realidades sociais em transformações. Apesar do efeito coercitivo da especulação sobre áreas de proteção, há, em contrapartida, o advento de emprego de tecnologias, ampliação de formas de lazer, presença de meios de comunicação e informação, mudanças profissionais, desenvolvimento sustentável e preservação ambiental, no planejamento sustentável, na definição de políticas públicas voltadas ao turismo, nos movimentos sociais, nas empresas. Esses fatores influenciam diretamente a política de desenvolvimento do turismo e, por isso, merecem atenção e debate.

Apesar de Brasil (2012) definir as Áreas de Preservação Permanentes (APP's), que no estudo em questão engloba a borda da chapada e as declividades no reverso dissecado, foram constituídos empreendimentos de lazer nesta área. Contudo, exemplificando, como no Sítio do Bosco, pela relevância na empregabilidade e pela característica de evidência do tema meio ambiente na abordagem da área, passa-se a observar uma contrapartida, como defende Moura-Fé (2015) na constituição de um geomorfossítio de grande relevância, com observações de paisagens, grutas, olhos d'água e abundância de vegetação e observação de atividades climáticas.

Logicamente, quando se defende a relevância do custo social desses empreendimentos, não se negligencia a necessidade de definir parâmetros mais rígidos de planejamento do uso dessa área, nem do marco temporal que limite novos empreendimentos para respeitar a capacidade do uso desse solo, bem como evidencia a legislação vigente.

De acordo com Catelani e Batista (2007), as APP's foram criadas para proteger o ambiente natural, o que significa que não são áreas apropriadas para alteração de uso da terra. Dito de outra forma, o regime de proteção das APP's é bastante rígido: a regra é a da intocabilidade, admitida excepcionalmente a supressão da vegetação apenas nos casos de baixo impacto ambiental, utilidade pública ou interesse social, legalmente previstos.

Contudo, a regra de intocabilidade não é de fácil aplicação em um país com fortes demandas sociais, econômicas e políticas, notadamente em suas regiões menos desenvolvidas, como é o caso do Brasil. Além disso, a proteção setorializada implica em lacunas de proteção em ecossistemas de maior escala de amplitude (Moura-Fé, 2015, p. 204; Moura-Fé et al., 2014; 2015; Pinheiro et al., 2013).

Aliás, os conceitos de geodiversidade e geoconservação, juntamente com o geoturismo, formam o trinômio fundamental para a divulgação, valorização e conservação do patrimônio natural (Bento e Rodrigues, 2010) e seus sítios, os quais, per si, se configuram como um elo entre esses conceitos, por serem os locais de ocorrência de geodiversidade, se configurarem como formas de geoconservação e como locais para o desenvolvimento da atividade geoturística (Moura-Fé, 2015).

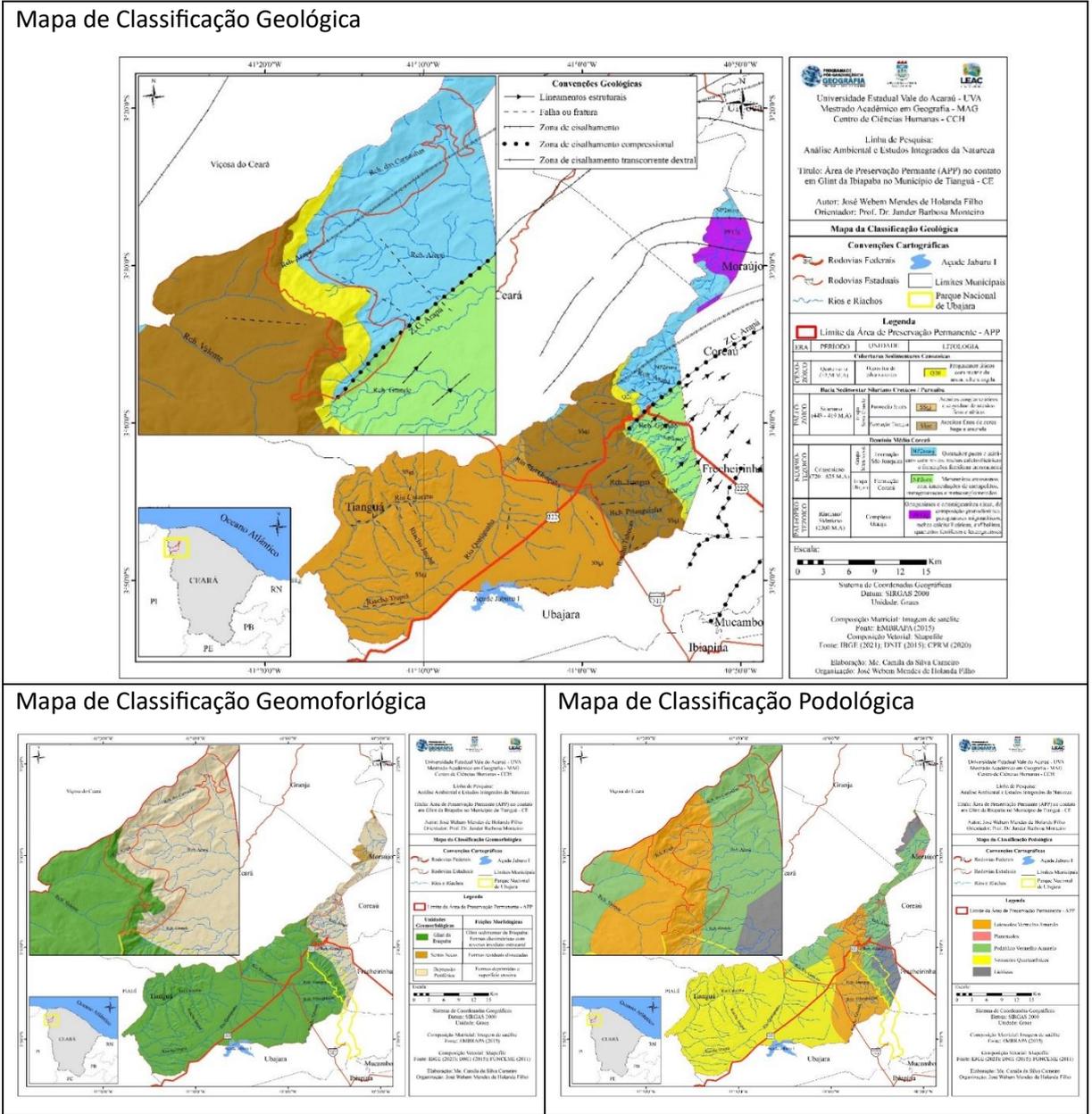
Outra questão delicada no uso e ocupação é a procura por casas de veraneio no enclave de estudo, que vem crescendo na medida em que os empreendimentos turísticos divulgam as belezas naturais da região. Inclusive, em face da pandemia de Covid dos últimos anos, esse crescimento acelerou pela procura de glebas. A procura de lazer nunca esteve tanto em evidência.

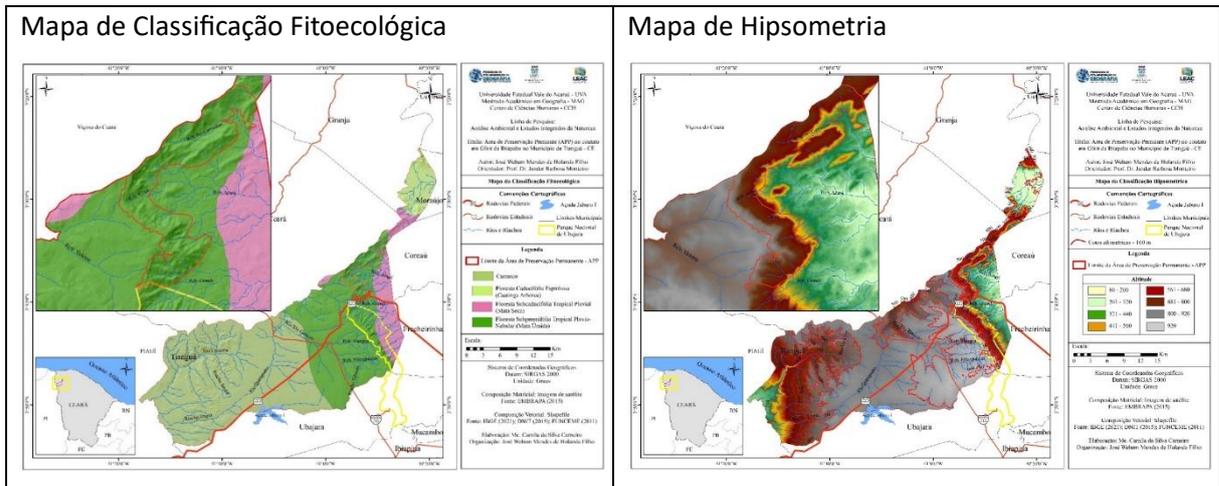
Essa especulação por casas de veraneio reflete uma questão sensível, relacionada à preservação da área/vegetação, pois a maioria não possui escrituras e nem respeitam os módulos fiscais do INCRA, por se tratar de área rural, para desmembramento de terras para a região.

E, por conseguinte, para cada área antropizada, em que serão inseridas casas de veraneio, tem-se mais supressão vegetal ilegal, somados com a falta de fiscalização, ampliando a área de impacto, diminuição da flora nativa da região, além de interferir também nos fluxos de fauna nativa da região, como é o caso dos Macacos pregos, uma espécie do gênero *Sapajus*, sempre avistados na região.

Por fim, apresentamos os produtos cartográficos de acordo com o perímetro do projeto, identificados nos elementos que constituem cada geossistema (geologia, geomorfologia, pedologia e fitoecologia), acrescentando um mapa hipsométrico, representado no mosaico.

Figura 02: Mosaico com produtos cartográficos dos geossistemas e hipsometria.





CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho foi fundamental e crucial para trazer um entrelaçamento da doutrina jurídica que nasceu, obviamente, de um anseio social, na simbiose com a ciência geográfica. Atualmente, o enclave de estudo é a maior preocupação ambiental do município, representando um amplo desafio de gestão das Áreas de Preservação Permanentes (APP's), que neste caso são as bordas da ideia genérica de chapada, coincidindo e com uma característica geográfica bastante interessante da Ibiapaba, que é exatamente a geoforma *Glint*, que traz características peculiares e uma exuberância de diversidade que faz com que eleve o nível de importância de preservação do local.

Ademais, temos um entendimento dos aspectos geológicos e geomorfológicos que nos traz uma dimensão de estabilidade geológica do tipo de cuesta da Ibiapaba, em virtude do *Glint*, onde observamos uma escarpa na base mantida em parte pelo material cristalino, em parte sobre o material sedimentar sobreposto, material da formação Tianguá, como identificado.

Normalmente, nessa região, ocorrem deslizamentos no período chuvoso, principalmente nas encostas da vertente, mas algo pontual. Não obstante, a erosão do material cristalino no contato com o material sedimentar, é algo que merece atenção das autoridades, evidenciando que nas bordas é necessário mais rigor de qualquer tipo de uso, pois essas espécies de pequenas cavernas são mais vulneráveis. Essa erosão no contato do *Glint*, inclusive, removeu partes do embasamento cristalino, face às menores condições de resistência das rochas que o caracterizam em relação ao material sedimentar, exatamente formando o que chamamos de festonamentos. Essa área também possui o depósito de talus, que acaba sendo uma movimentação viva do relevo da Ibiapaba, onde é crucial sua preservação, sendo um local de rigor absoluto quanto a intervenção humana.

Outra característica que evidencia uma singularidade do perímetro de estudo é o enclave da presença da Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Mata Úmida), com renascentes de mata atlântica, quase que um oásis em meio ao sertão nordestino, característica essa que faz com que a Ibiapaba seja fruto de turismo ecológico, mas que necessita ser mais bem dimensionada a relação do valor econômico com a questão da preservação em si.

O controle das queimadas, como evidencia a proliferação de palmeiras babaçu, é algo que as autoridades devem se debruçar e planejar para uma gestão capaz de ter saídas nas adversidades

do período de estiagem de chuvas, principalmente na região do sopé, onde já temos uma vegetação semiúmida, com característica das espécies que ficam mais secas nesse período intermitente, pois normalmente as queimadas se originam desses locais.

Esses aspectos físicos, alinhados com o Turismo, observando o que afirma Montoro (2001), como um fenômeno social, com múltiplos impactos causados pelos visitantes, tem-se a necessidade de planejar melhor uma legislação específica para intervenções nas Áreas de Preservação Permanentes (APP's), para complementar a Resolução Conama nº 369/ 2006, que é uma norma pouco específica, carecendo de características locais, com a doutrina de índices de ocupação bem definidos e com processo mais rigoroso de licenciamento.

Apesar dessa preocupação com o turismo, evidenciou-se no trabalho que os empreendimentos turísticos ainda preservam boa parte das características originais do local, mas a urbanização de casas de veraneio traz uma preocupação maior em observação a questão dos desmembramentos ilegais do solo, observando áreas de desmatamento maior no conjunto dos parcelamentos dos terrenos.

Nesse aspecto, é importante o plano diretor da cidade ser ampliado para zona rural, propondo um zoneamento de uso bem específico, seja para o turismo ecológico, seja para preservação total da região. Como defende Moura - Fé (2015), o geoturismo alinhado com uma proposta sustentável pode ser a saída para atenuar os impactos nesses locais e garantir uma cadeia de envolvidos da sociedade na preservação da natureza, mas com acesso a população para usufruir não só da questão cênica do local, do contato com a diversidade, seja biológica ou geográfica, como uma forma, também, de educação ambiental no sentido *latu sensu*.

Podemos dizer que a principal propositura deste trabalho é a constituição de um geoparque dos mirantes da Ibiapaba, algo que faria com que uma curadoria específica de fiscalização atuasse na extensão dos próprios limites, inclusive, como uma extensão do parque nacional de Ubajara e suas zonas de amortecimentos contidas no plano de manejo.

Por fim, o tema da preservação geoambiental no município de Tianguá inaugura um debate pertinente na sociedade civil local sobre a necessidade de planejamento e constituição de mecanismos para consolidar resultados e garantir nosso patrimônio enquanto organização humana, sendo o geoturismo fonte de renda para nossa comunidade ao longo dos séculos, como vanguarda de uma política ambiental eficaz.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. e FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981.

BENTO, L. C. M. e RODRIGUES, S. C. O Geoturismo como instrumento em prol da divulgação, valorização e conservação do patrimônio natural abiótico – uma reflexão teórica. **Revista Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas**. v. 3, n. 2, p. 55-65, 2010.

BERRY, L. & Rouxton, B. The Evolution of Hong-Kong Harbeur Basin. **Zeits. Fur Geomorph.**, Berlim, 4, p. 97-115, 1957.

BERTALANFFY, Ludwig von. **Teoria geral dos Sistemas**. Trad. Francisco M. Guimaraes. 2. Ed. Vozes: Brasilia, INL, 1975.

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique. *Revue géographique des Pyrénées et sud-ouest*, v. 39, fasc. 3, p. 249-272, 3 fig., 2 pol. Phot.h.t. 1968.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Institui o novo código florestal brasileiro. Brasília, DF: Centro Gráfico, 2012.

BRASIL. **Lei nº 6.938/ 1981**, definiu uma Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1981.

BRITO NEVES B. B.; PASSARELLI C. R.; BASSEI M. A. S.; SANTOS E. J. Idades U-Pb em zircão de alguns granitos clássicos da Província Borborema. **Revista do Instituto de Geociências – USP**. Geol. USP Série Científica, v. 3, p.25-38. 2003.

BRITO NEVES, B. B. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrescionário andino. **Revista Brasileira de Geociências – SBG** (São Paulo-SP), v. 29, n. 3, p. 379- 392, 1999.

BRITO NEVES, B. B. **Regionalização geotectônica do precambriano nordestino**. 1975. 207 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1975.

CACAMA, M. S. J. B.; JARDIM DE SÁ, E. F.; SILVA, F. C. A.; LINS, F. A. P. L. **Assinatura estrutural e geofísica da Porção Norte (fronteira Ceará/Piauí) do Lineamento Transbrasiliense**: reativação na Bacia do Parnaíba. *Geologia USP, Série Científica*, v. 15, n. 3-4, p. 6-81, 2015.

CATELANI, C. S. e BATISTA, G. T. Mapeamento das áreas de preservação permanente (APP) do município de Santo Antônio do Pinhal, SP: um subsídio à preservação ambiental. **Revista Ambiente e Água**, v. 2, n. 1, 2007.

CAVALCANTE, J. C.; VASCONCELOS, A. M.; MEDEIROS, M. F.; PAIVA, I. G.; GOMES, F. E. M. **Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2003. Escala 1:500.000.

CLAUDINO-SALES, V. e PEULVAST, J-P. Evolução Morfoestrutural do Relevo da Margem Continental do Estado Do Ceará, Nordeste do Brasil. **Revista Caminhos de Geografia –UFU** (Uberlândia-MG), v. 7, n. 20, p. 1-21, 2007.

CLAUDINO-SALES, V. e PEULVAST, J-P. Geomorfologia da Zona Costeira do estado do Ceará, Nordeste do Brasil. In: SILVA, J. B. et al. (Org.). **Litoral e Sertão: Natureza e Sociedade no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

CLAUDINO-SALES, V. Os Litorais Cearenses. In: SILVA, J. B. et al. (Org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: edições Demócrito Rocha, 2005.

CLAUDINO-SALES, V.; LIMA, E. C.; DINIZ, S. F.; CUNHA, F. S. e S.da.
Megageomorfologia do Planalto da Ibiapaba, Estado Do Ceará: Uma Introdução. **Revista de Geomorfologia Williim Morris Davis**, Sobral, William Morris Davis - Revista de Geomorfologia, v. 1, n. 1, p. 186-209, 2020.

COSTA, M. J.; FRANÇA, J. B.; LINS, C. A. C.; BACCHIEGGA, I. F.; HABEKOST, C. R. e CRUZ, W. B. **Geologia da Bacia Jaibaras: Ceará Piauí e Maranhão**. Projeto Jaibaras. Ministério das Minas e Energia (MME) / Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM): Brasília, 1979.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 1:500.000, 2003.

CPRM. **Projeto mapa geológico e de recursos minerais do estado do Ceará**. Organizadores Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo [e] Edney Smith de Moraes Palheta. – Escala: 1:500.000 – Fortaleza: 2021.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006, 306 p.

FERNANDES, A. G.; GOMES, M.A.F. **Plantas do Cerrado no Litoral Cearense**. 1975. XXVI Congresso Nacional de Botânica. p. 167-173.

GÓES, A. M. O. e FEIJÓ, F. J. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 08, n. 1, p. 57-67, 1994.

GOMES, P. C. C. **Geografia e modernidade**. 10.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

LIMA, D. B. **Análise temporal da cobertura e uso da terra como subsídio ao estudo de degradação ambiental da serra da Meruoca – Ceará**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza: UECE, 2014.

MAIA, R. B.; BEZERRA, F. H. R. e CLAUDINO-SALES, V. Geomorfologia do Nordeste: concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento. **Revista de Geografia**, v. 27, p. 6-19, 2010.

MATOS, R. M. D. **Tectonic evolution of the Equatorial South Atlantic**. In: Atlantic Rifts and Continental Margins. Geophysical Monograph, American Geophysical Union, n. 115, p.331-354, 2000.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.

MONTORO, Tânia Siqueira. **Cultura do Turismo Desafios e Práticas Socioambientais**. Brasília. Universidade de Brasília, 2001.

MOURA-FÉ, M. M.; ALBUQUERQUE, A. G. B. M. e FREITAS, E. M. N. A proteção do ecossistema manguezal pela legislação dos estados do Nordeste brasileiro. **Revista Estudos Geográficos – UNESP (Rio Claro-SP)**, v. 12, n. 2, p. 30-44, 2014.

MOURA-FÉ, M. M. **Evolução Geomorfológica da Ibiapaba setentrional, Ceará: Gênese, Modelagem e Conservação.** Tese de Doutorado apresentado ao PPGG da UFC, Fortaleza - CE, 2015. 307 p.

MUNIZ, F. H. A vegetação da região de transição entre a Amazônia e o nordeste, diversidade e estrutura. In: MOURA, E G., (Ed.) **Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil.** Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual de Maranhão. São Luis: UEMA, 2004. p.53-69.

PEREIRA, R. C. M. e SILVA, E. V. Solos e vegetação do Ceará: características gerais. In: SILVA, J. B. et al. (Org.). **Ceará: um novo olhar geográfico.** Fortaleza: edições Demócrito Rocha, 2005.

PEULVAST, J. P. e VANNEY, J. R. **Géomorphologie Structurale**, v. 1: Relief et structure. Paris/Orléans: Gordon and Breach et BRGM, 2001a. 505 p.

PEULVAST et al. Low post-Cenomanian denudation depths across the Brazilian northeast: implications for long-term landscape evolution at a transform continental margin. **Global and Planetary Change**, Amsterdam, v. 62, n. 1-2, p. 39–60, 2008.

PINHEIRO, M. V. A.; MOURA-FÉ, M. M. e FREITAS, E. M. N. Os Ecossistemas dunares e a legislação ambiental brasileira. **Revista GeoUERJ (Rio de JaneiroRJ)**, v. 24, n. 2, p. 1-26, 2013.

PRADO, F. S.; MENDONÇA, J. C. G. S.; MORAIS, J. B. A.; MEDEIROS, M. F. ASSUNÇÃO, P. R. S.; ANDRADE, V. A.; MEDEIROS, R. P. **Geologia de região NW do Estado do Ceará: Projeto Martinópole.** Brasília: DNPM, 1981. (DNPM. Série Geologia, 23; Seção Geologia Básica, 17).

QUEIROZ NETO, J. P. Geomorfologia e pedologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia – UGB (Porto Alegre-RS)**, v. 1, n. 1, p. 59-67, 2000.

QUEIROZ NETO, J. P. Relações entre as vertentes e os solos: revisão de conceitos. **Revista Brasileira de Geomorfologia – UGB (Porto Alegre-RS)**, v. 12, n. 3, p. 15-24, 2011.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas.** Instituto de Geografia da USP. São Paulo, 1977.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas: o método em questão.** USP, São Paulo, v.16, p. 1-50, 1977.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE: Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

VAUCHEZ, A.; NEVES, S.; CABY, R.; CORSINI, M.; EGYDIOSILVA, M.; ARTHAUD, M.; AMARO, V. The Borborema shear zone system, NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 8, n. 3/4, p. 247 – 266, 1995.

VAZ, P. T.; REZENDE, N. G. A. M.; WANDERLEY FILHO, J. R. e TRAVASSOS, W. A. S. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 15, n. 2, p. 253- 263, 2007.

COMPARATIVO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS ABIÓTICOS NOS PLATÔS DE PORTALEGRE, MARTINS, E A SUPERFÍCIE DE APLAINAMENTO AO ENTORNO

Marcelo Alves de Souza
Francisco Hermínio Ramalho de Araújo
Marco Túlio Mendonça Diniz
Fernando Eduardo Borges da Silva

INTRODUÇÃO

É notável que os estudos referentes ao meio biótico são consideravelmente mais desenvolvidos do que o meio abiótico, em contrapartida tem-se nas últimas décadas um maior interesse em questões relacionadas ao meio físico, principalmente no início da década de 1990. A partir daí a Geodiversidade foi sendo alvo de estudos científicos por geólogos e geógrafos (NASCIMENTO; SANTOS, 2013). Segundo Gray (2013, p.12), a Geodiversidade corresponde “a variedade natural (diversidade) geológica (rochas, minerais, fósseis), geomorfológica (forma da terra, processos), características do solo e hidrológicas. Inclui seus conjuntos, relações, propriedades, interpretações e sistemas”. Assim podemos considerá-la como a variedade do meio abiótico.

Como a intensa exploração da natureza ameaça a Geodiversidade ampliam-se as discussões acerca da conservação do meio abiótico ou geoconservação. Geoconservação são estratégias que têm por objetivo a conservação e gestão do patrimônio geológico e processos naturais a ele associados (BRILHA, 2005). Para Sharples (2002) a geoconservação objetiva preservar a Geodiversidade, ou seja, processos e particularidades dos elementos geológicos, geomorfológicos e pedológicos, de modo que se perpetue a evolução dos processos e dos elementos de forma natural. Considerando isso, a conservação da natureza se trata de uma valorização do patrimônio natural, com isso, existem diversas formas de compreender se o elemento é apto a ser conservado ou não, como por exemplo através da avaliação de patrimônio geomorfológico de Araújo (2021), dos serviços ecossistêmicos, entre outros.

Na discussão sobre a geoconservação é necessário refletir quais os valores ou serviços que os elementos abióticos prestam para o ser humano e o meio ambiente (RABELO et al., 2018). De acordo com Hjort et al. (2015) a Geodiversidade, ao ser amparada pela geoconservação, oferece uma gama de serviços ecossistêmicos fundamentais para a sociedade que na maioria das vezes desconhece pela pouca divulgação.

Tratando dos serviços ecossistêmicos, Daily (1997, p. 3) descreve que:

as condições e processos através dos quais os ecossistemas naturais e as espécies que os compõem, sustentam e cumprem a vida humana. Eles mantêm a biodiversidade e a produção de bens do ecossistema, como frutos do mar, forragem, madeira, combustíveis de biomassa, fibra natural e muitos produtos farmacêuticos, produtos industriais e seus precursores.

Tanto os sistemas bióticos como os abióticos fornecem e compartilham serviços ecossistêmicos (GRAY, 2011). Sendo esse último o foco principal desse trabalho denominado de serviços ecossistêmicos da Geodiversidade que, segundo Gray, Gordon e Brown (2013) são os

benefícios (bens e serviços) que a natureza abiótica dá à sociedade. Ainda de acordo com esses autores, a valorização total e a gestão cuidadosa para sustentar e aumentar o capital natural devem garantir a disponibilidade desses benefícios para as gerações futuras.

Para identificar os benefícios prestados pela Geodiversidade Gray, Gordon e Brown (2013) forneceram uma classificação adaptada da proposta de Gray (2011) e seguiu uma abordagem semelhante utilizando as quatro categorias propostas na Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MEA, 2005). Os autores agruparam os serviços ecossistêmicos em: regulação, suporte, provisão e culturais (GRAY; GORDON; BROWN, 2013).

A partir desta classificação dos serviços ecossistêmicos da Geodiversidade torna-se mais compreensível identificar quais benefícios dos elementos abióticos está direta e indiretamente envolvida com os ecossistemas (RABELO et al., 2018). Deve-se salientar que os tipos de serviços podem ser ofertados em maior ou menor quantidade de acordo com os diferentes ecossistemas.

É nesse contexto que o presente trabalho tem como objetivo de analisar e apresentar um comparativo dos diversos serviços ecossistêmicos abióticos presentes nos platôs de Portalegre e Martins em relação aos que se apresentam nas imediações do mesmo, ou seja, na superfície de aplainamento, mostrando sua relevância para aqueles que usufruem desses serviços fornecidos. A pesquisa justifica-se pelo fato de trazer uma discussão científica voltada para os estudos dos serviços ecossistêmicos, incluindo os componentes abióticos, no caso a Geodiversidade, e sua importância para a sociedade, já que usufruem desses benefícios.

MATERIAIS E MÉTODOS

Primeiramente foi feita uma inventariação das áreas, tratando dos aspectos geomorfológicos, geológicos, climatológicos, entre outros. Em seguida uma análise de qualificação que visa identificar os benefícios oferecidos pelos locais estudados.

ÁREA DE ESTUDO

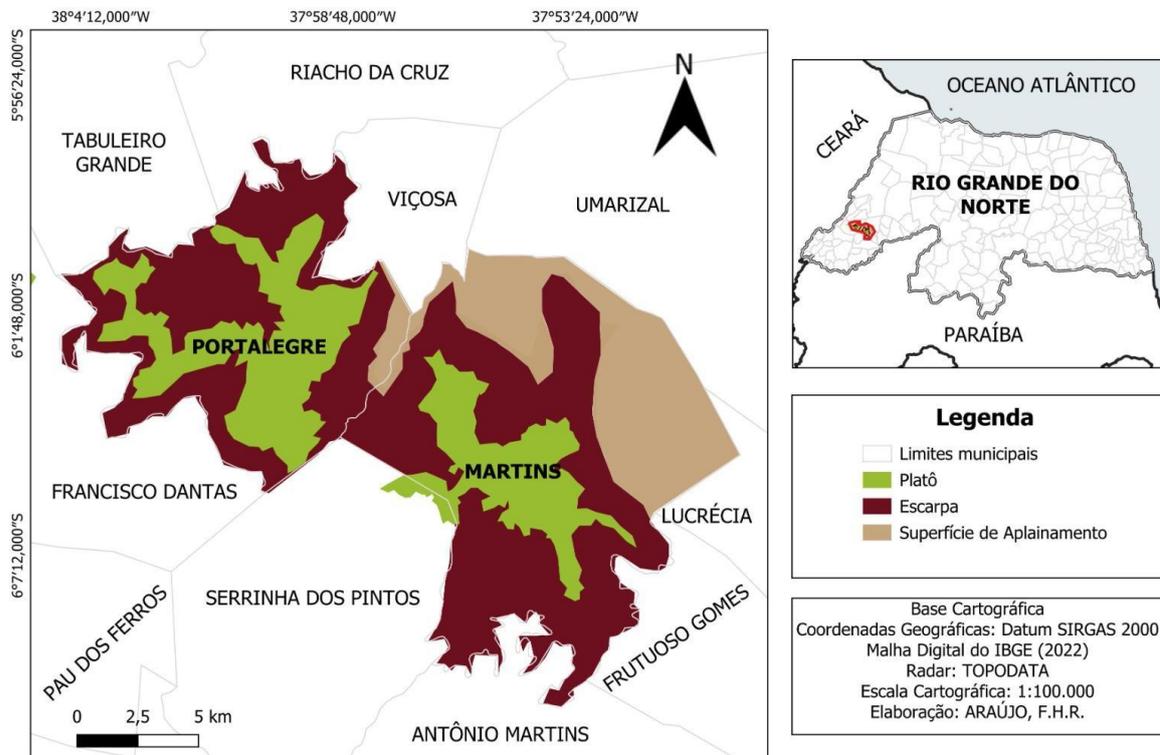
A área estudada fica sob as coordenadas: 06° 05' 12" S e longitude: 37° 54' 45" W, nos municípios de Portalegre e Martins, Rio Grande do Norte (figura 1). Trata-se de dois platôs e a superfície de aplainamento que fica ao entorno.

Os platôs de Portalegre e Martins possuem características bem particulares em relação ao entorno, no que tange à aspectos geomorfológicos, geológicos, climatológicos e pedológicos. Essas características distintas contribuem para a atuação e disposição de benefícios fornecidos pelos serviços ecossistêmicos.

Esses platôs possuem cobertura arenítica de idade paleo-neogênica que repousa no embasamento cristalino, a Formação Serra dos Martins (MENEZES, 1999) é composta por arenitos e sedimentos siltsos e argilosos que estão sobrepostos ao embasamento cristalino (MEDEIROS, 2016). A cobertura arenítica mede em torno de 30 metros de espessura de modo que está recobrando diversos maciços cristalinos que estão nos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba (MAIA; BETARD; BEZERRA, 2016). Além disso, o maciço é composto por rochas das suítes intrusivas Itaporanga e Poço da Cruz.

O local passou por processos de inversão do relevo “No Nordeste brasileiro, vários trabalhos atestam os efeitos dos processos de inversão do relevo, sejam de ênfase estrutural a partir da análise da resposta no relevo às reativações tectônicas, sejam enfatizando o papel exercido pela erosão diferencial do embasamento” (MAIA; BETARD; BEZERRA, 2016, p.274). Segundo Oliveira e Medeiros (2012) o vulcanismo Macau de idade neógena corroborou para a ocorrência da epirogênese que originou o maciço da Borborema, acontecendo o efeito de underplating, maciço de Martins-Portalegre se trata de relevo residual do antigo Domo Borborema.

Imagem 1 - Mapa de localização dos platôs de Portalegre e Martins e a superfície de aplainamento



Fonte: Acervo dos autores (2023).

O local passou por sucessivas oscilações do lençol freático, e por diversas fases de umedecimento e secagem os óxidos de ferro como hematita e goethita que se acumulam formando mosqueados, em seguida chega a causar o endurecimento do material formando a petroplintita ou laterita tanto no arenito Serra do Martins como nos Latossolos provenientes dessa rocha. Dessa forma, a laterita no platô dificulta o recuo das vertentes, já que o material possui uma elevada resistência, acontecendo a perduração deste relevo residual de pequenas chapadas ou de morros testemunhos.

A área se concentra no semiárido nordestino e por meio de condições diferenciais de topografia podemos considerar uma área de exceção, chegando algumas partes a cerca de 700 metros de altitude com desnível de pelo menos 300 metros em relação a superfície de aplainamento que circunda o maciço. Dessa forma, ocasiona condições climáticas singulares em comparação com seu entorno, o relevo condiciona chuvas orográficas, além de temperaturas mais amenas na área

(TORRES; MACHADO, 2011). Medeiros (2016) em sua tese de doutorado identifica a Serra de Martins como uma paisagem de exceção, um verdadeiro brejo de altitude.

Devido aos maiores índices pluviométricos no platô teremos uma maior distribuição de solos mais bem desenvolvidos, consequência da maior atuação dos processos intempéricos. Desse modo, na parte mais aplainada do platô teremos uma maior presença de Latossolos Amarelos, por outro lado, na área de sotavento e nas mais declivosas como por exemplo na parte coluvial e acidentadas do platô, devido a menor atuação do intemperismo químico se perpetuam os Neossolos Litólicos, ademais, em algumas partes do platô temos os Argissolos vermelho-amarelos (QUEIROZ, 2021).

A segunda área estudada é circunvizinha aos platôs supracitados, é a parte aplainada e rebaixada dos municípios de Martins e Portalegre, como mostrada na figura 1, no qual terá outros aspectos físicos. Trata-se da superfície de aplainamento que possui a vegetação da Caatinga no espaço estudado coincide justamente com o clima Semiárido que influencia diretamente, onde as precipitações se distribuem majoritariamente em quatro meses do ano, a famosa quadra chuvosa sertaneja, entre os meses de fevereiro até maio. Ademais, segundo Torres e Machado (2008, p.181) “as temperaturas são elevadas e geralmente superiores a 25°C”, a pluviosidade é baixa, ficando em torno de 500 mm anuais, sendo as chuvas, além de escassas, irregulares. Isso é fruto de células de alta pressão que adentram no estado, além disso, se tem uma baixa penetração dos ventos alísios de leste-oeste no inverno (AB’SÁBER, 2003). Essas precipitações são principalmente advindas do deslocamento da zona de convergência intertropical (ZCIT), que atua no estado durante verão e outono, ademais podemos citar os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) que é atuante em alguns casos, eles se originam no atlântico e penetram no interior do estado, ocasionando chuvas, concentrando ar seco na sua parte central e nas partes periféricas forma-se uma área de baixa pressão, favorecendo a formação de chuvas (DINIZ; PEREIRA, 2015).

Conseqüentemente as características pedológicas são típicas de locais com baixos índices pluviométricos, com precipitações que não ultrapassam os 800 mm anuais, isso em termo de classes de solos, são comuns na área os Luvisolos crômicos, bastante característicos do semiárido brasileiro. São solos rasos, contudo os solos das áreas são razoavelmente profundos, em comparação com outras áreas semiáridas, a profundidade se deve à diminuta exploração humana na superfície de aplainamento do entorno do maciço e à presença de rampas de colúvio no sopé do planalto, além disso, essa razoável profundidade é fruto também de fatores naturais, já que esses solos sofrem pouco com os processos intempéricos, devido a pouca precipitação, dificultando assim o aprofundamento do solo. Apesar disso, são solos que na sua maioria vão ter uma boa fertilidade, já que a lixiviação é mais atuante em ambientes úmidos, sendo assim, de forma geral há uma maior quantidade de nutrientes nos solos devido a baixa atuação da lixiviação.

A área é rebaixada, ficando em média 250 a 350 metros de altitude, segundo Diniz et al. (2017) corresponde a Depressão Interplanáltica do Apodi-Mossoró, fazendo parte da Depressão Sertaneja que corresponde a cerca de 24429,5 km² equivalente a aproximadamente a 46% do estado, essas áreas são geralmente aplainadas e passam por sucessivos processos de dissecação. Por se tratar de uma área aplainada o processo de pediplanação é recorrente no local, que segundo Maia, Bezerra e Sales (2010, p.9):

Nesse processo, ocorre a retração lateral das escarpas das vertentes e por consequência, acúmulo de material detrítico em sua base, formando rampas suaves em direção ao

fundo dos vales, denominadas pedimentos. No caso de mantidas as mesmas condições climáticas, ocorre a coalescência dos pedimentos e a formação de amplas superfícies aplainadas denominadas pediplanos.

Em vista disso, temos áreas distintas que por conseguinte refletirá no fornecimento dos serviços ecossistêmicos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De início foi feito um levantamento bibliográfico acerca dos principais autores que abordaram o tema em questão. Nessa etapa também foi feito um levantamento detalhado dos aspectos físico-naturais das áreas de estudo.

Em campo foram realizadas observações empíricas dos fenômenos e coletas de dados a partir de uma ficha de campo adaptada a partir da classificação dos serviços ecossistêmicos abiótico de Gray (2013), Gordon e Barron (2013) Gordon (2015; 2018) que seguiram uma abordagem semelhante à da Avaliação Ecológica do Milênio (MEA, 2005) e agruparam em quatro categorias como podemos observar no quadro 1: serviços de suporte, serviços de regulação, serviços de provisão e serviços culturais.

Quadro 1: Serviços ecossistêmicos e seus benefícios.

SERVIÇO DE REGULAÇÃO	
1.1 Regulação do Clima	A geodiversidade influencia o clima local e globalmente (por exemplo, através dos efeitos da topografia na temperatura e na precipitação). Os processos geológicos e geomorfológicos e os solos desempenham um papel fundamental na regulação do clima através do desgaste das rochas, sequestro de carbono e liberação de gases de efeito estufa.
1.2 Regulação da Qualidade do Ar	Os ecossistemas contribuem e extraem produtos químicos da atmosfera, influenciando muitos aspectos da qualidade do ar.
1.3 Regulação da Água	O tempo e a magnitude do escoamento, inundação, armazenamento de água e recarga de aquíferos podem ser fortemente influenciados pela topografia, solo, depósitos superficiais e leito rochoso.
1.4. Qualidade da Água/Purificação de água e tratamento de resíduos	Rocha, depósitos superficiais e solo atuam como filtros naturais, fornecendo o “tecido” para a regulação da qualidade da água. A zona insaturada (geologia do solo e da subsuperfície que purifica a água percolada) filtra partículas, resíduos orgânicos e outros poluentes antes de atingir o armazenamento das águas subterrâneas. Este serviço reconhece a capacidade dos componentes e processos da geodiversidade de conter, diluir, atenuar e decompor poluentes.
1.5 Controle de inundação	O controle de inundações é frequentemente listado como um serviço do ecossistema, mas muitos dos processos envolvidos são físicos e ecológicos. Por exemplo, sedimentos do solo e do subsolo absorvem grandes quantidades de água da chuva e, assim, reduzem o

	escoamento superficial, ou seja, atrasam e suavizam a entrega de água da chuva aos canais do rio, reduzindo assim as inundações.
1.6 Regulação atmosférica e Oceânica	As circulações da atmosfera e dos oceanos desempenham um papel vital na regulação do clima e da habitabilidade do mundo.
1.7 Risco Natural e Regulação da Erosão	Proteção de pessoas, propriedades e terras contra riscos naturais, como inundações, erosão e deslizamentos de terra.
SERVIÇO DE PROVISÃO	
2.1 Fornecimento de água doce	A geologia fornece o tecido para os aquíferos e dá suporte aos sistemas de águas superficiais. Os solos, a geologia subterrânea e a topografia influenciam o potencial de armazenamento de águas superficiais, enquanto as propriedades dos aquíferos influenciam o potencial de armazenamento e produção de águas subterrâneas.
2.2. Energia (renovável e não renovável)	Geologia, topografia e processos naturais ajudam a fornecer formas renováveis de energia (hidrelétrica, geotérmica, marés, ondas e vento) e as não renováveis (carvão mineral, petróleo, gás natural, etc.).
2.3. Nutrientes e minerais para um crescimento saudável	Minerais e nutrientes são geralmente obtidos de alimentos com níveis consideráveis, os alimentos, por sua vez, obtêm os mesmos do solo.
2.4 Recursos ornamentais	Fornecimento de rochas, fósseis, minerais e agregados para decoração e paisagismo.
2.5 Materiais de construção	Extração de rochas, sedimentos e outros materiais para construção civil.
2.6 Alimentos, fibras, combustíveis, bioquímicos, produtos farmacêuticos e remédios naturais (através de nutrientes fornecidos pelos solos)	Produtos alimentares derivados de plantas, animais e micróbios; Produtos de fibra, incluindo madeira, juta, algodão, cânhamo, seda e lã; Madeira, estrume e outros materiais biológicos; Muitos medicamentos, biocidas, aditivos alimentares como alginatos e materiais biológicos são derivados de ecossistemas;
SERVIÇO CULTURAL	
3.1 Diversidade cultural	A diversidade do ambiente físico é um fator que influencia a diversidade das culturas e identidade cultural.
3.2 Valores espirituais e religiosos e significados culturais	As formações rochosas naturais e os aterros sanitários têm frequentemente valores religiosos ou espirituais associados, também no folclore e lendas locais.
3.3 Sistemas de conhecimento	A sociedade beneficia do conhecimento das propriedades físicas, materiais, processos e história da Terra de muitas maneiras (por exemplo, através da geologia aplicada, engenharia e geologia ambiental, geologia médica e geoforênsica). Registros de alterações

	climáticas e ambientais do passado preservados numa variedade de arquivos (por exemplo, núcleos de gelo, sedimentos oceânicos, aterros sanitários e sedimentos lacustres) permitem uma perspectiva a longo prazo sobre processos do sistema terrestre e dinâmica do ecossistema, tendências e interações humanas. Eles fornecem linhas de base para a monitorização e previsão ambiental, e podem indicar possíveis ecossistemas, respostas a mudanças futuras no clima e outros fatores.
3.4. Educação	A geodiversidade fornece a base tanto para a educação formal como não formal de pessoas de todas as idades, através de aprendizagem e oportunidades de aprendizagem ao ar livre.
3.5 Inspiração artística	A geodiversidade fornece uma rica fonte de inspiração para a arte, literatura, poesia, música, escultura, símbolos nacionais, arquitetura e património construído e jardins.
3.6 Estética	Muitas pessoas encontram beleza natural e valor estético em vários aspectos do ambiente natural, paisagens e vistas cénicas, paisagens interessantes/ bonitas/dramáticas e silêncio/tranquilidade/ paz.
3.7 Relações sociais	Alterações nos serviços ecossistêmicos (por exemplo, disponibilidade de água doce, regulação de cheias ou erosão) pode afetar as relações sociais, particularmente nas culturas que mantiveram fortes ligações aos seus ambientes locais. O voluntariado através de Grupos Locais de Geoconservação também pode fornecer oportunidades de interação social.
3.8 Sentido de lugar	Muitas pessoas valorizam o sentido do lugar que está associado às características reconhecidas do seu ambiente, tais como formações rochosas naturais e paisagens, e a percepção do "sentimento de segurança" é caráter criado por essas características.
3.9 Património cultural e Geopatrimónio	Os geossítios associados a grandes desenvolvimentos em geociência fazem parte do valor cultural do geopatrimónio. Outros geossítios são significativos para as suas associações históricas, literárias ou artísticas ou outros significados culturais. A geodiversidade sustenta o caráter paisagístico e paisagístico do mar e diferentes tipos de paisagem cultural. A utilização de pedra local ou tradicional e outros materiais geológicos dentro do ambiente construído e a conservação das paisagens culturais contribuem para o património cultural de uma área e o seu caráter paisagístico. As memórias culturais são frequentemente expressas através de características naturais tais como montanhas, quedas de água e formações rochosas.
3.10 Qualidade ambiental	A geodiversidade e o geopatrimónio contribuem para a qualidade ambiental que apoia a saúde das pessoas e o bem-estar.
3.11 Recreação e baseada na natureza turismo	As pessoas escolhem frequentemente onde passar os seus tempos livres com base nas características do natural ou características culturais de uma determinada área. As características físicas

	(geodiversidade) sustentam o caráter paisagístico, habitats e ecossistemas valorizados, e as qualidades estéticas e outras qualidades culturais de uma área. Eles proporcionam oportunidades de recreação ao ar livre (por exemplo, caminhadas, escalada em rocha, cavernas, esqui e aventura ao ar livre) e lazer, ou um refúgio tranquilo onde relaxar e refletir, e contribuir para a saúde e o bem-estar das pessoas. Também apoiam o geoturismo, que por sua vez fornece uma fonte de emprego (por exemplo, em geoparques) e uma gama de benefícios relacionais e outros acima descritos que contribuem para a saúde e bem-estar das pessoas e para o seu desenvolvimento educacional e pessoal ao longo da vida.
SERVIÇO DE SUPORTE	
4.1 Processos de formação de solo	A taxa de formação do solo através do intemperismo de rochas e outros materiais de origem (incluindo aqueles derivados da erosão e deposição de sedimentos) é um fator chave no fornecimento de um meio para o crescimento das plantas e habitats de apoio
4.2 Enterro e armazenamento	Os recursos físicos da terra são usados há muito tempo para o enterro humano, colocando corpos na terra (como nas sepulturas) ou em monumentos construídos acima do solo, como as pirâmides ou - em menor escala - montes de pedras ou dolmens. Uma variedade diversificada de tipos de rochas também é usada pelos pedreiros modernos para fazer lápides (Figura 4.3), embora uma propriedade importante aqui seja a durabilidade, principalmente na retenção de inscrições.
4.3 Plataforma para a atividade humana	A geodiversidade fornece uma plataforma para construção e infraestrutura (por exemplo, terreno plano em praias elevadas ou terraços fluviais).
4.4 Ciclagem biogeoquímica	A circulação natural contínua de elementos vitais (por exemplo, carbono e nitrogênio), compreendendo trocas entre a atmosfera, a geosfera e os organismos vivos.
4.5 Provisão de Habitat	O ambiente físico geralmente desempenha um papel enorme no fornecimento de habitats para a biodiversidade, mas isso parece ser raramente reconhecido pelos ecologistas.

FONTE: Adaptado de Gray (2013); Gordon e Barron (2013); Gordon (2015; 2018).

Cada categoria de serviços ecossistêmicos é subdividida em diversos benefícios (GRAY, 2013), que podem ser analisados qualitativamente e depois quantificados. Na análise quantitativa, os serviços ecossistêmicos serão identificados especificando se esses estão presentes de forma direta ou indireta na área de estudo.

A quantificação foi feita através das quatro categorias apresentada no quadro, sendo os serviços de regulação, que será responsável pelo controle natural das condições ambientais, os serviços de provisão com a finalidade de disponibilizar bens materiais para a sociedade, o serviços culturais que têm relação com a sociedade e os aspectos abióticos do ecossistema, ligado

também a exploração no âmbito educacional e científico, e por último o serviços de suporte, basicamente vai dar condições para o desenvolvimento das atividades humanas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Maciço Portalegre-Martins tem seus platôs coberto por sedimentos cenozóicos da Formação Serra do Martins, que por sua vez repousam sobre as rochas paleoproterozoicas da Suíte Poço da Cruz neoproterozóicas da Suíte Intrusiva Itaporanga. O seu entorno é marcado pela superfície de aplainamento do Apodi-Mossoró com presenças de inselbergs e a litologia marcada pelos afloramentos de rochas ígneas e metamórficas.

A Geodiversidade influencia na atuação dos serviços ecossistêmicos e age nas diferentes escalas para produção desses serviços. Nos platôs de Portalegre e Martins podemos identificar quais serviços ecossistêmicos são prestados pelo meio abiótico e a atuação dele de forma direta ou indireta na área do platô (como podemos observar tabela 1) e em seu entorno.

Tabela 1 - Quantificação dos serviços ecossistêmicos presentes nas áreas estudadas.

	CATEGORIAS/BENEFÍCIOS	ÁREA	
		Platôs	Superfície de aplainamento
1.Regulação	1.1 Regulação do Clima	Direta	
	1.2 Regulação da Qualidade do Ar	Indireta	
	1.3 Regulação da Água	Direta	
	1.4. Qualidade da Água/Purificação de água e tratamento de resíduos	Indireta	
	1.5 Controle de inundação	Indireta	
	1.6 Regulação atmosférica e oceânica	Direta	
	1.7 Risco Natural e Regulação da Erosão	Direta	
2.Provisão	2.1 Fornecimento de água doce	Direta	Indireta
	2.2. Energia (renovável e não renovável)	Indireta	Indireta
	2.3. Nutrientes e minerais para um crescimento saudável	Direta	Indireta
	2.4 Recursos ornamentais	Indireta	
	2.5 Materiais de construção	Direta	
	2.6 Alimentos, fibras, combustíveis, bioquímicos, produtos farmacêuticos e remédios naturais (através de nutrientes fornecidos pelos solos)	Indireta	Indireta

3.Cultural	3.1 Diversidade cultural	Indireta	Indireta
	3.2 Valores espirituais e religiosos e significados culturais	Indireta	
	3.3 Sistemas de conhecimento	Indireta	Direta
	3.4. Educação	Direta	Direta
	3.5 Inspiração artística	Direta	Direta
	3.6 Estética	Direta	Indireta
	3.7 Relações sociais	Direta	Direta
	3.8 Sentido de lugar	Direta	Direta
	3.9 Patrimônio cultural e Geopatrimônio	Indireta	Indireta
	3.10 Qualidade ambiental	Direta	
	3.11 Recreação baseada na natureza e turismo	Direta	Indireta
4.Suporte	4.1 Processos de formação de solo	Indireta	Direta
	4.2 Enterro e armazenamento	Direta	
	4.3 Plataforma para a atividade humana	Direta	Direta
	4.4 Ciclagem biogeoquímica	Direta	Direta
	4.5 Provisão de Habitat	Direta	Direta

FONTE: Adaptado de Gray (2013); Gordon e Barron (2013); Gordon (2015); Gordon (2018).

Como podemos ver na tabela 1 dos serviços ecossistêmicos, os platôs de Portalegre e Martins possuem grande relevância no que diz respeito a presença desses serviços, contendo todos os benefícios, como por exemplo no serviço de regulação, fornecendo a regulação do clima, sendo que os efeitos da altitude influenciam na precipitação e temperatura localmente, há também a regulação da água, já que no arenito da Formação Serra do Martins é permeável e infiltra água para abastecimento do lençol freático e assim se distribui em nascentes mais abaixo do maciço, entre outros benefícios. Por outro lado, na superfície de aplainamento não identificou-se nenhum benefício de regulação, como por exemplo a regulação do clima, na qual não é influenciado pelas características do ambiente, e sim pela baixa latitude e a zona de convergência intertropical, além disso, dificulta a regulação da água no que diz respeito a sua qualidade, já que fica em um ambiente cristalino, sendo assim a altitude influencia diretamente em questões voltadas ao serviço de regulação.

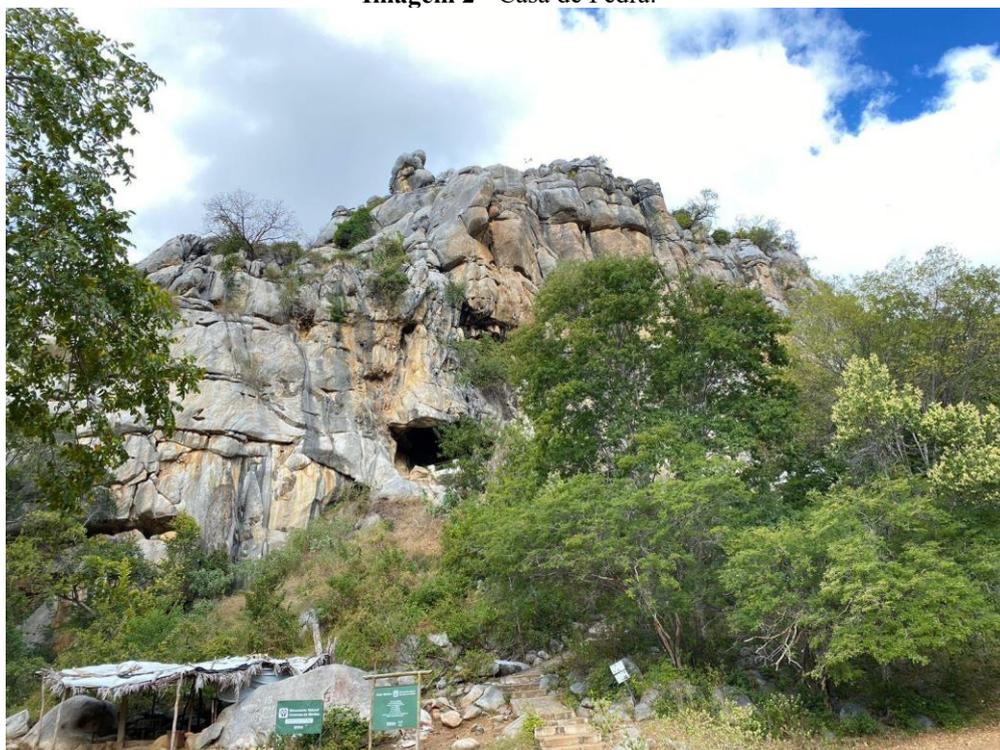
Nos benefícios do serviço de provisão identificou-se que nos platôs há o fornecimento de água doce, principalmente das nascentes, além de nutrientes fornecidos pelo solo garantindo alimentos e remédios naturais, já que o local possui solos mais bem desenvolvidos, sendo que em alguns casos não são tão férteis do ponto de vista de composição mineralógica, porém, são solos favoráveis para o manejo. Na outra área, no item que diz respeito aos nutrientes fornecidos pelo solo se tem um lugar propício com solos férteis, por outro lado, eventualmente são mais difíceis de se trabalhar, devido ao período de maior seca no Nordeste esses solos se encontram secos, resistentes e às vezes bem estruturados. Nos itens de Recursos ornamentais e Materiais de construção não se encontra nenhum tipo de extração de rochas, minerais, para construção

civil ou material decorativo, por outra perspectiva, em cima do platô temos a laterita que em alguns casos é utilizada pela comunidade para determinadas construções.

Tratando dos serviços culturais no platô podemos citar a educação, já que o local é adequado para tratar de assuntos que envolva geomorfologia, como desenvolvimento do relevo, questões climáticas, de como a altitude influencia nos índices pluviométricos, como mirante tanto à barlavento como a sotavento do planalto. Outro benefício é o sentido de lugar para aqueles presentes em um dos municípios, a recreação baseada na natureza e turismo, onde Martins e Portalegre são fortemente influenciados.

Na parte circunvizinha ao maciço onde fica o platô os itens de Patrimônio cultural e Geopatrimônio, Sistemas de conhecimento, Educação, Estética e Inspiração artística, são todos identificados na Casa de Pedra (figura 2), uma caverna em mármore da Formação Jucurutu, sendo um elemento de estudos científicos, utilizada para aulas de campo e exemplificação de alguns conteúdos, além de ser esteticamente bela e retratada em pinturas.

Imagem 2 - Casa de Pedra.



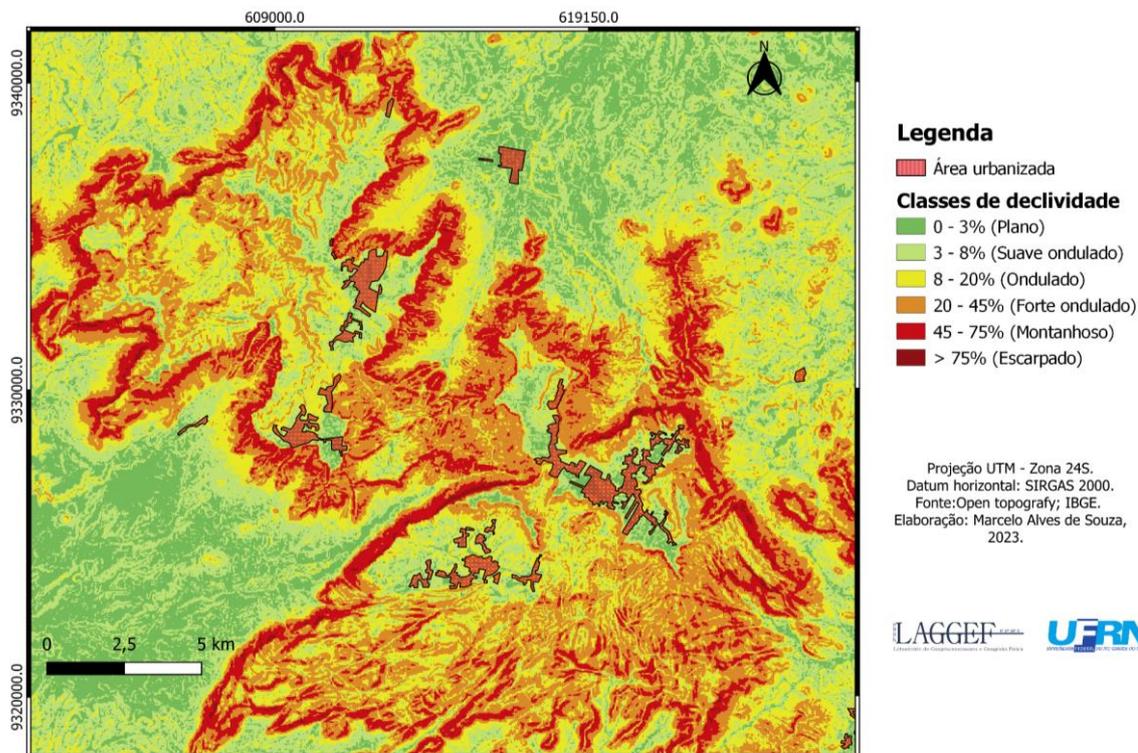
Fonte: Acervo do LAGGEF (2023).

Nos benefícios ligados ao serviço de suporte, nas duas áreas há plataforma para atividade humana, já que o platô e a superfície de aplainamento integram dois municípios, nesse sentido, as cidades ficam no platô, e a parte mais rural fica no entorno do mesmo, na figura 3 podemos observar que a parte urbanizada desses municípios ficam no platô, ou seja, na parte mais aplainada.

Além disso, podemos destacar a influência da Casa de Pedra na superfície de aplainamento, o item de Provisão de habitat foi marcado devido ao elemento possibilitar o habitat de diversas espécies na caverna, principalmente de morcegos. Por último, ambos os ambientes viabilizam

a Ciclagem biogeoquímica, promovendo a circulação natural desses elementos essenciais por meio de trocas envolvendo a atmosfera, geosfera, hidrosfera, meio biótico e abiótico.

Imagem 3 - Mapa de declividade e a atuação da área urbana no platô.



Fonte: Acervo dos autores (2023).

CONCLUSÃO

Nos platôs de Portalegre e Martins no Rio Grande do Norte, tem-se a presença de todos os benefícios que os serviços ecossistêmicos podem oferecer, desse modo, é fundamental a existência desse platô para o seu contexto inserido, já que abrange dois municípios do estado, e com certeza beneficia a comunidade local, além disso, é inegável sua importância por se tratar de uma paisagem de exceção, servindo de alvo para estudos científicos da Geodiversidade, isso fica ainda mais evidente quando comparamos a superfície de aplainamento com o platô, é notável que a área mais elevada fornece mais benefícios à comunidade, principalmente aqueles voltados aos benefícios de regulação, portanto, é imprescindível o cuidado com esse tipo de ambiente e que se perpetue a preservação nessa área.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para o primeiro e terceiro autor. Estendemos os agradecimentos ao CERES-UFRN e ao grupo de pesquisa do Laboratório de Geoprocessamento e Geografia Física – LAGGEF-UFRN.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê editorial, 2003.
- BARRON, H., GORDON, J. The role of geodiversity in delivering ecosystem services and benefits in Scotland. *Scottish Journal of Geology*. 49. p. 41-58, jul. 2013.
- BRILHA, J. B. R. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. São Paulo: Palimage, 2005.
- DAILY, G.C. Introduction: What are Ecosystem Services? In: DAILY, G.C., BAWA, K.S., POSTEL, S., KAUFMAN, L. **Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems**. Washington: Island Press, 1997. p. 1-10.
- DINIZ, Marco Túlio Mendonça et al. Mapeamento geomorfológico do estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 18, n. 4, 2017.
- DINIZ, Marco Túlio Mendonça; PEREIRA, Vítor Hugo Campelo. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. *Boletim Goiano de Geografia*, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 488-506, set./dez. 2015.
- GORDON, J.E. Geoheritage, Geotourism and the Cultural Landscape: Enhancing the Visitor Experience and Promoting Geoconservation. *Geosciences*, 2018, 8, 136.
- GRAY, M. **Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature**. 2. Ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013, 495p.
- GRAY, M., GORDON, J.E., BROWN, E.J. Geodiversity and the Ecosystem Approach: The Contribution of Geoscience in Delivering Integrated Environmental Management. *Proceedings of the Geologists' Association, Geoconservation for Science and Society*, 124, 2013, p. 659-730.
- GRAY, M. Other nature: Geodiversity and geosystem services. *Environmental Conservations*. 2011, 38, p. 271-274.
- HJORT, J.; GORDON, J. E.; GRAY, M.; HUNTER JR, M. L. Why geodiversity matters in valuing nature's stage. *Conservation Biology*, v. 29, n. 3, p.630–639, 2015.
- KUBALÍKOVÁ, I. Cultural Ecosystem Services of Geodiversity: A case study from Stánká skála (BRNO, Czech Republic). *Land*, Basel, Switzerland, 9 (4), 105, 1-15, 2020.
- MAIA, Rubson Pinheiro; BÉTARD, François; BEZERRA, Francisco Hilário. **Geomorfologia dos maciços de Portalegre e Martins–NE do Brasil: inversão do relevo em análise**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 17, n. 2, 2016.
- MAIA, Rúbson Pinheiro; BEZERRA, Francisco Hilário Rego; CLAUDINO-SALES, Vanda. Geomorfologia do Nordeste: concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento nordestinas. *Revista de Geografia. Recife: UFPE–DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO*, n. 1, p. 6-19, 2010.
- MEDEIROS, J. F. **Da análise sistêmica à Serra de Martins: contribuição teórico-metodológica aos Brejos de Altitude**. 2016. 219 f. Tese (Doutorado em Geografia) -

Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Natal, 2016.

MENEZES, M. R. F. **Estudos Sedimentológicos e o Contexto Estrutural da Formação Serra do Martins, nos Platôs de Portalegre, Martins e Santana/RN.** 1999. 174 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1999.

Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis; Island Press: Washington, DC, USA, 2005.

NASCIMENTO, M. A. L.; SANTOS, O. J. Geodiversidade na arte rupestre no Seridó Potiguar. Natal: Iphan-RN, 2013. 62 p.

OLIVEIRA, R.G. e MEDEIROS, W.E. **Evidences of buried loads in the base of the crust of Borborema Plateau (NE Brazil) from Bouguer admittance estimates.** Journal of South American Earth Sciences. v. 37, p. 60-76. ago. 2012.

QUEIROZ, L. S. **Compartimentação Geoambiental em ambientes semiáridos: o Complexo Serrano Martins-Portalegre. RN.** 2021. 113. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE - UERN, Mossoró, 2021. Disponível em: https://www.uern.br/controldepaginas/ppgeo-dissertacoes/arquivos/3645dissertaa%C2%A7a%C2%A3o_larissasilvaqueiroz.pdf. Acesso em: 10 jun. 2023.

RABELO, T. O.; SANTOS, N. M; COSTA, D. F.S.; NASCIMENTO, M. A. L.; LIMA, Z. M.C. A Contribuição da Geodiversidade na prestação dos Serviços Ecosistêmicos do manguezal. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, nº Especial, p. 281-297, 2018.

SHARPLES, Chris. **Concepts and principles of geoconservation.** Tasmanian Parks & Wildlife Service: Hobart, 2002.

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira; MACHADO, Pedro José de Oliveira. **Introdução à climatologia.** São Paulo: Cengage Learning, 256p. 2011.

DESCRIÇÃO DOS CICLOS DE VIDA DE LAMPIRÍDEOS DO GÊNERO *Aspisoma* (LAMPYRIDAE, COLEOPTERA) PRESENTES EM UMA REGIÃO ALAGADA SITUADA NAS PROXIMIDADES DE UM RIO DO DISTRITO SÍTIO SÃO PEDRO II, NA LOCALIDADE DE JAGUARETAMA - CEARÁ

José Vitor de Sousa Oliveira
Felipe Alves de Brito Oliveira
Felipe Augusto Correia Monteiro

INTRODUÇÃO

Os lampirídeos são insetos da família Lampyridae, Ordem Coleoptera, conhecidos tipicamente pela bioluminescência produzida por órgãos denominados de lanterna. São chamados de “vagalumes” ou “pirilampos” pela população em geral, que é cativada justamente ao observar a luz oriunda dos pequenos animais. Recebem tamanha atenção devido à inexistência de grande variedade de espécies terrestres bioluminescentes, o que os torna “únicos” para o conhecimento popular (Vršanský *et al.*, 2012). A região neotropical é considerada uma das mais ricas em diversidade de espécies de lampirídeos, além do fato de que boa parte das espécies neotropicais tendem a serem endêmicas, sendo o próprio Brasil uma “potência” nesses termos (Viviani, 2001; Campos; Da Silveira; Mermudes, 2018).

Dentro da família Lampyridae, encontra-se a tribo Cratomorphini, cuja qual apresenta em sua constituição uma porcentagem maior que 50% de indivíduos do gênero *Aspisoma* (Nunes *et al.*, 2022). Como característica mais destacável, a bioluminescência, serve para variadas funções, contudo a mais famosa, e observável, consiste na comunicação, em especial na atração de parceiros, por parte dos adultos (Cock; Matthysen, 2005). Por essa razão, também é característica notável a presença de olhos relativamente grandes em comparação ao corpo, para uma melhor captação da luz emitida em ambientes de maior escuridão (Stanger-Hall *et al.*, 2018).

A dieta das larvas de lampirídeos é bem variável, desde vermes até gastrópodes, sendo os últimos a sua preferência alimentar. Seu processo alimentar consiste na penetração do orifício de entrada da concha dos moluscos por meio da eversão de seus pescoços, devorando somente o conteúdo macio interno (Viviane, 1989). Assim, alguns pesquisadores cogitam a possibilidade do seu uso como controle de pragas em terrenos agrícolas, contudo, a ausência de dados ainda não permite uma conclusão quanto à efetividade (Sato, 2019).

De maneira geral, os lampirídeos são organismos semélparos, ou seja, espécies que apresentam apenas um intervalo reprodutivo na vida. Além disso, é muito comum que essas espécies se alimentem apenas durante os estágios larvais, acumulando reservas durante esse estágio para conseguirem suportar toda a fase adulta sem a necessidade de alimentar-se. Por isso alguns adultos sequer apresentam aparelhos bucais (Riley *et al.*, 2021). O gênero *Aspisoma*, em específico, porta reservas de gordura, às quais utiliza como fonte de nutrição ao longo da vida adulta (Tonolli *et al.*, 2011).

O crescimento da urbanização e, por consequência, da poluição luminosa podem ser considerados parcialmente responsáveis pela redução da população desses insetos bioluminescentes, dado que necessitam do escuro para comunicar-se por meio de sua luz própria, dificultando seu processo reprodutivo. Também se menciona a degradação dos habitats

naturais e outras formas de poluição como fatores de redução (Owens *et al.*, 2022). Atentar-se para os lampirídeos da região ainda pode auxiliar na identificação de espécies bioindicadoras, permitindo melhor compreensão acerca das condições ambientais atuais. Além disso, podem ser potencialmente úteis na área de biotecnologia, na marcação bioluminescente de expressões gênicas (Viviani; Rocha; Hagen, 2010).

Outro aspecto importante a mencionar é o de que muitas das espécies de lampirídeos são consideravelmente mais fáceis de identificar por meio das análises do estágio larval, graças às suas características distinguíveis serem mais explicitamente destacáveis. Infelizmente, a área carece de estudos mais profundos, dado que 94% das espécies e cerca de metade dos gêneros de vaga-lumes não apresentam nenhum levantamento de dados sobre tal fase crucial de desenvolvimento. Isso dificulta as análises comparativas entre elas (Riley *et al.*, 2021).

Tendo isso em vista, nota-se que o período em que ocorre o estágio larval é crucial para o pleno desenvolvimento desses organismos, sendo importantíssimo a compreensão dessa fase da vida para a sua conservação. A ausência de amplos estudos sobre as larvas é outro fator que ressalta a importância da realização do presente estudo, dado que pode contribuir futuramente como uma reserva de informações para possíveis pesquisas. Lampirídeos podem ser muito úteis a muitas atividades humanas, agindo como bioindicadores, controladores e até sendo usados na biotecnologia, exigindo assim que se desenvolva uma maior noção acerca das capacidades desses animais.

Por essa razão, o estudo das diferentes fases de vida e seus comportamentos em cada estágio enquanto inseridos em um microambiente semelhante ao originário proporciona uma maior compreensão quanto às suas necessidades na natureza, permitindo assim uma maior base para coleta de dados que serão úteis nas suposições quanto à hábitos alimentares, uso como controladores em campos agrícolas e as formas mais eficazes de preservação das espécies. Com isso, o presente trabalho objetiva analisar os estágios de desenvolvimento dos espécimes coletados numa região alagada nas proximidades do “Riacho do Sangue”, localizado na região Sítio São Pedro II, na cidade de Jaguaretama.

A região neotropical, com destaque no Brasil, apresenta uma considerável riqueza de vagalumes, em especial exemplares de *Aspisma*, *Cratomorphus*, *Lucio* e *Bicellonychia* (Viviani, 2001). As espécies neotropicais geralmente apresentam endemismo, em especial pelo relevo, visto que muitos são restritos apenas a poucas regiões de montanha (Campos; Da Silveira; Mermudes, 2018). O Brasil abriga cerca de 20% da diversidade mundial de lampirídeos (Viviani; Rosa; Martins, 2012).

A Família Lampyridae inclui cerca de duas mil espécies, constituintes de cerca de cem gêneros. Dentro de Lampyridae, observa-se a presença da subfamília Lampyrinae, que comporta as tribos Lampyrini, Pleotomini, Photinini, Lamprocerini, Amydetini e Cratomorphini, sendo as três últimas exclusivas da região neotropical (Viviani; Rosa; Martins, 2012). Na tribo Cratomorphini metade das espécies é composta de indivíduos representantes do gênero *Aspisma* (Nunes *et al.*, 2022).

As larvas costumam ter coloração semelhante ao ambiente ao qual estão inseridos, como forma de camuflagem para despistar eventuais predadores. Tendem a possuir uma aparência mais achatada, variando quanto ao formato conforme cada grupo taxonômico. As pernas também variam quanto à extensão, sendo mais longas ou curtas a depender da espécie. Os indivíduos aquáticos geralmente apresentam escleritos reduzidos e podem possuir brânquias, enquanto as espécies semi aquáticas e terrestres possuem o clássico sistema de espiráculos. Os escleritos

são estruturas mais rígidas que, nesses insetos, localizam-se nas porções dorsal, lateral e ventral, contribuindo assim para uma rigidez maior do que a encontrada no estágio adulto (Riley *et al.*, 2021).

Algumas espécies ainda podem apresentar glândulas de veneno associadas às mandíbulas, além de estruturas presentes nas laterais que podem vir a ser evertidas nas ações defensivas. Outro aspecto interessante e exclusivo desses indivíduos consiste na estrutura da cabeça, que possui a habilidade única de retração, ficando protegida pelo capacete cefálico quando retraída. Sua eversão é útil na alimentação de gastrópodes, pela inserção dela nos orifícios das conchas. Observa-se também, de modo particular em lampirídeos, a existência de um órgão composto de uma junção de membranas tubulares que se assemelham a pequenas “teias”, oriundas do último segmento das larvas sendo denominada pygopodia, que tem função ambulatória, principalmente (Riley *et al.*, 2021).

Nos vaga-lumes, a bioluminescência atende variadas funções, que envolvem desde mecanismos de defesa, como tentativa de ressaltar aposematismo ou na expectativa de afugentar predadores, simples iluminação ou, a mais elencável finalidade, comunicação intraespecífica, que acaba por centrar-se nos sinais sexuais. Esses sinais variam segundo as espécies, sendo desde padrões alternáveis entre “piscadas”, até feixes contínuos de luz (Owens *et al.*, 2022; Cock; Matthysen, 2005). Observa-se que a maioria das espécies noturnas de vaga-lumes apresentam a comunicação sexual como impulsos luminosos oriundos da lanterna. A comunicação por bioluminescência se associa também à constituição morfológica de um aparato visual maior, com olhos mais desenvolvidos, além da aparente redução no tamanho das antenas. Nota-se que quanto maior é a escassez de luz em um ambiente, maior é o aumento dos olhos das espécies. Interessante mencionar que não tão somente a comunicação sexual se resume à bioluminescência nesses animais, pois algumas espécies, em especial as diurnas, comunicam-se por feromônios, o que é indicado primariamente pela redução no tamanho dos olhos e discreto aumento no tamanho das antenas. Existem também espécies que possuem as duas formas de comunicação de forma simultânea (Stanger-Hall *et al.*, 2018).

Os órgãos responsáveis pela produção de luz, as lanternas, tendem a variar quanto à sua posição corporal de acordo com a família estudada. De forma geral, as larvas apresentam duas estruturas ovais na face ventral, em torno do oitavo segmento. As lanternas são constituídas por uma célula específica denominada de fotócito, responsável pela emissão da onda de luz. O órgão se mostra bastante complexo e possui muitas estruturas associadas, desde o tecido fotogênico, as traqueias, uma camada refletora e até mesmo um meio de controle neural, responsável pela efetivação da reação química que envolve ATP, luciferase e a luciferina, que tem por resultado a liberação de fótons (Tonolli *et al.*, 2011). Sabe-se que a maioria das larvas também portam lanternas, sendo em geral um par nos segmentos finais (Riley *et al.*, 2021).

Apesar de tamanha concentração, não apenas a lanterna produz luz, visto que a gordura corporal desses insetos, constituída de trofócitos e oenócitos, apresenta a emissão de uma fraca onda luminosa, indicando que possivelmente a origem da estrutura da lanterna tenha sido a referida gordura. Possivelmente os ancestrais das espécies atuais apresentavam uma luminescência difusa, que eventualmente tornou-se centralizada conforme a seleção natural atuava para o surgimento das estruturas que viriam a ser as lanternas (Tonolli *et al.*, 2011).

Lampirídeos adultos costumam residir em ambientes métricos, isto é, aqueles em que há um “balanço” quanto à umidade e aridez, consistindo num intermédio entre ambos, como regiões próximas a corpos d’água. Em estágio larval, tendem a habitar ambientes aquáticos, ocorrendo

em rios, poças, lagos e até trechos de água salgada (Vaz *et al.*, 2021). As larvas tendem a ser caçadores ativos, predando em especial caramujos, contudo também podendo comer vermes. Como são, em sua maioria, aquáticos ou semiaquáticos, tendem a empreender investidas contra os caramujos associados ao terreno inserido, provocando assim uma variedade maior de espécies possivelmente predadas. De forma geral, as larvas fazem uso da abertura da concha dos caramujos para inserir sua cabeça e devorar o conteúdo interno, contudo também podem realizar o ataque nos pontos mais frágeis das conchas, vítimas de descalcificação. Geralmente alimentam-se em intervalos de três dias (Viviani, 1989). Tendo em vista tal habilidade, observa-se que as larvas poderiam ser alternativas biológicas no controle de populações de caramujos, que tendem a serem pragas, como na agricultura (Sato, 2019).

O estágio larval dos lampirídeos é importantíssimo na definição de sucesso ou não dos indivíduos. Somente poucas espécies de vaga-lumes apresentam comportamento alimentar no estágio de adulto, por meio do consumo de néctar. Portanto, apenas durante as fases imaturas é que ocorre a alimentação e construção de reservas energéticas que permitirão a manutenção do animal ao longo do resto de sua vida. Atesta-se isso inclusive pela ausência de aparato bucal em algumas espécies. Como são indivíduos em maioria semélparos, apresentando somente um evento reprodutivo, infere-se que o estágio adulto das espécies tem função principal de reproduzir e dispersar-se (Riley *et al.*, 2021). Os organismos do Gênero *Aspisoma* são exemplos que armazenam reservas de gordura na porção abdominal do corpo, usando-as como “combustível” para realização das funções exigidas em tal período (Tonolli *et al.*, 2011).

No Japão, algumas prefeituras têm aderido ao uso de larvas da espécie *Luciola cruciata* como bioindicadoras da qualidade de cursos d’água em processo de recuperação, dado que os organismos se alimentam dos caramujos da região e ainda são muito sensíveis às mínimas mudanças de constituição que ocorrem no ambiente. Em especial as espécies que habitam as florestas e matas são mais sensíveis às mudanças promovidas pelo estabelecimento de um ambiente urbano (Viviani; Rocha; Hagen, 2010).

Além do uso dos lampirídeos quanto à bioindicação dos ambientes aquáticos enquanto larvas, também podem atuar como bioindicadores de poluição luminosa, ocasionada pela crescente urbanização e aumento da quantidade de veículos, locais como estádios e estufas e maquinários luminosos que corroboram na emissão de tal poluição. Cerca de 22,5% dos habitats terrestres experienciam um céu noturno mais claro que o natural, em média de 49% nos últimos vinte e cinco anos, em decorrência da ação antrópica. Isso acaba por prejudicar a reprodução de vaga-lumes dependentes de sinais bioluminescentes para reproduzir, dado que a captação dos sinais é mais dificultada, exercendo força seletiva na comunicação por sinais bioquímicos e ocasionando a migração das espécies para áreas mais escuras (Owens *et al.*, 2022).

Tratando mais especificamente do gênero *Aspisoma*, observa-se que, de uma maneira geral, comparando algumas das espécies documentadas, determinadas características se mostram como “padrão”. O capacete cefálico, por exemplo, se mostra mais alongado em comparação à largura total. Além disso, a mandíbula possui duas retináculos, pubescentes na porção ventral. A maxila apresenta formato cônico no quarto segmento, sendo ainda o segundo palpo labial inserido sub-apicalmente no primeiro. Também se vê como comum a presença da linha sagital nas porções torácicas e abdominais dos segmentos corporais (Archangelsky, 2004).

Dimorfismos sexuais podem ser observados em alguns exemplares. No caso da espécie *A. ignitum*, foi notado que as fêmeas tinham um porte ligeiramente maior se comparadas aos machos (Santiago-Blay; Medina-Gaud, 1986). Na espécie *A. trilineata* foi observado que tanto

machos como fêmeas portavam lanternas nos ventritos seis e sete, contudo as fêmeas apresentavam uma pequena retração na lanterna em relação às laterais dos segmentos, ficando com a lanterna mais “compactada” se comparada ao macho (Lloyd; Ballantyne, 2003).

MATERIAL E MÉTODO

O presente trabalho realizou a descrição dos estágios de desenvolvimento de lampirídeos do gênero *Aspisoma* coletados em uma região alagada situada nas proximidades do rio conhecido como “Riacho do Sangue” no distrito de Sítio São Pedro II, no município de Jaguaratama. Assim, a pesquisa caracterizou-se como descritiva, onde se busca apenas descrever algo do qual já se tem conhecimento, partindo de uma ou mais coletas e isentando-se do uso de premonições de resultados finais, sendo também um estudo de desenvolvimento, dado que analisou as mudanças ocorridas em uma espécie em função do tempo (Sigelmann, 1984).

A coleta foi realizada ao longo do mês de junho, no período chuvoso, onde se encontra maior prevalência dos referidos lampirídeos na região. O terreno local consiste numa região alagada, situada próximo ao Riacho do Sangue, o principal rio que percorre a região. O solo é arenoso e abriga vegetação tipicamente aquática e de margem. O alvo específico da coleta concentra-se numa poça formada ao lado do rio. As coordenadas do local são: -5,652938, -38,871314.

Foram realizadas duas coletas, nas datas de 15/05/2022 e 22/05/2022. A procedência das coletas se deu em início por volta das 4:30 da manhã, de modo que foi possível observar a bioluminescência das larvas sobre a área alagada, facilitando assim sua captura. Foi necessário adentrar na poça em que residem para que fosse possível realizar sua captura, sendo também utilizado um recipiente de plástico de 2000ml, com pequenos furos na tampa para a promoção da respiração das larvas, coletando-as juntamente com a vegetação nativa à qual estavam aderidas, de modo que se preservou sua condição ambiental até a chegada no laboratório. Dessa maneira, foram então separadas em potes de plástico de 250 ml, com tampa perfurada, visando possibilitar sua respiração. Ao final, foram organizadas em uma ala reservada no laboratório para a procedência nos processos de criação e observação.

Os espécimes dispostos em cada pote plástico tiveram consigo uma parte da vegetação ao qual estavam aderidos e uma porção da água originária de seu ambiente, de modo que se preserve a composição físico-química e biótica do habitat original, potencializando assim as chances de sucesso na criação em ambiente laboratorial.

A concentração de indivíduos em cada pote se deu em torno de dois ou três por recipiente, variando de acordo com a disponibilidade de material e a mudança nos seus estágios de desenvolvimento. Quando era observado que um indivíduo se tornava pupa, era imediatamente separado em um pote contendo também pequenas porções de vegetação e água oriunda do habitat original, visando assim evitar eventuais ataques por parte de outras larvas ou distúrbios durante o desenvolvimento das pupas. Quando se via que o adulto havia emergido, logo era fixado no álcool 90%.

Foram observados com uma frequência de cinco vezes por semana, de modo a anotar-se os dados em um caderno de campo, ressaltando pontos como padrões de comportamento, alimentação, interação com o meio, dentre outros elementos notáveis.

A alimentação dos organismos se deu por meio de anelídeos coletados em ambientes úmidos e pequenos gastrópodes que foram coletados no mesmo ambiente que as larvas. Os anelídeos e

os gastrópodes eram inseridos vivos no microambiente artificial, incentivando a caça ativa pela comida, de modo que fosse possível observar seu comportamento natural de caça e alimentação. Quando os anelídeos adquiridos eram muito grandes, fazia-se necessário sua matança e corte em pedaços menores, distribuindo-os entre os potes contendo as larvas.

A manutenção dos pequenos habitats se deu por meio de coletas semanais da vegetação e da água da zona alagada original. As trocas foram realizadas conforme observado a morte das plantas nos potes ou o aparecimento de fungos. As larvas eram transferidas de um pote para placas de Petri enquanto seu ambiente era trocado, sendo ambas as ações mediadas através do uso de pinças.

À medida em que as larvas foram adentrando estágios diferentes de desenvolvimento, eram separadas e fixadas com o uso de álcool na concentração de 90%, visando preservá-las de oxidação e decomposição para futura análise em microscópio estereoscópico.

Ao final, com os espécimes fixados, foi realizada a descrição dos estágios de desenvolvimento e características, por meio do uso de microscópio estereoscópico, além da identificação a nível de espécie, utilizando-se chaves de identificação.

As fotografias foram realizadas por meio de uma câmera anexada a um microscópio estereoscópico, que respondia a um aplicativo multimídia instalado no computador do laboratório. As aproximações possibilitadas por meio do microscópio estereoscópico permitiram um maior nível de atenção aos detalhes necessários à identificação taxonômica e estruturas anatômicas divergentes dentre os ínstares observados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As larvas apresentavam uma relação muito desenvolvida com a vegetação nativa, ficando anexadas às folhas das pequenas plantas aquáticas. Sua coloração, semelhante à porção central das folhas, permitia sua camuflagem, de modo que seu dorso se tornava indistinguível da porção original da folha. Seus apêndices eram utilizados para anexar-se firmemente a elas, de modo que mesmo a extração com pinças tornava-se dificultada. Notou-se que não consumiam as folhas, visto que elas não apresentaram nenhum sinal de dano por herbivoria, restringindo sua alimentação aos anelídeos e gastrópodes anteriormente mencionados. Também não foi observado canibalismo entre as larvas, tampouco necrofagia, dado que os indivíduos não desapareceram dos recipientes e aqueles que morriam permaneciam intactos, sem sinal de danos físicos por tentativa de alimentação.

Um ponto destacável consiste na grande variação entre o tamanho das larvas, sendo algumas exponencialmente menores se comparadas a outras, com quase duas ou três vezes as dimensões de seu tamanho. O próprio tempo de crescimento variou bastante entre as larvas, contudo observou-se uma tendência de que as maiores em estatura avançavam nos ínstares mais rapidamente. Conforme as larvas avançavam nos estágios de desenvolvimento e aumentavam suas dimensões corporais, realizavam ecdise e deixavam seu exoesqueleto nos recipientes. Não houve sinal de tentativa de predação dos exoesqueletos. Logo após a ecdise, ficam esbranquiçadas, esclerotizando seu corpo algum tempo depois, com média de meio dia ou um dia completo.

Na medida em que se aproximam do estágio de pré-pupa, as larvas apresentam uma grande redução nas suas atividades e passam a situar-se na porção central das folhas da vegetação

nativa, utilizando a coloração de seu corpo como camuflagem e fixando-se firmemente com seus apêndices. Quando totalmente fixadas no substrato, inicia-se a metamorfose. Os apêndices se retraem, o capacete cefálico se alarga, as dimensões corporais se tornam mais robustas lateralmente e o indivíduo cessa seus movimentos. Com isso, a pupa é formada. O tempo que a larva passa em estágio de pupa mostrou-se como variado, de modo que alguns adultos demoraram cerca de seis ou sete dias para deixar suas exúvias, enquanto outros cerca de três ou quatro dias.

Quando os adultos emergem, apresentam uma coloração esbranquiçada, esclerotizando seu novo exoesqueleto em torno de meio dia ou um dia completo. Não apresentam um voo muito bem elaborado, de modo que sua manipulação se torna mais facilitada. Mais análises não foram realizadas pela necessidade de fixar rapidamente os indivíduos, visto que não haviam formas de mantê-los em habitats artificiais adequados.

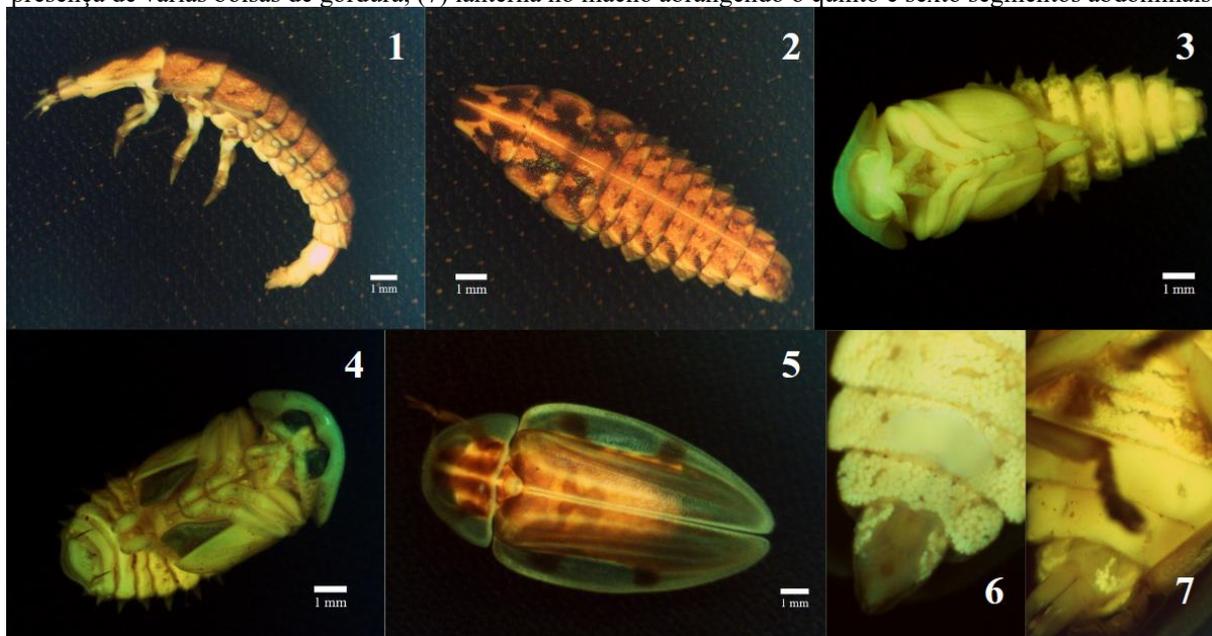
Larva: Comprimento total médio de aproximadamente 17 mm, com a cabeça e pigopódio retraídos, sendo consideravelmente mais alongadas anteroposteriormente que horizontalmente. Notavelmente achatadas, contudo adquirindo aspecto mais arqueado em razão do posicionamento dos apêndices. Ao todo dispõe de treze segmentos, do capacete cefálico ao pigopódio. Sua cabeça apresenta um segmento, revestido pelo capacete cefálico, que também engloba o primeiro segmento do tórax, que dispõe de mais dois, onde se projetam os apêndices. Observa-se a presença de várias bolsas de gordura no seu abdômen, que contém nove segmentos, com uma estrutura semelhante à lanterna dos adultos no oitavo segmento, além do pigopódio que fica naturalmente retraído no nono segmento. Existem pequenas projeções que saem da região lateral de cada segmento abdominal, com exceção do nono, que provavelmente são de seus espiráculos. Sua coloração consiste de tons amarronzados, mais claros na região ventral e mais escuros na dorsal, com algumas manchas consideravelmente mais fortes nas laterais do dorso, com exceção da linha central, imitando o aspecto de rajas das folhas de plantas aquáticas do seu ambiente. Seus apêndices possuem cinco segmentos e um pós-tarso composto por duas pequenas garras, com uma mais protuberante que outra. Nota-se a presença de finas projeções semelhantes a cerdas. Sua cabeça pode ser retraída e protraída. Seu aparelho bucal possui cinco segmentos e suas antenas dispõem de três segmentos, sendo relativamente curtas. Em ambas as partes, as regiões mais externas são esclerotizadas, adotando uma tonalidade marrom-escuro. O pigopódio apresenta uma coloração esbranquiçada e tem estrutura consideravelmente avulsa, ramificada, sendo também protraível e retraível.

Pré-pupa: Apresenta comprimento total médio de aproximadamente 12,5 mm, sendo notavelmente mais fusiforme que o estágio larval, adquirindo aspecto menos achatado e mais robusto dorsoventralmente. As placas dorsais ainda se encontram bem sólidas e esclerotizadas, contudo, é possível verificar que há um pequeno espaçamento entre elas. Esse distanciamento revela o aumento das dimensões corporais da larva e a preparação para fazer ecdise e transicionar para o estágio pupal. A coloração segue semelhante a da larva, com apenas algumas porções mais esbranquiçadas devido ao espaçamento das placas esclerotizadas. Com essas tonalidades, imita a coloração das plantas aquáticas da região e se fixa em seu centro, buscando estabilizar-se para o início do processo de pupa. Seus apêndices possuem um aspecto levemente atrofiado, aspecto compreensível pelo considerável período de seu ciclo de vida que persistirá imóvel como pupa. Ainda se vê que estão dispostos os espiráculos em projeções, auxiliando na respiração do animal em especial no ambiente aquoso ao qual pertence.

Pupa: Em estágio inicial, assume comprimento total médio de 12 mm, apresentando proporções anteroposteriores reduzidas em comparação aos estágios anteriores e um aumento no tamanho do capacete cefálico, que possui maior extensão horizontal. É esbranquiçada na porção dorsal, o que revela a ausência de tempo para acabar o processo de esclerotização. Seu abdômen possui bolsas de gordura, que fornecem energia para a metamorfose. Posteriormente, a pupa orienta seus apêndices voltados para si, com uma conformação abdominal em “meia lua”, ficando com comprimento total médio de 9,5 mm. A coloração adota tons claros de marrom, com algumas manchas escuras nas laterais da região dorsal. A região ventral é esbranquiçada, tendo esclerotizado somente os olhos e asas, com tonalidades pretas. Ainda se observa a presença de projeções nos segmentos abdominais, os espiráculos, sendo apenas o último segmento que apresenta ausência da estrutura. Constata-se a existência de um grande número de bolsas de gordura. O último segmento apresenta duas pequenas projeções semelhantes a garras em sua região terminal, voltadas ventralmente.

Adulto: Possui um tamanho muito variável, contudo sendo essa variação aparentemente não relacionado ao sexo, com comprimento total médio de 12,5 mm, apresentando formato levemente achatado. Tem coloração amarronzada, mesclada entre tons mais fracos e mais fortes, sendo a parte ventral mais clara e a parte dorsal mais escura, com rajadas de diferentes tonalidades, que se estendem nos élitros e no capacete cefálico, lembrando levemente aquela observada nos estágios anteriores. O capacete cefálico é expressamente distinguível do élitro, de modo que se vê claramente uma divisão, tanto em visão dorsal como ventral. Ambos possuem aspecto transparente nas suas margens. As asas são pretas, ficando constantemente abaixo do élitro. Os apêndices têm cinco segmentos, com mais um pós-tarso contendo duas garras na região terminal. Os olhos são compostos e grandes, sendo de cor preta, e suas antenas têm onze antenômeros, com o primeiro par esbranquiçado e os demais esclerotizados em tons de marrom. É interessante destacar que há a presença dimorfismo sexual quanto a localização e extensão da lanterna, órgão que emite luz, de modo que os machos a possuem ocupando o quinto e sexto segmentos inteiros, enquanto as fêmeas possuem a lanterna reduzida somente ao quinto segmento, ainda não o ocupando inteiramente, assumindo aspecto cordiforme. Observa-se a presença de bolsas de gordura nos segmentos abdominais, que são em sete no total. As fêmeas apresentam um número consideravelmente maior de bolsas de gordura que os machos, podendo evidenciar a maior necessidade de energia na produção de ovos, que é mais dispendioso que o papel energético do macho na cópula, o que leva ao pensamento de que a redução de sua lanterna pode se dar para comportá-las em maior proporção, ocasionando que haja mais energia disponível para o uso no estágio de vida adulto para garantia e aprimoramento das chances de sucesso no ciclo reprodutivo. O aparelho bucal desses insetos é constituído de um par de palpos, compostos de quatro palpômeros, e um par de mandíbulas, com três segmentos. Um dado curioso é a constatação de que alguns indivíduos, independente do sexo, podem apresentar atrofiamento ou ausência das mandíbulas, enquanto outros as têm em sua completude.

Figura 1 - Ciclos de vida e dimorfismo sexual em *Aspisma*. (1) Visão lateral da larva; (2) visão dorsal da pré-pupa; (3) visão ventral da pupa em estágio inicial; (4) visão ventral da pupa em estágio mais avançado; (5) Visão dorsal do adulto; (6) lanterna na fêmea reduzida ao quinto segmento abdominal em formato cordiforme e presença de várias bolsas de gordura; (7) lanterna no macho abrangendo o quinto e sexto segmentos abdominais.



Fonte: Produção do próprio autor.

CONCLUSÕES

O estudo dos lampirídeos revela-se como importante devido às potencialidades do uso da espécie em variadas áreas, com destaque à agricultura. As análises podem ainda corroborar para uma mais aprofundada compreensão da história evolutiva da bioluminescência e a relação desse caractere nos organismos terrestres. Devido à escassez de estudos em regiões relativamente inóspitas, como a região Nordeste do Brasil, o levantamento e análise de espécies residentes da região auxiliam na amplificação do acervo e referencial científico. Dois pontos interessantes para eventual aprofundamento consistem na identificação do indivíduo a nível de espécie, que se mostra um tanto inviável no momento, dada a ausência de chaves de identificação específicas, que pode revelar o morfotipo trabalhado inclusive como uma nova espécie a ser catalogada; e na característica peculiar de alguns indivíduos apresentarem ausência ou atrofiamento das peças bucais, coisa que poderia revelar um possível caso evolutivo observável de órgão vestigial ou alteração fenotípica, visto que os adultos dispõem de uma grande reserva de gordura, podendo indicar que não se alimentam durante a vida adulta, sendo um estágio focado exclusivamente na reprodução.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu coorientador, Prof. Me. Felipe Alves de Brito Oliveira, que incentivou a realização de tal trabalho e proporcionou as condições necessárias para a maior parte de sua concretização, tanto nos aspectos de criação quanto de escrita. Agradeço ao meu pai, José Auri de Oliveira, que me acompanhou na realização das coletas das larvas e incentivou a procedência da pesquisa. Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Felipe Augusto Correia Monteiro, que orientou o término da produção do trabalho e auxiliou na tiragem de fotografias. Agradeço ao

pesquisador especialista William Brent Riley, que auxiliou na pesquisa bibliográfica e fornecimento de materiais acadêmicos. Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Jaguaribe, que cedeu sua infraestrutura para a organização dos materiais, criação das larvas e produção do material escrito.

REFERÊNCIAS

ARCHANGELSKY, M. Description of the last larval instar and pupa of *Aspisoma fenestrata* Blanchard, 1837 (Coleoptera: Lampyridae) with brief notes on its biology. **Tijdschrift Voor Entomologie**, [S.L.], v. 147, p. 49-55, 1 jun. 2004. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=dd1bf18e751020d083d1cd29b3c7c2bfc13e318d>. Acesso em: 20 dez. 2022.

CAMPOS, S. V. N.; SILVEIRA, L. F. L.; MERMUDES, J. R. M. Systematic review of the giant firefly *Cratomorphus cossyphinus*: sexual dimorphism, immature stages and geographic range (Coleoptera: Lampyridae). In: **Annales Zoologici**. Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences, [S.L.], p. 57-84, 1 mar. 2018. Disponível em: <https://bioone.org/journals/annales-zoologici/volume-68/issue-1/00034541ANZ2018.68.1.003/Systematic-Review-of-the-Giant-Firefly-Cratomorphus-cossyphinus--Sexual/10.3161/00034541ANZ2018.68.1.003.full>. Acesso em: 20 dez. 2022.

COCK, R.; MATTHYSEN, E. Sexual communication by pheromones in a firefly, *Phosphaenus hemipterus* (Coleoptera: lampyridae). **Animal Behaviour**, [S.L.], v. 70, n. 4, p. 807-818, out. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003347205002162?via%3Dihub>. Acesso em: 17 out. 2022.

LLOYD, J. E.; BALLANTYNE, L. A. Taxonomy and behavior of *Photuris trivittata* sp. n. (Coleoptera: Lampyridae: Photurinae); redescription of *Aspisoma trilineata* (Say) comb. n. (Coleoptera: Lampyridae: Lampyrinae: Cratomorphini). **Florida Entomologist**, [S.L.], v. 86, n. 4, p. 464-473, 1 dez. 2003. Disponível em: [https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-86/issue-4/0015-4040_2003_086_0464_TABOPT_2.0.CO_2/TAXONOMY-AND-BEHAVIOR-OF-PHOTURIS-TRIVITTATA-SP-N-COLEOPTERA/10.1653/0015-4040\(2003\)086\[0464:TABOPT\]2.0.CO;2.full](https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-86/issue-4/0015-4040_2003_086_0464_TABOPT_2.0.CO_2/TAXONOMY-AND-BEHAVIOR-OF-PHOTURIS-TRIVITTATA-SP-N-COLEOPTERA/10.1653/0015-4040(2003)086[0464:TABOPT]2.0.CO;2.full). Acesso em: 20 dez. 2022.

NUNES, V. C. S.; MATOS, E. J. L.; LIMA, W.; VAZ, S.; MERMUDES, J. R. M.; SILVEIRA, L. F. L. Lights Ahead: morphology and life stages of the spotted tortoise firefly, *Aspisoma sticticum gemminger*, 1870 - fireflies with a unique extra pair of lanterns on the larval pronotum (Coleoptera: Lampyridae). **Annales Zoologici**, [S.L.], v. 71, n. 1, p. 153-178, 30 mar. 2021. Disponível em: <https://bioone.org/journals/annales-zoologici/volume-71/issue-1/00034541ANZ2021.71.1.007/Lights-Ahead--Morphology-and-Life-Stages-of-the-Spotted/10.3161/00034541ANZ2021.71.1.007.full>. Acesso em: 19 out. 2022.

OWENS, A. C. S.; BROECK, M. D.; COCK, R.; LEWIS, S. M. Behavioral responses of bioluminescent fireflies to artificial light at night. **Frontiers In Ecology And Evolution**,

[S.L.], v. 10, p. 1-16, 27 set. 2022. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2022.946640/full>. Acesso em: 22 nov. 2022.

RILEY, W. B.; ROSA, S. P.; SILVEIRA, L. F. L. A comprehensive review and call for studies on firefly larvae. **PeerJ**, [S.L.], v. 9, p. 1-24, 20 set. 2021. Disponível em:

<https://peerj.com/articles/12121/>. Acesso em: 17 out. 2022.

SANTIAGO-BLAY, J. A.; MEDINA-GAUD, S. Notes on the biology of *Aspisoma ignitum* (L.) (Coleoptera: Lampyridae): a new firefly record for Puerto Rico. **The Florida Entomologist**, [S.L.], v. 69, n. 2, p. 440-444, jun. 1986. Disponível em:

https://www.jstor.org/stable/3494957#metadata_info_tab_contents. Acesso em: 20 dez. 2022.

SATO, N. Prey-tracking behavior and prey preferences in a tree-climbing firefly. **PeerJ**,

[S.L.], v. 7, 16 dez. 2019. Disponível em: <https://peerj.com/articles/8080/#supp-3>. Acesso em: 22 nov. 2022.

SIGELMANN, E. Tipos de pesquisa: aspectos metodológicos específicos. **Arquivos**

Brasileiros de Psicologia, Rio de Janeiro, v. 36, n. 3, p. 141-155, 4 abr. 1984. Disponível em:

<https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/abp/article/view/19012>. Acesso em: 17 out. 2022.

STANGER-HALL, K. F.; LOWER, S. E. S.; LINDBERG, L.; HOPKINS, A.; PALLANSCH, J.; HALL, D. W. The evolution of sexual signal modes and associated sensor morphology in fireflies (Lampyridae, Coleoptera). **The Royal Society**, [S.L.], p. 1-10, 17 jan. 2018.

Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspb.2017.2384>. Acesso em: 22 nov. 2022.

TONOLLI, P. N.; OKAWACHI, F. M.; ABDALLA, F. C.; VIVIANI, V. R. Bioluminescent Fat Body of Larval *Aspisoma lineatum* (Coleoptera: lampyridae) firefly: Ontogenetic Precursor of Lantern's Photogenic Tissue. **Annals Of The Entomological Society Of America**, [S.L.], v. 104, n. 4, p. 761-767, 1 jul. 2011. Disponível em:

<https://academic.oup.com/aesa/article/104/4/761/70232?login=true>. Acesso em: 22 nov. 2022.

VAZ, S.; GUERRAZZI, M. C.; ROCHA, M.; FAUST, L.; KHATTAR, G.; MERMUDES, J.; SILVEIRA, L. F. L. On the intertidal firefly genus *Micronaspis* Green, 1948, with a new species and a phylogeny of Cratomorphini based on adult and larval traits (Coleoptera: Lampyridae). **Zoologischer Anzeiger**, [S.L.], v. 292, p. 64-91, maio 2021. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044523121000024>. Acesso em: 22 nov. 2022.

VIVIANI, V. R. A predação de caramujos biophalaria tenagophila por larvas vagalumes lampirídeos. **Bioikos**, [S.L.], v. 3, n. 1, 1989. Disponível em: <https://periodicos.puc-campinas.edu.br/bioikos/article/download/1020/996>. Acesso em: 22 nov. 2022.

VIVIANI, V. R. Fireflies (Coleoptera: Lampyridae) from Southeastern Brazil: habitats, life history, and bioluminescence. **Annals of the Entomological Society of America**, [S.L.], v. 94, n. 1, p. 129-145, 2001. Disponível em:

<https://academic.oup.com/aesa/article/94/1/129/120993?login=true>. Acesso em: 22 nov. 2022.

VIVIANI, V. R.; ROCHA, M. Y.; HAGEN, O. Fauna de besouros bioluminescentes (Coleoptera: Elateroidea: Lampyridae; Phengodidae, Elateridae) nos municípios de Campinas, Sorocaba-Votorantim e Rio Claro-Limeira (SP, Brasil): biodiversidade e influência da urbanização. **Biota Neotropica**, [S.L.], v. 10, p. 103-116, 8 jun. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/CGGMwRxZDQqtYRNMcSxVbrP/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 22 nov. 2022.

VIVIANI, V. R.; ROSA, S. P.; MARTINS, M. A. *Aspisoma lineatum* (Gyllenhal)(Coleoptera: Lampyridae) firefly: description of the immatures, biological, and ecological aspects. **Neotropical entomology**, [S.L.], v. 41, n. 2, p. 89-94, 21 fev. 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-011-0006-8>. Acesso em: 22 nov. 2022.

VRŠANSKÝ, P.; CHORVÁT, D.; FRITZSCHE, I.; HAIN, M.; ŠEVČÍK, R. Light-mimicking cockroaches indicate Tertiary origin of recent terrestrial luminescence. **Naturwissenschaften**, [S.L.], v. 99, n. 9, p. 739-749, 5 ago. 2012. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00114-012-0956-7?words=Breivik&error=cookies_not_supported&code=f37f3bb6-f710-43d5-8937-1e9d626504cb. Acesso em: 17 out. 2022.

ANÁLISE TERMOHIGROMÉTRICA A PARTIR DE TRANSECTOS MÓVEIS: UM ESTUDO DA INFLUÊNCIA DOS CORREDORES VERDES NO PERÍODO SECO EM SOBRAL-CE/BRASIL

Isabela Gomes Parente
Maria Antônia Xavier Soares
Lorena Franklin Pinto
Jander Barbosa Monteiro

INTRODUÇÃO

No contexto de crise climática que atravessamos, as emissões de poluentes ao longo de vários anos têm contribuído para o incremento do efeito estufa, gerando consequências ambientais, sociais e econômicas. Com o aumento da temperatura, inúmeros problemas serão desencadeados/amplificados, que incluem problemas de saúde diversos, derretimento das calotas polares, extinção de animais, desaparecimento de espécies vegetais etc., colocando em risco a sobrevivência dos seres humanos. De acordo com os cientistas, se o ser humano reduzir drasticamente as emissões de poluentes, é provável que essa problemática seja amenizada (Silva; Lima de Paula, 2015).

A impermeabilização e degradação ambiental é um retrato recorrente e característico de grandes e médias cidades brasileiras. Nos últimos anos, o Brasil tem evidenciado tal degradação ocasionada pela sociedade, e a cidade acaba representada como principal lócus onde ocorrem eventos extremos climáticos, como chuvas concentradas, secas extremas e ondas de calor (Alvalá; Barbieri, 2017).

Tais eventos são responsáveis por impactos significativos na qualidade de vida urbana, deteriorando o bem-estar dos habitantes urbanos, afetando diretamente suas rotinas na cidade. O desconforto térmico, resultante de vários fatores, é uma das principais consequências negativas observadas na cidade, sendo decorrente principalmente da substituição do entorno natural pelo ambiente construído, também conhecida como "infraestrutura cinza" (Cortez; Moura; Machado, 2019).

As grandes cidades são estruturadas para ter mais concreto e menos áreas verdes, o que acaba ampliando a sensação de desconforto térmico. Assim, alternativas sustentáveis são de extrema relevância, a fim de minimizar tal desconforto, especialmente aquelas que promovem a ampliação de áreas verdes nas cidades, criação de Parques Urbanos, manutenção e requalificação de áreas com corpos hídricos etc. tais ações são necessárias para tornar as cidades resilientes e consigam minimizar os impactos das mudanças climáticas.

Os corredores verdes estão incluídos na chamada infraestrutura verde, que pode ser compreendida como um conjunto de ações que visam a melhoria das condições ambientais no meio urbano, são redes multifuncionais com partes permeáveis e vegetadas interconectada com a cidade, mesmo sendo ruas ou propriedades, que reestruturam a paisagem, formando corredores verdes (Mascaró; Bonatto, 2013).

A infraestrutura verde se revela como um verdadeiro "oásis" em meio ao ambiente construído, contribuindo significativamente para a elevação da qualidade de vida dos habitantes da cidade. Essa contribuição se dá através da redução do desconforto térmico, proporcionando benefícios como ventilação, sombreamento e maior permeabilidade do solo. Além disso, ela se destaca como uma estratégia para a adaptação às mudanças climáticas.

A presença da infraestrutura verde não se limita apenas a benefícios ambientais, mas também desempenha um papel fundamental na conexão entre os indivíduos e o ambiente natural, transformando os espaços em áreas mais atrativas. Além disso, contribui para a melhoria da saúde física, ao reduzir a exposição à radiação solar, a infraestrutura verde também desempenha um papel significativo no bem-estar psicológico (Mascaró; Bonatto, 2013). Desta forma, acaba ressignificando um espaço anteriormente constituído de infraestrutura cinza.

Sobral-CE, localizada no semiárido nordestino, tem investido em tais políticas públicas nos últimos anos e, objetiva-se aqui analisar como tais intervenções têm influenciado no conforto térmico dos cidadãos.

No intuito de realizar uma caracterização termohigrométrica (considerando o período seco) de vias que foram contempladas com os corredores verdes, bem como outras que não receberam tal intervenção, foi realizado transecto móvel (a partir de trajeto que contempla vias com e sem corredores verdes), com tempo médio de 45 minutos, às 06:00h, 15:00h e 20h para aferir a umidade relativa do ar e a temperatura no mês de novembro (período seco - primavera).

A pesquisa justifica-se por apresentar grande relevância no contexto do semiárido, uma vez que permite avaliar se tais intervenções realmente contribuem para minimizar o desconforto térmico. Acredita-se, hipoteticamente, que tais áreas verdes e com presença de corpo hídrico podem minimizar o desconforto térmico, produzindo um microclima específico, arrefecendo tais localidades e entorno.

MATERIAL E MÉTODO

ÁREA DE ESTUDO

O escopo da presente pesquisa abrange a análise das vias urbanas na cidade de Sobral-CE que foram, ou serão, dotadas de corredores verdes, situada na região semiárida nordestina. Sobral, localizada na região noroeste do estado do Ceará, a uma distância aproximada de 235 km de Fortaleza, apresenta coordenadas geográficas específicas, com latitude de -3.68913 e longitude de -40.3483, abarcando uma extensão territorial total de 2122,897 km².

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes ao ano de 2022, o município conta com uma população de 203.023 habitantes, posicionando-se como o quinto mais populoso do estado e o segundo em termos de área no interior. Destaca-se, ainda, por ostentar uma taxa de urbanização de 88,35%, consolidando-se como o segundo município mais desenvolvido no contexto estadual.

A vegetação preponderante na região é característica do bioma semiárido, especialmente a floresta caducifólia espinhosa, com presença de matas de transição em pontos específicos. Ao longo das margens dos rios, observa-se a presença da chamada mata de galeria, uma vegetação original que se destaca pela umidade em contraste com áreas circunvizinhas mais secas.

No âmbito urbano, a vegetação restringe-se principalmente às praças e parques urbanos, contando também com alguns corredores verdes, incluindo o parque ecológico Lagoa da Fazenda, Parque da Cidade e Parque Pajeú. Estas áreas não apenas propiciam o adensamento de bosques, mas também se configuram como espaços de lazer, equipados com infraestrutura que inclui pistas de skate, áreas para prática de cooper e um anfiteatro.

Em 2018 foi criado pela Prefeitura Municipal de Sobral o Plano de Arborização de Sobral (PAS) juntamente com a participação popular, com o intuito de elaborar um Plano mais próximo da realidade de Sobral. O PAS considera diversos tipos de vegetação que melhor se adaptam ao clima local, evitando a supressão vegetal a longo prazo.

O Plano de Arborização de Sobral foi utilizado durante o processo de construção dos corredores verdes, parques urbanos. Nesses locais foi preciso fazer um levantamento sobre quais árvores se adaptam ao ambiente, melhor se adequam ao espaço disponível, também a necessidade de manutenção, periodicidade, ou seja, tudo deve ser analisado antes de plantar uma árvore, para evitar problemas futuros.

Em 2019 foi criada a Lei nº 1939 de 19 de novembro de 2019, a qual dispõe sobre a obrigatoriedade de implementar o Plano de Arborização nos parques urbanos, objetivando estimular a preservação da vegetação local e integrá-lo à população, com o intuito de quebrar o paradigma sobre a independência do meio ambiente, estimular a expansão de áreas verdes na cidade, reduzindo a sensação de desconforto térmico, crescimento da diversidade animal e melhoria da qualidade de vida da população.

Há diversas leis referentes à preservação ambiental no município, dentre elas a Lei Nº 1485 de 26 de junho de 2015, que dispõe sobre a obrigatoriedade em posicionar placas nas áreas verdes. Elas são úteis para estimular a população a preservar o meio ambiente.

O Decreto Nº3235, 25 de agosto de 2023, dispõe sobre o Compromisso Verde, que responsabiliza empresas privadas e sociedade civil a conservar as áreas verdes da cidade. Com esse decreto, todos podem participar da manutenção e conservação dessas áreas. Recentemente, foi criado um projeto de adoção de praças públicas, assim todos podem apoiar o município em relação à manutenção desses espaços que são muito benéficos para os habitantes.

Quanto ao clima, Sobral caracteriza-se como uma região de clima semiárido, com distintos períodos de precipitação e seca, totalizando uma média pluviométrica de aproximadamente 930mm por ano, concentrados entre os meses de janeiro e maio. As temperaturas, por sua vez, variam de acordo com a estação do ano e localidade, apresentando mínimas de 21°C e máximas de 39°C.

Considerando o Sistema Clima Urbano (S.C.U), dinâmico e aberto, Sobral já aponta claras evidências em pesquisas anteriores (Muniz; Caracristi, 2018) de que as rugosidades características do sítio urbano, além da propriedade dos materiais construtivos, dinâmica urbana, entre outros aspectos, acaba por interferir diretamente na variação climática de Sobral, produzindo microclimas específicos em diferentes pontos da cidade.

Nos períodos em que se registram altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, os cidadãos tendem a sentir-se mais desconfortáveis termicamente, como é caso dos meses finais dos anos, especialmente setembro, outubro, novembro e início de dezembro.

Tal cenário evidencia a vulnerabilidade das pessoas em relação às variações climáticas. A sociedade não está preparada para lidar com eventos extremos e a maioria das cidades não se encontram devidamente adaptadas para fazer frente às ondas de calor que tem ocorrido com maior frequência nos últimos anos, ocasionando problemas diversos ao cidadão, em alguns casos podendo até levar ao óbito em razão da ausência de alternativas eficazes para reduzir e contornar a sensação de desconforto térmico.

Curiosamente, a Prefeitura de Sobral tem elaborado constantemente projetos, leis e buscado parcerias que visam investir na produção de uma cidade mais sustentável, compartilhando ideias e ações com o intuito de reduzir os impactos ambientais da cidade, entre eles o desconforto térmico. Tais medidas estão, em grande parte, apoiadas no Programa de Desenvolvimento Socioambiental de Sobral (PRODESOL).

A expansão de parques urbanos, por exemplo, tem contribuído para criar ambientes mais confortáveis (numa perspectiva térmica), além de figurarem como importantes equipamentos de lazer, contribuindo para um maior fluxo de pessoas, redução da violência, entre outros aspectos.

Levando em consideração o crescimento urbano de Sobral nas últimas décadas, a qual figura como cidade média no sertão cearense, é evidente que o microclima está constantemente sendo alterado por causa destas mudanças. Assim, expandir corredores verdes e parques urbanos representa uma alternativa na tentativa de minimizar o desconforto, na medida em que se observa o crescimento da população, o fluxo de veículos, o surgimento de novas residências e outras estruturas urbanas incrementando a carga térmica no ambiente urbano.

Ademais, a expansão da industrialização em Sobral, ampliando também os impactos ambientais, figura como um grande desafio para a gestão, uma vez que tais empresas devem ser convidadas à repensar e promover tais políticas sustentáveis de forma conjunta com a gestão pública, diante do contexto de crise ambiental/climática que atravessamos. Reside aí a importância em criar leis e buscar parcerias com as novas indústrias implementadas na cidade, pois elas devem participar e contribuir na adoção de medidas/ações voltadas à preservação ambiental.

Claro que a sensação de desconforto térmico em diferentes pontos e realidades na cidade de Sobral precisa ser considerada e relativizada, uma vez que diferentes fatores podem estar envolvidos, alguns subjetivos, que incluem a idade, vestimenta e a própria sensação de desconforto, que varia de um indivíduo para outro. Contudo, ainda que figurem como importantes e passíveis de consideração, tais percepções e escolhas pessoais não permitiriam uma avaliação do desconforto mais objetiva e que oferecessem elementos de análise ao poder público, a fim de construir estratégias para contornar a problemática. Assim, a fim de avaliar de forma objetiva e operacional o desconforto, para melhor dimensioná-lo e mensurá-lo, geralmente são utilizados índices de conforto que integram, especialmente, os parâmetros de temperatura e umidade nas suas análises.

Sobral, inclusive, já apresentam diversos estudos voltados para esta perspectiva e, em razão disso, o estudo aqui proposto englobou localidades da cidade com características físico-naturais e urbano-ambientais distintas, a fim de analisar os diferentes contextos em que se encontram inseridos, bem como as influências obtidas a partir de elementos naturais e urbanos na paisagem, na produção de microclimas específicos.

Equipamentos e dados

Na realização dos transectos móveis no período seco (no dia 23 de novembro de 2023) foram utilizados dois datta loggers, posicionados em abrigos de madeira de coloração branca, com o propósito de registrar a temperatura e umidade associadas aos transectos realizados nos horários de 6:00h, 15:00h e 20:00h. Os termohigrômetros digitais automáticos capturaram os dados (temperatura e umidade) em intervalos de 2 segundos, sendo a utilização de abrigos

meteorológicos confeccionados em madeira destinada a prevenir e minimizar possíveis interferências nas aferições conduzidas em campo.

Além disso, utilizou-se o software Avenza Maps para desenhar o trajeto (rota) do transecto. O aplicativo foi instalado nos dispositivos móveis dos pesquisadores, para identificação e registro das coordenadas de 179 pontos ao longo do trajeto, onde cada ponto foi marcado a intervalos regulares de 100 metros. Após o registro dos dados, houve a tabulação dos mesmos, a fim de melhor realizar análise termohigrométrica do trajeto e facilitar o cálculo empregado para a estimativa do índice de desconforto térmico humano.

Estimativa do índice de desconforto

Para avaliar as condições de conforto térmico, utilizou-se a proposta de Thom (1959). Para tanto, foi considerado o índice de desconforto térmico (IDT), obtido pela seguinte equação:

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 UR) \cdot (T - 14,5)$$

Na equação, T é a temperatura do ar expressa em graus celsius(°C) e UR é a umidade relativa do ar (%). Para a caracterização do nível de desconforto térmico utilizou-se a classificação apresentada por Santos (2011), adaptada para regiões tropicais, conforme tabela abaixo (Tabela 1):

Tabela 1 – Níveis de desconforto térmico a partir da aplicação do IDT

IDT (°C)	NÍVEL DE DESCONFORTO TÉRMICO
IDT < 24	Confortável
24 ≤ IDT ≤ 26	Parcialmente confortável
26 < IDT < 28	Desconfortável
IDT ≥ 28	Muito desconfortável

Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em Santos (2011)

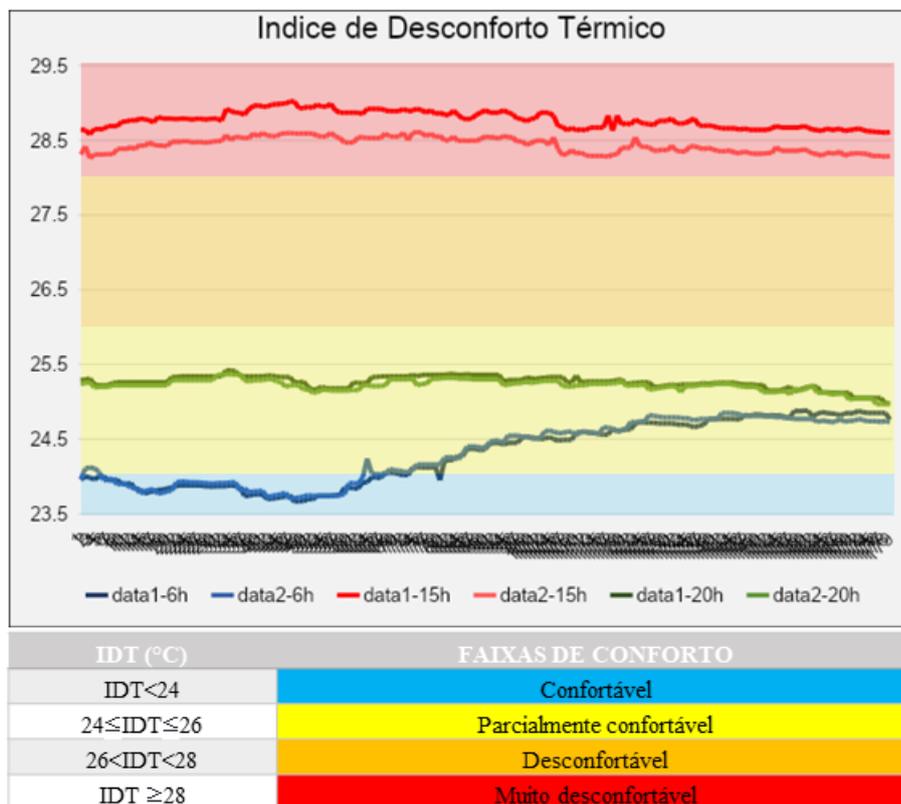
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que durante o período da manhã, às 6:00h, não houve muita variação na temperatura, que registrou uma amplitude de 1,5°C. Contudo, a umidade apresentou amplitude mais significativa, com quase 6% de diferença entre alguns pontos. Com relação ao IDT, este figurou na faixa entre 23,66 (índice mais baixo registrado, correspondente ao ponto 48, na Av. Sen. Fernandes Távora) e 24,88 (índice mais elevado verificado, registrado em mais de um ponto). Desse modo, os níveis de desconforto figuraram na faixa do confortável e parcialmente confortável.

Quando analisado os dados da tarde, às 15:00h, observam-se maiores níveis de desconforto. As temperaturas se encontram mais elevadas, chegando à máximas de 37,8°C em alguns pontos, somada a baixa umidade que não ultrapassou os 33,5% (em alguns pontos registrou-se umidade abaixo dos 30%). O IDT chegou a registrar níveis muito desconfortáveis (Gráfico 1). Durante

a noite, às 20:00h, por sua vez, há uma queda nas temperaturas e um aumento nos índices de umidade, fazendo com que o IDT figurasse entre 25,05 e 24,97, identificado como parcialmente confortável.

Gráfico 1 – IDT verificado no período seco (novembro de 2023)



Fonte: autores (2024).

Conforme evidenciado na Figura 1, o período de maior desconforto térmico ocorreu às 15:00h, o que já era esperado, uma vez que por volta de 12:00h às 15:00h há maior absorção de radiação e após esse horário a radiação está sendo emitida, aumentando a sensação de desconforto térmico. A temperatura no transecto variou entre 36,8°C e 37,7°C, e a umidade relativa do ar entre 33% e 28%, com IDT figurando na faixa do muito desconfortável.

No entanto, observou-se uma diminuição desse desconforto nos intervalos dos pontos 105 a 112, 148 a 152 e 163 a 179. Respectivamente, o primeiro intervalo corresponde aos pontos próximos à Lagoa da Fazenda, enquanto o segundo está localizado na R. José Inácio Parente Filho, caracterizada por uma maior presença de árvores. O terceiro refere-se a uma área também rica em vegetação arbórea. Assim, é possível inferir que locais com corredores verdes mais desenvolvidos apresentaram um índice de desconforto térmico mais baixo, mesmo durante os períodos mais quentes das aferições.

A figura 1 representa um dos pontos do transecto móvel que registrou maiores níveis de desconforto, caracterizado pela quase ausência de vegetação, forte adensamento urbano, construções com poucos pavimentos, pavimentação asfáltica, entre outros elementos que contribuem para incrementar a carga térmica do ambiente. Em tais ruas com paisagem mais

artificializada, com pouca ou nenhuma vegetação, geralmente verificam-se temperaturas mais elevadas e a umidade mais baixa.

Figura 1 – Imagem que representa ponto com elevado desconforto térmico



Fonte: Autores (2023)

Em situação mais amena, as áreas que apresentam corredores verdes, vegetação mais adensada (como no caso dos Parques Urbanos) e presença de corpos hídricos, contribuíram especialmente para o aumento da umidade relativa do ar e até mesmo uma redução da temperatura (ainda que no período seco, tal redução tenha se apresentado de forma mais tímida).

A imagem abaixo (Figura 2) representa um belo exemplo de amenidade no âmbito do desconforto, registrada em Parque Urbano, com presença de vegetação e corpo hídrico. Ainda de acordo com o transecto realizado no horário das 15:00h, um fato curioso precisa ser considerado, justificando o posicionamento de dois Data Loggers no veículo (um do lado esquerdo e outro do lado direito).

Figura 2 – Imagem que representa ponto com menor desconforto térmico



Fonte: Autores (2023).

O Data Logger 02 obteve registros de temperatura entre 36,7°C e 37,6°C, e umidade relativa do ar entre 27,1% e 29,1%. Apesar do equipamento ser perfeitamente calibrado, apresentando os mesmos registros do Data Logger 01 (quando submetido às mesmas condições de temperatura e pressão) e passando pelos mesmos procedimentos que o Data logger 01, os resultados foram um pouco menores, pois em alguns pontos houve menor exposição à radiação, em virtude da presença dos corredores verdes que contribuíram para registros relativamente mais amenos, ainda que estes figurassem dentro da faixa mais desconfortável.

No que se refere ao transecto móvel das 20:00h, o Data Logger 1 registrou variações de temperatura entre 28°C e 29°C ao longo de todo o percurso, enquanto a umidade relativa do ar apresentou um comportamento crescente, de 51% para 57%. O Índice de Desconforto Térmico (IDT) neste horário figurou na faixa do confortável. Uma relevante observação nesse transecto diz respeito à queda na temperatura e um aumento significativo na umidade relativa do ar nos quatro últimos pontos do percurso, localizados no bairro Renato Parente. Essas variações podem ser imputadas à proximidade do bairro com o sopé da Serra da Meruoca, permitindo trocas interessantes entre a serra e o vale, a partir dos sistemas de brisa.

CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados, é possível concluir que a presença dos corredores verdes acaba por contribuir na minimização do desconforto térmico, ainda que no período seco tal

minimização tenha se apresentado de forma tímida. Embora as temperaturas não tenham apresentado variações tão significativas, o incremento na umidade relativa do ar foi notório nos pontos em que ocorriam os corredores verdes. Acredita-se que tal incremento poderá ser mais significativo em transecto a ser realizado no período chuvoso (em abril de 2024).

De qualquer forma, cabe mencionar a necessidade de manutenção e expansão destas áreas verdes em Sobral, uma medida crucial para tentar reduzir a sensação de desconforto térmico característica desta porção semiárida e que se reveste de maior relevância em virtude do contexto de crise climática que atravessamos, o qual já evidencia ondas de calor mais severas.

Algumas medidas são necessárias, no intuito de mitigar os efeitos decorrentes do desconforto térmico, especialmente quando observadas as diretrizes urbanísticas. A política urbana demanda novos investimentos, pautadas em ações sustentáveis já amplamente difundidas em inúmeros acordos e conferências internacionais, políticas e programas de governo, entre outros mecanismos. Sob o ponto de vista legal, já existem importantes documentos, em escala nacional, como o Estatuto das Cidades, promulgado em julho de 2011, e que versa sobre algumas destas políticas e diretrizes para o bom desenvolvimento das cidades, as quais devem refletir e propiciar condições ideais para o promover a sustentabilidade, com rebatimento na qualidade de vida dos cidadãos.

Cabe aos gestores e órgãos públicos, com apoio e colaboração da sociedade, o cumprimento das legislações, além de aprimorar as ações voltadas ao planejamento urbano, considerando o contexto de semiaridez em que a cidade de Sobral se encontra inserida. O cumprimento da lei, associado ao conjunto de políticas públicas pode ser um passo fundamental na garantia do mais elementar direito da vida urbana: o direito à cidade.

O despertar do senso crítico para a temática ambiental, incluindo os aspectos associados ao desconforto térmico devem figurar como prioridades nas políticas públicas e programas de governo, com efetiva participação e colaboração dos cidadãos, seja na construção dos Planos Diretores, Planos de Arborização, Educação Ambiental etc.

Para além do sombreamento e maior carga de umidade, colaborando para a minimização do desconforto, a presença de vegetação apresenta outros aspectos que contribuem para a qualidade de vida do cidadão, desde aqueles de natureza contemplativa, maior infiltração de água no solo, até a preservação da biodiversidade local.

A cidade de Sobral tem investido na criação de novos corredores verdes e parques urbanos, a partir de políticas públicas associadas ao Plano de Arborização Urbana de Sobral (PAS) e Programa de Desenvolvimento Socioambiental de Sobral (PRODESOL), que tem recebido desde 2017 importantes aportes financeiros do Banco de Desenvolvimento da América Latina (com contrapartida da Prefeitura Municipal) para investimento nas mais diversas áreas.

Tais medidas têm contribuído para reduzir a sensação de desconforto térmico em alguns pontos da cidade, algo relevante, especialmente em se tratando de uma localidade inserida no semiárido, já caracterizada pelas altas temperaturas e baixa umidade na maior parte do ano.

O investimento realizado pela Prefeitura de Sobral (com apoio de Banco internacional), apresenta-se como um belo exemplo em um país que geralmente não investe nesse tipo de política pública. Lamentavelmente, o que se observa nas grandes e médias cidades brasileiras é o crescimento urbano desordenado, onde a urbanização prevalece sobre as áreas verdes, cada vez mais degradadas e desconsideradas nos planos de governo das cidades.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) e ao Laboratório de Estudos Ambientais Climáticos (LEAC) que contribuíram, especialmente no âmbito da infraestrutura necessária para o bom desenvolvimento da pesquisa, bem como à FUNCAP, em virtude do auxílio financeiro disponibilizado, a partir da Bolsa de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e à Inovação Tecnológica – BPI (Edital 04/2022).

REFERÊNCIAS

ALVALÁ, Regina C.; BARBIERI, Alisson Flávio. Desastres naturais. **Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar**. São José dos Campos, SP: Inpe, v. 1, 2017.

ARAUJO, Eloisa Carvalho de; RIBEIRO, Natália Fernandes. Cidades verdes: contribuições para o debate sobre rios urbanos e corredores verdes. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, v. 3, n. 5, 2015.

CORTEZ, R. M. V.; MOURA, N. C. B. de; MACHADO, C. de O. J. Análise do desempenho das melhores práticas de manejo para constituição de corredores verdes em Fortaleza -CE. **Paisagem e Ambiente**, [S. l.], v. 30, n. 43. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/146647>. Acesso em: 18 jan. 2024.

COSTA, Francisco Wendell Dias. Apontamentos sobre o conforto térmico nas escolas municipais da área urbana de barra do corda-MA. **Anais... XV ENANPEGE**. Campina Grande. Realize editora, 2023. Disponível em <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/94018>. Acesso em 20 de dez. de 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. Disponível em: <https://www.embrapa.br/home>. Acesso em: 19 jan.2024.

IBGE. **Sobral-CE - IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/sobral/panorama>. Acesso em: 19 de dez. de 2023.

JUNIOR, Altamar Lopes Pedreira et al. Temperatura, umidade relativa do ar e índice de desconforto térmico (IDT) no município de Boca do Acre-Amazonas. **EDUCamazônia**, v. 20, n. 1, p. 75-86, 2018.

MASCARÓ, Juan José. BONATTO, Daniella do Amaral Mello. **Infraestrutura Verde como Estratégia de Desenvolvimento Sustentável e Qualificação Urbana: estudo de caso de Passo Fundo-RS**. ELECS, CURITIBA, PR, de 21 a 24 de outubro de 2013. Ver em: http://www.academia.edu/6393941/Infraestrutura_Verde_como_Estrat%C3%A9gia_de_Developimento_Sustent%C3%A1vel_e_Qualifica%C3%A7%C3%A3o_Urbana_-_MASCAR%C3%93_Juan_Jos%C3%A9_BONATTO_Daniella_do_Amaral_Mello_-_ELECS_2013. Acesso em: 18. jan. 2024.

MUNIZ, Francisco Gerson Lima; CARACRISTI, Isorlanda. As transformações urbanas e a sazonalidade: produtores do conforto térmico do centro da cidade de Sobral-CE. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v, 22, p.01-12, 2018.

SANTOS, J. S. **Campo térmico urbano e sua relação com o uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida.** 2011. 108 f. Tese (Doutorado) – UFCG, Campina Grande: 2011.

SILVA, R. W. da C.; PAULA, B. L. de. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra e Didática**, Campinas, SP, v. 5, n. 1, p. 42–49, 2015. DOI:

10.20396/td.v5i1.8637501. Disponível em:

<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8637501>. Acesso em: 14 dez. 2023.

SOBRAL. LEI Nº 1939 DE 19 DE NOVEMBRO DE 2019. **Política de Arborização Urbana no Município de Sobral.** Seção II, Sobral, CE, ano 2019, p.1-20, 19 jan.2024. Leis Ambientais.

SOBRAL. LEI Nº 1485 DE 26 DE JUNHO DE 2015. **Identificação de áreas verdes.** Sobral, CE, ano 2015, p. 1-2, 19 jan.2024. Leis Ambientais.

SOBRAL. DECRETO Nº3.235, DE 25 DE AGOSTO DE 2023. **Compromisso verde.** Sobral, CE, ano 2023, p.1-3, 19 jan. 2024. Leis Ambientais.

THOM, E. C. 1959. The discomfort Index. **Weatherwise**, 12, 57-60. Disponível em:<https://scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1694667>. Acesso em 20 de dez. de 2023.

DIAGNÓSTICO INTEGRADO DAS RELAÇÕES ENTRE MEIO AMBIENTE, SANEAMENTO E SAÚDE

Camila Esmeraldo Bezerra
Flávia Jorge Lima
Maevy dos Santos Brito
Maria Rita Vidal
Edson Vicente da Silva

INTRODUÇÃO

O saneamento ambiental representa um elemento crucial para a promoção da saúde pública. Atitudes simples, como a higienização das mãos, a limpeza do ambiente e a gestão adequada dos resíduos, desempenham um papel significativo nesse contexto. Embora o cenário do saneamento no Brasil tenha apresentado melhorias substanciais, é evidente que ainda há um longo caminho a percorrer para alcançar a universalização, visando atender plenamente 100% da população com esses serviços essenciais.

Apesar do atendimento aos serviços de saneamento ter melhorado nos últimos anos, existem diferenças significativas quando comparada as diferentes regiões. O saneamento ambiental é um aspecto importante a ser planejado pelo município, pois a ausência de infraestrutura de saneamento básico contribui para o aumento de patógenos e a proliferação de insetos, incluindo o mosquito *Aedes aegypti*, responsável pela transmissão de doenças como dengue, chikungunya e zika.

Todos os componentes do saneamento básico devem ser cuidadosamente planejados pelo município para que possam garantir que os serviços cheguem a toda população. A drenagem urbana pluvial ineficiente, acarreta em riscos de enchentes que por sua vez traz transtornos para as pessoas, como a disseminação de doenças.

Assim como a maioria dos centros urbanos no interior do Estado do Ceará, a cidade principal do município do Crato enfrenta significativas deficiências em sua infraestrutura e serviços de saneamento básico. Além disso, há desafios relacionados à presença de áreas propensas a inundação em diversos bairros, agravando ainda mais a propagação de doenças.

Diante do contexto, o presente trabalho consiste em examinar as relações entre as arboviroses da Dengue e da Chikungunya com as condições de saneamento básico e as áreas de risco no município do Crato, localizado no Estado do Ceará.

ASPECTOS DO SANEAMENTO BÁSICO E ENDEMIAS

A água torna-se imprescindível, porém a garantia da água com qualidade e quantidade suficientes, a sua disponibilidade tem se tornado um desafio cada vez maior, devido as diferentes fontes de poluição que os recursos hídricos estão expostos. Para assegurar o acesso a água em qualidade e quantidade suficientes e de forma segura para a sociedade, são estabelecidas instalações para abastecimento de água. Dessa forma é possível realizar o tratamento da água a fim de evitar que ela não seja um meio de transmissão de doenças para a população.

Para que isso seja possível existe a concepção de um sistema de abastecimento de água, a qual envolve alguns fatores como a prioridade da população ou serviços a que a água será

direcionada em seguida a outros como as condições ambientais, institucionais, sociais, de infraestrutura e econômico-financeiros. Da mesma forma que para a resolução de um problema no abastecimento de água, podem existir diferentes soluções, é coerente admitir diferentes variantes, distintas formas de projeto ou distintas concepções de dimensionamento (Heller, 2006; Pompeo; Samways, 2020).

O tipo de fonte de abastecimento tem relevante impacto na concepção e funcionamento de um sistema de abastecimento de água. A captação pode ser realizada de forma superficial e subterrânea. O manancial precisa ter boa localização com relação à distância da comunidade e quantidade capaz de suprir a demanda, além de eventuais focos de poluição conhecidos. Cada etapa do sistema de abastecimento de água é importante para garantir que a comunidade tenha acesso à água com boa quantidade e qualidade. Com relação a esse último, já deve-se ter atenção desde a primeira unidade que é a de captação. O monitoramento da qualidade da água bruta deve ser feito nessa primeira etapa, essas orientações estão presentes na Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde (SNIS, 2021).

Ao considerar a concepção de um sistema de abastecimento, é necessário conhecer a respeito do volume de água requerido pela comunidade. De acordo com Pompeo e Samways (2020), não é fácil saber com precisão a quantidade de água requerida para todas as atividades, desse modo, realiza-se uma estimativa. A quantidade de água calculada para essa finalidade pode ser mencionada como demanda de água ou consumo de água.

Heller (2006), atenta para o fato das vazões mínimas dos mananciais de superfície, serem suscetível ao uso e ocupação territorial nas bacias hidrográficas. Devido à exploração ambiental, que uma de suas fortes características é a remoção da vegetação, faz com que o solo das bacias que contribuem com o manancial tenha sua capacidade de retenção diminuída, tendo como consequência menores vazões em períodos de seca.

A vazão da água depende de muitos fatores como os climáticos, uso e ocupação do solo conforme as diferentes demandas por parte da população. Por isso, é importante atentar para o balanço entre oferta e demanda no consumo dos recursos hídricos. Quando a demanda é alta e supera a oferta, provoca-se escassez da disponibilidade e conflitos em muitos locais.

É preciso estar atento a todas essas etapas e procurar por melhorias nos serviços de abastecimento de água, tendo em vista que os resultados são imediatos e impressionáveis do progresso na saúde pública e nas condições de vida de uma comunidade, através do controle e da prevenção de doenças, incentivo de práticas de higiene e melhoria da limpeza pública. Já foi verificado que a inserção de sistemas adequados de abastecimento de água, contribuem com a redução das doenças transmitidas através de veiculação hídrica (FUNASA, 2019).

Outro aspecto que está ligado ao abastecimento de água é a coleta e tratamento do esgoto, pois após o uso da água suas características serão modificadas e o esgoto tem potencial de contaminação do solo e da água, esse fato reforça a necessidade da atenção com o sistema de esgotamento sanitário.

Ao utilizar água em sanitários, pias e ralos, as pessoas lançam materiais orgânicos e químicos que a poluem e contaminam. O correto é que essa água seja descartada e coletada por um sistema de esgotamento sanitário, em um arranjo que tem a finalidade de coletar e levar o esgoto até um local no qual será executado um tratamento apropriado antes de lançá-lo nos corpos hídricos que podem servir como manancial de abastecimento para outras localidades (SNIS,

2021). Esse sistema de esgotamento sanitário tem diferentes tipos, dependendo de determinados aspectos.

No Brasil, adota-se o uso do sistema separador absoluto, onde frequentemente encontra-se interconexões entre a água de drenagem e o esgoto sanitário; com isso ocorre a contaminação com propriedades indesejadas do esgoto pluvial, tendo como consequência o aumento da vazão nesse sistema. Essa interconexão acontece devido a defeitos das instalações, ligações clandestinas, negligência, ausência de fiscalização nas obras e edificações onde, por simples conveniência dos moradores e construtores, são acrescentadas ao esgoto sanitário as águas pluviais e vice-versa (Araujo, 2011; Pompeo; Samways, 2020).

Um sistema de esgotamento sanitário ideal, é aquele em que há uma rede de coleta que destina o efluente para uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) e, somente depois de ser realizado o tratamento adequado, segue para uma disposição final, que pode ser um corpo receptor, reuso da água ou disposta no solo (Pompeo; Samways, 2020; SNIS, 2021).

A característica dos esgotos domésticos difere tanto em termo de qualidade, quanto de quantidade dependendo do uso da água, frequentemente contém 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos e ainda micro-organismos. Os elementos que compõem a fração sólida dos esgotos estão sujeitos a hábitos, situação socioeconômica da população e também do clima (FUNASA, 2019). Esses fatores são importantes para a concepção do projeto de esgotamento sanitário como, o dimensionamento, os tipos de sistemas de tratamento de esgoto e destinação final, podendo assim diferir em alguns aspectos de um local para outro.

As substâncias presentes no esgoto podem ser caracterizadas através de valores médios de alguns parâmetros diretos ou indiretos, separados em três categorias: físicos, químicos e biológicos. Alguns desses parâmetros são utilizados para determinar o potencial poluidor do efluente e o grau de tratamento preciso (FUNASA, 2019). Os valores desses parâmetros, estão presentes na legislação e assim é possível após o tratamento do esgoto verificar se os parâmetros se encontram em consonância ao recomendado, de forma que não causem prejuízos ao corpo receptor.

Wartchow (2009), afirma que os municípios que não investirem de forma correta, no atual momento, em saneamento ambiental e na preservação dos rios e nas florestas, não terá outra alternativa, a não ser despendar cada vez mais de maiores valores econômicos, para posteriormente reparar os danos ambientais. Por consequência de dificuldades como a escassez de recursos financeiros, muitos municípios não podem se servir de qualquer argumento para adiar as providências.

Com o tratamento adequado e o atendimento aos padrões estipulados pela legislação evita-se poluir os mananciais e prejudicar o ecossistema aquático e à saúde pública, tendo em vista que, o esgoto não tratado acarreta na proliferação de agentes patológicos que transmitem doenças à população.

Outro componente do saneamento ambiental que precisa de bastante atenção e planejamento no município é a drenagem das águas pluviais urbanas. Tendo em vista, que os transtornos que a sua ausência causa como enchentes, erosão, inundações, resultam na perda de moradias e pertences das populações, quando não levam a mortes.

A água presente no planeta segue um percurso natural, de acordo com o ciclo hidrológico. Devido as atividades humanas, principalmente ao que se refere ao uso e ocupação do solo e as

ações ligadas aos usos das águas superficiais e subterrâneas, modificam os percursos naturais pelo qual passa a água, continuando sempre com seu fluxo em função da gravidade, iniciando nos pontos mais altos e chegando aos mais baixos. No processo de fundamentação dos agrupamentos da população, o sistema de drenagem destaca-se como um dos mais delicados problemas acarretados pela urbanização, sobretudo por causa da impermeabilização do solo, detendo a infiltração das águas da chuva, provocando o aumento do escoamento superficial do volume de água do precipitado. Nesses casos é preciso um devido controle do escoamento das águas pluviais, a fim de evitar as consequências antagônicas que podem compor graves prejuízos à saúde, à segurança e qualidade de vida da população (FUNASA, 2019; Pompeo; Samways, 2020).

A água presente no planeta segue um percurso natural, conforme o ciclo hidrológico. No entanto, as atividades humanas, especialmente aquelas relacionadas ao uso e ocupação do solo, assim como ações ligadas ao uso de águas superficiais e subterrâneas, alteram os caminhos naturais pelos quais a água passa. Isso ocorre continuamente, impulsionado pelo fluxo gravitacional, começando nos pontos mais elevados e descendo até os mais baixos. No processo de estabelecimento das comunidades humanas, o sistema de drenagem emerge como um dos desafios mais sensíveis causados pela urbanização, principalmente devido à impermeabilização do solo. Essa impermeabilização impede a absorção da água da chuva, resultando no aumento do escoamento superficial do volume precipitado. Nessas circunstâncias, é crucial implementar um controle adequado do escoamento das águas pluviais para prevenir consequências adversas que possam acarretar sérios danos à saúde, segurança e qualidade de vida da população (FUNASA, 2019; Pompeo; Samways, 2020).

A principal finalidade de um sistema de drenagem é mitigar e afastar a ameaça de inundações em regiões ocupadas pela atividade humana. Outro objetivo é garantir a preservação das áreas de várzeas, isto é, aquelas que naturalmente se inundam ao longo das margens dos rios. Essas áreas, quando não urbanizadas, desempenham um papel crucial no escoamento de vazões durante enchentes, mantendo o ecossistema aquático e terrestre intacto e promovendo interações benéficas entre as águas superficiais e subterrâneas. Além disso, o sistema de drenagem é capaz de reduzir simultaneamente os problemas de erosão e assoreamento (Pompeo; Samways, 2020).

Existem outros fatores importantes que devem ser levados em consideração em um projeto de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (2021, p. 150), os principais fatores são: “clima, relevo, tipo de solo, regime dos corpos de água nas cidades e impermeabilização do solo. O manejo das águas pluviais deve ser feito de acordo com as características de cada cidade”. Como se observa, é crucial levar em conta também os elementos de origem natural para obter um resultado satisfatório que previna o desencadeamento de enchentes e outros prejuízos mencionados anteriormente. É fundamental considerar as particularidades da bacia hidrográfica específica do município.

Como medida para mitigar os impactos das inundações em áreas urbanas, a perspectiva tradicional do projeto de drenagem tem passado por transformações nas últimas décadas, adotando uma abordagem integrada que envolve o manejo sustentável das águas pluviais e o planejamento urbano. A inclusão de conceitos de sustentabilidade ambiental na reavaliação do crescimento da cidade abre novas oportunidades para serem exploradas como recursos integrados em um contexto multidisciplinar (Battemarco, *et al.* 2018).

Esse novo paradigma na gestão de águas pluviais urbanas introduziu aspectos inovadores e vantagens que vão além do método tradicional de simplesmente coletar e direcionar as águas pluviais, afastando-as o mais rápido possível da área urbana central em direção às periferias. Este novo enfoque incorpora a compreensão da geomorfologia, bem como elementos estruturais e não estruturais (planejamento, zoneamento e medidas que orientam a ocupação de áreas com menor risco de inundação). A combinação de medidas estruturais e não estruturais amplia os meios que promovem maior retenção, infiltração e percolação das águas, visando corrigir os resultados negativos da drenagem convencional. Essa abordagem ficou conhecida como drenagem urbana sustentável (Christofidis; Assumpção; Kligerman, 2019).

A expressão "arbovirose" foi cunhada na década de 1930, quando diversos vírus foram isolados em artrópodes, o que explica a origem do termo "arbovírus" (vírus carregados por artrópodes, do inglês "Arthropod-borne virus"). Esses vírus ocorrem em insetos e podem ser transmitidos a seres humanos e outros animais por meio da picada de artrópodes hematófagos, como mosquitos, carrapatos e pulgas. Esses vírus compartilham a característica de terem um ciclo que normalmente envolve um hospedeiro animal, seja ave ou mamífero, e um vetor artrópode. Em alguns casos, pode haver mais de um hospedeiro ou transmissor envolvido no ciclo (Brasil, 2022; Silva; Angerami, 2008).

Mendonça, Veiga, Souza e Dutra (2009) destacam diversos aspectos relacionados à propagação das doenças causadas por arboviroses. Entre os fatores mais evidentes, destacam-se as mudanças climáticas, alterações nas paisagens e ecossistemas, adoção de novos padrões e estilos de vida pela população, expansão e concentração demográfica, deficiências nos serviços de saúde pública, além de fatores intrínsecos aos vírus e bactérias, como mutação e virulência. Nesse contexto, "os arbovírus representam uma preocupação para a saúde pública, com impactos clínicos, econômicos e sociais significativos, e seu controle representa um desafio, principalmente no Brasil" (Patriota, 2019, p. 26).

As arboviroses de maior circulação e relevância epidemiológica no Brasil são: Dengue (DENV) e Zika (ZIKV) dos gêneros Flavivírus, Chikungunya (CHIKV) e Mayaro (MAYV) dos gêneros Alphavirus, Oropouche (VORO) gênero Orthobunyavirus e ainda o vírus da febre amarela (FA) do gênero Flavivírus (Silva; Angerami, 2008; Donalísio; Freitas; Zuben, 2017; Campos, et al., 2018). No Ceará as arboviroses predominantes são: dengue, chikungunya e zika.

As arboviroses transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti* representam um dos grandes desafios na esfera da saúde pública global. A dengue é a arbovirose urbana de destaque nas Américas, e dispõe como agente etiológico o vírus dengue (DENV), que apresenta 4 sorotipos. (Brasil, 2022b). Além da dengue esse mosquito transmite também os vírus chikungunya e zika.

Diante do contexto, faz-se necessário ações em diversos âmbitos sejam eles saúde, saneamento, gestão de áreas de risco e vacinação para que se tenha uma população livre dos casos relacionados a vírus da dengue, chikungunya e outros, transmitidos através dos mosquitos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

A presente pesquisa tem caráter qualitativo, foi baseada na Geoecologia das Paisagens, proposta por Rodriguez e Silva (2018). No primeiro momento, foi realizado um levantamento bibliográfico a respeito de aspectos do saneamento e arboviroses. Em seguida a aquisição de dados junto ao órgão municipal de saúde, número de casos de Dengue e Chikungunya. Para o órgão responsável pelo saneamento foi solicitado os dados de abastecimento de água e coleta

de esgoto da cidade do Crato-CE do ano de 2022. Além do mapeamento respeito das áreas de risco realizado no ano de 2014 pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM).

O Crato está localizado no sul do estado do Ceará a uma distância média de 400 Km de Fortaleza, capital do estado. Possui uma população de 131.050 habitantes e está inserida na região do Cariri (IBGE, 2022; IPECE, 2017).

Para a análise espacial dos componentes geoambientais do Crato foi verificado seus elementos geológicos, a geomorfologia e os solos. As informações apresentadas neste contexto têm como principal fonte a dissertação de Lima (2008), que realiza uma síntese concisa das condições geoambientais e das unidades sistêmicas naturais no município do Crato, bem como em seu contexto regional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

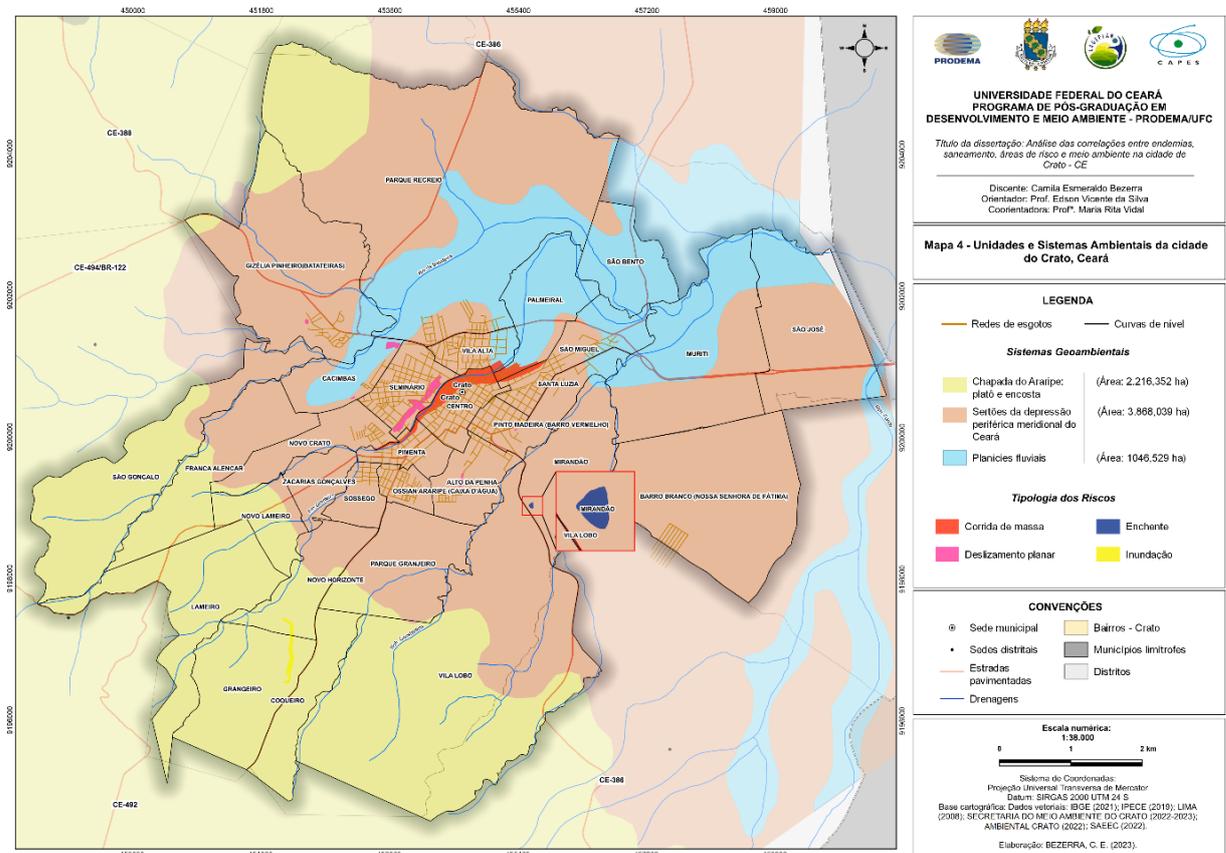
Segundo as pesquisas do CPRM (2014), a diferenciação das rochas da bacia sedimentar do Araripe, que estão dispostas horizontalmente, junto com depósitos de colúvio e tálus, contribuem para uma erosão diferencial, favorecendo o deslocamento e quedas de blocos de arenitos no topo da chapada que chegam gradativamente a porções mais baixas dos canais de drenagem por gravidade, acumulando-se nestes. Os litotipos da Formação Santana, que possuem grande parte exposta na porção mediana da bacia, desenvolvem solos mais espessos e erodíveis.

Com a saturação hídrica do talude ocorre a formação de feições erosivas /voçorocas, de grandes dimensões nas encostas do bairro do Seminário. No interior e bordas dessas voçorocas ocorre uma ocupação residencial irregular, que ocupa uma superfície de cerca de 240m de extensão. Nessa área instalaram-se cerca de 190 residências/famílias correspondendo a um total 760 pessoas que vivem permanente situação de alto risco e muito alto risco ambiental, principalmente devido a processos de escorregamento sedimentar. Entre os efeitos provocados nas voçorocas e seu entorno imediato, estão as rachaduras e instabilização nas paredes e alicerces das residências com alto risco de desabamentos e soterramentos.

Segundo a descrição realizada pelo CPRM (2014), a encosta do bairro Seminário dispõem-se de forma paralela à calha fluvial do rio Granjeiro, em área urbana da cidade do Crato. Segundo o órgão de pesquisa, constata-se uma intensa ocupação humana, a ausência de uma drenagem superficial eficiente, presença de fossas sépticas e tubulações de esgotamento sanitário com vazamentos, dispondo-se sobre uma litologia sedimentar friável e muito porosa.

A compartimentação geoambiental realizada por Lima (2008), foi fundamental para se definir as subunidades geoambientais representadas pela Figura 1, onde se identificam a: (i) Chapada do Araripe com seu platô e encosta, (ii) Sertões da Depressão Periférica Meridional e (iii) Planícies fluviais. A identificação de sistemas e subsistemas geoambientais permitiu examinar as interferências ambientais nas ocorrências das arboviroses Dengue e Chikungunya.

Figura 1 - Mapa das Unidades Geoecológicas da paisagem do Crato-CE.



O platô e os subsistema de encosta no município do Crato, possuem uma superfície de 2.216 ha, correspondendo na classificação de Tricart (1971), um meio fortemente instável, cuja morfodinâmica é superior à pedogênese. Corresponde os rebordos erosivos da Chapada do Araripe, que estão submetidos a ações de pedimentação, estabelecendo contato com a depressão sertaneja de forma abrupta.

Litologicamenté é um ambiente constituído por sedimentos da Formação Arajara e da Formação Santana, onde se desenvolvem os solos tipo Neossolo litólico e Luvisolo crômico. Possui um clima subúmido, com precipitações médias anuais de até 900 mm (FUNCEME, 2006), que juntamente com as fontes hídricas subterrâneas atua na formação de uma importante rede de drenagem.

No alto da chapada, em seu platô, há presença de um cerradão, enquanto suas encostas estão revestidas por mata seca, caatinga arbóreo-arbustiva e vegetação secundária. Como forma de uso predominante, Lima (2008) destaca a agricultura de subsistência como plantações de milho, feijão e arroz, mandioca, amendoim, banana, coqueiros, extração do babaçu, pastagem, pecuária extensiva, extrativismo vegetal de lenha para carvão e madeira.

A Depressão Sertaneja na cidade do Crato, é constituída basicamente por material predominantemente sedimentar, com uma superfície de 3.868 ha. Sofre intensos processos de pedimentação, constituindo um relevo plano a suavemente ondulado, apresentando altimetrias variando 400 a 520m.

Segundo Lima (2008), o subsistema é formado por sedimentos da Bacia Sedimentar do Araripe e por depósitos de terraços fluviais, sendo material de origem sedimentar, de textura arenosa e bastante permeável favorável. As condições climáticas subúmidas são predominantes (médias anuais de 900mm a 1200mm) a semi-árida (médias anuais em torno de 900mm) em áreas mais distantes da Chapada do Araripe (FUNCEME, 2006).

Os rios e os riachos oriundos das encostas, se espalham ao chegar nos seus médios e baixos cursos, onde há a presença de amplas e extensas planícies fluviais nas áreas rurais. Porém, nas áreas urbanas, os rios são artificialmente drenados por canais pluviais, o que faz com que durante as grandes chuvas, saiam de seu leito principal e inundem ruas e superfícies adjacentes. Aumentando a proliferação de áreas alagadas e logicamente a transmissão de Dengue e Chikungunya.

Nos baixos cursos dos rios na cidade do Crato, se formam amplas Planícies Fluviais ocupando uma área de 1.047 ha, que na classificação ecodinâmica de Tricart (1971) correspondem a ambientes ecodinamicamente instáveis, devido às sazonalidades climáticas que influem diretamente nos volumes e distribuição das precipitações pluviais e conseqüentemente no aporte e deposição de sedimentos. Correlacionam-se a um clima subúmido, com precipitações médias anuais entre 800mm a 1100mm (FUNCEME, 2006).

Os solos predominantes nessa área vinculam-se à associação de Luvisolo crômico com Neossolo quartzarênico, estando revestidos por mata seca nas áreas mais elevadas e por caatinga arbóreo-arbustiva e vegetação secundária nos ambientes rebaixados.

As principais formas de uso se relacionam com a pecuária extensiva, agricultura de subsistência como milho, feijão, fava e arroz, fruticultura, chácaras para veraneio e o ambiente urbano da cidade do Crato.

Para os dados referentes ao sistema de abastecimento de água e esgoto, foram considerados de janeiro até agosto de 2022, pois a partir de setembro do referido ano, o esgoto passou a ser competência da empresa que obteve a concessão pelos serviços de esgotamento, sendo assim, optou-se por avaliar as informações referentes ao saneamento apenas nesse período.

Analisando a ocorrência das arboviroses no ano de 2022 no Crato, com os sistemas de abastecimento de água e rede de esgotamento na cidade do Crato foi possível identificar que os bairros que têm esgotamento são: Centro (23,80%), Vila Alta (15,94%), Pinto Madeira (9,49%), Seminário (9,08%) e São Miguel (7,46%). Os bairros com menores concentrações de sistemas de esgotos, Gisélia Pinheiro (4,97%), Ossian Araripe (4,68%) e Alto da Penha (2,16%). Os outros bairros não possuem esgotamento ou a cobertura ainda é ínfima, pois não são espacialmente visíveis como Muriti (0,01%), Granjeiro (0,2%) e o Lameiro que não tem.

De acordo com dados da pesquisa fornecidos pela companhia responsável pelo abastecimento de água no município do Crato, a população atendida com rede coletora no município do Crato em 2022 foi de 44.203 habitantes, o equivalente a 33,73% da população que segundo o IBGE (2022), era de 131.050 habitantes. Observa-se que a cobertura na prestação de serviços de coleta e tratamento de esgoto ainda é limitada. Esta situação representa uma preocupação, uma vez que a falta de cobertura na rede de esgoto impacta negativamente a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. O bairro Muriti encontra-se em estreita proximidade com o riacho Constantino, o que significa que o esgoto desse bairro pode fluir diretamente para o riacho, sem passar por qualquer processo de tratamento.

Diagnóstico Integrado

Os três bairros com alta incidência de Dengue e Chicungunya, embora periféricos a passagem central do centro urbano da cidade do Crato, incluem: Gisélia Pinheiro, cujo escoamento é pelo rio Batateiras, propenso a frequentes inundações; Sossego, situado em uma área suscetível a inundação fluvial do rio Granjeiro; e, por fim, na porção oeste da cidade composto pelos bairros Barro Branco, Muriti e São José, que abrangem áreas propensas a inundação de baixos cursos fluviais, incluindo os riachos Fundo e Constantino.

As principais formas de uso e ocupação no subsistema das planícies fluviais estão relacionados aos cultivos de canaviais, extração de argilas e areias para a construção civil, agricultura com irrigação de milho, feijão e arroz, pecuária, pastagem e fruticultura.

Durante os períodos de chuvas intensas, as camadas de solo são mais suscetíveis à erosão causada pela ação da água, resultando na diluição de sedimentos. Esse processo contribui para o aumento da densidade do fluido, possibilitando o transporte de blocos pesados que se acumulam nos leitos dos afluentes fluviais. Essas ações acabam por transportar uma considerável quantidade de sedimentos e blocos rochosos para o leito principal do rio Granjeiro, especialmente na área urbana do Crato, onde a infraestrutura não está dimensionada adequadamente para lidar com o fluxo de detritos de alta velocidade.

No mês de janeiro de 2011, grande parte do canal do rio Granjeiro foi destruído, atingindo também algumas casas ao seu redor. Carros, motos, eletrodomésticos, pontes e outros objetos de grande peso foram levados até a planície de deposição, longe da sede. Na parte mais a montante do canal os detritos acumularam-se o entupindo, fazendo com que a água e lama extravasassem pelo centro da cidade. Desse modo, os processos de movimentos de massa, atingem durante os períodos chuvosos de maior intensidade, um grau de risco ambiental muito alto, sendo que em 2014, atingiu um total de cerca de 1.000 residências/ famílias, afetando aproximadamente 4.000 pessoas.

É possível perceber que o sistema de esgotamento precisa ser implantado nos bairros, Muriti, São Bento, São José, Mirandão, Barro Branco, Lameiro, Granjeiro, Coqueiro, Parque Granjeiro e Vila Lobo. Além da cobertura de esgoto ser baixa, ainda existe um outro fator importante e que deve ser considerado, o tratamento do efluente. No Plano Municipal de Saneamento do Crato, está descrito que existem cinco Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), no entanto três unidades foram desativadas. As ETEs Filemon e Seminário estão em condições de funcionar. Esta última é responsável pelo efluente proveniente dos bairros Vila Alta e Seminário, porém encontrava-se sem operação devido à baixa vazão que estava chegando a ETE decorrente do baixo número de ligações. Com isso os esgotos coletados estão sendo despejados sem tratamento algum diretamente no rio Granjeiro (Crato, 2020).

Como se percebe a ligação está diretamente ligada ao tratamento do esgoto, então não adianta ter a infraestrutura de uma estação de tratamento e não haver ligações suficientes que possam direcionar o esgoto de forma adequada.

No tocante ao sistema de abastecimento de água a sua distribuição se dá de forma mais abrangente, estando presente nos bairros: Seminário (13,66%), Vila Alta (10,44%), Centro (8,88), Granjeiro (6%), Pinto Madeira (5,30%), São Miguel (6,14%), Muriti (6,58%), Gisélia Pinheiro (4,77%), Mirandão (2,70%), e alguns bairros distantes do Centro com menores coberturas de abastecimento de água como Novo Crato (2,70%), Zacarias Gonçalves (2,52%), Barro Branco (2,03%) Sossego (0,77%) e Lameiro (0,02%).

Nas informações fornecidas pela companhia de água do Crato, a população atendida com ligações de água para abastecimento é de 38.729 habitantes, ou seja, 29,55% da população, considerando o total de 131.050 habitantes. A cobertura de sistema de abastecimento de água ainda é inferior ao de coleta de esgoto, apesar de estar presente em mais bairros, as ligações por bairros são menores.

A ausência de um sistema de abastecimento de água resulta em diversos prejuízos para a população. Isso inclui a necessidade de percorrer longas distâncias para obter água, especialmente quando o abastecimento é feito por meio de carro-pipa, aumentando consideravelmente o risco de contaminação. Além disso, a ausência de tratamento adequado da água pode permitir a presença de patógenos, contribuindo para a propagação de doenças. O armazenamento em tambores e/ou outros recipientes, especialmente se não estiverem cobertos, pode se tornar um criadouro propício para mosquitos transmissores de doenças como o *Aedes aegypti*.

Compreende-se que os bairros que precisam de implantação ou ampliação de sistema de abastecimento de água são: Vila Lobo, Coqueiro, São Gonçalo, Cacimbas, Gisélia Pinheiro, Lameiro, Parque Recreio e Palmeiral.

Para o controle das áreas de risco, é essencial não limitar as ações apenas ao seu entorno imediato. É crucial compreender a realidade sistêmica das unidades geoambientais no município do Crato, especialmente na área urbana de sua sede municipal. Diversas causas e origens socioambientais contribuem para o surgimento e expansão dessas áreas de risco. Portanto, as intervenções em planejamento e gestão territorial devem ser abordagens interdisciplinares que envolvam diferentes esferas de atuação.

Diante do contexto, Sobreira Neto (2019), corrobora com o exposto ao informar que as águas dos rios Batateira e Grangeiro, ao percorrer o município do Crato adquire efluente doméstico e residencial, não obstante esse tipo de poluição ainda há a contribuição da população que descarta nos leitos dos rios animais mortos, resíduos sólidos de diferentes materiais e compostos.

Esses fatores reforçam ainda mais a necessidade de se considerar diferentes variáveis, não apenas relacionados a infraestrutura, mas também a sensibilização das pessoas para que elas venham a contribuir com uma gestão eficiente do município.

O bairro Seminário está situado em uma área adjacente à zona de alto risco ambiental, caracterizada pela incidência frequente de processos de inundação e deslizamento de sedimentos. Isso sugere ser um fator contribuinte para a elevada frequência de ocorrências de Dengue e Chikungunya.

Os bairros contíguos a essas áreas de risco relacionadas às cheias do rio Grangeiro são Sossego (33), Vila Alta (82), Centro (33) e São Miguel (36), encontrando-se em proximidade espacial.

A presença de inundações vinculadas ao rio Batateira influencia diretamente ao bairro Gisélia Pinheiro (32) e o riacho Constantino ao bairro do Muriti (82). Constatou-se então que a área contígua às zonas de risco no centro urbano da cidade do Crato, representam os maiores valores na ocorrência de casos de dengue.

O mapeamento realizado representa a espacialidade de ocorrências de casos de Chikungunya na cidade do Crato, por bairros. Nesse contexto territorial urbano se destacam o bairro do Seminário, como a unidade de maior ocorrência com 447 casos. Em seguida estão os bairros de

Muriti (299), Vila Alta (262), São Miguel (169), Gisélia Pinheiro (157), Vila Lobo (124), São José (116), Centro (103) e Pinto Madeira (103).

O bairro Seminário está localizado de forma contígua a uma área de elevado risco ambiental, com proximidade significativa dos bairros Vila Alta, Santa Luzia e São Miguel. Gisélia Pinheiro está situada em uma região influenciada pelo rio Batateiras, notável localmente por suas áreas de inundação durante os períodos chuvosos, assim como o bairro Muriti, que recebe a drenagem do riacho Constantino.

Atualmente se discute muito a necessidade de que os rios e planícies fluviais urbanas passem por um processo de restauração de suas condições naturais originadas e assim possam mitigar os efeitos prejudiciais das inundações.

A implementação e aplicação de medidas de conservação, recuperação e preservação ambiental serão abordadas ao discutir potenciais estratégias de planejamento e gestão urbana.

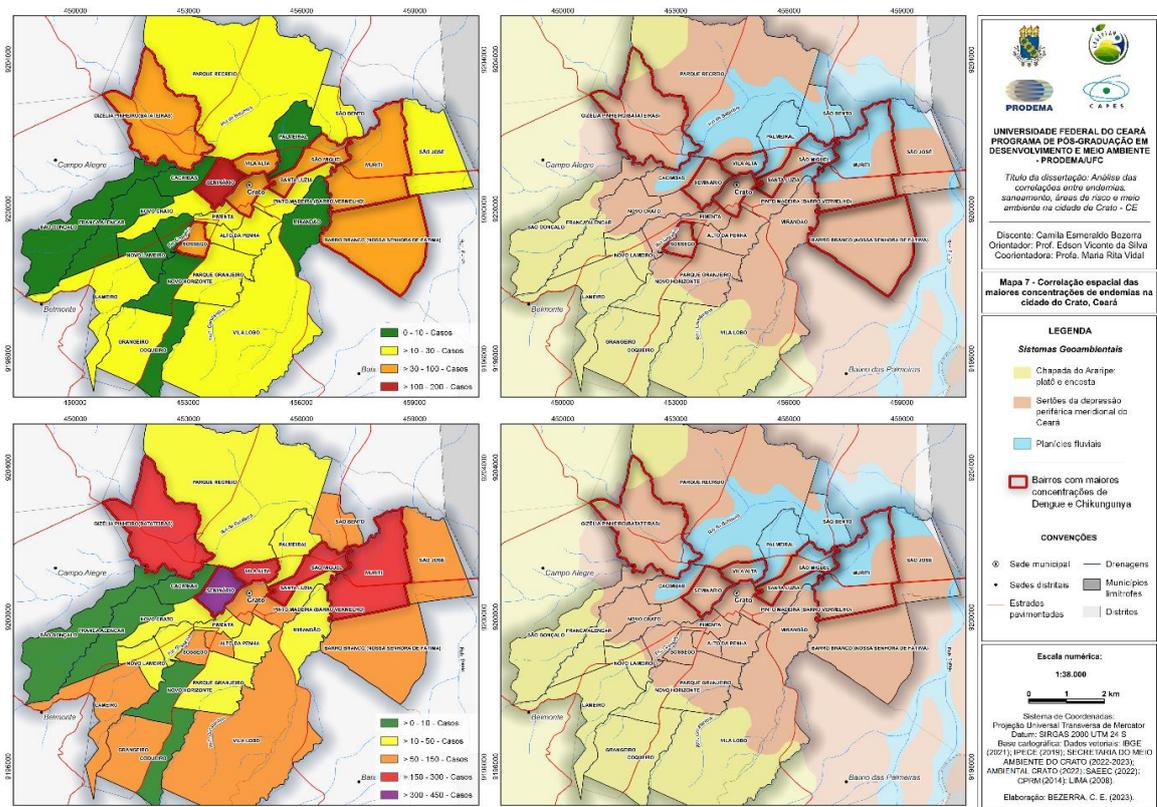
A Figura 2, representa os bairros com maiores concentrações de ocorrências de Dengue e Chikungunya, há uma correlação espacial evidente com o sistema de drenagem, que está diretamente relacionado à presença de áreas de risco ambiental. Tanto a Dengue quanto a Chikungunya exibem uma maior incidência em regiões correlacionadas aos Sertões da Depressão Periférica Meridional. Essa correlação é notada especialmente onde se localizam as maiores áreas de risco, coincidindo com as regiões sujeitas a cheias e inundações fluviais. Isso ocorre principalmente em locais onde as calhas fluviais se estreitam, tornando-se inadequadas para sustentar o grande volume de escoamento durante os períodos de intensas precipitações.

Curiosamente, ambas as endemias exibem um padrão de dispersão espacial muito semelhante, afetando os bairros do Seminário, Centro (Crato), Vila Alta, Santa Luzia, São Miguel e Muriti. Essas áreas coincidem com o ponto de contato entre as unidades ambientais da Depressão Sertaneja e as Planícies Fluviais, caracterizando ambientes frequentemente inundados durante os períodos chuvosos.

Os bairros mais críticos em relação à incidência de Dengue e Chikungunya incluem Seminário, Centro, Santa Luzia e São Miguel. Assim, torna-se essencial direcionar com maior proporção as ações de combate a essas endemias nessa região específica.

Diante do cenário, observa-se a relação entre o sistema de drenagem e as arboviroses Dengue e Chikungunya.

Figura 2 - Bairros com maiores casos de Dengue e Chikungunya.



Propostas de Planejamento e Gestão

Através do diagnóstico é possível traçar ações que possam contribuir com o planejamento e gestão ambiental na cidade do Crato-CE. As proposições têm o intuito de fornecer medidas que possam contribuir com a redução dos números de casos das arboviroses Dengue e Chikungunya.

A partir da visualização de unidades e sistemas ambientais elaborado por meio de cartografia territorial (Lima, 2008), constata-se a necessidade de se estabelecerem algumas medidas de gestão ambiental.

A área da Chapada do Araripe, compreendendo o platô e a encosta, possui uma extensão de 2.217 hectares e representa a fonte dos principais cursos de água que alcançam a cidade de Crato. Simultaneamente, uma parcela da Chapada é classificada como uma Unidade de Conservação de uso indireto, nomeadamente a Floresta Nacional do Araripe.

Sugere-se a criação de corredores ecológicos, estabelecendo-os como áreas de preservação permanente nas superfícies correspondentes às encostas da chapada.

Ao analisar a unidade de Sertões da Depressão Periférica Meridional do Crato, percebe-se que a drenagem fluvial configura vales com cursos bastante lineares, os quais devem ser preservados como Áreas de Preservação Permanente Fluviais (APP). Recomenda-se um vigoroso programa de reflorestamento em suas margens, utilizando espécies arbóreas e arbustivas nativas.

Nas proximidades das áreas urbanas, os cursos de água fluviais começam a ser mais impactados por diversos processos negativos de uso e ocupação do solo. Essas influências se intensificam na direção do centro da cidade do Crato, resultando no estabelecimento dessas áreas como zonas de risco ambiental, sujeitas a enchentes, movimentos de massa e deslizamentos planares.

As áreas urbanas correspondentes às superfícies de drenagens fluviais destacam-se como os locais ambientalmente mais críticos, demandando precaução imediata para reverter os processos de artificialização dos canais fluviais. A implementação de parques ecológicos urbanos-fluviais poderia reduzir significativamente os processos de riscos ambientais na região central da cidade do Crato, nas proximidades do rio Grangeiro, bem como nas áreas rurais relacionadas às drenagens do rio Batateira e do riacho Constantino.

Uma vasta extensão de Planície Fluvial, abrangendo 1.047 hectares, se desenvolve nos baixos cursos fluviais, representando uma área ecologicamente crucial para receber os fluxos hídricos e sedimentares que se acentuam durante os períodos chuvosos.

Sugere-se para essa área a criação de uma APP, Área de Preservação Ambiental Fluvial, na qual seja realizada o reflorestamento reforçando o uso de espécies de vegetação de várzea, como palmáceas, carnaubeira (*Copernicia prunifera*), buriti (*Mauritia flexuosa*) e babaçu (*Attalea speciosa*). Essas palmeiras precisam ser complementadas por espécies autóctones de árvores e arbustos pertencentes à Vegetação de Várzea, Vegetação Ribeirinha e Mata Ciliar.

O aumento da densidade vegetal nas planícies fluviais terá impactos significativos na redução de inundações, proporcionando benefícios diretos para a qualidade paisagística e a proteção da biodiversidade faunística.

A área urbana da cidade do Crato, necessita de intercessões urbanas para aprimorar a rede de drenagem das águas pluviais e monitorar o despejo dos esgotos domésticos. Principalmente em relação ao controle dos vetores das endemias Dengue e Chikungunya, é imprescindível fortalecer a vigilância nos processos de transmissão.

As medidas sugeridas precisam ser cuidadosamente planejadas em seus processos de gestão, envolvendo a formação de uma equipe dedicada à abordagem da proliferação de endemias e à conservação ambiental. É crucial reforçar e estabelecer políticas públicas, incluindo a revisão do Plano de Saneamento Ambiental, relacionado diretamente a um Plano Diretor Municipal que será elaborado de maneira democrática e participativa.

Considerando a configuração topográfica do relevo, caracterizada por um acentuado gradiente topográfico da Chapada do Araripe, onde as nascentes fluviais se encontram em altitudes acima de 900 metros, até o nível de base local da cidade do Crato, situado em cerca de 450 metros, observa-se uma variação altimétrica de 430 metros, conforme estudos do CPRM (2014). Análises e registros pluviométricos indicam que, ocasionalmente, ocorrem intensidades de chuvas sazonais que resultam em significativos aportes de águas pluviais nos sistemas hidrográficos do município do Crato, sendo que a maior parte dessas águas flui em direção à zona urbana da cidade.

No ano de 2014, o CPRM conduziu pesquisas que resultaram em diversos relatórios sobre as áreas de risco na cidade de Crato. Dois desses relatórios estão relacionados ao centro urbano e alinham-se completamente com as áreas de maior incidência de casos de Dengue e Chikungunya.

O CPRM (2014) propõe as seguintes sugestões de intervenções: (i) Melhorias na infraestrutura urbana, incluindo a implementação de um sistema eficiente de drenagem de águas pluviais e seu correto direcionamento para as drenagens naturais; (ii) Estabelecimento de um sistema de coleta de esgoto adequado e eficiente; (iii) Conscientização da população sobre os riscos associados a construções inadequadas, como cortes ou aterros, construções na crista ou próximas à base do talude, sem conhecimento técnico; (iv) Implementação de políticas de controle urbano para desencorajar futuras construções e ocupações em áreas de risco, com fiscalização eficaz e constante nessas regiões; (v) Capacitação de líderes comunitários para apoiar a Defesa Civil Municipal; (vi) Realização de palestras para promover a conscientização ambiental e sobre as áreas de risco do município; e (vii) Instalação de pluviômetros em pontos estratégicos do município para monitoramento e alerta.

Conforme descrito pelo CPRM (2014), a sub-bacia hidrográfica do rio Granjeiro é uma área de captação hídrica que se origina na borda da chapada do Araripe, configurando-se como um anfiteatro que concentra o escoamento das águas superficiais em direção à cidade do Crato.

No padrão de fluxo, ocorre um notável desnível topográfico entre a parte mais elevada da bacia e suas áreas mais baixas, onde está situada a zona urbana do Crato. Desde as nascentes na chapada até o centro da cidade, há uma variação altimétrica de 480 metros, ao longo de uma extensão de 5,8 km.

O mencionado relatório apresenta as seguintes sugestões de intervenções para a área de risco do rio Granjeiro: (i) Manutenção dos sistemas de drenagem, envolvendo a limpeza de córregos assoreados e a remoção de blocos rochosos do leito dos rios, prevenindo a obstrução durante períodos de elevada vazão; (ii) Implementação de programas de educação ambiental destinados à comunidade, com o objetivo de evitar o descarte de detritos nos rios e córregos, impedindo o assoreamento; (iii) Adoção de políticas de controle urbano para prevenir construções e intervenções inadequadas em áreas sujeitas a inundações; (iv) Instalação de um sistema de alerta para chuvas excepcionais, permitindo a evacuação prévia dos moradores temporariamente.

Com base nas informações disponíveis, é possível estabelecer uma correlação imediata entre a presença de áreas de risco e a maior incidência de endemias, sendo que a existência de regiões suscetíveis a inundações constitui um fator ambiental crucial para a proliferação do *Aedes aegypti*, principal vetor de transmissão do Dengue e da Chikungunya. As representações cartográficas refletem essa realidade e buscam contribuir para a formulação de políticas públicas direcionadas ao combate de endemias, à preservação e ao monitoramento ambiental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os bairros com elevadas taxas de casos de Dengue e Chikungunya são aqueles onde o sistema de drenagem pluvial é ineficaz, e há presença de áreas ambientalmente propensas a riscos. Essas áreas coincidem com os sistemas geoambientais com suscetíveis a enchentes e inundações fluviais com a propagação das arboviroses.

No que diz respeito ao sistema de abastecimento de água, identifica-se a necessidade de implantação ou ampliação nos seguintes bairros: Vila Lobo, Coqueiro, São Gonçalo, Cacimbas, Gisélia Pinheiro, Lameiro, Parque Recreio e Palmeiral.

Torna-se imperativo implementar o sistema de esgotamento nos seguintes bairros: Muriti, São Bento, São José, Mirandão, Barro Branco, Lameiro, Granjeiro, Coqueiro, Parque Granjeiro e

Vila Lobo. A taxa de atendimento de esgoto na cidade do Crato no ano de 2022 era de 33,73% da população, evidenciando a necessidade de avanços significativos no que diz respeito à coleta de esgoto.

A partir do entendimento das áreas mais críticas em relação à ocorrência de Dengue e Chikungunya, tornou-se possível delinear medidas capazes de atenuar o problema. Dessa forma, alguns procedimentos que podem auxiliar na redução dos casos dessas arboviroses incluem o replantio da vegetação de várzea e mata ciliar, fiscalização das Áreas de Preservação Permanente, aprimoramento da rede de drenagem, implementação de programas de Educação Ambiental para conscientizar a população sobre o descarte adequado de resíduos sólidos nas ruas ou nos leitos dos rios, além do fortalecimento da gestão municipal.

Acredita-se que os resultados da pesquisa e principalmente a cartografia temática representada pode apresentar importantes informações ao poder público municipal sobre as correlações entre unidades geoambientais, saneamento básico, áreas de risco e surgimento de endemias. Informações que cabem ser consideradas pelo poder público ao ser elaborado ou revisado o plano diretor municipal de Crato.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Geoecologia das Paisagem e Planejamento Ambiental (LAGEPLAN), vinculado ao Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará e a Agência de fomento, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo incentivo financeiro durante o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, R. de. O esgoto sanitário. In: NUVOLARI, A. (ORG.). **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. p.37-58.

BATTEMARCO, B. P.; YAMAMOTO, L.; VERÓL, A. P.; RÊGO, A.; VASCONCELLOS, V.; MIGUEZ, M. G. Sistemas de espaços livres e drenagem urbana: um exemplo de integração entre o manejo sustentável de águas pluviais e o planejamento urbano. **Paisagem e Ambiente**, n. 42, p. 55-74, jul./dez. 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/145186>. Acesso em: 10 out. 2022.

BRASIL. **Diretrizes para organização dos serviços de atenção à saúde em situação de aumento de casos ou de epidemia por arboviroses**. Brasília: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/chikungunya/diretrizes-para-a-organizacao-dos-servicos-de-atencao-a-saude-em-situacao-de-aumento-de-casos-ou-de-epidemia-por-arboviroses>. Acesso em: 02 abr. 2023

BRASIL. **Guia de Vigilância em Saúde**. 5.ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2022b. Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/guia_vigilancia_saude_5ed_rev_atual.pdf. Acesso em: 04 abr. 2023.

CAMPOS, J. M.; OLIVEIRA, D. M. de.; FREITAS, E. J. A.; CAMPOS NETO, A. Arboviroses de importância epidemiológica no Brasil. **Revista de Ciências da Saúde Básica e Aplicada**, v. 1, n. 1, p. 36-48, 2018.

CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPCÃO, R. S. F. V.; KLIGERMAN, D. C. A evolução histórica da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Revista Saúde Debate**, v. 43, n. especial 3, p. 94-108, dez. 2019.

CPRM. **Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Crato, Ceará**. CPRM, 2014. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/18948>. Acesso em: 13 out. 2023.

CRATO. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Governo Municipal de Crato. 2020. 132p.

DONALISIO, M. R.; FREITAS, A. R. R.; VON ZUBEN, A. P. B. Arboviroses emergentes no Brasil: desafios para a clínica e implicações para a saúde pública. **Rev Saúde Pública**, v. 51, n. 30, p. 1-6, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/Nym8DKdvfL8B3XzmWZB7hJH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 fev. 2023.

FUNCEME. **Zoneamento geoambiental do Ceara: Parte II – Mesorregião do sul cearense**. Fortaleza, 2006.

FUNASA. **Manual de saneamento**. 5. ed. Brasília: Funasa, 2019. 545p.

HELLER, L. Abastecimento de água, sociedade e ambiente. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L (ORG.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006. p. 29-63.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2022.

IPECE, INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Perfil **Municipal do Crato**, 2017. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Crato_2017.pdf. Acesso em: 10 set. 2023.

LIMA, F. J. de. **Proposta de Zoneamento geoambiental do município do Crato/CE**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, p. 175. 2008.

MENDONÇA, F. A.; VEIGA e SOUZA, A.; DUTRA, D. A. Saúde pública, urbanização e dengue no Brasil. **Sociedade e Natureza**, v. 21, n. 3, p. 257-269, dez. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/tRqQNr3nLXBNvqV3MpZGvhP/?format=pdf&lang=p>. Acesso em: 08 abr. 2023.

PATRIOTA, A. C. L. S. **Proposta de Requisitos para Apoio à Avaliação e Controle do Zika Vírus**. 2019. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Centro de Tecnologia e Goeciências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

POMPEO, R.; SAMWAYS, G. **Saneamento ambiental**. Curitiba: InterSaberes, 2020.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V da. **Planejamento e Gestão Ambiental**: subsídios da geoeologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2018.

SILVA, L. J. da.; ANGERAMI, R. N. **Viroses emergentes no Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2008.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Panorama do Saneamento Básico no Brasil- Brasília: SNIS, 2021.

SOBREIRA NETO, J. L. **Gestão de Recursos Hídricos em Crato-CE**. 2019. 166f. Tese (Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE: SUPREN, 1977.

WARTCHOW, D. Serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário: compromisso com a universalização e a qualidade. In: CORDEIRO, B. de S (ORG.). **Serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário**: compromisso com a universalização e a qualidade. Conceitos, características e interfaces dos serviços públicos de saneamento básico. Brasília: Editora, 2009. p. 275-282.

ANÁLISE DO MAPEAMENTO CIENTÍFICO A PARTIR DA LINGUAGEM R: IMPORTÂNCIA PARA A CONSERVAÇÃO

Antônio Lucas Barreira Rodrigues
Jader de Oliveira Santos
Mariana de Oliveira Bünger

INTRODUÇÃO

A produção de informação científica na contemporaneidade apresenta uma tendência ascendente em relação a períodos anteriores, conforme evidenciado por Linnenluecke et al. (2020). A disseminação veloz dessa informação contribui para um aumento concomitante do conhecimento científico. Em plena era da informação, a dinâmica evolutiva da ciência e tecnologia ocorre em ritmo acelerado, sendo que as nações que se mantêm em sintonia com essa evolução alcançam não apenas o crescimento econômico, mas também o bem-estar social, solidificando sua posição competitiva global.

O processo de avaliação é subdividido em duas dimensões por meio de dois indicadores distintos. O primeiro é a avaliação pelos pares, que se baseia na reputação adquirida pelo avaliado. O segundo envolve critérios avaliativos, como a bibliometria, conforme proposto por Pritchard em 1969. A adoção de múltiplos indicadores é considerada a abordagem mais eficaz para medir e ponderar o desempenho científico, de acordo com Le Pair em 1995. Embora os conceitos de bibliometria, cienciometria, informetria e librametria sejam semelhantes, eles não são sinônimos, abrangendo a interseção entre bibliografia, ciência, conhecimento e biblioteca. Adicionalmente, o sufixo "métrica" está diretamente relacionado à mensuração da informação.

Historicamente, a bibliometria desempenhou papel relevante na construção do conhecimento e no desenvolvimento de novas ideias, conforme apontado por Sengupta (1992). Este arcabouço conceitual não apenas reflete a expansão do conhecimento científico, mas também serve como ferramenta instrumental na compreensão das complexas interações presentes no ambiente científico contemporâneo.

A profusão de novas informações, desenvolvimentos conceituais e dados cria um ambiente propício para a utilidade da bibliometria, como destacado por Le Pair (1995). Essa disciplina se revela como uma ferramenta valiosa ao proporcionar uma análise estruturada a um vasto corpo de informações, permitindo inferir tendências ao longo do tempo, identificar temas de pesquisa, detectar mudanças nas fronteiras disciplinares e identificar os acadêmicos e instituições mais prolíficos.

A complexidade da análise bibliométrica é evidenciada pelo fato de que, ao longo do tempo, seu uso se estendeu a todas as disciplinas. No entanto, esse processo envolve várias etapas, fazendo uso de diversas análises e ferramentas de mapeamento de software, muitas vezes disponíveis apenas mediante licenças comerciais. Além disso, a natureza trabalhosa do processo, por conseguinte, reduz as possibilidades e o potencial da bibliometria, especialmente para acadêmicos desprovidos de habilidades gerais de programação como menciona Aria e Cuccurullo (2017).

Dessa forma, esse artigo propõe o uso de uma ferramenta única, desenvolvida na linguagem R, que segue uma lógica bibliométrica clássica, reconstruído por Aria e Cuccurullo (2017), apresentando o pacote 'bibliometrix', um recurso de código aberto destinado à realização abrangente de análises bibliométricas, discutindo de que maneira essa ferramenta pode

respalidar um fluxo de trabalho recomendado para a execução de estudos bibliométricos na área ambiental.

MATERIAL E MÉTODO

A síntese de descobertas de pesquisas anteriores e a análise de dados bibliométricos emergem como etapas fundamentais para o avanço cumulativo do conhecimento científico. A pesquisa bibliométrica desempenha um papel crucial ao permitir uma avaliação objetiva da literatura científica por meio de uma abordagem quantitativa (Aria e Cuccurullo, 2017).

O processo de mapeamento científico segue um fluxo metodológico padronizado, conforme discutido por Cobo, Lopez-Herrera, Herrera-Viedma e Herrera (2011) e posteriormente aplicado por Aria e Cuccurullo (2017), ao avaliar ferramentas de software para essa finalidade.

Este roteiro metodológico compreende cinco etapas essenciais: (i) delineamento do estudo, (ii) coleta de dados, (iii) análise de dados, (iv) visualização de dados e (v) interpretação. Na fase de design do estudo, os pesquisadores formulam questões de pesquisa e escolhem métodos bibliométricos adequados, considerando aspectos como a identificação da base de conhecimento, a análise da frente de pesquisa e a construção de redes sociais científicas.

A coleta de dados envolve a seleção da base de dados, filtragem do conjunto central de documentos e exportação dos dados, podendo incluir a criação de um banco de dados próprio. Na etapa de análise de dados, são utilizadas ferramentas bibliométricas ou estatísticas, podendo também envolver a codificação de computador personalizada.

A visualização de dados, na quarta etapa, requer a escolha de métodos de representação e o uso de software especializado. Finalmente, a etapa de interpretação envolve a análise e descrição das descobertas, ressaltando a importância do conhecimento profundo do campo, uma vez que os métodos bibliométricos, embora reveladores, não substituem a leitura extensiva no domínio de estudo.

Delineamento do estudo

Como primeiro passo na concepção do estudo, a definição das perguntas de pesquisa auxilia na seleção dos métodos bibliométricos apropriados que podem responder a tais perguntas. Segundo Cobo, Lopez-Herrera, Herrera-Viedma e Herrera (2011), três tipos gerais de perguntas de pesquisa podem ser abordados: (i) identificação da base de conhecimento de um tópico; (ii) campo de pesquisa; e (iii) produção de uma estrutura de rede social de uma comunidade científica específica.

No entanto, uma das decisões de maior influência reside no período escolhido ou na decisão de dividir esse período em intervalos. A análise bibliométrica pode ser conduzida em um ponto específico no tempo para proporcionar uma imagem estática do campo nesse momento, ou pode-se subdividir o período para capturar a evolução do campo ao longo do tempo (Pritchard, 1969; Sengupta, 1992). Na coleta de dados, os pesquisadores escolhem o banco de dados contendo informações bibliométricas, filtram o conjunto central de documentos e exportam os dados, podendo envolver a criação de um banco de dados próprio.

Dessa forma, a interpretação, requer a descrição das suas descobertas, destacando que, apesar de os métodos bibliométricos oferecerem uma visão única da estrutura de um campo, eles não

substituem a leitura extensiva no campo, conferindo vantagem clara aos acadêmicos com conhecimento aprofundado. O código e/ou software, serve apenas como apoio para compreensão das etapas e processos realizados.

Nesse contexto, a indagação central pode ser delineada em tentar entender “como tem evoluído a pesquisa científica sobre o Cerrado no território brasileiro ao longo do tempo”. Esta questão estruturante orientará todo o desenho metodológico do estudo, direcionando a escolha de métodos bibliométricos apropriados para investigar o panorama da produção científica relacionada ao bioma. Adicionalmente, a decisão sobre o período temporal abordado na análise desempenhará um papel crucial, permitindo capturar a dinâmica e as transformações na pesquisa ao longo dos anos. Esse processo, ao ser conduzido com rigor metodológico, proporcionará uma compreensão mais aprofundada da trajetória e contribuições da pesquisa científica voltada ao Cerrado no contexto brasileiro.

Coleta de dados

A etapa de coleta de dados, composta por três etapas de busca, seleção e filtragem, inicia-se com a recuperação de informações. Diversos bancos de dados bibliográficos online, como o *Clarivate Analytics Web of Science*, *Scopus*, *Google Scholar* e *Science Direct*, fornecem valiosos metadados sobre trabalhos científicos. Contudo, é crucial observar que esses recursos não abrangem uniformemente os campos científicos e periódicos, resultando em escolhas que carecem de neutralidade (LIU, 2020).

A segunda fase compreende o carregamento e a conversão de dados, uma vez que os acadêmicos necessitam adaptar os dados para os formatos adequados das ferramentas bibliométricas empregadas. Por fim, a última fase, denominada limpeza de dados, destaca-se pela sua importância, visto que a qualidade dos resultados obtidos está intrinsecamente ligada à qualidade dos dados utilizados. Nessa etapa, diversos métodos de pré-processamento são aplicados para identificar e corrigir elementos duplicados e com erros de grafia, reconhecendo as nuances inerentes às referências citadas, como diferentes versões da mesma publicação, grafias distintas de nomes de autores, e variações na apresentação de jornais e edições de livros.

O *Web of Science* (WoS), destaca-se como a fonte de dados primordial para análises bibliométricas nas ciências, em comparação com outras bases de dados, como o Scopus. O WoS apresenta registros notavelmente mais consistentes e padronizados, essa consistência e padronização não apenas viabilizam a extração eficiente de informações essenciais, como os títulos e nomes de autores, mas também, e mais crucialmente, possibilitam o acesso às referências citadas, conforme enfatizado por Quevedo-Silva (2016).

Inicialmente, destaca-se a fase de recuperação de dados, na qual diversas bases de dados bibliográficos online, como o *Clarivate Analytics Web of Science* (<http://www.webofknowledge.com>). Prosseguindo, concentra-se na carga e conversão de dados, demandando dos acadêmicos a habilidade de formatar os dados de maneira adequada às ferramentas bibliométricas adotadas. Nesse momento, deve ser realizado o carregamento do banco de dados adquirido no WOS e transformado para "*database*". Por fim, a limpeza de dados, uma vez que a qualidade do resultado está diretamente atrelada à qualidade dos dados. Nesse contexto, destacando-se a detecção de elementos duplicados e a correção de erros ortográficos. Mesmo considerando a confiabilidade da maioria dos dados bibliométricos, as

referências citadas podem conter múltiplas versões da mesma publicação, diferentes grafias do nome do autor.

Tabela 1 – Dados a partir do pacote bibliometrix.

Sigla	Descrição
AB	Resumo
AU	Autor
DT	Tipo do documento
SO	Nome do documento
LA	Língua
NR	Número de referencias
PY	Ano de publicação
WC	WOS Categoria
TI	Título
TC	Número total de citações
CR	Referência citadas
C1	Afiliações
RP	Autores correspondentes
DI	DOI
DE	Palavras-chave dos autores
ID	Palavras-chave associadas pela base de dados WOS

Fonte: Gerado pelo autor a partir do pacote bibliometrix (Aria e Cuccurullo, 2017)

Análise de dados

Os métodos de análise bibliométrica auxiliam na investigação e compreensão da dinâmica do conhecimento científico. A categorização desses métodos, como proposta por diferentes autores (Pritchard, 1969; Small, 1997; Cobo et.al. 2011; Aria e Cuccurullo, 2017). Segundo os autores citados, além da análise descritiva dos dados, geralmente os estudos abordam métodos específicos tais como: análise de co-citação ("*Co-citation*"), análise de coautores ("*Co-author*"), análise de co-palavras ("*Co-word*") e análise de acoplamento bibliográfico ("*Bibliographic Coupling*").

A análise de citações é empregada para avaliar a eficácia de autores, documentos ou periódicos, considerando suas taxas de citação. Pode ser decomposta em análise de acoplamento bibliográfico e análise de cocitação. A unidade de análise compreende documentos, autores e periódicos. Seus pontos positivos incluem a eficácia em identificar estudos essenciais na área, enquanto seu aspecto negativo reside no fato de que novas publicações tendem a ter taxas de citação acumulativas baixas, uma vez que as citações são mais propensas a se concentrarem em publicações mais antigas.

A análise de cocitação investiga as ligações entre autores, documentos ou periódicos por meio das listas de referências. Assim como na análise de citações, a unidade de análise abrange

autores, documentos e periódicos. Esta análise é considerada a mais válida e frequentemente utilizada entre os métodos bibliométricos.

A análise de coautores estabelece conexões entre os coautores de um artigo, com a unidade de análise sendo os próprios autores. Essa abordagem revela redes e colaborações entre os autores, suas respectivas afiliações e países. No entanto, é importante ressaltar que a coautoria nem sempre indica colaboração efetiva.

A análise de copalavras envolve a identificação das palavras-chave mais importantes em documentos para entender a estrutura conceitual de um campo de pesquisa. Essa abordagem destaca-se por utilizar o conteúdo real dos documentos para construir uma medida de similaridade, resultando em mapas semânticos que elucidam a estrutura cognitiva do campo. A unidade de análise geralmente é um conceito ou palavra-chave.

No método de acoplamento bibliográfico, estabelecem-se ligações entre documentos, autores e periódicos com base em referências. A unidade de análise é similar à da análise de citações e cocitação. Este método destaca-se por sua capacidade de revelar novas publicações e campos ainda não citados. No entanto, suas desvantagens incluem a limitação temporal e a dificuldade em determinar a importância das publicações mapeadas, pois não se concentra nas citações (Pritchard, 1969; Small, 1997; Cobo et.al. 2011).

Visualização de dados

Os métodos de análise associados, os quais possibilitam a extração de conhecimento útil a partir de dados e sua representação por meio de visualizações intuitivas ou mapas. Dentre as técnicas utilizadas, destacam-se mapas bidimensionais, dendrogramas e redes sociais (Cobo et.al. 2011). A análise de redes permite a realização de análises estatísticas sobre os mapas gerados, indicando diversas medidas relacionadas à totalidade da rede, às relações entre elementos ou à sobreposição de diferentes agrupamentos identificados.

Técnicas de visualização são empregadas para representar um mapa científico e os resultados das diversas análises realizadas. Por exemplo, redes podem ser representadas por meio de mapas heliocêntricos, modelos geométricos, redes temáticas ou mapas onde a proximidade entre itens representa sua similaridade (Quevedo-Silva, 2016). Alternativamente, a análise temporal busca indicar a evolução conceitual, intelectual ou social do campo de pesquisa, identificando padrões, tendências, sazonalidades e anomalias (Small, 1997). A detecção de surtos, como uma forma de análise temporal, visa identificar características que apresentam alta intensidade durante períodos finitos.

Para demonstrar a evolução em diferentes períodos, podem ser utilizadas sequências de agrupamentos e áreas temáticas. Por fim, a análise geoespacial visa descobrir onde um evento ocorre e seu impacto nas áreas circunvizinhas (Cobo et.al. 2011). Esse conjunto de técnicas proporciona uma compreensão abrangente e multidimensional dos dados, permitindo a interpretação de padrões complexos e a identificação de informações relevantes em diversas dimensões (van Eck & Waltman, 2010).

A abordagem utilizada para compreender a dinâmica e as interações no bibliométricas, torna-se parte importante do processo, estas podem ser conduzidas por meio de diversas técnicas e ferramentas. Dentre a gama de *softwares* e programas específicos que ampliam a possibilidade de investigação, como CoPalRed (BailónMoreno et al., 2005), CitNetExplorer (van Eck &

Waltman, 2014), SciMAT (Cobo et al., 2012) BiblioMaps (Grauwin & Sperano, 2018), CiteSpace (Chen, 2006) e VOSviewer (van Eck & Waltman, 2010).

Assim, ao utilizar a bibliometrix no contexto das análises abordadas anteriormente, o pesquisador conta com uma ferramenta que aprimora a eficácia e precisão das análises. Isso viabiliza uma exploração mais aprofundada das dinâmicas e padrões presentes na produção científica, bem como nas interações entre os pesquisadores e suas obras. A integração entre a análise bibliométrica convencional e as capacidades computacionais do R representa um avanço substancial no campo do mapeamento científico, ampliando as possibilidades de análise e interpretação de dados em bibliometria e cientometria.

Uma alternativa mais atraente e que simplifica o uso do pacote se revela após a instalação do R Studio, seguindo as instruções detalhadas para a instalação do pacote "Bibliometrix". O processo é realizado por meio da execução de comandos específicos que possibilitam a aquisição eficiente da ferramenta. Após a instalação bem-sucedida, o pacote bibliométrico é ativado e, em seguida, a função para acessar a aplicação web "biblioshiny" é executada.

Ao vislumbrar a interface Biblioshiny, torna-se evidente a acessibilidade e a praticidade do pacote, refletindo-se diretamente nas linhas de código: inicialmente, procede-se com a instalação através do comando `install.packages("bibliometrix")`; em seguida, ocorre o carregamento das funções do pacote com `library(bibliometrix)`; por fim, a API é inicializada por meio do `biblioshiny()`. Este processo, além de intuitivo, ressalta a eficiência do pacote Bibliometrix ao proporcionar uma experiência de uso fluida e acessível.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização do pacote "bibliometrix" (Aria & Cuccurullo, 2017) demanda, inicialmente, o download prévio da linguagem de programação R. No entanto, é importante salientar que o "bibliometrix" oferece uma interface web gratuita que opera no ambiente do sistema R (R Core Team, 2023). A obtenção da linguagem R pode ser realizada de forma gratuita, e informações adicionais estão disponíveis no site CRAN. Um guia introdutório abrangente sobre R está disponível para consulta, elaborado por Venables, Smith e pela equipe central de desenvolvimento do R (R Development Core Team, 2023).

Após a instalação do R, torna-se necessário realizar o download do R Studio, cuja versão gratuita está acessível online. Para efetuar a instalação do pacote "bibliometrix" e iniciar sua utilização, é imprescindível executar os comandos `install.packages('bibliometrix')` e, em seguida, `library('bibliometrix')`. Esses procedimentos são essenciais para possibilitar a condução de qualquer análise dentro do ambiente, proporcionando assim uma integração eficaz e funcional do pacote no sistema R.

Como mencionado, de acordo com o fluxo de trabalho do bibliometrix, destacando seu papel essencial nas fases de dois a quatro do processo recomendado para o mapeamento científico, conforme detalhado no item 2 deste texto.

Coletando dados

Para realizar a pesquisa, adotou-se o delineamento proposto por Quevedo-Silva (2016), o qual estabelece quatro etapas para a coleta de dados bibliográficos: (i) definição das palavras-chave,

(ii) busca dos termos na base de dados, (iii) aplicação de filtros de busca e (iv) exportação dos dados. No contexto deste estudo, seguimos essas etapas ao realizar uma busca no WOS utilizando os termos "cerrado* AND savanna*" AND "conservation*". O escopo da pesquisa foi limitado ao termo "cerrado", e a inclusão de "conservation*" foi adotada para compreender os conceitos relacionados a "cerrado" e "savanna".

Como filtro de busca, optou-se por restringir os resultados a "artigos", excluindo livros, conferências ou congressos. Além disso, foi realizado um filtro temporal para abranger o período de 1997 a 2024. Selecionou-se todas as bases de indexação disponíveis, tais como *Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)*, *Emerging Sources Citation Index (ESCI)*, *Social Sciences Citation Index (SSCI)*, *Arts & Humanities Citation Index (A&HCI)* e *Conference Proceedings Citation Index – Science (CPCI-S) (Web of Science Index)*. A pesquisa foi conduzida exclusivamente na língua inglesa, sem restrição a periódicos específicos¹

Conforme apontado por Aria & Cuccurullo (2017), a escolha mais apropriada para exportar a base de dados do WOS é a opção "*Plain text file*", devido à sua maior compatibilidade com a configuração do arquivo quando exportado no formato ".txt". Este método, recomendado pelos autores, assegura uma transferência eficaz dos dados, otimizando a integridade da informação obtida no agregador.

Para as etapas subsequentes, é imperativo realizar a importação do arquivo para o ambiente R, seguida pela sua transformação em uma "data frame". Este processo é conduzido através das linhas de código subsequente: A linha `setwd("C:/Users/Name/Folder ")` estabelece o diretório de trabalho para o caminho especificado, neste caso, "C:/Users/Name/Folder". Em seguida, `getwd()` e `dir()` são utilizados para obter e exibir o diretório de trabalho atual, respectivamente.

A última linha, `W <- convert2df("savedrecs.txt", dbsource = "wos", format = "plaintext")`, realiza a conversão do arquivo "savedrecs.txt" em um data frame chamado "W". O parâmetro `dbsource = "wos"` indica que o arquivo fonte pertence à base de dados Web of Science, enquanto `format = "plaintext"` especifica que o formato do arquivo é texto simples. Este conjunto de comandos tem a descrição observada na (Tabela 1), sendo essencial para preparar os dados para análises subsequentes no ambiente R.

Análise e visualização

A avaliação descritiva do panorama bibliográfico implica a aplicação de diversas funções, sendo a função "biblioAnalysis" uma peça fundamental nesse processo, desempenhando um papel crucial no cálculo eficiente das principais medidas bibliométricas. Ao aplicar a função "biblioAnalysis", integrante do pacote bibliometrix, da seguinte forma: `results <- biblioAnalysis(W, sep = ";")`, os resultados primários da análise bibliométrica são consolidados e visualizados de maneira abrangente. Essa consolidação e visualização são realizadas por meio das funções *summary* e *plot*. A função *summary*, exemplificada como `S <- summary(object = results, k = 10, pause = FALSE)`, sintetiza os resultados de forma concisa (Tabela 2), enquanto

¹ A minuciosa estratégia de busca empregada para a aquisição de dados acerca do bioma Cerrado encontra-se disponível no seguinte link: (<https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/77eaaa08-eb4a-4aa9-8dc905f23d4fd912-c597e555/relevance/1>), para acesso do mesmo, é necessário estar com perfil ativo no website (<http://webofscience.com>).

a função plot, representada por plot(x = results, k = 10, pause = FALSE), oferece uma representação gráfica dos dados, ambos focalizando nos principais elementos identificados durante a análise demonstrados nas tabelas de 2 a 7, facilitando assim a interpretação e comunicação dos resultados obtidos.

Tabela 2 – Análise descritiva geral.

DESCRÇÃO	
INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE OS DADOS	
Período	1997:2023
Fonte (Revistas, Livros etc.)	184
Nº de Documentos	420
Crescimento anual (%)	13.51
Média de citações por documento	23.26
Referencias	19405
CONTEUDO DOS DOCUMENTOS	
<i>Keywords Plus</i> (ID)	1280
Palavras-chaves dos autores (DE)	1372
AUTORES	
Nº de Autores	1717
Nº de Aparições de autores	2318
Nº de Documentos por um único autor	8
COLABORAÇÃO ENTRE AUTORES	
Documentos por autor (%)	0.243
Coautores por documento (%)	5.55
Coautoria internacional (%)	39.71

Fonte: Gerado pelo autor a partir do pacote bibliometrix (Aria e Cuccurullo, 2017)

Tabela 3 – Autores mais produtivos.

AUTORES	Nº	AUTORES	Nº
MARIMON, BS.	17	MACHADO, RB.	9
DURIGAN, G.	14	MARIMON, BH.	9
LENZA, E.	13	PHILLIPS, OL.	9
COLLI, GR.	10	CHAVES, LJ.	8
FELDPAUSCH, TR.	9	COLLEVATTI, RG.	8

Fonte: Gerado pelo autor a partir do pacote bibliometrix (Aria e Cuccurullo, 2017)

Tabela 4 – Artigos mais citados.

ARTIGO	DOI	TOTAL	TOTAL/ANO
RATTER JA, 1997, ANN BOT-LONDON	10.1006/anbo.1997.0469	746	26,64
DA SILVA JMC, 2002, BIOSCIENCE	NA	444	19,3
GOVENDER N, 2006, J APPL ECOL	10.1111/j.1365-2664.2006.01184.x	336	17,68
PIVELLO VR, 2011, FIRE ECOL	10.4996/fireecology.0701024	238	17
ABREU RCR, 2017, SCI ADV	10.1126/sciadv.1701284	234	29,25
SILVA JF, 2006, J BIOGEOGR	10.1111/j.1365-2699.2005.01422.x	221	11,63
DURIGAN G, 2016, J APPL ECOL	10.1111/1365-2664.12559	209	23,22
FRANÇOSO RD, 2015, NAT CONSERVACAO	10.1016/j.ncon.2015.04.001	188	18,8
SALAZAR A, 2015, GLOBAL PLANET CHANGE	10.1016/j.gloplacha.2015.02.009	160	16
MUELLER H, 2015, REMOTE SENS ENVIRON	10.1016/j.rse.2014.10.014	141	14,1

Fonte: Gerado pelo autor a partir do pacote bibliometrix (Aria e Cuccurullo, 2017)

Tabela 5 – Contribuição por países.

País	Nº de artigos	SCP	MCP
Brasil	342	239	103
E.U. A	24	4	20
Reino Unido	14	1	13
Argentina	6	4	2
França	5	0	5
Alemanha	5	0	5
Austrália	4	0	4
Suécia	3	2	1
Portugal	2	0	2
África do Sul	2	2	0

SCP - *Single country publications* (Publicações de um único país)

MCP - *Multiple Country publications* (Publicações de vários países)

Fonte: Gerado pelo autor a partir do pacote bibliometrix (Aria e Cuccurullo, 2017)

Tabela 6 – Revistas com maior número de publicações.

Revistas	Artigos
BIOTA NEOTROPICA	21
ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIENCIAS	16
ACTA BOTANICA BRASILICA	15
PERSPECTIVES IN ECOLOGY AND CONSERVATION	14
BRAZILIAN JOURNAL OF BOTANY	11
PLOS ONE	10
ZOOLOGIA	10
BRAZILIAN JOURNAL OF BIOLOGY	9
BIODIVERSITY AND CONSERVATION	7
JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY	7

Fonte: Gerado pelo autor a partir do pacote bibliometrix (Aria e Cuccurullo, 2017)

Tabela 7 – Palavras-chave mais utilizadas a partir dos documentos contidos no banco de dados.

Palavras-chave (DE)	Artigos	Keywords-Plus* (ID)	Artigos
CERRADO	126	CONSERVATION	149
SAVANNA	46	DIVERSITY	79
CONSERVATION	45	CERRADO	74
BRAZIL	21	VEGETATION	60
BRAZILIAN SAVANNA	21	FOREST	58
BIODIVERSITY	20	BIODIVERSITY	49
NEOTROPICAL SAVANNA	16	PATTERNS	49
AMAZON	13	SAVANNA	40
CERRADO BIOME	11	BRAZILIAN CERRADO	32
PROTECTED AREAS	11	DYNAMICS	30

Fonte: Gerado pelo autor a partir do pacote bibliometrix (Aria e Cuccurullo, 2017)

A instauração de redes para análises de acoplamento bibliográfico e as co-ocorrências representa um procedimento intrínseco à conexão dos atributos documentais por meio do próprio documento, tais como autor(es) para a revista e palavras-chave para a data de publicação. Essas interligações entre diferentes atributos encontram representação em uma matriz Documento × Atributo. A função cocMatrix, por sua vez, é a ferramenta genérica utilizada para criar uma matriz retangular Documento × Atributo, como por exemplo: A <-cocMatrix(W, Field = "SO", sep = ";"), seguido da função para visualização no console: sort(Matrix::colSums(A), decreasing = TRUE)[1:10]. Cada atributo corresponde a um item de informação associado ao documento e armazenado em um campo de etiqueta dentro do quadro de dados bibliométricos (Tabela 1), abrangendo elementos como autores, fonte de publicação, palavras-chave, referências citadas e filiações.

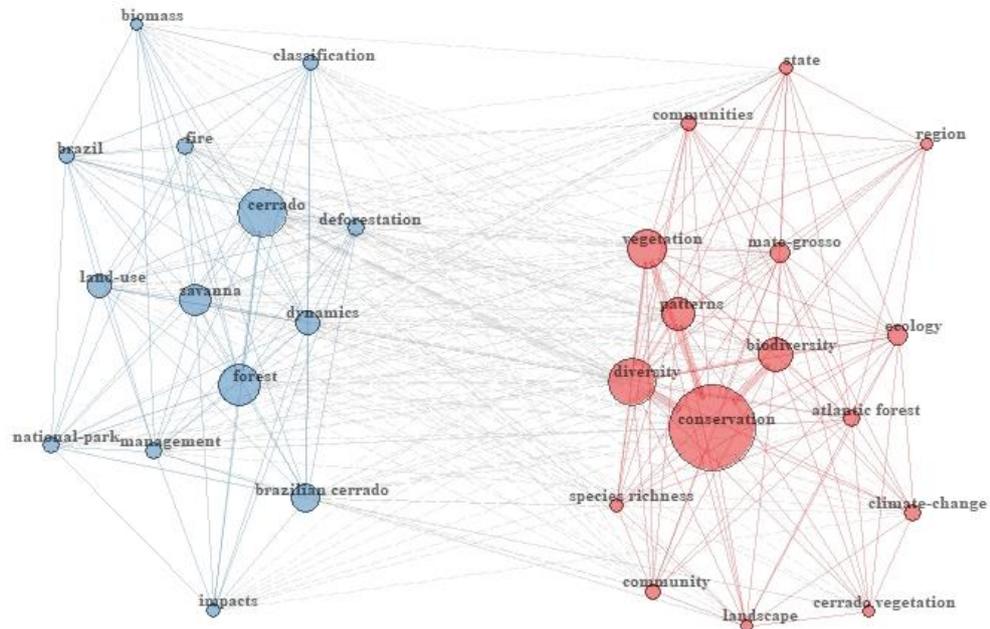
A medida da força do acoplamento bibliográfico entre dois artigos, é fundamentada na simples contagem do número de referências em comum. A função `biblioNetwork`, a partir de um quadro de dados bibliográficos, é capaz de computar diversas redes de acoplamento bibliográfico, como documentos, autores, fontes, palavras-chave e países. A configuração da função requer a definição de dois argumentos: primeiro, o tipo de análise, sendo "acoplamento" neste caso, ou alternativamente, "co-citação", "colaboração" e "coocorrências"; em segundo lugar, a unidade de análise da rede, podendo ser "autores", "referências", "fontes", "países", "palavras-chave", "palavras-chave de autor", "títulos" ou "resumos".

A representação do processo de criação e visualização de uma rede de ocorrência de palavras-chave com base nos parâmetros fornecidos, resultando na (Figura 1):

1. Inicialização:
 - 1.1. Definir `W` como a coleção de documentos
 - 1.2. Criar uma matriz de rede `NetMatrix` para armazenar as coocorrências de palavras-chave
 - 1.3. Configurar a análise como "*co-occurrences*"
 - 1.4. Configurar a "*network*" como "*keywords*"
 - 1.5. Configurar o separador de palavras-chave como ";"
2. Construção da Rede:
 - 2.1. Utilizar a função `biblioNetwork` para criar a matriz de rede (`NetMatrix`)
 - Parâmetros: `W`, `análise = "co-occurrences"`, `rede = "keywords"`, `sep = ";"`
3. Plotagem da Rede:
 - 3.1. Utilizar a função `networkPlot` para representar graficamente a rede
 - Parâmetros: `NetMatrix`, `normalize="association"`, `weighted=T`, `n = 30`,
`Title = "Keyword Co-occurrences"`, `type = "fruchterman"`,
`size=T`, `edgesize = 5`, `labelsize=0.7`

A análise da rede de coopalavras parte do pressuposto fundamental de que as palavras-chave escolhidas pelos autores em suas publicações acadêmicas servem como descritores-chave do conteúdo de suas pesquisas. Nesse contexto, as conexões estabelecidas entre diversas palavras-chave coincidentes desempenham o papel crucial de refletir o ponto central de interesse no tópico de investigação dentro de um determinado domínio. A coocorrência de duas palavras-chave de interesse em um mesmo artigo não apenas evidencia a relevância desses termos, mas também sugere um grau de relação bibliométrica entre os tópicos aos quais essas palavras-chave estão associadas (Small, 1997; Cobo et.al. 2011).

Figura 1 – Rede de coopalavas geradas a partir do banco de dados analisado.



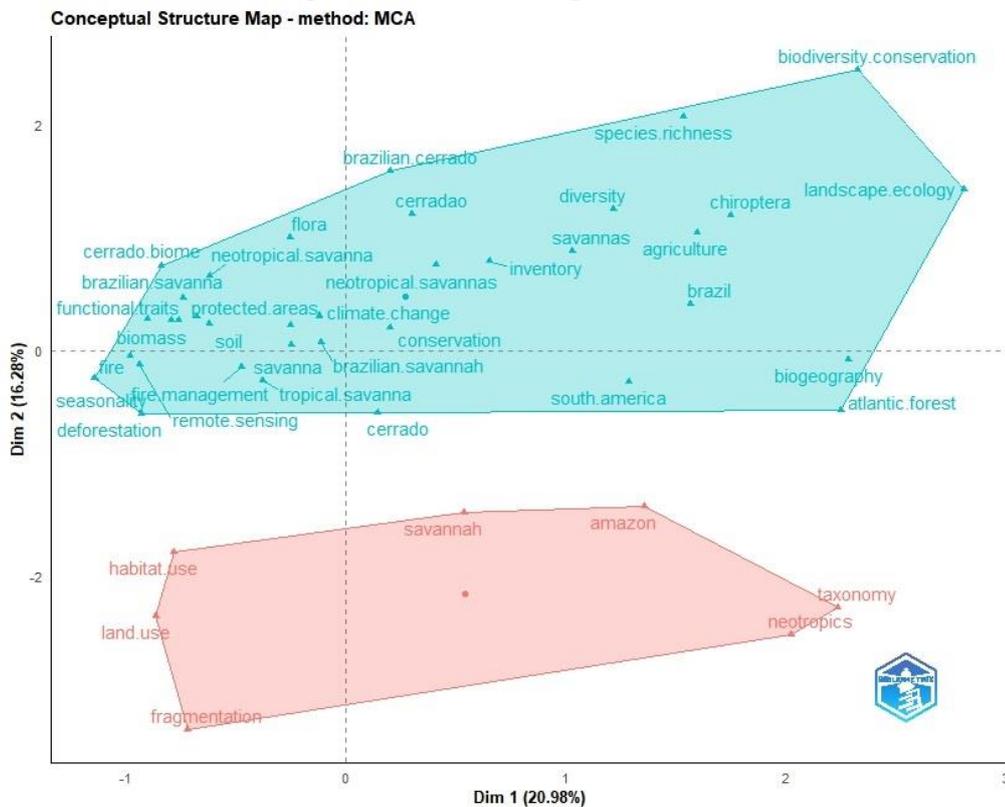
Fonte: Gerado pelo autor a partir do pacote bibliometrix (Aria e Cuccurullo, 2017)

O resultado da Figura 1, mostra a visão geral das 30 principais frequências de palavras-chave, observando como a maior frequência conjuntas no período analisado (1997-2023), deve-se notar que o tamanho do nó e dos grupos de nós representam a contagem de frequência das palavras-chave, enquanto a espessura apresenta a força de coocorrência das palavras-chave.

A utilização do pacote bibliometrix viabiliza a execução da função "conceptualStructure", permitindo a realização da Análise de Correspondência Múltipla (MCA) (Legendre & Legendre, 2012). Essa abordagem contribui para a construção de uma estrutura conceitual abrangente no campo de estudo. Além disso, a aplicação do método *K-means clustering* possibilita a identificação de agrupamentos de documentos que compartilham conceitos comuns, proporcionando uma visão mais clara das interconexões presentes no corpo de literatura analisado, podendo ser analisado através do código, `CS <- conceptualStructure(W, field = "DE", method = "MCA", minDegree = 5, clust = 2, stemming = FALSE, labelsiz = 10, documents = 10)`.

Essa análise exploratória de dados, representada na Figura 2, revela padrões e relações significativas entre os conceitos abordados nos documentos, enriquecendo a compreensão do panorama bibliométrico.

Figura. 2 – Análise exploratória de dados



Fonte: Gerado pelo autor a partir do pacote bibliometrix (Aria e Cuccurullo, 2017)

Por meio da análise da figura 2 é possível perceber que o padrão de relações significativas se deu com criação de dois clusters. O primeiro grupo (azul), como já esperado, manteve a centralidade do gráfico agrupando o maior número de termos que se relacionam nos estudos analisados.

CONCLUSÕES

Modernas técnicas de análise bibliométrica emergem como uma abordagem valiosa e abrangente para a compreensão e visualização de campos de pesquisa. Ao empregar a técnica de análise de coocorrências, essa metodologia não apenas proporciona um mapeamento bibliométrico, mas também oferece uma visão estratégica e temática investigada. Os diagramas estratégicos e as áreas temáticas revelam-se instrumentos poderosos para desvelar nuances e padrões na produção acadêmica.

Ao analisar a evolução temática no campo do Bioma Cerrado e conservação, destaca a eficácia da abordagem, evidenciando uma correlação substancial entre temas de alta centralidade e o número de citações recebidas. Nesse contexto, a análise bibliométrica não apenas oferece verticalizações sobre a dinâmica de um campo científico, mas também se revela como uma ferramenta valiosa para avaliação e planejamento estratégico no âmbito da pesquisa científica.

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas ao interpretar seus resultados. Primeiramente, o recorte espacial se concentrou exclusivamente no bioma Cerrado brasileiro, podendo haver variações em outras regiões com fisionomia de savana no globo.

Além disso, a análise bibliométrica baseou-se unicamente na base de dados *Web of Science*, apesar de sua robustez, outras bases de dados poderiam proporcionar uma visão mais abrangente e, eventualmente, revelar resultados similares ou divergentes. Essas considerações ressaltam a importância de futuras pesquisas exploratórias para enriquecer a compreensão global da produção científica relacionada ao bioma Cerrado.

A análise bibliométrica efetuada indicou um crescente interesse acadêmico no Cerrado, contudo, ressaltou a insatisfatória penetração desses conteúdos na sociedade e na agenda governamental. A importância de políticas públicas e estudos para a conservação do Cerrado foi destacada em diversos estudos mencionados, apontando para a necessidade de um direcionamento eficaz nesse sentido. O desenvolvimento sustentável do Cerrado requer ações conjuntas do governo e da sociedade civil, visando a redução dos impactos humanos e a preservação desse bioma de rica biodiversidade.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) por meio do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX)– Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. Bibliometrix: an r-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal Of Informetrics**, [S.L.], v. 11, n. 4, p. 959-975, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>.

BAILÓN-MORENO, R.; JURADO-ALAMEDA, E.; RUIZ-BAÑOS, R.; COURTIAL, J. P. Analysis of the field of physical chemistry of surfactants with the Unified Scientometric Model. Fit of relational and activity indicators. **Scientometrics**, [S.L.], v. 63, n. 2, p. 259-276, abr. 2005. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-005-0212-4>.

CHEN, Chaomei. CiteSpace II: detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. **Journal Of The American Society For Information Science And Technology**, [S.L.], v. 57, n. 3, p. 359-377, 14 dez. 2005. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/asi.20317>.

COBO, M.J.; LÓPEZ-HERRERA, A.G.; HERRERA-VIEDMA, E.; HERRERA, F. An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: a practical application to the fuzzy sets theory field. **Journal Of Informetrics**, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 146-166, jan. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2010.10.002>.

GRAUWIN, Sebastian; SPERANO, Isabelle. Bibliomaps - a software to create web-based interactive maps of science: the case of ux map. **Proceedings Of The Association For Information Science And Technology**, [S.L.], v. 55, n. 1, p. 815-816, jan. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/pra2.2018.14505501129>.

LE PAIR, C. Formal Evaluation Methods: Their Utility and Limitations. **International Forum On Information And Documentation**. [N.I], p. 16-24. out. 1995.

LINNENLUECKE, Martina K; MARRONE, Mauricio; SINGH, Abhay K. Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. **Australian Journal Of Management**, [S.L.], v. 45, n. 2, p. 175-194, 3 out. 2019. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0312896219877678>.

LIU, Weishu. A matter of time: publication dates in web of science core collection. **Scientometrics**, [S.L.], v. 126, n. 1, p. 849-857, 10 out. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-020-03697-x>.

PRITCHARD, Alan. Statistical Bibliography or Bibliometrics? **Journal Of Documentation**. [N.I], p. 348-349. dez. 1969.

SENGUPTA, I. N.. Bibliometrics, Informetrics, Scientometrics and Librametrics: an overview. **Libri**, [S.L.], v. 42, n. 2, p. 75-98, out. 1992. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/libr.1992.42.2.75>.

SMALL, H. Update on science mapping: creating large document spaces. **Scientometrics**, [S.L.], v. 38, n. 2, p. 275-293, fev. 1997. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02457414>.

VAN ECK, Nees Jan; WALTMAN, Ludo. CitNetExplorer: a new software tool for analyzing and visualizing citation networks. **Journal Of Informetrics**, [S.L.], v. 8, n. 4, p. 802-823, out. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2014.07.006>.

VAN ECK, Nees Jan; WALTMAN, Ludo. Software survey: vosviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, [S.L.], v. 84, n. 2, p. 523-538, 31 dez. 2009. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO ESTADO DO CEARÁ: ANÁLISE DE CONTEÚDO BIBLIOGRÁFICO (2010-2023)

Francisco Laercio Pereira Braga
Maria Soraya Macêdo
Thiago Rodrigues Sousa Lima
Adryane Gorayeb
Jader de Oliveira Santos

INTRODUÇÃO

A busca por métodos eficazes de integração do meio biótico, abiótico e sociais é um dos grandes desafios no meio acadêmico e no âmbito das políticas públicas, uma vez que se liga diretamente à ideia de conservação ambiental. Por esse motivo, nota-se, ainda, escassez de instrumentos apropriados de conservação de componentes abióticos do ambiente, apesar da ampliação desse campo de estudo na década de 1990, quando foram aplicados conceitos relacionados a geodiversidade, patrimônio geológico e geoconservação (Silveira; Bastos; Meire, 2018). Nesse ponto, Allendorf *et al.* (2022) enfatizam a essencialidade da eficácia da conservação dos diferentes níveis de biodiversidade (genes, populações, espécies e ecossistemas) de uma região, ou seja, a ênfase nos aspectos bióticos.

Nessa esteira, o estabelecimento de áreas protegidas - espaços geográficos definidos e com objetivos de conservação da natureza em longo prazo - emerge como estratégia eficiente para a conservação da biodiversidade e geodiversidade (Day *et al.*, 2012; Juffe-Bignoli *et al.*, 2014; Gomes *et al.*, 2022). Filho Villaschi e Felipe (2014) e Juffe-Bignoli *et al.* (2014) deixam explícito que a criação de Unidades de Conservação (UCs) é uma estratégia brasileira importante para a proteção das espécies nativas e para superar problemas ambientais causados pela pressão crescente da atuação humana no meio ambiente, o qual foi inspirado, inicialmente, pela ideia do Parque Nacional de Yellowstone nos Estados Unidos em 1987 (Braga *et al.*, 2023).

No Brasil, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) foi estabelecido pela Lei Federal nº 9.985/2000, o qual definiu critérios e normas para a criação, implantação e gestão das UCs no território nacional, sendo o instrumento legal mais adequado à prática geoconservacionista (Brasil, 2000; Silveira; Bastos; Meire, 2018). Segundo o SNUC, as UCs são representadas por dois grupos: (I) Unidades de Proteção Integral e (II) Unidades de Uso Sustentável (Brasil, 2000; Braga *et al.*, 2023). Assim, tem-se doze categorias de UCs divididas em dois regimes de uso dos recursos naturais - Uso Sustentável (US) e de Proteção Integral (PI) - para integrar as estratégias de conservação e proteção da biodiversidade e paisagens naturais (Gomes *et al.*, 2022).

Com base nesse panorama, o Brasil possui 30% da área continental e 27% da área marinha considerada área protegida (UNEP-WCMC, 2021). No entanto, conforme pontuado por Gomes *et al.* (2022), essas áreas possuem distribuição desigual no território nacional, pois a região da Amazonia concentra o maior quantitativo de UCs em detrimento aos demais biomas brasileiros como, por exemplo, a Caatinga. Por esse motivo, Gomes *et al.* (2022) indicam a necessidade de ampliação de áreas protegidas em todos os ecossistemas, principalmente aquelas na caatinga. De Oliveira e Fontgalland (2023) contribuem para esse debate ao reforçarem que a caatinga é

um dos biomas mais biodiversos do mundo, tornando-se área potencial para ser conservada dentro de um ambiente de desenvolvimento sustentável.

Destarte, a UC destaca-se como alternativa para a efetivação da conservação da geodiversidade e do patrimônio geológico. O Ceará, para seguir os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), vem elaborando estudos científicos e técnicos para a criação de novas UCs, o que fez alcançar 117 unidades de conservação em 2023, entre essas 27 são de proteção integral e 90 de uso sustentável, nas esferas Federal, Estadual e Municipal, com 1.292.287 há de área protegida (CEUC, 2024). No entanto, de acordo com Silveira, Bastos e Meire (2018), com base nos dispositivos legais, há escassas informações da existência de práticas ou estratégias de geoconservação nas UCs cearenses, além da mera criação.

Amato-Lourenço *et al.* (2016) e Lindoso e De Paula (2023) colocam que as UCs assumem o papel de ser um ambiente propício para o desenvolvimento do ecoturismo, diante da elevação do quantitativo de visitas em áreas naturais para o desenvolvimento de atividades recreativas, uma vez que são locais verdes que trazem benefícios à saúde física e mental da população, tendo como público principal visitantes e/ou moradores das proximidades. Por esse motivo, tem-se incremento nas visitas de áreas verdes no Brasil nos últimos anos, o que exigem atenção e formulação de políticas públicas direcionadas a essa realidade.

Com base nessas argumentações, surge a seguinte questão de pesquisa: quais os principais elementos discursivos de estudos publicados em periódicos brasileiros sobre Unidades de Conservação no Ceará publicados entre 2010 e 2023? Dessa maneira, objetiva-se analisar os debates discursivos de estudos brasileiros que versaram sobre as unidades de conservação no estado do Ceará entre 2010 e 2023. Para efeitos metodológicos, propôs-se a utilização da análise de conteúdo com base no *software* IRaMuTeQ, que aplica técnicas estatísticas no conjunto de textos selecionados sob a perspectiva lexical das palavras.

Dessa maneira, este estudo justifica-se por dois motivos. O primeiro devido a incipiência de estudos científicos publicados em periódicos avaliados por pares envolvendo a temática das UCs no Estado do Ceará. O segundo motivo para o desenvolvimento deste trabalho pousa-se na aplicação inédita do *software* IRaMuTeQ à temática em questão, o que possibilitará *insights* importantes sobre lacunas teóricas e empíricas deixadas pelos estudos selecionados.

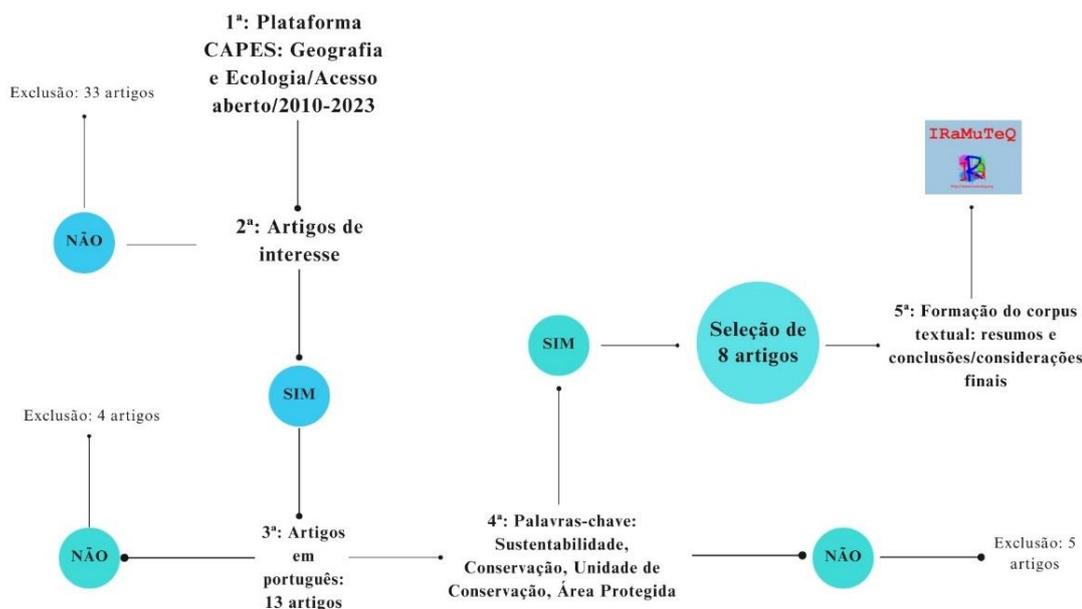
MATERIAL E MÉTODO

Esta investigação assume características de abordagem quantitativa e qualitativa no período de 2010 a 2023, levando-se em consideração a quantidade de estudos/artigos publicados em periódicos brasileiros, sujeitos à revisão por pares, acerca das unidades de conservação no estado do Ceará e disponíveis na plataforma CAPES. A escolha de iniciar em 2010 decorre do fato de representar, precisamente, uma década após a instituição do SNUC, em 2000.

Para a seleção dos artigos analisados, aplicaram-se quatro filtros, a saber: i) escolha de artigos, de acesso livre e revisado por pares, que versam sobre unidades de conservação no Ceará na área da geografia e ecologia entre 2010 e 2023, o que possibilitou encontrar 50 artigos; ii) leitura dos títulos e resumos para selecionar artigos de interesse próximo à temática de pesquisa, resultando na exclusão de 33 artigos que tratavam sobre aspectos relacionados somente à flora; iii) artigos em português, uma vez que mesmo fazendo o filtro de língua portuguesa, ainda apareceram artigos em inglês; e iv) inclusão das palavras-chave “sustentabilidade”, ou “conservação”, ou “unidade de conservação” e/ou “área protegida”. Na quinta etapa de

pesquisa, formou-se o *corpus* textual com base nos resumos e conclusões/considerações finais dos artigos selecionados para a análise de conteúdo.

Figura 1 - Percurso metodológico de seleção dos artigos.



Fonte: Elaboração dos autores, 2024.

Assim, ao final do processo seletivo, foram qualificados oito (8) artigos nacionais para terem seus resumos e conclusões/considerações finais codificados e analisados (Quadro 1). Nesta pesquisa, apenas as formas ativas do *corpus* textual, isto é, substantivos, adjetivos, advérbios, verbos e nomes não comuns, foram considerados para a análise. Isso significa, portanto, a exclusão de outras formas, por exemplo, pronomes e formas complementares.

Quadro 1 - Artigos selecionados para análise no software IRaMuTeQ.

Artigos	Título	Autores/ano	Palavras-chave
Artigo 1	Representatividade ecológica e extensão total de áreas protegidas pelas unidades de conservação no estado do Ceará, Brasil	(Gomes <i>et al.</i> , 2022).	Planejamento; Conservação ; Semiárido SNUC; Protocolo de Aichi;
Artigo 2	Diagnóstico Socioeconômico da área de proteção ambiental da Serra de Baturité - Ceará	(Do Nascimento; De Souza; Cruz, 2010).	Serra de Baturité; Unidade de Conservação ; Aspectos socioeconômicos.
Artigo 3	Uso dos recursos naturais: desafios das populações do entorno do Parque Nacional de Ubajara (CE)	(Lourenço; Caracristi, 2016).	Natureza; Ibiapaba; Conservação .
Artigo 4	Experiências Sustentáveis para o Parque Estadual do Pico Alto, Guaramiranga	(Braga <i>et al.</i> , 2023).	Sustentabilidade ; Desenvolvimento Regional; Turismo Rural.

Artigos	Título	Autores/ano	Palavras-chave
Artigo 5	Geoconservação no Ceará: Um Olhar Sobre as Unidades de Conservação Estaduais	(Silveira; Bastos; Meira, 2018).	Geodiversidade; Patrimônio Geológico; Áreas protegidas; Dispositivos legais.
Artigo 6	Visitação em áreas naturais urbanas: um estudo sobre a atratividade do Parque Estadual do Cocó (Fortaleza, Ceará, Brasil)	(Lindoso; Paula, 2023).	Unidades de conservação; Uso público; Áreas verdes urbanas; Brasil.
Artigo 7	Turismo sustentável e conservacionista no sertão do Ceará.	(Mendes <i>et al.</i> , 2017).	Unidades de Conservação; Preservação; Ecoturismo; Comunidade Tradicional; Serra Redonda.
Artigo 8	Contextualização socioeconômica da área de proteção ambiental do estuário do rio Ceará, região metropolitana de Fortaleza – CE	(Menezes; De Souza; Grangeiro, 2017).	Produção do Espaço; Unidades de Conservação; Rio Ceará.

Fonte: Elaboração dos autores, 2024.

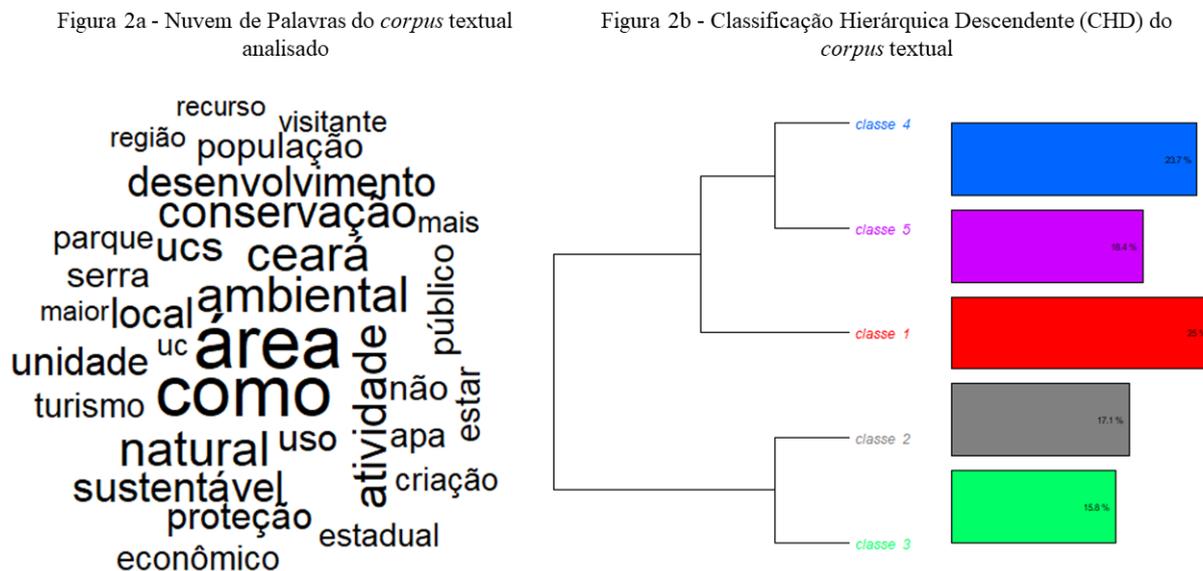
A análise do conteúdo lexical dos artigos selecionados - composto dos resumos e conclusões/considerações finais - ocorreu por meio da utilização do *software* IRaMuTeQ, que proporcionou resultados estatísticos dos textos (Camargo; Justo, 2013; Braga; Lima, 2022). Segundo De Souza (2017), esse *software* utiliza a Interface de R (análise multidimensional de textos e questionários) para a análise estatística com base nas informações qualitativas do conteúdo do *corpus* textual.

Dessa maneira, de acordo com Camargo e Justo (2013), analisar textos possibilita verificar e diferenciar as palavras entre si, sobretudo quanto a sua maneira de distribuição e organização, de modo hierarquizado. Portanto, conforme esses autores, o *software* IRaMuTeQ é uma ferramenta adequada para alcançar os objetivos da análise lexical, além de oferecer várias interpretações de dados textuais, que são: análise de especificidades, análise de similitude, método da Classificação Hierárquica Descendente (CHD) e nuvem de palavras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a análise dos oito artigos usados na pesquisa, o *software* IraMuTeQ confirmou 8 unidades de texto (UECs) e 114 números de segmentos de textos analisados de um universo de 4.134 ocorrências de palavras, sendo 907 palavras ativas. Entre as palavras ativas, observou-se que 227 delas obtiveram três ou mais repetições no *corpus* textual, com 76 segmentos de textos classificados de 114 (66,67%). Esse valor ficou abaixo do limite aceitável (75%) para o prosseguimento das análises posteriores - reflexo da amostra reduzida de artigos analisados - o que pode influenciar em algumas análises interpretativas, mas sem grandes prejuízos aos resultados (Camargo; Justo, 2013; Braga; Lima, 2022). Dessa maneira, foi possível gerar uma nuvem de palavras considerando as mais frequentes em todo o *corpus* textual, ou seja, aquelas que apareceram mais de 10 vezes. Essa nuvem permite visualizar, de forma geral, as palavras mais relevantes de acordo com seu grau de repetição. Assim, notou-se que as palavras mais frequentes - centralizadas na nuvem e em maior dimensão - foram, por exemplo: “área”, “como”, “ambiental”, “Ceará”, “natural”, “desenvolvimento” e “conservação” (Figura 2a).

Figura 2 - Nuvem de palavras e Classificação Hierárquica Descendente (CHD) do *corpus* textual analisado.



Fonte: Elaboração dos autores, 2024.

O *corpus* textual foi dividido em cinco classes (Figura 2b), como pode ser visualizado no dendrograma do método de Classificação Hierárquica Descendente (CHD), revelando o processo de agrupamento do corpus textual em classes. Esse processo permite explicar a formação das classes e compreender os pontos em que os textos pesquisados convergem ou se distanciam entre eles (Braga; Lima, 2022). Assim, nota-se a formação inicial de dois subcorpus, cujo o primeiro subdivide-se nas classes 1, 4 e 5, sendo as duas últimas diretamente ligadas. O segundo subcorpus foi, por sua vez, subdividido nas classes 2 e 3, que também aparecem ligados entre si. Essas ligações mostram, de alguma forma, similaridades nos diálogos discursivos dos autores que compõem cada classe (Braga; Lima, 2022).

No processo de divisão dos subcorpus foram observado os percentuais de participação de cada classe formada no conjunto do *corpus* textual. Ou seja, por exemplo, a classe 1 representa 25% do *corpus* textual, classe 2 assume valor representativo de 17,1%, seguidos pelas classe 3 (15,8%), classe 4 (23,7%) e classe 5 (18,4%).

A classe 1 foi formada pelos estudos de Lindoso e Paula (2023) e Menezes, De Souza e Grangeiro (2017), cujos vocábulos mais representativos foram: “visitante”, “PEC” e “bairro”, com 100% de representatividade e estatisticamente significativo ($p < 0,001$) para o *corpus* textual cada um. A classe 2 agregou os estudos de Do Nascimento, De Souza e Cruz (2010) e Braga *et al.* (2023), cujas palavras mais representativas e estatisticamente significativas ($p < 0,001$) foram “Baturité”, “território” e “Maciço”. No que se refere à classe 3, ocorreu a junção dos estudos de Gomes *et al.* (2022) e Silveira, Bastos e Meira (2018), em que as palavras representativas e estatisticamente significativas foram “UCs”, “uso” e “proteção”. As classes 4 e 5 foram formadas apenas por um artigo cada uma, Mendes *et al.* (2017) e Lourenço e Caracristi (2016), respectivamente. No que diz respeito aos vocábulos mais representativos

dessas últimas classes, pode-se indicar “redonda”, “turístico” e “Canindé” na classe 4, e “comunidade”, “reconhecer” e “envolver” na classe 5 (Quadro 2).

Quadro 2 - Classes por estudos e vocábulos de destaque do corpus textual.

Classes	Estudos	Vocábulos mais avocados
Classe 1	Lindoso e Paula (2023) Menezes, De Souza e Grangeiro (2017)	Visitante PEC Bairro Fortaleza
Classe 2	Do Nascimento, De Souza e Cruz (2010) Braga <i>et al.</i> (2023)	Baturité Território Maciço
Classe 3	Gomes <i>et al.</i> (2022) Silveira, Bastos e Meira (2018)	UCs Uso Proteção
Classe 4	Mendes <i>et al.</i> (2017)	Redonda Turístico Canindé
Classe 5	Lourenço e Caracristi (2016)	Comunidade Reconhecer Envolver

Fonte: Elaboração dos autores, 2024.

Para a análise de conteúdo das classes e a identificação das principais argumentações dos estudos, foi possível observar, ainda, o contexto em que os principais vocábulos aparecem, segundo os autores. Lindoso e Paula (2023) e Menezes, De Souza e Grangeiro (2017) - classe 1 - apresentam abordagens parecidas no que diz respeito à área de conservação na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), em que fica evidente as preocupações na gestão eficaz de conservação e a necessidade de políticas públicas para garantir o uso sustentável dos recursos diante de um contexto de maior visitação. Lindoso e Paula (2023) buscou compreender o perfil dos visitantes e os aspectos demográficos do Parque Estadual do Cocó (PEC), deixando em destaque a relevância do PEC como área de lazer, não somente para os moradores próximos, mas para um público diversificado oriundo de outros bairros distantes. Menezes, De Souza e Grangeiro (2017) estudaram a Área de Proteção Ambiental (APA) do Estuário do Rio Ceará, mostrando as transformações ao longo das últimas décadas. Os autores reforçam a diversidade de atividades socioeconômicas sendo desenvolvidas na APA.

Do Nascimento, De Souza e Cruz (2010) e Braga *et al.* (2023) - classe 2 - tratam de questões socioeconômicas e ambientais relacionadas às áreas de conservação no estado do Ceará. Do Nascimento, De Souza e Cruz (2010) trabalham com a APA da Serra de Baturité, contextualizando sua importância no cenário regional, enquanto Braga *et al.* (2022) realizam um estudo também na APA dessa serra, concentrando-se, em especial na proposta de criação do Parque Estadual do Pico Alto, em Guaramiranga. Nesse caso, os autores exploram a biodiversidade do parque e seu potencial para o desenvolvimento sustentável.

Os trabalhos de Gomes *et al.* (2022) e Silveira, Bastos e Meira (2018) - classe 3 - possuem semelhanças ao tratarem de UCs no estado do Ceará com enfoques específicos na distribuição espacial e nos objetivos de criação. No geral, compartilham preocupações similares sobre propostas relacionadas à gestão e expansão das UCs cearenses numa abordagem de biodiversidade e geodiversidade. Gomes *et al.* (2022) reforçam, ainda, a predominância de UCs

de uso sustentável no estado do Ceará, o que exigem maior proteção jurídica para salvaguardar a biodiversidade; ao mesmo tempo, os autores sugerem a criação de UCs de proteção integral na caatinga do cristalino e na caatinga do sedimentar e necessidade de políticas públicas que sejam orientadas à conservação. Bastos e Meira (2018) abordam disparidade no número de UCs em relação às unidades geoambientais do Ceará, destacando a falta de representatividade na depressão sertaneja. Contudo, esses autores destacam, também, a escassez de UCs com objetivos de proteção da geodiversidade ou do patrimônio geológico e sugerem a readequação das categorias de UCs para inserir elementos da geodiversidade.

A classe 4 é formada pelo estudo de Mendes *et al.* (2017), que objetivaram verificar as possibilidades de tornar a Serra Redonda, situada no Sertão do Ceará, um espaço de conservação do bioma caatinga e de visitação turística com cunho de Ecoturismo. Dentre os principais resultados e contribuições do estudo, os autores colocaram que o ecoturismo surge como possível resposta à ausência de incentivos financeiros para o turismo em áreas rurais dos sertões nordestinos. Por fim, enfatizam que a Serra Redonda precisa entrar no circuito das UCs no estado do Ceará, em que exige o início de uma intervenção popular.

Por último, Lourenço e Caracristi (2016) - classe 5 - evidenciaram o uso e a ocupação dos recursos naturais e suas consequências socioambientais para a população do entorno do Parque Nacional (PARNA) de Ubajara (Ceará), no Planalto da Ibiapaba, única UC de gestão federal presente como tema central dos artigos analisados. Os resultados possibilitaram concluir que o uso intensivo do solo para atividades agrícolas, de pecuária extensiva e de extrativismo florestal predatório nos revela as ameaças e a vulnerabilidade da conservação do Parna de Ubajara. Outra constatação dos autores refere-se ao não reconhecimento de parte da população sobre a importância desse Parna, que é uma importante UC para preservação da natureza.

O arranjo dos elementos lexicais do *corpus* textual e suas classes acontecem dentro da Análise Fatorial de Correspondência (AFC) (Figura 3a). Por meio da AFC - dividido em quatro quadrantes - é possível observar o cruzamento dos vocabulários considerados frequentes das classes. Portanto, após a construção da AFC, percebe-se o quão ligados ou distantes estão os assuntos abordados entre os artigos, oferecendo a possibilidade de identificar lacunas teóricas que não foram abordadas no conjunto de artigos selecionados.

Assim, com base na visualização da Figura 3a, constata-se que os vocábulos das classes 5, 3 e 4 aparecem mais próximas no quadrante inferior direito, enquanto as classes 2 e 1 dispõem-se de forma mais isolada nos quadrantes superior esquerdo e inferior esquerdo, respectivamente, revelando distanciamento lexical no *corpus* textual analisado. Isso significa, por conseguinte, que os estudos das classes 5, 3 e 4 conectam-se em argumentações próximas. Por outro lado, existem lacunas importantes que não foram tratadas nos estudos, tais como: artigos que trataram do Maciço de Baturité versaram sobre aspectos referentes aos planos regionais, de manejo e diagnóstico socioeconômico, mas não relacionaram com ideias sobre a importância de reconhecer e envolver as comunidades de UCs. Ao mesmo tempo, estudos sobre a região do Maciço devem ser desenvolvidos sob a perspectiva dos visitantes, compreendendo seus perfis e motivações que levaram a visitarem a região.

Figura 3 - Análise Fatorial de Correspondência (AFC) e Análise de Similitude (AS) do corpus textual.

Figura 3a - Análise Fatorial de Correspondência (AFC)

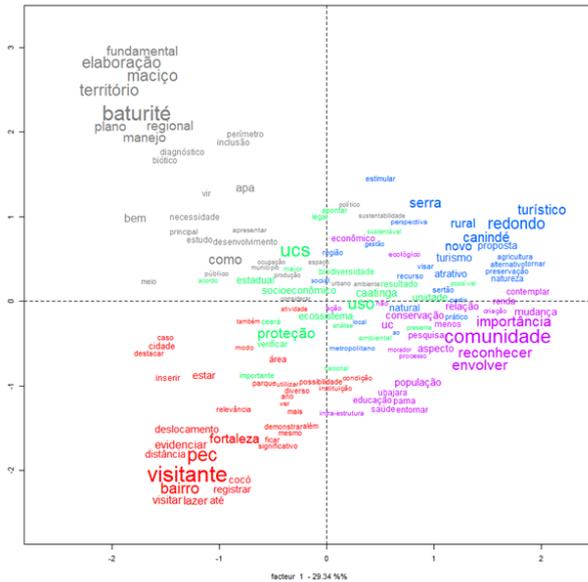
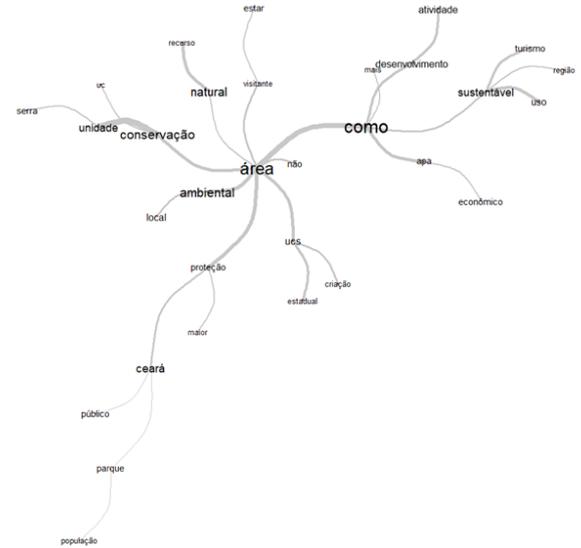


Figura 3b - Análise de Similitude (AS)



Fonte: Elaboração dos autores, 2024.

A última etapa analítica refere-se à Análise de Similitude (AS), momento que ocorre a ligação das palavras mais avocadas do *corpus* textual por meio de correlações importantes. Dessa maneira, na Figura 3b, encontra-se a conectividade dessas palavras em ramificações, formando uma “árvore” ou “rede” de interações dessas palavras. Nesse caso, nota-se que há um vocábulo central - “área” - conectado fortemente com outros vocábulos (“unidade” e “conservação” e o advérbio “como”). Nota-se, também que essa palavra central aparece no *corpus* textual ligado à ideia de recurso natural, ambiental, maior proteção e criação de UCs estaduais. Por outro lado, a “área” liga-se ao advérbio “como”, dando a ideia de causa, ou seja, a “área” aparece dentro de um contexto para justificar o desenvolvimento de atividades sustentáveis.

No entanto, algumas observações devem ser ressaltadas, principalmente referente às limitações existentes neste estudo. O primeiro refere-se à centralidade da palavra “área” na rede de interações, que ocorreu devido à escolha do caminho metodológico de seleção dos artigos na plataforma CAPES - o que era de se esperar que surgisse em posição de centro -, pois é o principal assunto abordado no *corpus* textual.

Outra limitação diz respeito à seleção de apenas artigos em língua portuguesa publicados em periódicos brasileiros avaliados por pares, o que exclui artigos de congressos/seminários/simpósios, além de não considerar, também, estudos disponibilizados em repositórios institucionais de universidades (eliminando dissertações, teses e relatórios técnicos).

Essas limitações não eliminam as contribuições dos resultados deste estudo, pelo contrário, reforçam as informações científicas importantes que precisam ser observadas com mais cuidado por parte dos *stakeholders* responsáveis por estudos e implementações de políticas públicas direcionadas à busca de instrumentos eficazes de conservação da biodiversidade, uma vez que há escassez desses instrumentos na literatura recente (Silveira; Bastos; Meire, 2018).

No caso cearense, conforme apresentado por Gomes *et al.* (2022), observa-se, ainda, que a atual configuração das UCs existentes no estado ainda está aquém do ideal, principalmente no que diz respeito à extensão e representatividade, o que vem sendo contornado pelo governo estadual, por meio de estudos técnicos e científicos da SEMA. Isso reforça, também, a elevação da demanda pela ampliação dessas áreas protegidas em direção ao bioma da caatinga no interior do Ceará. Esse contexto é importante para o cenário cearense, pois apenas 9% do bioma caatinga do Nordeste brasileiro é coberto por UCs, desses 2% são unidades de proteção integral (De Oliveira; Fontgalland, 2023). Essa ideia é defendida também por Mendes *et al.* (2017), em que a criação de UCs em áreas rurais dos sertões nordestinos - caso da Serra Redonda em Canindé - podem favorecer o surgimento de segmentos turísticos sustentáveis que possibilitem incentivos financeiros à região e que favoreçam o desenvolvimento local e regional, como pontuado por Braga *et al.* (2023).

Os resultados oferecem, ainda, reflexões sobre a necessidade da população local dessas áreas reconhecerem a importância do objetivo de criação das UCs e, ao mesmo tempo, engajarem-se em movimentos participativos e intervencionistas que proporcionem maior sentimento de pertencimento ao local. Isso torna-se basilar para a eficiência da gestão das áreas no que diz respeito à preservação da natureza, aumentando a possibilidade de surgimento de estratégias de sustentabilidade para as UCs (Lourenço; Caracristi, 2016; Mendes *et al.*, 2017; Braga *et al.*, 2023).

CONCLUSÕES

A questão das unidades de conservação no estado do Ceará, apesar de debatida já há alguns anos, ainda demanda estudos científicos - teóricos e empíricos - que sejam avaliados por pares, de modo a contribuir com ideias de estratégias de planejamento e gestão a serem adotadas nas UCs existentes no estado. Assim, este estudo conseguiu atingir seu objetivo de analisar os debates discursivos de estudos brasileiros que versaram sobre as unidades de conservação no estado do Ceará entre 2010 e 2023.

Os oito artigos selecionados na plataforma CAPES - dado o caminho metodológico escolhido - mostraram um quantitativo de estudos científicos publicados em periódicos aquém do esperado dentro da literatura brasileira e, em destaque, cearense. Na análise dos artigos, obtiveram-se dois subcorpus subdivididos em 5 classes que foram formadas a partir desses estudos selecionados. Apesar da temática discursiva ser a mesma em todos os trabalhos, alguns deles não mostraram ligações diretas entre os demais estudos. Os principais debates foram focados em preocupações na gestão de conservação de áreas protegidas e a necessidade de políticas públicas para garantir o uso sustentável das UCs cearenses. Contudo, teve-se também discussão com base na distribuição das UCs do Ceará, evidenciando propostas de expansão para o interior do estado.

Além da incipiência de estudos empíricos em UCs no Ceará, observou-se, também, que os artigos encontrados apresentam lacunas argumentativas no conteúdo dos textos analisados. Ou seja, há possibilidades de relacionar debates sobre aspectos do desenvolvimento socioeconômico das comunidades que residem no entorno das UCs, com assuntos que envolvam a importância das comunidades locais se envolverem e reconhecerem a relevância das UCs.

Entretanto, é possível encontrar limitações metodológicas que podem ser sanadas em futuros estudos científicos como, por exemplo, ampliar as plataformas de busca de estudos científicos e considerar estudos em outros idiomas que tratem dessa temática no Ceará. No geral, os resultados trouxeram contribuições importantes para repensar as políticas públicas de monitoramento das UCs cearenses existentes e direcionar esforços para a criação de outras unidades no interior do estado, principalmente no bioma caatinga.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa Cientista Chefe Meio Ambiente do Governo do Estado do Ceará, à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap - Processo nº 07321726/2023), à Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) e à Universidade Federal do Ceará (UFC).

REFERÊNCIAS

ALLENDORF, FRED W.; FUNK, W. C.; AITKEN, S. N.; BYRNE, M.; LUIKART, G. Conservation Units. *Conservation and the Genomics of Populations*, 3rd edn, online edn, Oxford Academic, 2022. DOI: 10.1093/oso/9780198856566.003.0020

AMATO-LOURENÇO, L. F.; MOREIRA, T. C. L.; ARANTES, B. L. de; SILVA FILHO, D. F. de; MAUAD, T. Metrópoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 86, 2016.

BRAGA, F. L. P.; LIMA, F. A. X. O desenvolvimento rural a partir de estudos e de trabalhos científicos brasileiros (2000-2019): análise lexical por meio do *software* Iramuteq. **Revista Econômica do Nordeste**, [S. l.], v. 53, n. 1, p. 26-44, 2022. DOI: 10.61673/ren.2022.1116.

BRAGA, F. L. P.; MACÊDO, M. S.; LIMA, T. R.S.; MARQUES, J. M. R.; GORAYEB, A.; SANTOS, J. O. Experiências Sustentáveis para o Parque Estadual do Pico Alto, Guaramiranga. **Espaço Aberto**, PPGG - UFRJ, Rio de Janeiro, v. 13, n.2, p. 101-119, 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: um *software* gratuito para análise de dados textuais. In: **Revista Temas em Psicologia**, v. 21, n. 2, p. 513-518, 2013.

DAY J., DUDLEY, N.; HOCKINGS, M.; HOLMES, G.; LAFFOLEY, D. D. A.; STOLTON, S.; WELLS, S. M. **Guidelines for applying the IUCN Protected Area Management Categories to Marine Protected Areas**. Gland, Switzerland: IUCN. 2012. 36pp.

DE SOUZA, M. R. O. Museu do Maracatu do Ceará como Instrumento no Processo de Patrimonialização dos Maracatus de Fortaleza. **Revista Memore**, Tubarão, SC, v.4, nº 1, p. 165-189, janeiro, 2017.

DO NASCIMENTO, F. R.; DE SOUZA, M. L. N.; CRUZ, M. L. B. Diagnóstico socioeconômico da área de Proteção Ambiental da serra de Baturité - Ceará. **Revista Espaço Geográfico em Análise (R. RA'E GA)**, Curitiba, n. 20, p. 19-33, 2010.

FILHO VILLASCHI, A.; FELIPE, E.S. Desenvolvimento regional e biodiversidade: reflexões sobre as possibilidades do estado do Espírito Santo. In: LEAL, C. L.; LEMOS, C.; SILVA, M. M.; LASTRES, H. M. M. (Org.). **Um Olhar Territorial para o Desenvolvimento: Sudeste**. 1ed. Rio de Janeiro: BNDES, v. 5, p. 369 – 389, 2014.

DE OLIVEIRA, Z. S.; FONTGALLAND, I. Mosaic of conservation units: A conservation strategy for the Seridó Potiguar biome. **Technium Sustainability, [S. l.]**, v. 3, p. 54–75, 2023. DOI: 10.47577/sustainability.v3i.8893.

GOMES, F. V. S.; DOS SANTOS, A. M. F.; GUERRA, R. G. P.; QUEIROZ, L. R.; MENEZES, M. O. T. de.; MORO, M. F. Representatividade ecológica e extensão total de áreas protegidas pelas unidades de conservação no estado do Ceará, Brasil. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia-MG, v. 34, e64481, p. 1-15, 2022. DOI: 10.14393/SN-v34-2022-64481

JUFFE-BIGNOLI, D.; BURGESS, N.D.; BINGHAM, H.; BELLE, E.M.S.; DE LIMA, M.G.; DEGUIGNET, M.; BERTZKY, B.; MILAM, A.N.; MARTINEZ-LOPEZ, J.; LEWIS, E.; EASSOM, A.; WICANDER, S.; GELDMANN, J.; VAN SOESBERGEN A.; ARNELL, A.P.; O'CONNOR, B.; PARK, S.; SHI, Y. N.; DANKS, F.S.; MACSHARRY, B.; KINGSTON, N. **Protected Planet Report 2014**. UNEP-WCMC, Cambridge. 2014.

LINDOSO, T. A.; DE PAULA, D. P. Visitação em áreas naturais urbanas: um estudo sobre a atratividade do Parque Estadual do Cocó (Fortaleza, Ceará, Brasil). **Revista Geografares**, v. 3, n. 36, p. 78-97, 2023. DOI: 10.47456/geo.v3i36.40564

LOURENÇO, B. F. M.; CARACRISTI, I. Uso dos recursos naturais: desafios das populações do entorno do Parque Nacional de Ubajara (CE). **Revista de Geociências do Nordeste (REGNE)**, v. 2, n. Especial, p. 1279-1288, 2016.

MENDES, A. L. S.; COSTA, A. P. B.; MELO, A. S. M.; BEZERRA, M. H. M.; VIDAL, F. A. B.; MOREIRA, R. N. Turismo sustentável e conservacionista no sertão do Ceará. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 559-584, 2017.

MENEZES, K. W. S.; DE SOUZA, M. J. N.; GRANGEIRO, C. M. M. Contextualização socioeconômica da área de proteção ambiental do estuário do rio Ceará, região metropolitana de Fortaleza - Ce. **Revista Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 21, n. 3, p. 25-36, 2017. DOI: 10.5902/2236499425771

SILVEIRA, A. C. da.; BASTOS, F. H.; MEIRA, S. A. Geoconservação no Ceará: um olhar sobre as unidades de conservação estaduais. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 35, p. 35--70, 2018. DOI: 10.11606/rdg.v35i0.139606

UNEP-WCMC, I. U. C. N. NGS. **Protected Planet Report 2020**. Gland: Cambridge, UK; Washington, DC, USA, 2021.

ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DO MAPBIOMAS: UM ESTUDO DE CASO EM QUIXERAMOBIM, CEARÁ.

Thiago Rodrigues Sousa Lima
Andréa Karla Gouveia Cavalcanti
Francisco Laercio Pereira Braga
Jader de Oliveira Santos

INTRODUÇÃO

O uso e cobertura da terra de uma determinada região é produto das atividades antropogênicas, refletindo os impactos ambientais das atividades econômicas realizadas no espaço. Dentre as alterações no meio ambiente - observadas com as mudanças no uso e cobertura da terra - podem ser citadas, como exemplo, a perda na biodiversidade, o aumento do risco de inundações, a degradação dos solos, a perda na produtividade primária, além dos impactos nas mudanças climáticas e a deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

Akdeniz *et al.* (2023) corroboram ao afirmarem que as mudanças no uso e cobertura da terra constituem um processo complexo e dinâmico que ocorre sob a influência das atividades antropogênicas e naturais, afetando o ecossistema. Compreender como essas mudanças acontecem é algo de fundamental importância para os gestores, no que diz respeito ao planejamento ambiental e ao desenvolvimento sustentável, visando sempre a prevenção e a mitigação de impactos ambientais.

Assim, a análise temporal do uso e cobertura da terra tem ganhado cada vez mais destaque na literatura científica. As principais áreas de aplicação são o planejamento urbano devido a possibilidade de análise da expansão da mancha urbana (Karimi *et al.*, 2018; Akdeniz *et al.*, 2023; Xu *et al.*, 2022; Mandal *et al.*, 2019; Singh *et al.*, 2022; Xiong *et al.*, 2022; Rasool *et al.*, 2021), e o manejo e a conservação dos recursos naturais com foco no monitoramento da cobertura vegetal (Ansari; Golabi, 2019; Tajbakhsh *et al.*, 2018; Ziaul Hoque *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2021; Yu *et al.*, 2023; Hou *et al.*, 2021; Cunha *et al.*, 2021; Leta *et al.*, 2021; Roushangar *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2023; Yang *et al.*, 2022; Beshir *et al.*, 2023; Tajbakhsh *et al.*, 2018).

Com base na literatura, percebe-se como o estudo da análise temporal do uso e cobertura tem sido útil para o planejamento urbano e ambiental, seja em níveis de bacia hidrográfica como no nível municipal. A possibilidade de visualizar a evolução temporal dos usos e ocupação da terra de uma determinada região também é um fator positivo na escolha dessa ferramenta metodológica, pois é possível associar as consequências de problemas ambientais atuais com o processo de ocupação do espaço ocorrido no passado, principalmente no que diz respeito a contaminação das águas superficiais provenientes da urbanização e das atividades agrícolas.

A área de estudo escolhida para o desenvolvimento desta pesquisa foi o município de Quixeramobim, que está localizado no Sertão Central Cearense e, segundo Ceará (2009), é o local do Estado mais fortemente submetido à semiaridez. Em termos de vegetação, essa área de estudo compreende o Bioma da Caatinga que, apesar de sua riqueza em biodiversidade, ainda padece de informações e de um monitoramento mais efetivo.

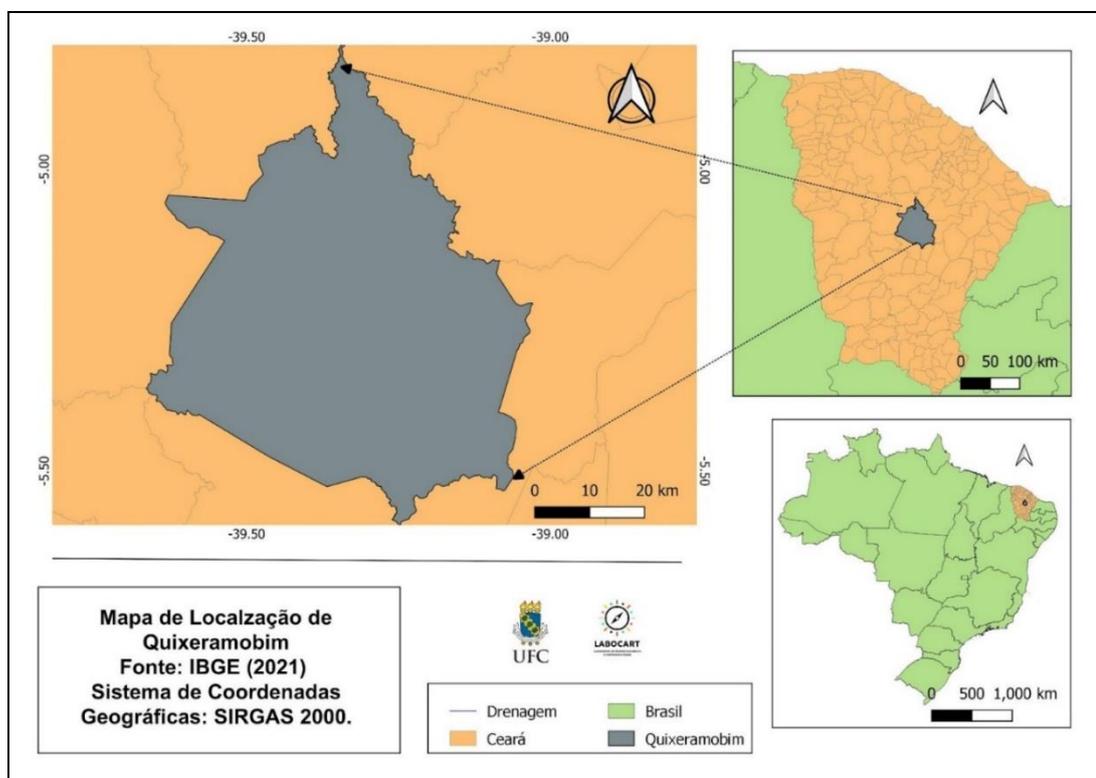
Alguns exemplos de impactos provocados pela urbanização já são observados na área de estudo. Macêdo *et al.* (2019) identificaram que os principais focos de contaminação dos recursos hídricos estão próximos às zonas urbanas e Amorim (2023) identificou consequências da urbanização e das atividades agropecuárias na degradação ambiental do município.

Tendo por base o que já foi exposto, o presente trabalho tem por objetivo analisar a relação entre o uso e cobertura da terra no município de Quixeramobim, no Sertão Central Cearense, a partir dos dados da coleção 8 (1985 a 2022) do MapBiomas. Para isso, optou-se pelo modelo de regressão linear múltipla para auxiliar na compreensão da relação entre as variáveis do estudo e para fornecer *insights* para subsídios de planejamento ambiental, colaborando para a conservação e preservação dos recursos naturais.

METODOLOGIA

A área de estudo refere-se ao município de Quixeramobim localizado na mesorregião dos Sertões Cearenses - com uma área total, segundo o IBGE (2022), de 3.324,987 km² com população, em 2022, equivalente a 82.177 pessoas e densidade demográfica de 24,71 habitantes por quilômetro quadrado (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização de Quixeramobim-CE.



Fonte: elaboração dos autores.

Do ponto de vista hidrológico, a área de estudo pertence a sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, sendo cortado pelo rio Quixeramobim que é um dos principais afluentes do rio

Banabuiú. Os açudes de Quixeramobim e Fogareiro são os principais açudes contidos no limite da cidade. Segundo a CPRM (2014), a maior parte do município se localiza sob a Província Borborema no domínio tectônico do Ceará Central. As unidades litoestratigráficas - que ocupam a maior parte do território - são as unidades de Cruzeta, Itaporanga e Quixeramobim. Quanto à pedologia, os tipos de solos mais expressivos em Quixeramobim, de acordo com os dados do IBGE (2021), são o Luvissole Crômico e o Planossolo Háplico e o Neossolo Litólico.

Dessa maneira, de acordo com as informações apresentadas pela CPRM (2014), o relevo de Quixeramobim é composto principalmente pela Depressão Aplainada, com a presença de Inselbergs e dos Maciços Residuais com níveis elevados.

Com relação a vegetação e ao clima, a área de estudo está compreendida no bioma Caatinga com a presença marcante da caatinga arborizada e florestada, conforme dados do IBGE (2021), e se enquadra na Classificação Climática de Köppen como Bshw, definido como Tropical Quente Semiárido.

Por fim, no que diz respeito aos aspectos socioeconômicos da cidade, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de Quixeramobim foi igual a 0,642 no ano de 2010 com uma área urbanizada de 11,87 km² em 2019 e um PIB de 17.008,00 R\$

Em relação aos métodos analíticos, esta pesquisa tem aspecto quantitativo e exploratório, cuja análise dos dados numéricos seguiu métodos e testes estatísticos. Para isso, foram utilizados produtos do MapBiomas (2024) obtidos pelo Google Earth Engine (GEE), trabalhados no software SIG (ArcMap 10.6.1) e JASP, programa de estatística de código aberto gratuito da Universidade de Amsterdã (GOSS-SAMPSON, 2020). Essas ferramentas foram importantes para auxiliar nas aferições e análises de impacto sobre uma variável dependente, dado um conjunto de variáveis independentes.

De acordo com Souza Júnior *et al.* (2020), a classificação do MapBiomas é um sistema hierárquico com uma combinação de classes de Uso e Cobertura da Terra, compatíveis com os sistemas de classificação da Organização para Agricultura e Alimentação (FAO) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). No Nível 1, existem seis classes: floresta (1), formação não florestal (2), agropecuária (3), área não vegetada (4), corpo d'água (5) e não observada (6). No Nível 2, essas classes de legenda são compartimentadas em subclasses, a exemplo: A classe de "água" é compartimentada em "Rio, Lago e Oceano" e "Aquicultura", ou a classe "Área Não Vegetada" subdivide em outras 4 subclasses. A estruturação completa da legenda pode ser verificada em Souza Júnior *et al.* (2020) e no domínio do brasil.mapbiomas.org.

O conjunto de dados de imagens de satélite utilizado no projeto MapBiomas foi composto pelos sensores Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) e Operational Land Imager (OLI) Landsat, a bordo do Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8, respectivamente (Souza Júnior *et al.*, 2020).

Os mapas anuais de cobertura e uso da terra do MapBiomas (2024) são produzidos a partir da classificação pixel a pixel de imagens dos satélites Landsat. Todo processo é feito com

extensivos algoritmos de aprendizagem de máquina (machine learning) através da plataforma Google Earth Engine que oferece imensa capacidade de processamento na nuvem.

O GEE é uma plataforma com diversas funcionalidades que podem ser aplicadas na obtenção de dados e no estudo das geociências. A produção científica e aplicação desse software é vasta e abrange desde a obtenção dos dados de uso e cobertura - como no presente artigo - até obtenção de dados sobre as mudanças climáticas (Petsch *et al.*, 2019) e o uso como ferramenta didática (Canã *et al.*, 2015).

Dessa maneira, foram selecionados os valores de área (hectare) das principais classes de legenda do Nível 1, sendo: “Floresta”, “Formação Natural Não Florestal”, “Agropecuária”, “Área Não Vegetada” e “Corpo d’água”, com análise na série história de 1985 a 2022. Assim, as variáveis foram divididas em dependente e independentes. A variável dependente foi “Corpo d’água”, enquanto as variáveis independentes do modelo foram “floresta”, “agropecuária”, “área não vegetada” e “formação não florestal”.

Para verificar o impacto das variáveis independentes (X_i) sobre a variável dependente (Y_i =corpo d’água) aplicou-se a correlação de Pearson - grau de correlação entre as variáveis - e o modelo de regressão linear múltipla, que oferece uma função linear da variável Y_i , chamada de linha de regressão do modelo. Nesse modelo, portanto, pressupõe-se uma única direção nas relações (Gujarati; Porter, 2011; Araújo *et al.*, 2018).

Na regressão linear múltipla proposta para este estudo, tem-se apenas uma variável dependente e quatro independentes, em que α é o coeficiente angular, que representa a inclinação da linha, e β é o coeficiente linear (Equação 1). Para alcançar o objetivo da análise do estudo, foi observado o valor coeficiente angular (α) e linear (β) para avaliar a relação de impacto entre as variáveis.

$$Y = \alpha + \beta x_1 + \beta x_2 + \beta x_3 + \varepsilon \text{ (Equação 1)}$$

Em que:

Y: variável dependente (corpo d'água);

α é o intercepto;

β é a inclinação da reta;

X_i são as variáveis independentes (floresta, agropecuária, área não vegetada e formação não florestal).

Assim, utilizou-se o método *stepwise*, em que novos modelos são estimados por meio da inclusão de uma variável a cada passo. Deve-se ressaltar que, nesse método, o preditor de menor importância pode ser removido da análise automaticamente no processo de estimação. Além disso, observou-se o diagnóstico de multicolinearidade para permitir testar o pressuposto de multicolinearidade da regressão múltipla. Nesse caso, foram considerados a estatística de tolerância (valores acima de 0,10) e os fatores de inflação da variância (VIF), que representam o incremento da variância devido à presença de multicolinearidade nos dados selecionados para o modelo. Caso o valor de VIF ultrapasse o 10, então existirá multicolinearidade que influenciará as estimativas de mínimos quadrados ordinários. Nesse caso, deve-se identificar a variável que possui multicolinearidade e excluí-la do modelo (Montgomery; Peck; Vining, 2006) (Equação 2).

$$VIF = \frac{1}{1-R^2} \text{ (Equação 2)}$$

Em que R^2 é o coeficiente de correlação múltipla, sendo este valor próxima da unidade, significa que existe uma alta correlação entre as variáveis.

Além destas técnicas, utilizou-se o coeficiente de Pearson - também conhecido como r de Pearson - é utilizado para aferir se duas variáveis são relacionadas de maneira linear. Assim, a relação linear expressa que o aumento em uma das variáveis está relacionado ao aumento da outra observada. Segundo Moore (2007), essa técnica mensura a direção e o grau de relação linear entre as variáveis selecionadas, podendo ser aferida pela equação 3:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{sx} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{sy} \right) \text{ (Equação 3)}$$

Por fim, por se tratar de uma série temporal, a variância dos dados pode ser volátil para o período, dificultando as análises de comportamento das variáveis. Para evitar essa volatilidade, aplicou-se o logaritmo natural para estabilizar a variância, tornando-a mais homocedástica e eliminando assimetrias (Montgomery; Peck; Vining, 2006; Gujarati; Porter, 2011). Assim, o modelo foi estimado com base no logaritmo naturais das variáveis selecionadas para este estudo.

RESULTADOS

Para o município de Quixeramobim, embora a classe de “Área Não Vegetada” apresente redução de 54,03% (2.124 ha), a subclasse de “Área Urbanizada” inserida na classe “Área Não Vegetada” apresenta aumento de aproximadamente 430%, entre os anos de 1985 (195 ha) e 2022 (1.036 ha) Ainda compondo o Nível 1, para o município de Quixeramobim, ocorre a subclasse “Outras Áreas Não Vegetadas” com a especificidade da “Caatinga”, descrito pela legenda do MapBiomias (2024), como: Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.

Nessa perspectiva, “Floresta” contabiliza em 1985, 222.122 ha e 240.568 há, em 2022, representando aumento de 8,30% e “Formação Natural Não Florestal” acumula aumento de 507 ha, sendo 347% no mesmo período analisado. Essas foram as únicas Classes Nível 1 com acréscimo de área.

A classe “Agropecuária” aponta redução de 13,12% (13.041 ha) para o mesmo período analisado, acompanhado pelo decréscimo de “Corpo d’Água” com diminuição de 54,84%. Essa classe é composta pelos valores que remetem as subclasses de “Rios, Lago e Oceano” e “Aqüicultura”, sendo a segunda não identificada no território municipal. Logo, os valores de área para a classe “Corpo d’Água” fazem referência direta aos reservatórios hídricos presentes na área de estudo como os açudes, barragens, rios, etc.

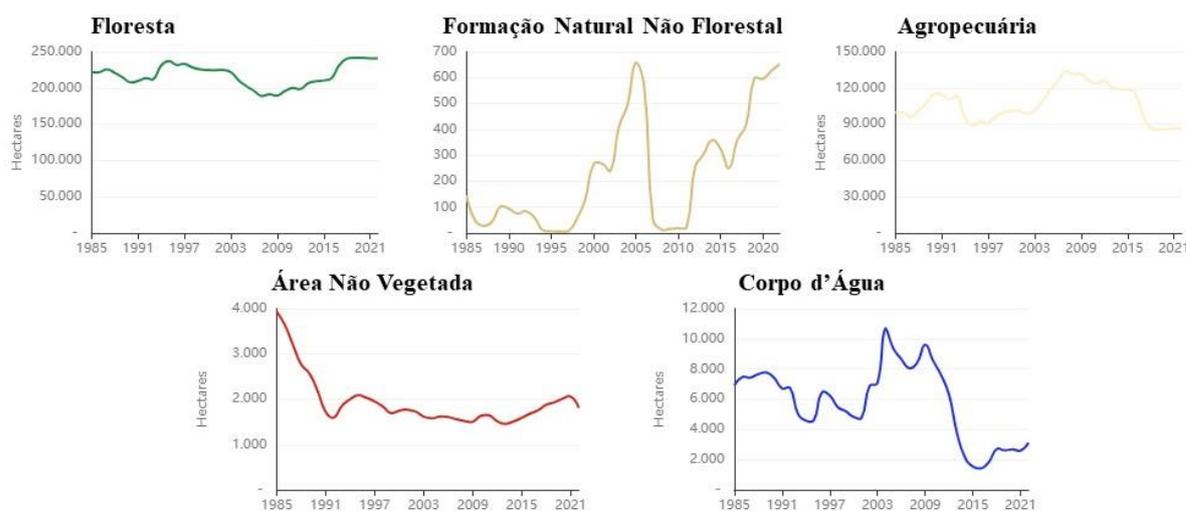
Os valores iniciais e finais da Classe Nível 1 da Coleção 8 do MapBiomias (1985-2022) para o município de Quixeramobim estão compilados na Tabela 1 e representados nos gráficos da Figura 2 com a distribuição temporal.

Tabela 1 – Valor inicial e final das Classes Nível 1 da série de Uso e Cobertura do MapBiomas para o município de Quixeramobim.

CLASSES/ANO	1985	2022
Floresta	222.122	240.568
Formação Natural Não Florestal	146	653
Agropecuária	99.392	86.351
Área Não Vegetada	3.931	1.807
Corpo d'água	6.908	3.119

Fonte: MabBiomas, 2024.

Figura 2 – Relação espaço-temporal das classes nível 1 da Coleção 8 do MapBiomas para o município de Quixeramobim.



Fonte: MabBiomas, 2024.

As análises estatísticas referem-se ao período compreendido entre 1985 e 2022, totalizando trinta e oito (38) observações das cinco variáveis selecionadas para o município de Quixeramobim, a saber: “floresta”, “formação natural não florestal”, “agropecuária”, “área não vegetada” e “corpo d’água”.

Assim, a variabilidade relativa dos dados - em relação as suas respectivas médias - mostra que apenas a variável “formação natural não florestal” registrou valor elevado no coeficiente de variação ($CV = 95,7\%$), indicando que essa variável teve maior variabilidade ao longo do período. A distribuição temporal traz o máximo dessa classe, em 2005, com valores aproximando em 2022. A variação desse tipo de feição diz respeito a subclasse “Formação Campestre” com vegetação do tipo herbácea, nesse caso, da caatinga. A variável floresta registrou, por sua vez, o menor CV (7,2%), o que revela menor variabilidade dos dados no

período analisado (Tabela 2), isso acontece devido a distância do ano de menor valor para o ano de maior valor ser pequena.

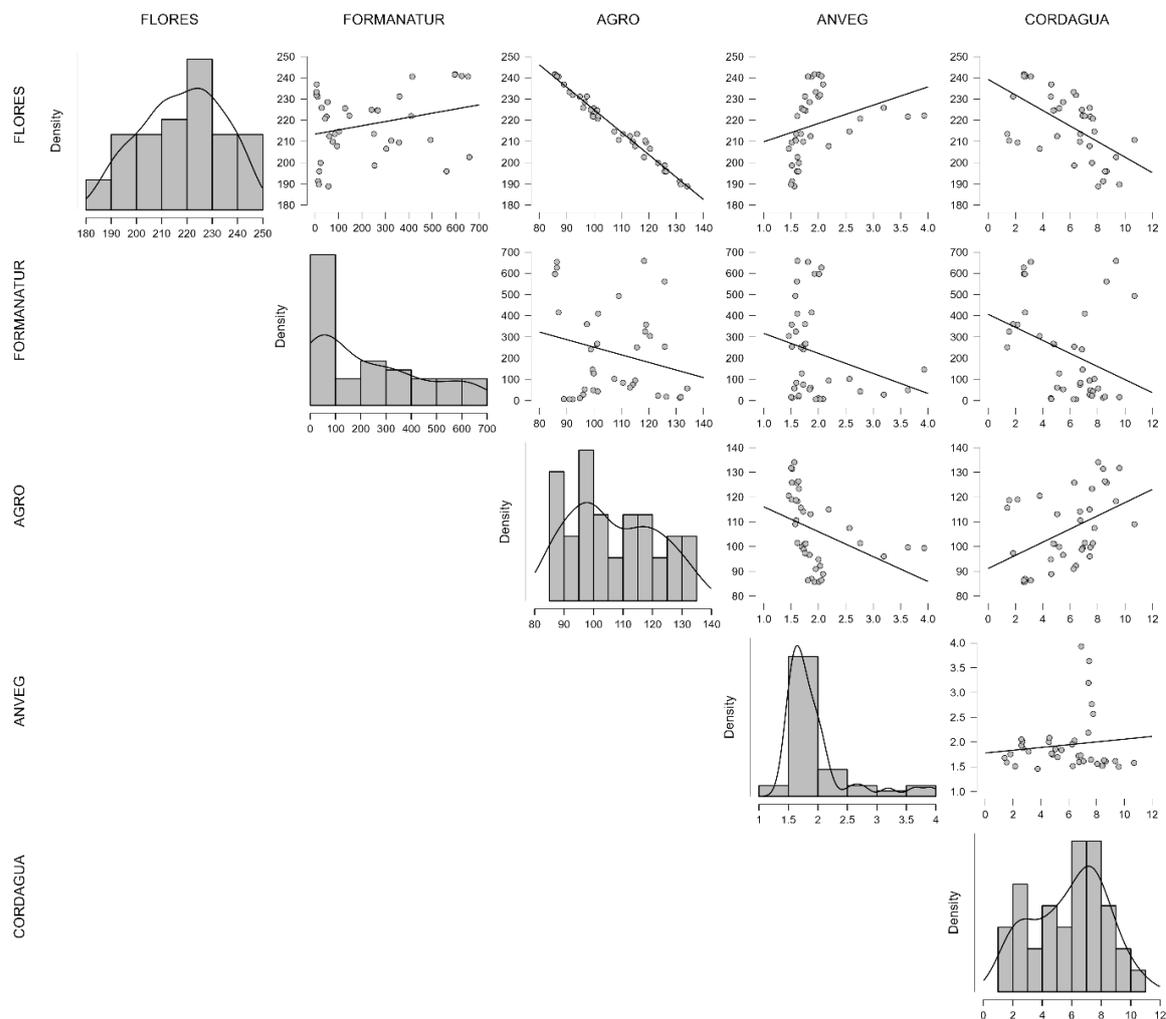
Tabela 2 – Estatísticas descritivas das variáveis selecionadas

Estatísticas	FLORESTA	FORMACAO NATURAL	AGRO.	AREA NÃO VEG	CORPO D'ÁGUA
Média	217.938	227.763	106.582	1.940	5.811
Desvio Padrão	15.642	218.043	14.615	0.568	2.478
Menor valor	188.819	6.000	85.663	1.458	1.401
Maior valor	241.698	658.000	134.011	3.931	10.695
CV	0,072	0,957	0,137	0,293	0,426

Fonte: Resultados da pesquisa, 2024. Nota: A variável "Florestal" foi excluída do modelo.

Com base nas cinco variáveis iniciais, foi possível observar, *a priori*, a correlação existente entre elas. Nesse caso, notou-se que a variável "floresta" detém correlação com "formação natural não florestal" e área não vegetada; enquanto a variável "formação natural não florestal" possui correlação negativa com "agropecuária", "área não vegetada" e "corpo d'água". A variável "agropecuária", por conseguinte, possui correlação negativa com a "área não vegetada" e positiva com "corpo d'água". No caso da "área não vegetada", é possível afirmar que existe correlação levemente positiva com "corpo d'água" (Figura 3).

Figura 3 – Correlação entre as variáveis selecionadas.



Fonte: Resultados da pesquisa, 2024.

Os resultados do modelo de regressão linear múltipla estão apresentados na Tabela 3, mostrando os valores dos coeficientes - α inclinação da linha e β coeficiente linear - e os valores de estatísticas de colinearidade. No primeiro processo de estimação do modelo, encontrou-se multicolinearidade na variável independente “floresta”, ou seja, essa variável apresentou alta correlação com outra variável independente do modelo, o que foi necessário excluí-la, pois afetou a interpretação dos resultados, conforme sugerido por Montgomery, Peck e Vining (2006).

Após exclusão dessa variável independente, o modelo de regressão foi novamente estimado, o que possibilitou constatar que 27,8% ($R^2=0,278$) da variância da variável “corpo d’água” do município de Quixeramobim é explicada pelas variáveis consideradas (“agropecuária” e “formação natural não florestal”). O coeficiente de Pearson registrou valor de 0,527, indicando que as variáveis independentes estão correlacionadas com a variável dependente do modelo.

Além disto, observou-se o comportamento dos valores das estatísticas de tolerância, que foram, nesse caso, acima de 0,10, enquanto o valor de VIF ficou abaixo de 10, revelando que, nesse novo processo de estimação, não foi observado presença de multicolinearidade (Tabela 3). Por meio do método *stepwise*, constatou-se, ainda, a exclusão automática da variável “área não vegetada” do modelo, indicando ter sido um preditor de menor importância para esta análise.

Tabela 3 – Modelo de regressão: coeficiente e estatística

Coeficientes	Estatísticas				
	Standardized	t	p	Tolerância	VIF
(Intercept)	8.548	97.482	< 0.001		
Agropecuária	0.315	2.180	0.036	0.991	1.009
Formação natural não florestal	-0.394	-2.732	0.010	0.991	1.009

Fonte: Resultados da pesquisa, 2024. Nota: A variável Formação natural foi excluída do modelo.

Pelo valor dos coeficientes das variáveis “agropecuária” e “formação natural não florestal” é possível notar que ambas auxiliam na compreensão da área de “corpo d’água” do município de Quixeramobim no período considerado. Para a variável agropecuária, notou-se impacto positivo - estatisticamente significativos ($p < 0,05$) - sobre a área do “corpo d’água” do município no período de 1985 e 2022 (β igual a 0,315). Com base nesses valores apresentados na Tabela 2, pode-se estimar a função do modelo de regressão, sendo representada pela seguinte expressão matemática.

$$Y = 8.548 + 0.315\text{Agropecuária} - 0.394\text{Formação natural não florestal} + \varepsilon \quad (2)$$

A variável “formação natural não florestal” apresentou impacto negativo sobre a área de corpo d’água (β igual a -0.394). Isso significa que, caso a área de “agropecuária” aumente em 1%, a área de “corpo d’água” eleva-se em 0,315, enquanto se ocorrer elevação em 1% na “formação natural não florestal”, tem-se redução de 0,394 na área do “corpo d’água” do município.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise espaço-temporal de uso e ocupação do solo pode ser usada como orientação ao monitoramento ambiental de áreas frágeis como é o caso do semiárido nordestino. Os valores e a correlação estatística adicionam um panorama capaz de perceber em quais frentes deve-se atuar buscando um equilíbrio do ambiente.

Com os resultados obtido, foi possível alcançar o objetivo geral do estudo ao possibilitar analisar a relação entre o uso e cobertura da terra no município de Quixeramobim, no Sertão Central Cearense, com destaque para sua vulnerabilidade à semiaridez a partir dos dados da coleção 8 (1985 a 2022) do MapBiomias.

A relação positiva entre “Agropecuária” e “Corpo d’Água” pode ser explicada pela dependência direta da atividade agrícola com a distribuição das chuvas e a recarga dos açudes. Embora, haja parte de culturas irrigadas no município, a grande parcela da produção vem da agricultura de sequeiro que tem seu volume de produção diretamente ligado a quadra chuvosa.

Já a relação negativa entre “formação natural não florestal” e “Corpo d’Água” recai em na possibilidade da ocorrência de em períodos de baixa precipitação, ocorrer a retração do espelho d’água dos reservatórios, ampliando a área de “formação natural não florestal”.

Diversas são as possibilidades para utilização dos dados fornecidos pela plataforma do MapBiomas, onde permitem desde a produção de dados cartográficos, quanto estatísticos e sua correlação espacial, ofertando de forma gratuita dados preciosos ao meio ambiente nacional. Ainda, partindo de uma base de dados georreferenciada, as classes identificadas pelo Mapbiomas, podem ser utilizadas como alicerce ao pensar um zoneamento ambiental e planejamento nesses setores.

Esta pesquisa apresentou algumas limitações, dentre elas, a pouca quantidade de observações, por mais que se tenha analisado os anos de 1985 e 2022, no total, o quantitativo de 38 observações foi limitante na pesquisa. Para estudos futuros, procura-se espacializar os dados de uso e cobertura e correlacionar com chaves de mapeamento em campo buscando melhor compreensão da distribuição das classes de mapeamento.

REFERÊNCIAS

AKDENIZ, H. B.; SAG, N. S.; INAM, S. **Analysis of land use/land cover changes and prediction of future changes with land change modeler: Case of Belek, Turkey.**

Environmental Monitoring and Assessment, v. 195, n. 1, 2023. Springer International Publishing. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10661-022-10746-w>>.

ANSARI, A.; GOLABI, M. H. **Prediction of spatial land use changes based on LCM in a GIS environment for Desert Wetlands – A case study: Meighan Wetland, Iran.**

International Soil and Water Conservation Research, v. 7, n. 1, p. 64–70, 2019. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.10.001>>.

AMORIM, C. D. de. **Análise da fragilidade potencial e emergente e das condições de sustentabilidade ambiental no Município de Quixeramobim, CE.** 2023. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

ARAÚJO, A. W.; COSTA, T.; CARVALHO, B. N.; SOUSA, L. M. A hipótese da eficiência do mercado: o caso do café no mercado futuro do Brasil. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**, v. 15, n. 3, p. 56-69, 2018.

BESHIR, S.; MOGES, A.; DANANTO, M. **Trend analysis, past dynamics and future prediction of land use and land cover change in upper Wabe-Shebele river basin.**

Heliyon, v. 9, n. 9, p. e19128, 2023. Elsevier Ltd. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19128>>.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados de Informações Ambientais**. 2021. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>. Acesso em: 18 jan. 2024.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados do Brasil**. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>. Acesso em: 25 jan. 2024.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

CAÑA, B. B.; ROSA, K. K. da; COSTELLA, R. Z. **Análise da transformação da Floresta Amazônica a partir do uso de geotecnologias: Google Earth engine-nas aulas de geografia do Ensino Fundamental**. Boletim gaúcho de geografia, Porto Alegre. V. 42, n. 2 (maio 2015), p. 554-568, 2015.

CEARÁ. **Inventário Ambiental do Açude Banabuiú**. Volume Único. Fortaleza, Ceará. 2011.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do Estado do Ceará. Fortaleza - CE**. 2014.

CUNHA, E. R. DA; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M. DA; BACANI, V. M.; POTT, A. **Future scenarios based on a CA-Markov land use and land cover simulation model for a tropical humid basin in the Cerrado/Atlantic forest ecotone of Brazil**. Land Use Policy, v. 101, n. October 2020, 2021.

GOSS-SAMPSON, M. A. JASP. **Análise estatística no JASP: um guia para estudantes**. 4. ed. v. 14. JASP, 2020.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5ª edição, Editora AMGH, 2011.

HOU, J.; QIN, T.; LIU, S.; et al. **Analysis and prediction of ecosystem service values based on land use/cover change in the Yiluo river basin**. Sustainability (Switzerland), v. 13, n. 11, p. 1–14, 2021.

KARIMI, H.; JAFARNEZHAD, J.; KHALEDI, J.; AHMADI, P. **Monitoring and prediction of land use/land cover changes using CA-Markov model: a case study of Ravansar County in Iran**. Arabian Journal of Geosciences, v. 11, n. 19, 2018. Arabian Journal of Geosciences.

LETA, M. K.; DEMISSIE, T. A.; TRÄNCKNER, J. **Modeling and prediction of land use land cover change dynamics based on Land Change Modeler (LCM) in Nashe watershed, Upper Blue Nile basin, Ethiopia**. Sustainability (Switzerland), v. 13, n. 7, 2021.

MACEDO, J. A.; SILVA, G. De C.; RAMOS, F. S. N.; RABELO, F. D. B. **Análise Hidroclimato Lógica e Identificação dos Impactos Ambientais: Propostas para a Gestão dos Recursos Hídricos de Quixeramobim–CE.** Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 21, n. 2, Dossiê: Estudos da Geografia Física do Nordeste brasileiro, p.581-599, Set. 2019.

MANDAL, J.; GHOSH, N.; MUKHOPADHYAY, A. **Urban Growth Dynamics and Changing Land-Use Land-Cover of Megacity Kolkata and Its Environs.** Journal of the Indian Society of Remote Sensing, v. 47, n. 10, p. 1707–1725, 2019. Springer India. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12524-019-01020-7>>.

MOORE, D. S. **The Basic Practice of Statistics.** New York, Freeman, 2007.

Projeto MapBiomias – Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 17 de janeiro de 2024, através do link: brasil.mapbiomas.org.

PETSCH, Carina; VELHO, Luiz Felipe; DA ROSA, Kátia Kellem. **Uso de plataformas de dados e Google Earth Engine no ensino da criosfera e mudanças climáticas.** Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais, v. 10, n. 22, p. 36-48, 2019

MapBiomias. 2024. Visão Geral da Metodologia. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. Introduction to linear regression analysis. John, Wiley and Sons, Inc., New York, 612p, 2006

RASOOL, R.; FAYAZ, A.; SHAFIQ, M. UL; SINGH, H.; AHMED, P. **Land use land cover change in Kashmir Himalaya: Linking remote sensing with an indicator based DPSIR approach.** Ecological Indicators, v. 125, n. January, p. 107447, 2021. Elsevier Ltd. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107447>>. .

ROUSHANGAR, K.; AALAMI, M. T.; GOLMOHAMMADI, H.; SHAHNAZI, S. **Monitoring and prediction of land use/land cover changes and water requirements in the basin of the Urmia Lake, Iran.** Water Supply, v. 23, n. 6, p. 2299–2312, 2023.

SINGH, B.; VENKATRAMANAN, V.; DESHMUKH, B. **Monitoring of land use land cover dynamics and prediction of urban growth using Land Change Modeler in Delhi and its environs, India.** Environmental Science and Pollution Research, v. 29, n. 47, p. 71534–71554, 2022. Springer Berlin Heidelberg. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-022-20900-z>>. .

SOUZA JR, C. M. et al. **Reconstruindo três décadas de mudanças no uso e cobertura da terra nos biomas brasileiros com arquivo landsat e motor terrestre.** Sensoriamento Remoto, v. 12, n. 17, pág. 2735, 2020.

TAJBAKSH, S. M.; MEMARIAN, H.; KHEYRKHAH, A. **A GIS-based integrative approach for land use optimization in a semi-arid watershed.** *Global Journal of Environmental Science and Management*, v. 4, n. 1, p. 31–46, 2018.

WANG, Q.; GUAN, Q.; LIN, J.; et al. **Simulating land use/land cover change in an arid region with the coupling models.** *Ecological Indicators*, v. 122, p. 107231, 2021. Elsevier Ltd. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107231>>. .

XIONG, N.; YU, R.; YAN, F.; WANG, J.; FENG, Z. **Land Use and Land Cover Changes and Prediction Based on Multi-Scenario Simulation: A Case Study of Qishan County, China.** *Remote Sensing*, v. 14, n. 16, 2022.

XU, D.; ZHANG, K.; CAO, L.; GUAN, X.; ZHANG, H. **Driving forces and prediction of urban land use change based on the geodetector and CA-Markov model: a case study of Zhengzhou, China.** *International Journal of Digital Earth*, v. 15, n. 1, p. 2246–2267, 2022.

YANG, R.; CHEN, H.; CHEN, S.; YE, Y. **Spatiotemporal evolution and prediction of land use/land cover changes and ecosystem service variation in the Yellow River Basin, China.** *Ecological Indicators*, v. 145, n. November, p. 109579, 2022. Elsevier Ltd. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109579>>. .

YU, P.; ZHANG, S.; WANG, P.; LI, Y.; HUANG, L. **Evaluation and prediction of land use change impacts on ecosystem service values in Nanjing City from 1995 to 2030.** *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 7, p. 18040–18063, 2023. Springer Berlin Heidelberg. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-022-23346-5>>. .

ZHANG, S.; YANG, P.; XIA, J.; et al. **Remote sensing inversion and prediction of land use land cover in the middle reaches of the Yangtze River basin, China.** *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 16, p. 46306–46320, 2023. Springer Berlin Heidelberg. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-023-25424-8>>. .

ZIAUL HOQUE, M.; ISLAM, I.; AHMED, M.; SHAMIM HASAN, S.; AHMED PRODHAN, F. **Spatio-temporal changes of land use land cover and ecosystem service values in coastal Bangladesh.** *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, v. 25, n. 1, p. 173–180, 2022. National Authority of Remote Sensing & Space Science. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.01.008>>. .

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHOS DE MINIABRIGOS METEOROLÓGICOS EM AMBIENTE SEMIÁRIDO: UMA ANÁLISE ESTATÍSTICA A PARTIR DE SOBRAL-CE.

Lavínia Souza Soares
Jander Barbosa Monteiro

INTRODUÇÃO

O presente estudo tem como foco principal abordar sobre a avaliação de desempenho de mini abrigos meteorológicos em ambiente semiárido, fazendo uma análise estatística a partir de Sobral- CE.

Alguns institutos e universidades no Brasil, apesar dos avanços constantes da tecnologia, ainda carece de equipamentos de pesquisas. Todavia, essa situação com aspecto negativo acaba gerando um impulso, estimulando tanto o professor quanto o aluno pesquisador a buscar formas de suprir essa necessidade e buscar alternativas para criar e desenvolver instrumentos meteorológicos de baixo custo e de aplicação eficiente, no âmbito da Climatologia.

Segundo Azevedo e Tarifa (2011) em suas pesquisas reforçam o pensamento de que ao entrar no campo da pesquisa de estudos climáticos frequentemente é necessário fazer a medição da temperatura e umidade daquele determinado ambiente, logo na maioria das vezes os pesquisadores tem uma certa dificuldade por conta do custo alto de muitos instrumentos meteorológicos de pesquisa, dificultando o acesso aos dados.

Sobretudo, uma outra alternativa ao longo dos anos vem se desenvolvendo que é a utilização de mini abrigos meteorológicos de baixo custo, mais leves e duráveis que além de serem observados pelo próprio pesquisador, ele mesmo pode confeccioná-lo.

Sendo assim, essa temática não é muito apresentada e desenvolvida em pesquisas relacionada a regiões semiáridas, desde a forma de como é confeccionado o material até comparações de análises de dados obtidos no Semiárido nordestino. Visando abordar a problemática sobre como o desempenho do mini abrigo de PVC pode ser eficiente ou não em ambiente semiárido, esse trabalho justifica-se mediante a identificação de que existe poucas pesquisas relacionada a esse tema associado a regiões de clima semiárido.

Os problemas relacionados ao desempenho dos instrumentos meteorológicos vão desde a ausência de pesquisas em regiões de clima semiárido até exposição a altas temperaturas, diferente das pesquisas feitas na região central e sul do Brasil.

Dessa forma, é possível notar que a avaliação de desempenho de mini abrigo meteorológico em ambiente semiárido pode impactar direta ou indiretamente outros estudos já realizados com o mini abrigo de PVC, trazendo uma grande contribuição para estudos futuros, e para o ramo das pesquisas científicas.

Nesse sentido o objetivo desta pesquisa é avaliar o desempenho de mini abrigos meteorológicos de PVC e madeira em ambiente semiárido, analisando a eficiência diurna e noturna dos instrumentos meteorológicos, considerando o período seco no município de Sobral. De forma mais específica, buscou-se analisar a variação termo higrométrica dos minis abrigos; realizar análise estatística a partir da amplitude térmica que procurem validar (ou não) a utilização

desses instrumentos; comparar a eficiência diurna e noturna; avaliar os dados obtidos e aplicar o Índice de Desconforto Térmico (IDT).

Os minis abrigos meteorológicos são recorrentemente utilizados nos estudos de Climatologia voltados ao conforto térmico humano, eles têm o intuito de coletar dados primários que são essenciais para o desenvolvimento de muitas pesquisas.

Geralmente são confeccionados em madeira, na cor branca, com o objetivo de reduzir a absorção do calor, compondo-se de aberturas laterais para ventilação, e no seu interior são posicionados termo higrômetro portáteis para aferição de temperatura e umidade, porém não é permitido que o vento nem a luz solar choque diretamente sobre os instrumentos digitais uma vez que seus sensores são muito sensíveis principalmente à exposição direta de radiação solar, no qual pode interferir nos registros das variáveis (Varejão-Silva, 2006).

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (2012) “os abrigos meteorológicos vêm sendo comumente utilizados contra a radiação de onda curta, intempéries e chuvas”. Já para os pesquisadores Armani e Galvani (2006), que são um dos pioneiros a abordar sobre o uso do material de PVC como mini abrigo meteorológico, fazem uma analogia e chamam eles de escudos de radiação.

Inclusive, muitos pesquisadores procuraram validar o uso dos minis abrigos meteorológicos confeccionados em PVC, a partir de aferições e avaliação do seu desempenho em diversas localidades brasileiras, em especial no Centro-Sul do Brasil. E muitas destas afirmam que sua variação (considerando temperatura e umidade) é mínima em relação ao abrigo convencional de madeira, ou seja, é um resultado positivo principalmente para regiões do Sul do Brasil. (Castelhana; Roseghini, 2011)

Tal validação se tornou tão popularizada que influenciou significativamente seu uso em outras pesquisas, inclusive em localidades com climas que diferem daqueles observados no Centro-Sul do Brasil, como àquelas influenciadas pelo clima Semiárido.

Porém, foi necessário avaliar se tal uso não comprometeria as análises desenvolvidas em diversas pesquisas, uma vez que o Semiárido nordestino apresenta características climáticas peculiares em relação ao seu regime pluviométrico que é amplamente mencionado, difundido e conhecido, incluindo desde chuvas escassas e irregulares durante a maior parte do ano. Além de ter um maior fotoperíodo e uma variação de insolação intra-anual intensa, fazendo com que estes fatores contribuam para altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, causando uma sensação de desconforto térmico naquele local.

A pesquisa foi desenvolvida no município de Sobral, onde costuma registrar altas temperaturas recordes no Ceará, inclusive a nível nacional (Facundo,2019; Sobral,2015). Por estar encravado no Semiárido, tal validação subsidiará outros estudos desenvolvidos em localidades caracterizadas pela semiaridez, além de proporcionar uma importante contribuição para estudos voltados ao conforto térmico humano no âmbito da Climatologia geográfica.

A proposta de fazer um mini abrigo partiu de um único material, o de PVC, e de outros objetos que auxiliaram na sua construção e formato. Segundo Castelhana (2011), um dos aspectos positivos do material de PVC é a sua alta resistência a umidade, além da opção de obtê-lo na cor branca, e outra característica é seu baixo custo e sua facilidade de transporte e montagem, diferente da madeira, outra qualidade é ser um bom isolante térmico.

Estudos como esses, são de grande importância porque estimulam novas pesquisas sejam elas de resultados favoráveis ou não, por outro lado, permitem que os alunos pesquisadores principalmente dos cursos de Geografia tenham um contato mais próximo com o processo de aprendizagem na investigação científica.

MATERIAL E MÉTODO

Aqui serão abordados todos os aspectos metodológicos da pesquisa realizada descrevendo-se os procedimentos necessários e úteis para avaliar o desempenho dos minis abrigos meteorológicos de PVC e de madeira em ambiente semiárido, analisando a eficiência diurna e noturna dos instrumentos meteorológicos, no intuito de validar ou não sua utilização considerando o período seco no município de Sobral- CE.

Esse estudo tem por finalidade realizar uma pesquisa de natureza aplicada, uma vez que utiliza conhecimentos da pesquisa básica para resolver problemas.

Para alcançar os objetivos propostos e melhor apreciação deste trabalho, foi utilizado uma abordagem quantitativa. Na abordagem quantitativa, a pesquisa é baseada em resultados exatos e métodos estatísticos. Segundo Gil (2006) as pesquisas quantitativas “consideram que tudo possa ser contável, ou seja, gerado informações a partir de números para assim classificá-las e analisá-las”.

Com o intuito de conhecer a problemática sobre a área de estudo foi realizado uma pesquisa descritiva. Segundo Gil (2007), a pesquisa descritiva “envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática”.

Para a obtenção dos dados necessários, foram utilizados como procedimento técnico a pesquisa de campo e a pesquisa bibliográfica que contemplou outros estudos voltados à utilização de tais abrigos, no intuito de constituir o embasamento teórico e metodológico necessário para a devida execução da pesquisa, além de adquirir conhecimentos técnicos acerca da confecção do abrigo meteorológico de baixo custo, fabricado em PVC.

Já o mini abrigo de madeira não necessitou ser confeccionado pois já pertencia ao Laboratório de Estudos Ambientais e Climáticos (LEAC), vinculado ao curso de Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA).

Para a construção do mini abrigo de Policloreto de Vinila (PVC), foi necessário seguir as orientações de Castelhamo e Roseghini (2011), porém foi feita algumas adequações, para o correto encaixe das peças.

Quadro 1 – Materiais utilizados na confecção do mini abrigo de PVC.

<p>1 tubo (50 mm) – “Joelho”</p> 	<p>Caixa de esgoto sinfonada (15x15cm)</p> 
<p>2 conexões (30 cm)</p> 	<p>3 tubos (50mm)</p> 
<p>1 conexão (3 cm)</p> 	<p>Cano (1,50m)</p> 
<p>Lâmina para arco de serra</p> 	<p>Cola adesiva para PVC</p> 

Fonte: Autora (2022)

Posteriormente foram serrados alguns tubos e conexões para se ajustarem e formar a base do mini abrigo meteorológico de PVC.

Ao formar a base, foi conectada a ela uma haste de 1,50 metros de altura, tamanho ideal para os minis abrigos. Pois os objetos devem estar posicionados a 1 metro e meio acima do solo, em área aberta com espaço limpo sem grama, longe de obstáculos, para que haja uma redução da interferência da temperatura do solo nos registros dos instrumentos meteorológicos, seguindo os padrões estabelecidos pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Para fazer a parte superior do mini abrigo meteorológico de PVC, necessitou fazer pequenos furos nas laterais da caixa sinfonada de esgoto, para que haja ventilação no seu interior. A montagem se deu de forma mais rápida do que as outras pois fixou-se apenas um tubo de 50mm, conhecido popularmente como joelho, na parte superior da haste para ser um suporte a caixa sinfonada.

Na parte superior foi feito duas linhas de furos milímetros ao redor da caixa sinfonada de esgoto, com distância de 5cm um do outro para permitir a passagem e circulação do vento para o interior do compartimento.

Após a construção do mini abrigo de PVC, iniciou as análises dos campos. Esta fase consistiu na verificação da eficiência do mini abrigo de PVC, comparando com o de madeira, em ambiente semiárido. A pesquisa foi realizada durante os meses de outubro e novembro de 2022, no município de Sobral- CE.

Os dias das análises foram definidas de acordo com as condições atmosféricas predominantes do período, com características de tempo aberto, seco e com baixíssima probabilidade de precipitação, para uma melhor realização do campo. Inclusive, vale salientar que o município de Sobral se encontra perfeitamente encravado no semiárido, apresentando, durante boa parte do ano, altas temperaturas e baixa umidade, o que justifica a escolha para avaliar a validação do uso de abrigos meteorológicos de baixo custo.

Para este trabalho usaram-se dois termo-higrômetros digitais portáteis (modelo aksoAK28) para armazenar com alta precisão dados de umidade relativa do ar (%) e temperatura (°C), tais instrumentos, assim como o mini abrigo convencional de madeira, pertence ao Laboratório de Estudos Ambientais e Climáticos (LEAC) da Universidade Estadual Vale do Acaraú em Sobral.

Este dispositivo mede tanto a temperatura do interior do instrumento meteorológico (IN) quanto no exterior do instrumento (OUT), além de marcar a hora e a umidade relativa do ar. Para dar início aos trabalhos, foi necessário fazer o calibramento dos equipamentos por um período de tempo determinado, para que os dados registrados dos termo-higrômetros possam ser ajustados e corrigidos a eventuais diferenças decorrentes das características próprias de cada sensor.

Após a calibração, realizou-se as análises no qual foram conduzidos em dois dias, em meses diferentes, mas durante a mesma estação seca no município de Sobral – CE, vinculados aos períodos diurnos e noturnos, com aferição horária que se iniciou às 08h00 e terminou às 20h00 da noite.

O primeiro teste de campo foi chamado nesta pesquisa de Campo 1, o segundo campo foi chamado de Campo 2, que serviu de contraprova para tornar a pesquisa eficiente. O primeiro campo se iniciou no dia 19 de outubro de 2022, pois é um mês que é caracterizado pelas variações de altas temperaturas e sensação de desconforto térmico. Devido a alguns períodos atípicos de precipitação no nordeste do Brasil, neste mesmo ano, o segundo campo foi adiado para o mês de novembro, e foi realizado no dia 10. Pois as temperaturas voltaram a ter características de um clima semiárido.

Figura 9 – Mini abrigos instalados no Campo 1.



Fonte: Autora (2022)

Os minis abrigos, principalmente o de madeira devem estar longe da presença de precipitações, devido a madeira absorver uma grande quantidade de água e isto interferir na obtenção de dados. Nos dois campos, não houve presença de chuva, mas em alguns horários a nebulosidade se fazia presente, e mesmo assim não houve interrupções nas aferições.

Para a análise de desempenho dos minis abrigos, foi considerado como referência a amplitude térmica, que corresponde a extensão da diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima, registradas pelos termo-higrômetros instalados no interior de cada instrumento. Depois das análises, foram apresentados dados do IDT (Índice de Desconforto Térmico), referente ao período seco da cidade de Sobral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise do CAMPO 1

Conforme foi caracterizado acima sobre as condições climáticas do primeiro dia de campo estarem em alternância, vale ressaltar que foi em um período seco de altas temperaturas, mas que justamente neste dia apresentou uma espécie de anomalia que não é característica deste período. Portanto, vale salientar que durante o período analisado, no dia 19/10, os minis abrigos passaram por uma situação meteorológica, que não é típica da estação seca, como períodos nublados ou parcialmente nublados na maior parte da manhã durante os horários das aferições.

Uma observação a ser feita é que entre os horários de 11h às 12:40h teve uma formação de vento com maior intensidade do que o normal típico para aquele horário em períodos secos. Isto aconteceu devido a anomalia que estava presente neste dia, trazendo uma sensação de

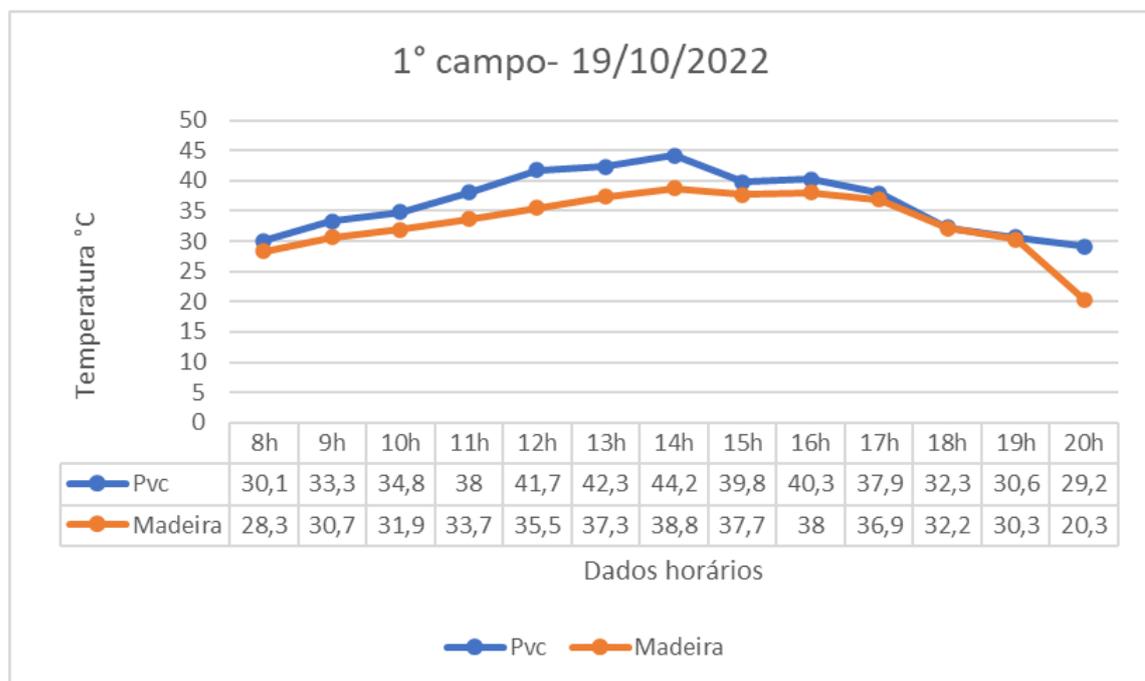
“ventos de chuva” como é chamado por aqueles que vivem principalmente em regiões interioranas do semiárido nordestino, termo este que se refere aos ventos alísios.

Outro ponto a destacar, foi em relação ao horário das 15h que até o momento da aferição horária, não havia interceptação de raios solares diretamente sobre os minis abrigos, devido ao céu parcialmente nublado, como a alternância do tempo estava muito acelerada entre minutos, logo após a aferição deste horário, os raios reapareceram atingindo diretamente os objetos.

O principal fator que foi considerado para analisar o desempenho dos minis abrigos, foi a amplitude térmica, como referência para validar ou não a eficiência do mini abrigo de PVC em regiões semiáridas. A referência de menores amplitudes térmicas associadas a cada modelo de mini abrigos resulta em um indicativo de melhor eficiência de cada um dos instrumentos no período determinado.

Logo, isso demonstra que seu ambiente interno gera uma situação mais próxima ou semelhante ao desempenho do próprio mini abrigo convencional de madeira. Isso remete positivamente aos resultados de pesquisas feitas por Castelhana e Roseghini (2011), nas regiões do centro sul do Brasil. Porém, obteve um resultado diferente no primeiro campo, com a utilização do mini abrigo de PVC em ambiente semiárido, como pode ser observado na figura abaixo.

Figura 11 – Correlação dos dados de temperatura do Campo 1.



Fonte: Autora (2022)

De acordo com os dados efetuados de temperatura, obteve-se uma alta diferença de amplitude térmica correlacionada entre as leituras geradas pelo sensor digital do mini abrigo de PVC em relação ao de madeira. Gerando a uma alta amplitude que chegou a aproximadamente 6°C a mais do que a temperatura do mini abrigo de madeira, que ocorreu nos horários de 12h e 14h em relação a aferição diurna. Que assustadoramente no mini abrigo de PVC atingiu a sua maior temperatura de 42,3°C às 13h da tarde, onde no mini abrigo de madeira obteve 37,3 °C.

Vale ressaltar que foi utilizado somente a temperatura externa do termo-higrômetro, que é a mais apropriada para analisar os dados. E observa-se que esta temperatura externa do PVC vai se configurando sempre para ser elevado em relação ao mini abrigo convencional. Nota-se que logo a partir da 8h, já impõe uma amplitude térmica de 2° a mais do que o mini abrigo de madeira, e assim no decorrer das horas vai aumentando a temperatura, e elevando também as amplitudes térmicas. Lembrando que, neste dia as condições climáticas não estavam no padrão ideal do clima semiárido da região, elas estavam com céu nublado ou parcialmente nublado.

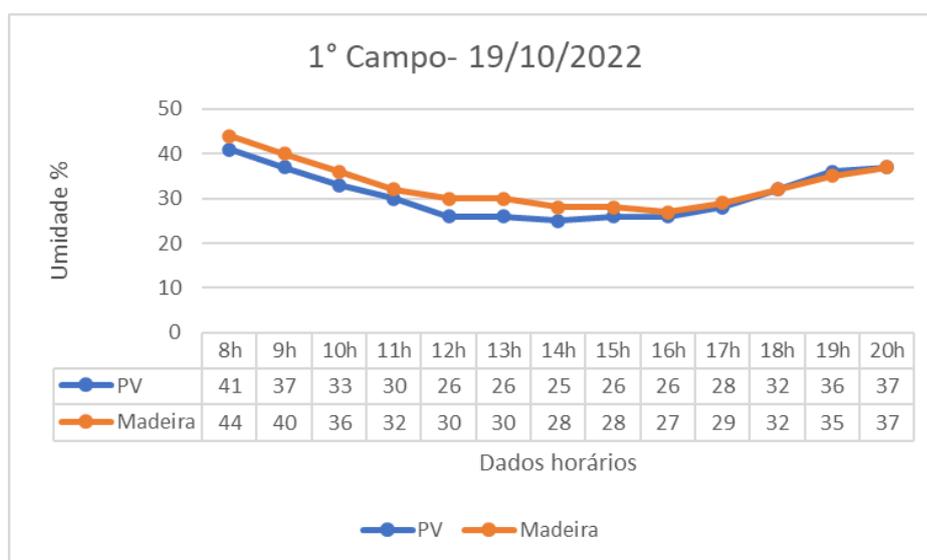
Consecutivamente as amplitudes térmicas das aferições diurnas do mini abrigo de PVC ia de aproximadamente 2°, 3°, 3°, 5°, 6°, 5°, 6°, 2°, 2° a mais do que o mini abrigo de madeira, até as aferições das 16h.

Outro ponto importante a ser feito foi que literalmente, a partir da 17h, a temperatura do mini abrigo de PVC, rapidamente começou a se igualar e a ter uma menor amplitude térmica de 1° de diferença. Isso ocorreu devido a radiação solar que não esteve mais presente diretamente sobre os abrigos, por causa do pôr do sol e o PVC começou a ficar na sombra e ligeiramente esfriou.

E inclusive aconteceu nas aferições noturnas, que por incrivelmente e diferentemente das aferições diurnas, as temperaturas em um instante se assemelharam, e resultou em uma amplitude térmica próxima de ambos os minis abrigos, principalmente nas aferições das 18h e 19h. Curiosamente na última aferição das 20h, houve uma abrupta e alta diferença de amplitude térmica do mini abrigo de PVC, que foi 9° a mais do que o mini abrigo de madeira.

Portanto, os resultados obtidos destas temperaturas, levou a reflexões de que o mini abrigo de PVC quando exposto a radiação solar e a altas temperaturas, ele rapidamente esquenta fazendo com que a consequência dos dados seja obtida temperaturas ainda mais elevadas em relação às médias reais da cidade de Sobral.

Figura 12 – Correlação dos dados de umidade do Campo 1.



Fonte: Autora (2022)

O gráfico acima (figura 12), está relacionado com os dados de umidade obtidos dos dois minis abrigos no campo 1. Totalmente contrário ao gráfico de temperaturas onde o mini abrigo de PVC está sempre elevado, e neste gráfico os dados de umidades do PVC está relativamente baixa e abaixo do mini abrigo convencional de madeira. Está totalmente em evidência, pois quando um ambiente se encontra com altas temperaturas automaticamente a umidade entra em decaimento.

Assim como foram observados no período noturno das temperaturas, os dados de umidade também se assemelharam nas aferições da noite. Uma observação a ser feita foi que na aferição de temperatura das 20h, houve uma amplitude muito grande em relação aos números, e sendo que nos dados da umidade não houve essa grande diferença, simplesmente os dados obtiveram resultados iguais.

Mesmo com um dia atípico, cheio de anormalidades e algumas peculiaridades observadas nas análises das comparações entre os parâmetros obtidos pelos minis abrigos, os resultados foram tão impressionantes mas fora da normalidade, que surgiram mais indagações, tais como: será que as anomalias foram fator de consequência para esses elevados números; ou será que os furos feitos na parte lateral do mini abrigo de PVC eram pequenos demais de modo que interferissem na passagem do ar no interior do instrumento meteorológico; ou a principal questão de que, será mesmo se o mini abrigo de PVC é eficiente para obter dados meteorológicos para o ambiente semiárido.

Os resultados foram muito assustadores, mas de uma forma positiva trazendo um convencimento de que o objetivo desta pesquisa estava indo de encontro com as hipóteses levantadas no início deste trabalho. Portanto, diante das indagações foi necessário refazer um novo campo, que foi chamado de campo 2, para servir de contra prova e gerar certeza nos resultados. Foi necessário então, expandir um pouco os furos do mini abrigo de PVC, para que as aberturas se assemelhassem com a do mini abrigo de madeira, trazendo uma boa ventilação.

Análise do CAMPO 2

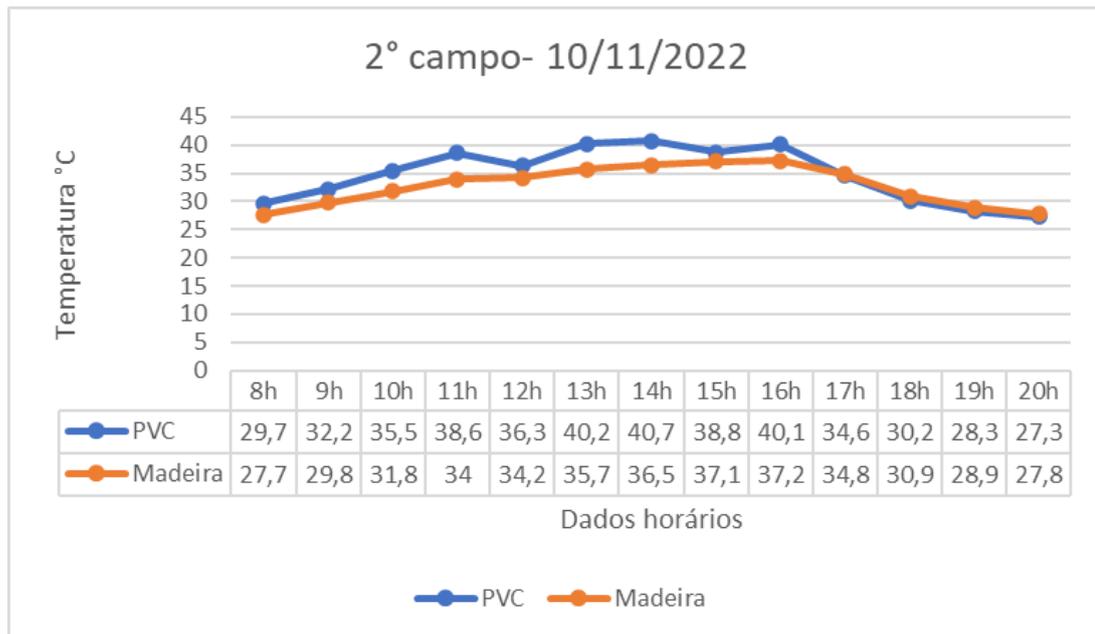
O segundo campo aconteceu no dia 19/11, com observações no início das aferições com céu as vezes parcialmente encoberto por nuvens, outras vezes totalmente coberto principalmente às 9h da manhã. No gráfico abaixo observa-se os dados de temperaturas obtidos pelas análises termo higrométricas dos dois minis abrigos.

Analisando aos dados de temperatura, obtidos pelo mini abrigo de PVC, nota-se que é superior aos números do mini abrigo de madeira assim como aconteceu no primeiro campo. Só que no segundo campo as condições climáticas estavam de acordo com o clima semiárido, apresentando somente céu nublado na parte da manhã até ao meio dia. Mesmo assim, os dados do PVC foram elevados em relação ao de madeira principalmente nas aferições diurnas.

Visualizando ainda este gráfico de temperatura, nota-se que a diferença de amplitude térmica entre os minis abrigos são muito grandes e alternadas, começando com uma diferença de amplitude de 2°C a mais, crescendo para 3°C em seguida para 4°C depois às 11h permanecendo nesta diferença, decaindo para 2°C às 12h. Uma observação a ser feita, é que este decaimento e esta pequena diferença de amplitude, se deu por causa das condições climáticas que surgiu no horário desta aferição, em que o sol estava encoberto por nuvens.

Agora observando a diferença de amplitude térmica do turno da tarde, as nuvens estavam parcialmente encobertando os raios solares, mas mesmo assim a temperatura do PVC se elevou chegando a uma temperatura de 40,2°C às 13h, sendo que o mini abrigo de madeira marcou 35,7°C, uma amplitude térmica que o mini abrigo de PVC provocou de 5° a mais do que o de madeira.

Figura 12- Correlação dos dados de temperatura do Campo 2.



Fonte: Autora (2022)

A maior temperatura que obteve dos dois minis abrigos no segundo campo, chegou a 40,7°C saindo dos dados do mini abrigo de PVC, foi na aferição horária das 14h, sendo que o mini abrigo convencional de madeira obteve 36,5°C, com uma diferença de amplitude térmica de 4° a mais. Sendo que o mini abrigo convencional de madeira, resultava em dados de temperaturas médias considerados pelo INMET da cidade de Sobral, totalmente encravada no Semiárido nordestino.

Curiosamente as suspeitas obtidas no primeiro campo, estavam sendo confirmadas na contra prova, gerando um feito muito importante para esta pesquisa e para a ciência. Uma observação muito valiosa que se tornou uma virada de chave, aconteceu justamente na aferição das 17h, quando minutos antes deste horário, os dois minis abrigos involuntariamente ficaram na sombra, isto ocorreu porque eles estavam em um ambiente não tão espaçoso dentro da instituição, em espaços abertos, mas seguro para o pesquisador, e como não poderia modificá-los de lugar, podendo haver interferências, aconteceu que com o pôr do Sol eles ficaram na sombra de um prédio que ficava próximo a instituição, bloqueando a passagem dos raios solares diretamente.

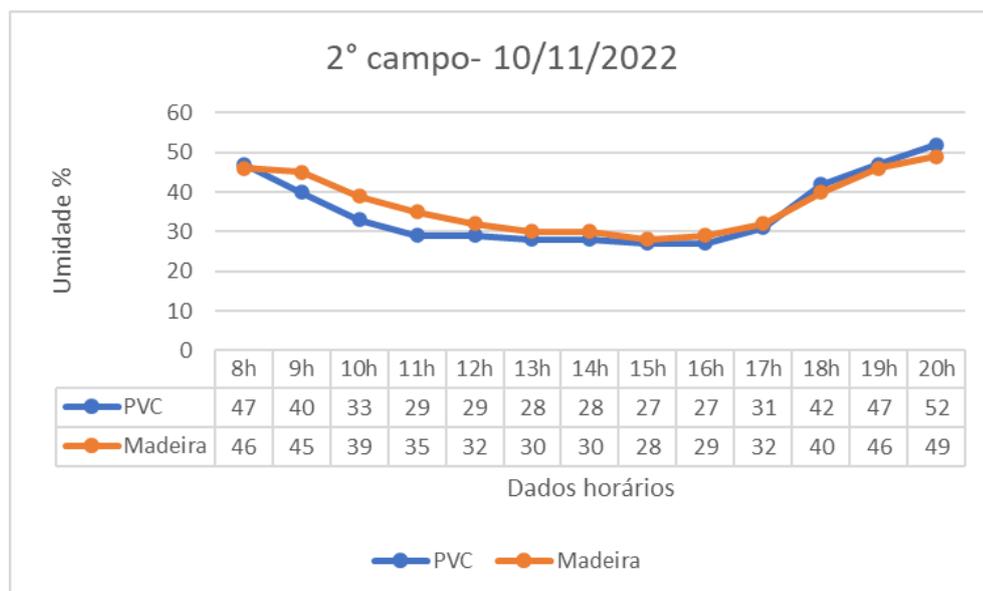
Justamente neste horário às 17h, os dados de temperaturas dos dois minis abrigos de forma repentina se igualaram, sendo que o mini abrigo de PVC na aferição das 16h estava marcando uma temperatura altíssima, com uma amplitude térmica de aproximadamente 3° a mais do que o convencional e de repente ele diminuiu, quando não exposto aos raios solares.

Já no turno da noite, assim como aconteceu no primeiro campo, os dados das temperaturas de ambos os minis abrigos praticamente obtiveram os mesmos dados, tendo uma mínima diferença de décimos.

Com esses resultados e levando em conta também as altas diferenças de amplitude térmica que o mini abrigo de PVC obteve em relação ao mini abrigo convencional de madeira, mostra que o material de PVC se torna ineficiente para obtenção de dados oficiais climáticos de região de ambiente Semiárido, isso ocorre supostamente devido a qualidade do material ser um termoplástico, que é um tipo de plástico que ao atingir certas ou elevadas temperaturas, ele pode ser facilmente moldado ou alterado sua propriedade.

O gráfico abaixo (Figura 13) mostra os dados de umidade obtidos a partir de comparações feitas entre os dois minis abrigos no segundo campo. Revela que a umidade do PVC se iniciou alta, e no decorrer do dia foi decaindo até às 16h, tornando inferior aos dados do mini abrigo de madeira, assim como ocorreu no primeiro campo. Foi se erguendo às 17h, até que ultrapassou os dados de madeira no período da noite.

Figura 13- Correlação dos dados de umidade do Campo 2.



Fonte: Autora (2022)

Surpreendentemente, no momento em que os minis abrigos encontravam-se na sombra sem o contato com os raios solares, chegando ao período da noite, houve uma elevação nos dados, de umidade do mini abrigo de PVC, ou seja, à medida que as temperaturas dele diminuam a umidade aumentava tornando-se semelhante aos dados do mini abrigo convencional de madeira.

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO (IDT)

Com as análises estatísticas de comparação entre os minis abrigos meteorológicos, adicionalmente explorou-se a influência que as condições climáticas e temporais, obtidas por

altas temperaturas pelo PVC, exerceram sobre a sensação de conforto térmico no período de estação seca do ambiente semiárido.

Foi utilizado os cálculos do Índice de Thom (1959), chamado de IDT (Índice de desconforto térmico), com o intuito de avaliar as condições de conforto térmico em ambientes externos no município de Sobral, seguindo a seguinte equação:

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 UR). (T-14,5)$$

No qual T é a temperatura do ar ($^{\circ}C$) e UR é a umidade relativa do ar (%). A partir dos cálculos, seus resultados foram aplicados considerando cada aferição horária dos dois minis abrigos e nos dois dias de campos realizados, utilizando as faixas de classificação do IDT adaptados por Santos (2011).

Figura 14- Faixas térmicas de classificação do IDT.

FAIXAS	IDT ($^{\circ}C$)	NÍVEL DE DESCONFORTO TÉRMICO
1	IDT < 24	Confortável
2	24 ≤ IDT ≤ 26	Parcialmente confortável
3	26 ≤ IDT ≤ 28	Desconfortável
4	IDT ≥ 28	Muito desconfortável

Fonte: Santos (2011)

Após a aplicabilidade do IDT, considerando as aferições horárias, os resultados foram tabulados em planilha do Excel e transformados em dados gráficos nos quais foram analisados e correlacionados com outros paradigmas observados em campo.

Tendo em vista as características climáticas predominantes da cidade de Sobral, ser caracterizada por altas temperaturas na maior parte do ano, foi possível identificar com a aplicação do IDT, uma superioridade ainda maior consideradas anormais em relação à média de temperatura da cidade, que se fosse levado em conta ter uma validação positiva do mini abrigo de PVC, tais resultados se tornariam ainda mais preocupante.

Figura 15- Faixa de classificação do IDT nas aferições realizadas em 19/10/2022

FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO PARA O CAMPO 1 – 19/10/2022													
HORÁRIOS													
MINIABRIGOS	08:00h	09:00h	10:00h	11:00h	12:00h	13:00h	14:00h	15:00h	16:00h	17:00h	18:00h	19:00h	20:00h
PVC	24.96	26.72	27.30	28.84	30.6	30.9	31.73	28.43	29.73	28.54	25.54	24.8	24.06
MADEIRA	24.03	25.36	25.64	26.4	27.31	28.4	29.08	28.42	28.37	27.94	25.48	24.62	24.12

Fonte: Autora (2022)

A tabela acima (Figura 15), está relacionada aos resultados dos dados do IDT que obteve no primeiro campo. Essa análise permitiu observar que o IDT indica valores de sensação de

conforto similar de Sobral, dos dois minis abrigos, somente na primeira aferição, e no horário das 15h, e no período noturno, ambas estando contida na mesma faixa de classificação.

Logo, o mini abrigo de PVC estava sempre apresentando uma superioridade em relação ao mini abrigo de madeira, apontando valores maiores com altos índices de desconforto térmico, perpetuando das 11h até às 17h, classificada na faixa como “muito desconfortável”. Sendo apenas dentre esses horários citados anteriormente, o mini abrigo de madeira só registrou quatro horários “muito desconfortável”, que foi apenas das 13h às 16h.

De acordo com a classificação do IDT, não houve nenhum horário que estive totalmente confortável para os dois minis abrigos. Fica claro e evidente que colocar os dados de temperatura e umidade e transformar em dados para classificação no Índice de Desconforto Térmico, se torna uma prova muito importante para o desenvolvimento desta pesquisa.

Dando uma clareza ainda mais no entendimento dos resultados, reforçando que a validação do mini abrigo de PVC se torna inviável na obtenção de dados climáticos em ambiente semiárido, devido suas altas temperaturas ao ficar exposto a iluminação solar e o fato dele ao ficar na sombra sem exposição de raios solares, rapidamente sua temperatura cai, e principalmente no período noturno quando não há incidência de raios solares, fazendo com que seus dados se igualem com o do mini abrigo de madeira.

Já na tabela abaixo (Figura 16), mostra os dados obtidos do IDT em relação ao segundo campo no dia 10 de novembro de 2022.

Figura 15- Faixa de classificação do IDT nas aferições realizadas em 10/11/2022.

FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO PARA O CAMPO 2 – 10/11/2022													
HORÁRIOS													
MINIABRIGOS	08:00h	09:00h	10:00h	11:00h	12:00h	13:00h	14:00h	15:00h	16:00h	17:00h	18:00h	19:00h	20:00h
PVC	25.14	26.36	27.73	28.96	27.58	29.92	30.42	28.84	29.6	26.97	25.18	24.16	23.85
MADEIRA	23.74	25.06	25.92	27.18	26.72	27.22	27.92	28.06	28.35	31.09	25.50	24.58	24.08

Fonte: Autora (2022)

Registrou-se desta vez, a faixa de “confortável” só que em diferentes aferições horárias entre os dois minis abrigos, no de PVC obteve no período noturno às 20h, na última aferição, enquanto que o de madeira registrou na primeira aferição às 8h no período diurno. Observa-se mais uma vez, assim como ocorreu no primeiro campo que os dados do PVC predominam bastante na faixa de “muito desconfortável”, mais do que o de madeira, devido aos resultados de altas temperaturas que o PVC impôs.

É notável também que em poucas aferições horárias os dados dos minis abrigos ficaram na mesma faixa, por exemplo, no mesmo horário é difícil ter uma igualdade de faixa, sempre há uma alteração ou diversidade de classificação de faixa do IDT em cada aferição dos dois abrigos.

Portanto, em se tratando de uma região semiárida tal contribuição pode oferecer o propósito de avaliar e compreender sobre, como a validação desses dados podem influenciar tal ambiente urbano relacionado ao desconforto térmico. Para estimular a criação de políticas públicas por

parte de gestores e governantes que atuem ou vivem em ambiente semiárido, a fim de oferecer um melhor conforto térmico à população.

CONCLUSÕES

A pesquisa desenvolvida realizou comparações entre mini abrigos meteorológicos utilizados nos estudos de Climatologia voltados ao conforto térmico humano, geralmente são confeccionados em madeira, na cor branca, com aberturas laterais, e no seu interior são posicionados termo-higrômetros portáteis, assim como os abrigos meteorológicos convencionais presentes em estações meteorológicas.

Contudo, com o crescimento de estudos voltados ao campo termo higrométrico no âmbito da Climatologia, modelos de baixo custo passaram a ser utilizados especialmente aqueles confeccionados em Policloreto de Vinila (PVC). Estão sendo bastante utilizados em localidades com clima semiárido, de altas temperaturas e umidade muito baixa, se comparado a outras localidades do Brasil, como centro-sul, que grande parte destes estudos estão voltados para essa porção meridional do território brasileiro, e que já estão sendo validadas.

Logo, o intuito desta pesquisa foi a importância de avaliar a eficiência do mini abrigo de PVC comparado com o de madeira em ambiente semiárido, a partir do campo realizado no município de Sobral- CE. Além da confecção do abrigo de PVC, os campos foram realizados em período seco para aferições de temperaturas e umidades a partir da utilização dos dois minis abrigos.

Os objetivos do estudo foram alcançados, visto que foi possível avaliar o desempenho termo higrométrico dos dois minis abrigos, em período de estação seca com aferições diurnas e noturnas, além de analisar suas amplitudes térmicas e sendo viável a validação do mini abrigo de PVC, mas que não se mostrou eficiente na obtenção dos dados em comparação ao mini abrigo de madeira, em ambiente semiárido.

Com isso, foi possível constatar que o desempenho do mini abrigo de PVC comparado ao convencional de madeira não foi eficiente para o ambiente semiárido.

Nesse sentido, observou-se que a construção do mini abrigo de PVC se instalou de forma facilitada, devido ao seu material leve e de fácil acesso e de baixo custo. O desempenho dos minis abrigos foram analisados, de forma que validassem seus resultados, principalmente a validação do mini abrigo de PVC no Semiárido. Após as aferições diurnas e noturnas, foi possível avaliar estatisticamente se os dados foram compatíveis um com o outro, para que se formula-se uma validação ou não para ambos os instrumentos.

A partir da avaliação de desempenho, comparando com o mini abrigo de madeira, o de PVC mostrou não ser eficiente para o ambiente semiárido, já que nos dois campos, além do ambiente específico ser caracterizado por altas temperaturas, chuvas escassas e umidade de ar relativamente baixa, os dados do mini abrigo de PVC resultaram em temperaturas altíssimas, além do normal, e com uma diferença de amplitude térmica elevada, o que tornou muito preocupante e foi até necessário refazer um outro campo, que comprovou os resultados.

No que diz respeito a avaliação do mini abrigo de PVC, este apresentou uma observação que traz a certeza dos resultados, e que foi constatado no segundo campo, foi que ao ficar em sombreamento ele esfria a uma velocidade de tempo muito rápida e diminui suas temperaturas se igualando aos dados de temperaturas médias do mini abrigo convencional. E ao ser exposto

a temperaturas ainda mais elevadas ele impõe uma resposta térmica ainda maior, e uma diferença de amplitude térmica muito grande que chegou até 6° de diferença de temperatura.

Dito isso, também é importante observar o período noturno onde não há exposição a raios solares, o mini abrigo de PVC obtém dados praticamente iguais ao de madeira. Enquanto no período diurno não tem essa igualdade entre temperatura nem umidade.

Outro indicador estatístico fundamental para avaliar o desconforto térmico e a validação dos minis abrigos meteorológicos foi o Índice de Desconforto Térmico (IDT) que apresentou níveis “muito desconfortáveis” para o mini abrigo de PVC, devido suas altas temperaturas, tornando preocupante para sua validação em ambiente semiárido.

Assim, conclui-se, que esse estudo possa contribuir com outros estudos voltados à utilização de mini abrigos em ambiente semiárido, principalmente o de material PVC, a fim também de externar para a comunidade acadêmica essa importante descoberta, uma vez que o abrigo de PVC é utilizado em demasia, em inúmeras pesquisas no âmbito da Climatologia.

Diante de tais considerações, como nenhum conhecimento é finito, recomenda-se para trabalhos futuros um maior aprofundamento sobre esse tema, principalmente em relação aos estudos de clima semiárido. Podendo fazer novas avaliações de desempenho nas duas estações, seca e chuvosa, presente no Semiárido nordestino brasileiro. E espera-se que novos modelos de mini abrigos de baixo custo sejam projetados, avaliados e utilizados em diferentes pesquisas em Geografia.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo financiamento da pesquisa, à Universidade Estadual Vale do Acaraú pela inserção do Programa de Bolsa de Permanência Universitária (PBPU-UVA) e ao Laboratório de Estudos Ambientais e Climáticos (LEAC), pelo apoio técnico e institucional.

REFERÊNCIAS

ALVES, Rogério Rozolen; SERAFINI JUNIOR, S. Mini-abrigos Meteorológicos: comparação e análise estatística para avaliação de eficiência nas medições de umidade relativa do ar. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA**, v. 15, p. 526-535, 2013.

AMORIM, Danielle Morais et al. Comparação de dados obtidos a partir de sensores de temperatura e umidade relativa do ar protegidos em um abrigo meteorológico de PVC. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 2, p. 119-124, 2015.

AZEVEDO, TR de; TÀRIFA, José Roberto. Miniabrigo meteorológico aspirado do Laboratório de Climatologia e Biogeografia e seu uso no estudo geográfico do clima. **GEOUSP**, São Paulo, n. 10, p. 165-174, 2001.

BARATTO, Jakeline; GALVANI, Emerson; WOLLMANN, Cássio Arthur. Calibração e desempenho do abrigo meteorológico de baixo custo em condições de campo. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020.

CASTELHANO, Francisco Jablinski; ROSEGHINI, Wilson Flavio Feltrim. A utilização de Policloreto de Vinila (PVC) na construção de mini-abrigos meteorológicos para aplicação em campo. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 9, 2011.

DA SILVA, Pedro Carlos Gama et al. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. 2010.

DE ANDRADE SILVA, Geovane; DE ANDRADE FARIAS, Carolyne Wanessa Lins. Análise espaço-temporal da vegetação no semiárido do Nordeste brasileiro utilizando parâmetros biofísicos. **Revista Semiárido De Visu**, v. 9, n. 3, p. 195-203, 2021.

FIALHO, Edson Soares; CELESTINO, Edilson Júnior. Abrigos termo-higrométricos de policloreto de vinila. **ENTRE-LUGAR**, v. 8, n. 16, p. 164-188, 2017.

GOMES, Yara Batista; CARACRISTI, Isorlanda. Clima urbano e percepção térmica dos moradores das pequenas cidades do Semiárido: uma análise da cidade de Forquilha (CE). **Revista Homem, Espaço e Tempo**, v. 13, n. 2, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DO PVC (org.). **O que é PVC**. Disponível em: <https://pvc.org.br/o-que-e-pvc/>. Acesso em: 29 out. 2022.

MUNIZ, Francisco Gerson Lima; CARACRISTI, Isorlanda. Análise da variação da temperatura e umidade no período de pré-estação chuvosa na cidade de Sobral/CE. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 17, p. e214101724780-e214101724780, 2021.

MUNIZ, Francisco Gerson Lima; CARACRISTI, Isorlanda. Urbanização, conforto térmico e análise sazonal microclimática da cidade de Sobral (CE). *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, v. 17, n. 1, p. 4-17, 2015.

SANTOS, Joel Silva dos et al. Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida. 2011.

VAREJÃO-SILVA, Mário Adelmo. **Meteorologia e Climatologia**. 2. ed. Recife: Versão Digital, 2006. Disponível em: https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf. Acesso em: 28 mar. 2023.

A TRIBO COCOSEAE MART. (ARECOIDEAE, ARECACEAE) NO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL: RIQUEZA E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Leonardo de Sousa Rodrigues
Izaias Carvalho de Sousa
Marlene Feliciano Figueiredo

INTRODUÇÃO

Arecaceae Bercht. & J. Presl, conhecidas popularmente como palmeiras, são plantas monocotiledôneas pertencentes à Ordem Arecales Bromhead (APG IV, 2016) Suas espécies representam um dos maiores clados de fanerogâmicas presentes na região Pantropical, com notória importância ecológica e socioeconômica (Henderson, 1995).

No neotrópico, as palmeiras destacam-se pela riqueza e abundância das espécies, mas algumas regiões semiáridas também são relativamente ricas em palmeiras. Comumente associadas as florestas úmidas tropicais e subtropicais, são elementos importantes na estrutura e funcionamento dos ecossistemas, podendo ocorrer em distintos tipos vegetacionais, incluindo ambientes com condições de extremas (Kahn; Granville, 1992, Henderson, 1995). A família é composta por 181 gêneros e cerca de 2.600 espécies (Baker; Dransfield, 2016). Na América do Sul, um dos grandes centros de diversidade, Dransfield *et al.*, (2008) relata 50 gêneros e 437 espécies. Somente no Brasil são conhecidos 37 gêneros e 299 espécies até o momento (Leitman *et al.*, 2019, Dransfield *et al.*, 2008).

A família é composta por cinco subfamílias: Calamoideae, Nypoideae, Coryphoideae, Ceroxyloideae, Arecoideae. Arecoideae destaca-se como o grupo de palmeiras dominantes na flora das palmeiras americanas (Dransfield *et al.*, 2005, Asmussen *et al.*, 2006, Savolainen *et al.*, 2006). Esta é a maior e mais diversa subfamília, possuindo três tribos: Cocoseae, Euterpeae e Geonomateae, onde a tribo Cocoseae é a mais difundida nas Américas (Savolainen *et al.*, 2006).

Cocoseae é dividida em três subtribos, Bactridinae e Elaeidinae, considerados táxons irmãos, e Attaleinae. Bactridinae são comuns na América Central e do Sul e no Caribe (Savolainen *et al.*, 2006.) Elaeidinae contém dois pequenos gêneros, um endêmico da flora brasileira *Barcella* e *Elaeis*, gênero do dendezeiro - *E. guineensis* – nativo da África (Gunn, 2004).

A tribo possui 18 gêneros distribuídos predominantemente no Novo Mundo, mas existem alguns membros que ocorrem no Velho Mundo (Dransfield *et al.*, 1986). A tribo caracteriza-se, sobretudo, pela presença de um endocarpo com três ou mais poros bem definidos (Dransfield *et al.*, 2008).

No Brasil, existem espécies que são competentes importantes de diferentes formações vegetais, possuindo papéis ecológicas vitais para dinâmica das formações vegetais, apresentando uma notória importância ecológica e socioeconômico nas comunidades tradicionais (Lima; Almeida, 2020, Noblick *et al.*, 2013). Representa também, a maior tribo que ocorre no Nordeste crescendo em ambientes como restingas costeiras, florestas tropicais, caatinga, cerrado e o campo rupestre (Noblick *et al.*, 2013.) No estado Ceará, existem espécies pertencentes à tribo

Cocoseae, porém informações mais precisas sobre a distribuição, riqueza e a importância ecológica e social sobre as espécies ainda são insipientes, apresentando lacunas.

Considerando a relevância desta tribo e a necessidade de novos estudos para compreender a distribuição geográfica, os tipos de uso, o *status* de conservação, dentre outros aspectos, o presente estudo tem como objetivo relatar a distribuição geográfica das espécies, assim como seus aspectos fenológicos, tipos de uso, nomes comuns, a fim de contribuir para o conhecimento biogeográfico das espécies de palmeiras presentes no estado do Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O estado do Ceará, com uma área total de 148.825,6 km² e 184 municípios, está localizado na região Nordeste do Brasil (IPECE, 2018). Faz divisa ao Norte com o Oceano Atlântico; ao Sul com Pernambuco; a Leste com os estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba e a Oeste com o Piauí (IBGE, 2024)

No estado, existe a prevalência de clima Tropical Quente Semiárido (Nimer, 1989), com temperatura média anual variando entre 24° a 26°C. De acordo com os dados de Figueiredo (1997), são reconhecidas 11 unidades fitoecológicas: que vão desde complexo vegetacional da zona litorânea, possuindo cerrados costeiros, mangue, matas de tabuleiros, a ambientes diversificados na região central do estado, como matas ciliares com carnaúba, caatinga arbórea e caatinga arbustiva.

Além disso, nesse estudo foi relatado a existência de vegetação de caráter excepcional, como cerradão, carrasco, floresta subcaducifólia tropical pluvial (matas secas) e floresta subperenifólia tropical pluvio-nebular (matas úmidas), estas, associadas as regiões elevadas como os maciços cristalinos. Comparando as áreas de exceções na paisagem, a Caatinga é predominante, possuindo notórias variações fisionômicas, estando plenamente distribuídas sob o solo da superfície sertaneja aplainada, ocupando grande parte do estado segundo Figueiredo (1997).

Além das áreas de aplainamento, existem planaltos com altitude elevada como os platôes sedimentares que circundam o Ceará (Chapada do Araripe, Chapada do Apodi, *Glint* da Ibiapaba), onde ocorrem florestas secas e úmidas, cerrados interiores e vegetação carrasco, denominação para caatinga em áreas sedimentares (Figueiredo, 1997).

Já a região costeira, que está sob constante efeito da alta sazonalidade, possui campos de dunas, inserido em um complexo de formações vegetacionais que se misturam, sendo encontradas desde formações pioneira de herbáceas até florestas de tabuleiros, além de enclaves de cerrados costeiros, onde existem espécies típicas de outros biomas coexistindo (Moro *et al.*, 2011).

Coleta de dados

O estudo é parte de seis anos de trabalho de campo no estado do Ceará, atrelado a análise das informações contidas na literatura, em herbários virtuais e em todos os herbários presentes no

estado. Todos os táxons foram analisados na natureza. Foram verificadas coleções depositadas nos seguintes herbários: EAC, HCDAL e HUVA - acrônimo segundo Thiers, B.

A internet possibilitou o acesso virtual de muitos exemplares depositados em herbários, como reflora (<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>) que permitiu o conhecimento de coleções dos estados próximos, assim como as rede *specieLink* (<http://inct.splink.org.br/>), *Palmweb* e *Tropicos*..

Informações acerca dos nomes comuns foram adquiridas em trabalho de campo do autor, assim como o conhecimento acerca da distribuição geográfica e os diferentes tipos de uso. O *status* de conservação de cada espécie foi avaliado com base nas categorias e critérios segundo a IUCN.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A flora do Ceará possui nove espécies pertencentes a tribo Cocoseae, distribuídos seis gêneros: *Astrocaryum vulgare* Mart., *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart., *Acrocomia intumescens* Drude, *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng., *Cocos nucifera* L., *Desmoncus polyacanthos* Mart., *Syagrus cearensis* Noblick, *Syagrus cocoides* Mart. e *Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.

Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd.ex Mart.

Nome comum: macaúba, macajuba, coco-de-espinho, macaubeira.

Distribuição e habitat:— Apresenta ampla distribuição no neotrópico, das ilhas do Caribe e sul do México à Argentina (Dransfield *et al.*, 2008). No Brasil ocorre nos estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Minas Gerais, Piauí, Rio de Janeiro, São Paulo e Tocantins. Possui distribuição comum em áreas de Cerrado e florestas semidecíduas (Lorenzi *et al.*, 2010). No estado do Ceará ocorre no *Glinc* da Ibiapaba, associada as florestas úmidas ou áreas abertas para pastagem. (Foto 1).

Conservação: LC, não ameaçada.

Fenologia: Floração foi observada entre agosto e dezembro.

Usos: As comunidades produzem derivados da espécie de maneira extrativista. O fruto pode ser utilizado na produção de biodiesel e carvão vegetal (Lima *et al.*, 2020). O estipe é usado em construções rurais, as folhas fornecem fibras para redes e linhas de pesca (Lorenzi, 2004). Os frutos são utilizados na fabricação de sabão e doces (Kahn, 1992), onde a semente pode ser consumida *in natura*.

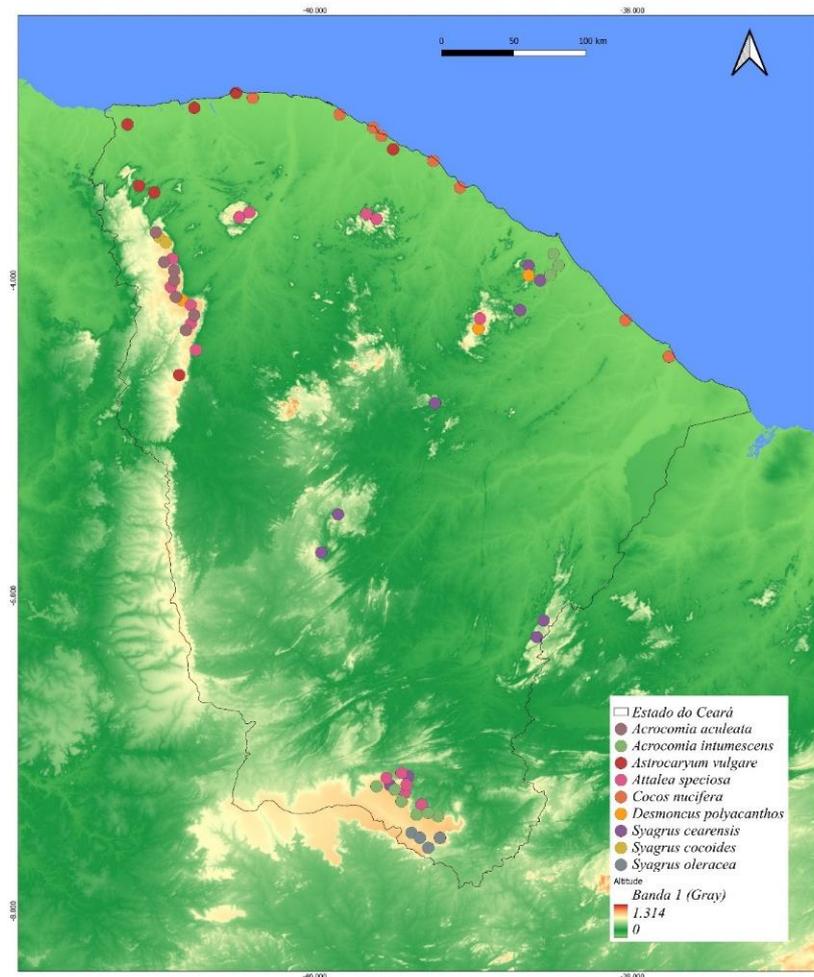


Foto 1. Distribuição da tribo Cocoseae no estado do Ceará.

Acrocomia intumescens Drude

Nome comum: macaúba, macaíba, coco de espinho, palmeira-barriguda.

Distribuição e habitat:— Ocorre predominantemente no domínio Mata Atlântica ao longo da costa nordeste brasileira e nas áreas florestais inseridas no domínio Caatinga associadas as chapadas e aos maciços cristalinos, com registros em Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Bahia e no Ceará (Lorenzi *et al.*, 1995). No estado do Ceará, ocorre principalmente na Chapada do Araripe, associada as florestas secas, nas zonas do sopé da chapada nos municípios de Juazeiro do Norte, Crato, Barbalha, Missão Velha, Santana do Cariri, Nova Olinda. Apresenta distribuição nos municípios da região metropolitana de Fortaleza, com potencial distribuição atrelada a dispersão humana.

Conservação: LC, não ameaçada.

Fenologia: floração nos meses de janeiro a julho.

Usos: As comunidades tradicionais utilizam o mesocarpo na alimentação. Aproveitam o caule para construir cercas e talas de casas. O fruto é rico em carotenoides, possui grande potencial

na indústria alimentícia e na culinária, além do uso na produção de biodiesel (Lima *et al.* 2018). Esta espécie cresce em regiões de baixa fertilidade ou alteradas, podendo ser cultivada em áreas passíveis de secas prolongadas podendo ser utilizada como biocombustíveis no semiárido (Lima *et al.*, 2018).

Astrocaryum vulgare Mart.

Nome comum: tucum, birro.

Distribuição e habitat: Distribuição comum na bacia amazônica. No restante do Brasil possui ocorrência em Amapá, Ceará, Goiás, Maranhão, Pará, Piauí e Tocantins, ocorrendo em áreas de vegetação secundária, savana e floresta costeiras arenosas (Kahn, F., 2008). Também é uma espécie componente encontrada nos enclaves savânicos do Ceará (Rodrigues *et al.*, 2022), ocorrendo no Complexo Vegetal da Zona Costeira do Estado, um complexo vegetal que abriga diversas espécies típicas dos domínios da Caatinga e do Cerrado (Castro *et al.*, 2012, Moro *et al.*, 2011). É comum nos cerrados interiores do município de Granja, nos entornos das Serras de Ubatuba e das Flores, além de ocorrer em outras serras com influência quartzítica, como a Serra do Mucuripe, no município de Morrinhos, Santana do Acaraú e Marco.

Conservação: LC, não ameaçada.

Fenologia: floração nos meses sob a influência do período chuvoso.

Usos: É amplamente utilizada na alimentação humana e de animais, construção de casas, obtenção de fibras, produção de utensílios e artesanatos, também possuindo potencial para a produção de biodiesel (Lima *et al.*, Kahn, 2008).

Attalea speciosa Mart. ex Spreng.

Nome comum: babaçu, palmeira.

Distribuição e habitat: Suriname e Bolívia. No Brasil ocorre nos estados do Amazonas, Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará, Piauí, Rondônia em floresta firmes ou secundárias, ou frequentemente formando vastos babaçuais em áreas perturbadas (Henderson *et al.*, 1995). No estado do Ceará ocorrem nos maciços cristalinos, como o Maciço de Uruburetama, Baturité e Meruoca, e nos relevos sedimentares como o *Glint* da Ibiapaba e a Chapada do Araripe, principalmente em áreas com influência entrópica, sendo forte componente de florestas secundárias.

Conservação: LC, não ameaçada.

Fenologia: floração nos meses de fevereiro a junho, possuindo um complexo sistema reprodutivo onde seu principal polinizador é o besouro *Mystrops mexicana* (Henderson, 2020).

Usos: No nordeste do Brasil, a extração do mesocarpo é muito importante para a geração de renda em comunidades locais. Muitas vezes as sementes são consumidas *in natura* ou utilizadas para a extração de óleo (Henderson, 2020).

Desmoncus polyacanthos Mart.

Nome comum: Cipó.

Distribuição e habitat:— Ocorre nos países de Trinidad, Venezuela, Guianas, Colômbia, Equador, Peru e Bolívia. Possuindo ampla distribuição no Brasil, em uma variedade de habitats, incluindo floresta tropical de várzea em terra firme, floresta de sub-bosque, floresta inundada, campina, restinga (Henderson, 2011).

Distribuição e habitat: Amplamente distribuída no Brasil e nos demais países da faixa tropicais do Novo Mundo, ocorrendo em restingas, na Mata Atlântica e na Floresta Amazônica. Um dos seus habitats comuns são as bordas degradadas dos diversos tipos de florestas, distribuída em áreas de sub-bosque, crescendo na margem de caminhos, próximo de aberturas causadas por queda da árvore, áreas alteradas pela ação humana (Henderson, 1995). No estado do Ceará possui distribuição restrita, ocorrendo no sub-bosque ou clareiras formadas nas florestas úmidas do *Glint* da Ibiapaba e em habitats semelhantes nos maciços de Pacatuba e Baturité (Figura 2).

Conservação: LC, não ameaçada.

Fenologia: floração de abril a setembro.

Usos: Artesãos usam as fibras do estipe para confeccionar são artefatos usados somente nas atividades domésticas e produção agrícola, pois a espécie é composta por resistentes fibras vegetais, apresentando resistência e dureza (Fonseca, 2012).

Cocos nucifera L.

Nome comum: Coqueiro.

Distribuição e habitat: A espécie possui distribuição Pantropical, amplamente cultivada nos trópicos e subtópicos mais quentes. Sua distribuição se deve à dispersão ocasionada pela movimentação homem e à dispersão da água (Gunn, 2004). Por apresentar mesocarpos grossos e fibrosos, possui tais características como adaptações para flutuar na água do mar, possuindo uma história complexa de dispersão natural, agora obscurecida pela intervenção humana. (Dransfield *et al.*, 2008). No entanto, a profunda relação do gênero *Cocos* com os grupos neotropicais (Gunn, 2004) indica que seus ancestrais imediatos eram quase provavelmente da América do Sul.

Conservação: LC, não ameaçada.

Fenologia: floração ocorre praticamente o ano todo.

Usos: O coqueiro é um importante componente da fruticultura mundial. No Ceará, sua produção vem ganhando destaque. O estado é o maior exportador de água de coco no Brasil, e é notória a expansão da produção na região (FIEC, 2018).

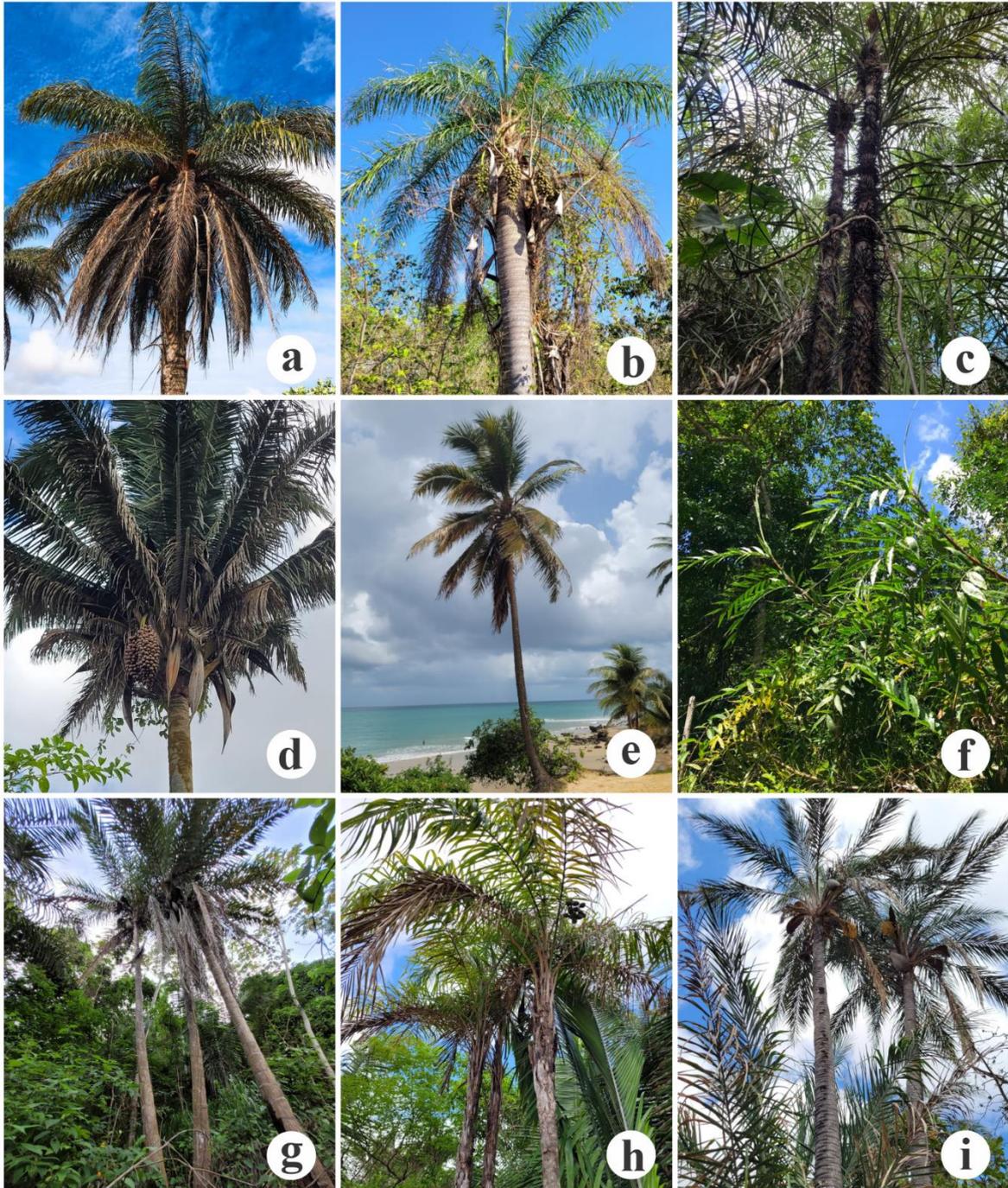


Foto 2. No Ceará, ocorrem nove espécies da tribo Cocoeae. a. *Acrocomia aculeata*, ocorrendo em áreas abertas no município de Guaraciaba do Norte (*Glint* da Ibiapaba). b. *Acrocomia intumescens* em uma floresta seca, no município de Barbalha (Chapada do Araripe). c. *Astrocaryum vulgare*, registrado em uma mata ciliar no contexto do Carrasco no município de Croatá (*Glint* da Ibiapaba), d. *Attalea speciosa* em uma área aberta causada pelo desmatamento em Pacatuba (Maciço de Aratuba), e. *Cocos nucifera* registrado na zona litorânea de Paraipaba (Complexo vegetacional costeiro), f. *Desmoncus polyacanthos* associada as florestas úmidas em Baturité (Maciço de Baturité). g. *Syagrus cearenses* registrado em uma floresta seca, no município de Pereiro (Maciço do Pereiro), h. *Syagrus cocoides* registrado em um fragmento de

floresta úmida, no município de Tianguá (*Glint* da Ibiapaba), i. *Syagrus oleracea* associado a um fragmento de floresta seca, no município de Jardim (Chapada do Araripe). Fotos: Rodrigues, L.S.

Syagrus cearensis Noblick.

Nome comum: catolé, coco-catolé, coco-babão.

Distribuição e habitat: Espécie endêmica do Nordeste brasileiro, ocorrendo nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, sendo comum em áreas montanhosas e florestas sazonalmente secas (Noblick, 2004). No Ceará, são localmente comuns em áreas de florestas secas associadas aos maciços cristalinos do interior e florestas secas dos maciços próximos a região costeira, bem como na caatinga arbórea do interior em áreas de maior pluviosidade devido à altitude, como no Maciço de Tróia (Pedra Branca), onde é possível encontrar populações associadas a essas florestas. O mesmo ocorre nos Maciços de Baturité, Maranguape e Pacatuba, neste último, onde foi coletado o material tipo da espécie.

Também possui distribuição nos maciços dispersos pelo sertão central, como a Serra do Estevão em Quixadá, Serra dos Morais em Iguatu, Maciço do Pereiro, nos municípios de Pereiro e Iracema. Na Chapada do Araripe, ocorre em áreas próximas ao sopé da chapada, em Santana do Cariri, Porteiras, Jardim. Possui potencial distribuição atrelada a dispersão humana.

Conservação: LC, não ameaçada.

Fenologia: floração e frutificação provavelmente o ano todo, mas coletada em flores e frutos durante os meses de julho a setembro.

Usos: Diversidade de usos para alimentação, principalmente o endosperma. Na produção de óleos e sabão. A espécie tem grande potencial ornamental, possuindo forte presença na arborização de cidades do Ceará, como Sobral (Rodrigues; Figueiredo; Silva, 2023). A tendência em crescer com hábito cespitoso, como gêmeos, é um traço atraente que vem aumentando o interesse na arborização urbana e residencial (Noblick, 2017).

Syagrus oleracea (Mart.) Becc.

Nome vulgar:—catolé, coco-catolé, coco-babão.

Distribuição e habitat: Ocorre no Paraguai, Bolívia e Brasil, principalmente em florestas semidecíduas e no Cerrado. No Brasil, tem distribuição na Bahia, Tocantins, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Grosso do Sul e Mato Grosso (Reflora, 2023). Segundo Noblick (2019), a espécie é comum em florestas estacionais semidecíduas, que funcionam como zona de transição entre a caatinga e o cerrado. No Ceará ocorre unicamente associado a Chapada do Araripe, próximo ao limite com o estado do Pernambuco, em zonas de florestas secas e remanescente florestais próximo a pastagens. Possui potencial distribuição atrelada a dispersão humana.

Conservação: LC, não ameaçada.

Fenologia: Floração e frutificação praticamente o ano todo. Provavelmente tem pico de floração e frutificação no verão (dezembro a fevereiro). Frutifica abundantemente durante a primavera.

Usos: Os frutos são comestíveis. O mesocarpo é comestível e ocasionalmente usado para alimentação de animais domésticos, e da semente pode ser extraído um óleo comestível, assim como seu palmito segundo Martins (2012). A espécie também apresenta potencial ornamental, sendo cultivada em ruas de alguns municípios.

Syagrus cocoides Mart.

Nome vulgar: pati.

Distribuição e habitat: Esta espécie está amplamente distribuída no leste do Amazonas, Pará, Maranhão, Piauí, Tocantins, Goiás e Mato Grosso, crescendo em várzea de terra firme, mata de galeria e cerrado. Anteriormente não havia distribuição conhecida no estado do Ceará, ocorrendo unicamente no *Glinc* da Ibiapaba, nos municípios de Tianguá e Viçosa do Ceará, associadas aos enclaves savânicos, matas de transição e floretas úmidas.

Conservação: LC, não ameaçada.

Fenologia: floração entre outubro e dezembro.

Usos: Seus troncos são utilizados localmente na construção rural. Os frutos são ricos em óleos comestíveis. A planta possui atributos ornamentais.

CONCLUSÃO

Apesar da grande diversidade de espécies de palmeiras no Brasil, algumas espécies ainda são pouco estudadas e não se conhecem profundamente sua distribuição, potenciais de usos e sua importância ecológica e cultural. A tribo estudada se configura como uma das maiores mais importantes economicamente, com espécies frequentes no semiárido brasileiro.

Ainda existem desafios no processo de conhecimento da distribuição das palmeiras no Ceará, um estado rico do ponto de vista florístico e com uma grande variedade de tipos vegetacionais, sendo necessário estudos complementares para superar as lacunas existentes.

É preciso uma investigação mais acurada sobre as propriedades funcionais e os benefícios fornecidos às comunidades acerca dos derivados das palmeiras, como seus frutos. Assim como, é necessário conhecer seus potenciais como aliados no desenvolvimento sustentável no contexto do semiárido. Esse estudo reforça a importância de pesquisas ambientais, focando em representantes da flora nativa do estado, ampliando, assim, o conhecimento sobre a biodiversidade e a distribuição geográfica das espécies.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Estadual Vale do Acaraú, Universidade Federal do Ceará e Universidade Regional do Cariri.

Agradecemos grandemente a todos os estimados irmãos e irmãs das cidades e comunidades visitadas nas expedições no interior do Ceará.

REFERÊNCIAS

- ASMUSSEN, C. B., J. DRANSFIELD, V. DEICKMANN, A.S. BARFOD, J.- C. PINTAUD AND W.J. BAKER. A new subfamily classification of the palm family (Arecaceae): evidence from plastid DNA phylogeny. **Bot. J. Linn. Soc.** 151: 15–38, 2006.
- 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**, 181, 1-20, 2016. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>.
- BAKER, W. & DRANSFIELD, J. Beyond Genera Palmarum: progress and prospects in palm systematics. **Bot. J. Linn. Soc.** 182(2):207-233, 2016.
- CASTRO, A.S.F.; MORO, M.F. & MENEZES, M.O.T. DE. O Complexo Vegetacional da Zona Litorânea no Ceará: Pecém, São Gonçalo do Amarante. **Acta Botanica Brasilica**, 26: 108-124, 2012.
- DRANSFIELD, J. A Guide to collecting palms. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, 73(1), 166-176, 1986. <http://www.jstor.org/stable/2399148>.
- DRANSFIELD, J., UHL, N. W., LANGE, C. B. A., BAKER, W. J., HARLEY, M., & LEWIS, C. E. A new phylogenetic classification of the palm family, Arecaceae. **Kew Bulletin**, 60(4), 559-569, 2005.
- DRANSFIELD, J., UHL, N. W., LANGE, C. B. A., BAKER, W. J., HARLEY, M., & LEWIS, C. E. **Genera palmarum: The evolution and classification of palms**. Royal Botanic Gardens, 2008. <https://doi.org/10.34885/92>.
- GUNN, B.F. The phylogeny of the Cocoeae (Arecaceae) with emphasis on *Cocos nucifera*. **Ann. Missouri Bot. Gard.** 91: 505–522, 2004.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO CEARÁ. Exportação de coco-verde. Fortaleza: FIEC, 2018. Disponível em: <https://www1.sfipec.org.br/fiec-noticias/search/115757/ceara-e-lider-nopais-em-exportacao-de-agua-de-coco>. Acesso em: 12/10/2023.
- FIGUEIREDO, M.A. A cobertura vegetal do Ceará (Unidades Fitoecológicas) In: Ceará (Ed.), 1997. Atlas do Ceará Fortaleza, IPLANCE.
- FONSECA, A.S., Caracterização tecnológica das fibras do estirpe de *Desmoncus polyacanthos* Mt., Tese de M.Sc, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil, 2012.
- HENDERSON, A. A revision of *Attalea* (Arecaceae, Arecoideae, Cocoseae, Ataleinae). **Phytotaxa** 444. 2020.
- HENDERSON, A. A revision of *Desmoncus* (Arecaceae). **Phytotaxa** 35:1-88, 2011.
- HENDERSON, A. **The palms of the Amazon**. Oxford University, 1995.
- HENDERSON, A., GALEANO, G., & BERNAL, R. **Field guide to the palms of Americas**. Princeton University Press, 1995.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Pesquisas. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 06/01/2024.

IPECE – Instituto de pesquisa e estratégia Econômica do Ceará. Ceará em Mapas (2023). Disponível em: Acesso em: 01/12/2023.

IUCN. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. 2 ed. IUCN, Gland e Cambridge, 2012.

KAHN, F. The genus *Astrocaryum* (Arecaceae). **Rev. Peru. Biol.** 15(supl. 1):31-48, 2008.

KAHN, F., & GRANVILLE, J. J. Palms in Forest Ecosystems of Amazonia. **Springer Verlag**, 1992.

LEITMAN, P., SOARES, K., HENDERSON, A., NOBLICK, L., & MARTINS, R. C. Arecaceae. In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2019. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB53>.

LIMA, G. P. & ALMEIDA JR., E. B. Synopsis of the tribe Cocoseae Mart. (Arecaceae, Arecaceae) in the state of Maranhão, Brazil. **Biota Neotropica** 20(2), 2020.

LIMA, N. E., CARVALHO, A. A., MEEROW, A. W., E MANFRIN, M. H. A review of the palm genus *Acrocomia*: Neotropical green gold. **Organisms Diversity e Evolution**, 18(2), 151- 161, 2018.

LIMA, L. P.; GUERRA, G. A. D.; MING, L. C.; MACEDO, M. R. A. Ocorrência e usos do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em comunidades ribeirinhas, quilombolas e de agricultores tradicionais no município de Irituia, Pará. **Amazônica - Revista de Antropologia**, v. 5, n. 3, p. 762-778, 2014.

LORENZI, H., NOBLICK, L.R., KAHN, F. & FERREIRA, E. **Flora Brasileira: Arecaceae (Palmeiras)**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2010.

LORENZI, H. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Instituto Plantarum, 2004.

LORENZI, H., Souza, H. M., Medeiros Costa, J. T., Serqueira, L. S. C., & Ferreira, E. **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. Instituto Plantarum, 1995.

MARTINS, R. C. A família Arecaceae (Palmae) no estado de Goiás: florística e etnobotânica. 297 f., il. Tese (Doutorado em Botânica) — Universidade de Brasília, Brasília. 2012.

MORO, M.F.; CASTRO, A.S.F. & ARAÚJO, F.S. Composição florística e estrutura de um fragmento de vegetação savânica sobre os tabuleiros pré-litorâneos na zona urbana de Fortaleza, Ceará. **Rodriguésia**, 62: 407-423, 2011.

NIMER. E. **Climatologia do Brasil**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989.

NOBLICK, L.R. **Guia para as palmeiras do Nordeste do Brasil**. UEFS Editora, Feira de Santana, 2019.

NOBLICK, L.R. A revision of the genus *Syagrus* (Arecaceae). **Phytotaxa** 294(1):1-262, 2017.

NOBLICK L. Leaflet anatomy verifies relationships within *Syagrus* (Arecaceae) and aids in identification. **Phytokeys** 26: 75–99, 2013.

NOBLICK, L. *Syagrus cearensis*, a twin-stemmed new palm from Brazil. **Palms** 48: 70–76, 2004.

PALMWEB. 2023. Palmweb: Palms of the World Online. <http://palmweb.org> (acesso em: 05/12/2023).

REFLORA (2023) Reflora. Herbário Virtual. <https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/> Acesso: 14/12/2023.

RODRIGUES, L. S. *et al.*, First record of *Astrocaryum* G. Mey. (Arecaceae) for Ceará, Northeastern Brazil. **Acta Brasiliensis**, [S.l.], v. 6, n. 1, p. 22-25, jan. 2022. ISSN 2526-4338, 2022.

RODRIGUES, L. S.; FIGUEIREDO, M. F.; SILVA, M. A. P. Palmeiras (Arecaceae) na Floresta Urbana de Sobral, Ceará, Brasil. **REVSBAU**, Curitiba – PR, v.18, n.2, p. 47-59, 2023.

SAVOLAINEN, V., M.-C. ANSTETT, C. LEXER, I. HUTTON, J.J. CLARKSON, M.V. NORUP, M.P. POWELL, D. SPRINGATE, N. SALAMIN AND W.J. BAKER. Sympatric speciation in palms on an oceanic island. **Nature** 441: 210–213, 2006.

SPECIESLINK NETWORK. Sistema de informação distribuído para coleções biológicas: a integração do Species Analyst e do SinBiota (FAPESP), 2024. <https://specieslink.net/search/> Acesso em: 08/01/2024.

THIERS, B. [continuously updated]. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/> Acesso em: 12/11/2023.

TROPICOS. Missouri Botanical Garden, 2023. <http://www.tropicos.org>. Acesso em: 11/12/2023.

VIANNA, S.A., CAMPOS-ROCHA, A. Acrocomia in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2023. (<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB15662>). Acesso em: 12/11/2023.

BASES CONCEITUAIS, ANTECEDENTES HISTÓRICOS E MANIFESTAÇÃO TERRITORIAL DA DESERTIFICAÇÃO

Sérgio Domiciano Gomes de Souza
Flávio Rodrigues do Nascimento

INTRODUÇÃO

No contexto ambiental atual, marcado por degradação e alterações climáticas, tem se dado maior atenção as consequências das relações da sociedade com natureza, sobretudo a utilização desordenada dos recursos naturais. A ambiência das preocupações reside nos eventos e acordos internacionais na Organização das Nações Unidas, que embora com maior destaque político, social e midiático hoje, se dá desde a segunda metade do século XX.

Entre essas pautas está a desertificação, entendida como degradação ambiental grave, possível de ocorrer nas terras secas, que estão sob incidência climática árida, semiárida e subúmida secas (Souza, 2023; Nascimento, 2023). Estima-se que essas áreas correspondem a 61.500.000 km² no planeta Terra, sendo que que as três maiores porções se situam na Ásia, África e América do Norte (Nascimento, 2013).

Na América do Sul 17.661.000 de km² são de terras secas (Nascimento, 2013), território que abrangia, em 1990, mais de 100 milhões de pessoas (Abraham e Beeckman, 2006). O Brasil se insere nessa conjuntura com 15,72% do território nacional classificado como Áreas de Suscetibilidade à Desertificação (ASDs). Para se ter uma ideia, somente no semiárido a população estimada é de 28 milhões de pessoas (IBGE, 2022)

Além dessa constatação territorial em nível internacional, e passados 52 anos, da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Estocolmo em 1972), quando iniciaram-se as discussões sobre o fenômeno da desertificação, perduram diversas interpretações sobre o problema. Ainda que as causas estejam atreladas a fatores humanos e naturais, existem dezenas de definições sobre desertificação (Reynolds, 2021; Nascimento, 2023) - fato decorrente da complexidade do fenômeno e das particularidades naturais e socioeconômicas em que estão inseridos os países sob os quais o problema se dá.

Nesse sentido, o presente escrito tem por objetivo discutir sobre a desertificação e os principais embates em torno de seu conceito tratamento na literatura científica. Para tanto, parte-se do entendimento que é preciso se ater ao significado do problema, a sua manifestação territorial e a forma de averiguação de sua incidência no território. Por isso organiza-se em três seções: a primeira de natureza conceitual, se detém a discutir sobre a interface entre degradação ambiental, desertificação e mudanças climáticas; a segunda, apresenta a abrangência da desertificação no território com foco para o Brasil; na terceira, discute-se sobre os indicadores como forma de estudo do problema; e por fim tece-se algumas considerações finais sobre o tratamento da desertificação a partir da literatura investigada.

MATERIAL E MÉTODO

O presente trabalho é de natureza bibliográfica. Trata-se de uma revisão sobre o estado da arte a partir de livros e artigos de periódicos sobre os temas de: degradação ambiental, desertificação, mudanças climáticas, desertificação no semiárido brasileiro e indicadores de

estudo da desertificação, que compuseram a etapa de pesquisa dos textos. As etapas subsequentes foram leitura e interpretação textual, e por fim a escrita do presente artigo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Degradação ambiental, desertificação e mudanças climáticas

Fruto das relações da sociedade com a natureza, a degradação ambiental se expõe como uma consequência negativa. Está relacionada à diminuição das potencialidades dos recursos naturais da Terra, que embora possa se dar naturalmente, tem significativa participação da atividade humana (Souza, Souza, Sousa, 2023).

Do ponto de vista natural, a degradação se dá pelo ressecamento do clima, da erosão dos solos e da invasão natural de plantas ou animais; por intervenção humana, se causada pelas ações que pressionam os recursos direta ou indiretamente e se utilizam destes desordenadamente (Araújo; Almeida; Guerra, 2010).

Nesse sentido, a degradação ambiental pode ser sistêmica, como a depauperação dos elementos naturais em cadeia, ou pode ser imbricada à deterioração de um dos seus componentes, por exemplo: atmosfera, vegetação, solos, geologia e hidrologia. Tal caracterização decorre das particularidades ambientais do contexto em que ocorre a degradação e de onde é analisada, especialmente se a ação desordenada das atividades humanas, marcadamente com ambição econômica, ocorre sem considerar as limitações de ambientes naturais sensíveis (Cunha; Guerra, 2006; Rubira, 2016; Araújo, Almeida, Guerra, 2010).

Nos ambientes com incidência climática dos tipos árido, semiárido e subúmido seco, é potencialmente capaz de ocorrer a desertificação, que se configura como sendo uma degradação ambiental grave, resultante tanto dessa singularidade climática como da ação deteriorante das atividades humanas sob tais ambientes (Abraham, Beekman, 2006; Willians, 2011; Souza, 2023)

A compreensão em torno da desertificação não foi linear, tampouco unânime no meio científico (Oliveira, 2006; Rêgo, 2012). O entendimento em torno do problema se deu através de dois vetores associados, um ligado a academia, formado por pesquisadores com compreensões distintas, e outro nos auspícios da ONU em discussões de eventos ambientais internacionais.

No meio acadêmico, a desertificação foi objeto de dúvida, sobretudo no que diz respeito às suas causas. Ocorreram dúvidas sobre a mesma ser um problema causado por questões naturais, mas havia aqueles que defendiam que o ser humano, em sua organização social, *per si*, seria o promotor da desertificação. Por essas razões, é possível perceber que reside na literatura duas correntes que explicam as causas da desertificação pelo fator humano e pelo fator humano-climático (figura 2).

Figura 2: Correntes teóricas sobre as causas da Desertificação



Fonte: elaboração do autor com base em Nascimento (2013)

Dessas correntes, depreende-se, que apesar da divergência em torno dos fatores causadores da desertificação, existe um traço comum entre as duas correntes que é o reconhecimento da ação humana como componente interveniente na deflagração do problema. Temporalmente, vê-se que os principais trabalhos científicos sobre desertificação datam da segunda metade do século XX, mas o termo, segundo Nascimento (2013), já havia sido mencionado pela primeira vez na literatura por Albert Abreuville em 1949.

A responsabilização do ser humano como causa principal, remonta às primeiras especulações científicas sobre catástrofes ambientais, mas permeada de dúvidas, por também coexistir aqueles que não acreditavam na capacidade humana de produzir um ambiente desertificado. As idas e vindas na compreensão do problema dizem respeito a um descenso movido por controvérsias e questionamentos que apontam fragilidades teóricas e metodológicas, amplitude conceitual, ausência de métodos universalmente aceitos, ausência de métodos confiáveis para a identificação de processos de desertificação, falta de uma metodologia de avaliação econômica do fenômeno, bem como falta de clareza empírica entre desertificação e seca (Matallo Junior, 2001).

Nesse sentido, com o advento de constatações empíricas que lograram o avanço do conhecimento, construiu-se uma ambiência profícuca, quando interpretaram eventos de ocorrência da degradação em alguns lugares. Dessas, destacam-se relatos sobre a Mesopotâmia e Mediterrâneo em que a irrigação causou a salinização e o ressecamento do solo; a ocorrência de que grandes secas e degradações ambientais destruíram significativas porções de solos em uma área de mais 300 mil km² no Meio-Oeste Americano. E o caso de Sahel na África, com ressecamento dos solos associado a uma grave seca entre 1967 e 1973 repercutiu negativamente sobre a sociedade, dizimando 200 mil pessoas e milhares de animais (Rêgo, 2012; Nascimento, 2013).

Disso, a evolução científica sobre a desertificação se deu em cinco momentos: 1) conscientização sobre a existência da problemática; 2) percepção exagerada do processo; 3) dúvida; 4) mito do crescimento do deserto e 5) novo realismo sobre a desertificação. Esses levaram a uma amplitude conceitual diversa, que ora consideram vários elementos de cunho

humano-social como causas, ora aludem para uma série de elementos climáticos, biológicos e pedológicos (Verdum, 2002 *apud* Nascimento, 2013).

Nesse cenário, as principais controvérsias em torno da problemática estiveram atreladas à confusão conceitual entre desertificação e deserto (Abraham; Matallo; Lima, 2013), e ainda com seca. O que torna imperativo aludir à definição de cada um para que se façam as distinções necessárias, a despeito da imaginável semelhança, que é apenas semântica e se torne claro o entendimento da desertificação (Souza; Henriques; Sousa, 2019).

No tocante a essa questão Sá (1994) e Williams (2011) entendem que deserto é um lugar aonde não existe ambiente favorável à recomposição da vida - ou no mais, exige muita especificidade e adaptação (Nascimento, 2023) - enquanto a desertificação é um processo de degradação, baseada na intervenção humana, que leva a geração de ambientes com padrões fisionômicos desérticos ou semidesérticos.

Na mesma linha Nimer (1988) explicita que o deserto é resultante da evolução de processos naturais que alcançam estabilidade, ou seja, um determinado clímax ecológico, enquanto a desertificação embora seja uma substantivação da palavra deserto, é um fenômeno dinâmico que acontece pelo desequilíbrio natural (Souza, 2023). Ainda sobre a mesma distinção Conti (2008) assevera que a principal distinção está nas causas, enquanto deserto é uma adaptação natural do ambiente, a desertificação é um processo resultado da ação degradante da ação humana, afastando-se também da seca. Uma vez que esta é dada por um evento prolongado de ausência das chuvas em áreas cuja precipitação não atinge 60% da média anual por mais de dois anos em mais de 50% da área.

Nesse sentido, ao passo que a comunidade acadêmica foi construindo o entendimento sobre a desertificação, ocorreram diversos eventos internacionais que consubstanciam esse processo de maturação conceitual. A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, em Estocolmo no ano de 1972, foi a primeira ocasião em que se discutiu, com repercussão internacional, a desertificação. Cinco anos depois, o assunto foi alvo de debate com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e da Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação (UNOCD) que reconheceu a desertificação como um problema ambiental grave que repercute negativamente na sociedade. Mas só vinte anos depois, é que a comunidade científica estabeleceu uma razão consensual sobre o conceito do problema no documento da Agenda 21, resultante da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – ECO-92 (Nascimento, 2013).

Nessa agenda diplomática da ONU sobre a sustentabilidade ambiental, a desertificação tem aparecido em todas as discussões. Recentemente o fenômeno está inserido entre os objetivos do desenvolvimento sustentável, especificamente o de número 15, da agenda 2030, que almeja como meta aos países signatários, como o Brasil, mitigar o fenômeno. Outrossim, no âmbito da UNCCD, existem pactos entre os países com metas direcionadas ao combate à desertificação em seus territórios (UNCCD, 2022).

Nessa conjuntura, denota-se que apesar de complexa, o entendimento do que seja a desertificação chancelado na ONU pela Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação entende o fenômeno como “processo que culmina com a degradação das terras nas zonas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, [...] resultado da ação de fatores diversos, com destaque para as variações climáticas e as atividades humanas” (Brasil, 2005, p. 4).

Ainda assim, é uma definição conceitual bastante ampla, o que traz interpretações equivocadas na percepção empírica dos processos de desertificação em associação com outros tipos de degradação. Nascimento (2023), ao analisar constatações do fenômeno Brasil, salienta que a ecozona semiárida não passou por mudança no clima mesmo suscetível à desertificação, e por isso a definição da ONU, necessita de atualização no sentido de a ocorrência do processo não prescindir de variações climáticas.

A degradação das terras pode ser entendida especificamente como a degradação dos solos, da vegetação, dos recursos hídricos e a redução da qualidade de vida da população (Matallo Junior, 2001). Estas para culminarem na desertificação se associam a causas como o desmatamento ou queimada generalizada, destruição dos agentes polinizadores, uso inadequado do solo, pecuária extensiva e atividade ceramista que repercutem na erosão acelerada, empobrecimento da fauna, da flora e dos lençóis freáticos, no assoreamento, compactação do solo e outros (Nimer, 1988; Albuquerque *et. al.*, 2020).

Por essas características, a desertificação e as mudanças climáticas possuem uma relação recíproca. De um lado, a desertificação contribui para as mudanças climáticas, especialmente por que a escassez de vegetação ocasiona a perda de capacidade de absorção de carbono por ela. Por outro lado, os efeitos das mudanças climáticas podem intensificar o processo de degradação provocando a diminuição das chuvas, queimadas e a perda de biodiversidade como a diminuição de plantas, diversidade de espécies e organismos do solo (Tavares, Arruda, Silva, 2019).

Isso se explica porque a concentração de Dióxido de Carbono (CO₂) na atmosfera se dá não somente pelo processo natural entre as trocas de energia do planeta Terra com a atmosfera, mas tem se intensificado pelas ações antrópicas desde a revolução industrial impactando na temperatura e também na desertificação, sobretudo porque a mudança do clima, mudanças e intensificação dos usos da terra contribuem para a degradação (IPCC, 2020).

Apesar dessa relação óbvia, do ponto de vista da interferência humana e suas consequências degradantes. Os estudos sobre desertificação, especialmente na realidade brasileira, não têm demonstrado que houve alteração climática para causar desertificação, mas o quadro geoambiental frágil associado as pressões humanas têm deflagrado o problema. Por isso, se pode dizer que a desertificação, por outro lado, pode ser causa e efeito das mudanças climáticas, pela redução de biomassa, aumento de temperatura e outros fatores correlatos (Nascimento, 2023).

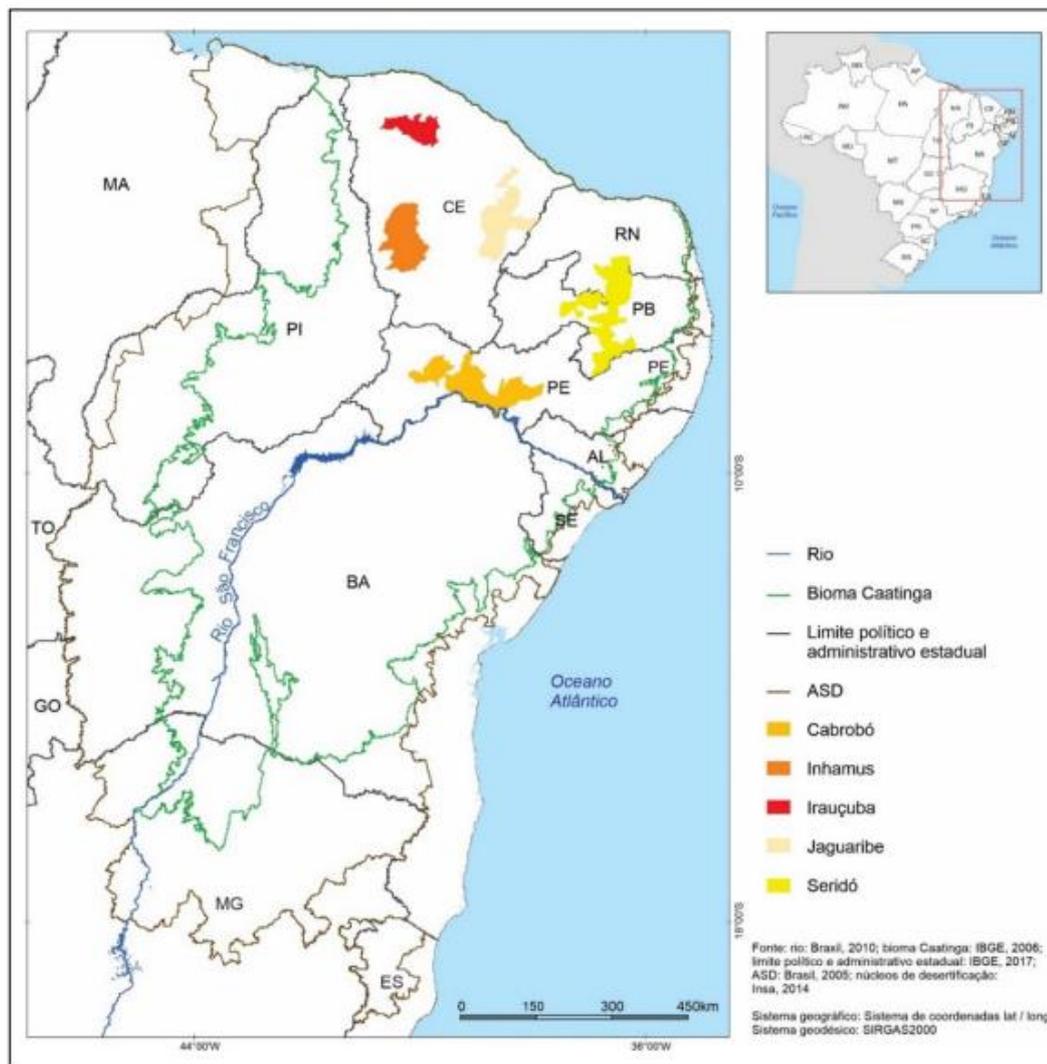
DESERTIFICAÇÃO NO TERRITÓRIO BRASILEIRO

No território nacional, a desertificação é possível de ocorrer nas Áreas Suscetíveis à Desertificação (semiárido, subúmido seco e áreas de entorno), que além da irregularidade climática, é um ambiente complexo marcado por contrastes e diversidades, mas que impera um quadro ambiental e geoeconômico difícil. Além do que, é o mais povoado do mundo, que possui a estrutura agrária mais rígida do planeta e com riscos climáticos associados a secas recorrentes (Nascimento, 2013; 2015).

A disposição do semiárido brasileiro à desertificação é variável em função das condições de precipitação, da densidade da população, dos usos extrativistas, da pecuária e culturas agrícolas (Sá, 1994). Mas é reconhecido que tal degradação se manifesta sob duas escalas (Figura 2): I -

nas Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD) e II - nos Núcleos de Desertificação (PAN-Brasil, 2004; Albuquerque *et. al.* 2020).

Figura 2: Núcleos e áreas de suscetibilidade à desertificação no Brasil



Fonte: Oliveira Junior, (2023).

As ASD compreendem o território demarcado pelo polígono do semiárido brasileiro e das áreas com clima subúmido seco em seu entorno pelos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo, onde vivem 67,38% da população da região Nordeste e 19,50% do Brasil (PAN-Brasil, 2004).

Já os núcleos de desertificação (Quadro 1), correspondem a áreas menores no interior das ASD, cuja degradação se expõe mais evidente e em estado avançado. Foram reconhecidos oficialmente no Pan-Brasil a existência dos núcleos de Irauçuba no Ceará, Seridó no Rio Grande do Norte e Paraíba, Gilbués no Piauí e Cabrobó no Pernambuco. Atualmente, discutem-se os núcleos estaduais, como aqueles que ocorrem nos Inhamuns e Jaguaribe no Ceará.

Quadro 1: Condições geográficas dos núcleos de desertificação do semiárido brasileiro

NÚCLEO	MUNICÍPIOS	CONDIÇÕES GEOAMBIENTAIS DOMINANTES	CAUSAS DA DESERTIFICAÇÃO	EFEITOS DA DESERTIFICAÇÃO
Inhamuns - CE	Arneiroz, Independência e Tauá	Predominância de rochas do embasamento cristalino com depósitos aluvionares, morfologia em depressão sertaneja, maciços e cristas residuais e planícies de acumulação; clima semiárido com cotas pluviométricas entre 554 e 640 mm e regime hídrico intermitente sazonal com predomínio de acumulação superficial e baixa vazão subterrânea altamente salinizada; predomínio de Neossolos Litólico Eutrófico e Distrófico e Planossolos Háplicos cobertos por Caatinga degradada em associação a atividades agropecuárias	Pecuária, agricultura com práticas rudimentares e de agressão ao ambiente, irregularidade pluviométrica, influência orográfica nos baixos índices pluviométricos, desmatamento, má disposição de resíduos sólidos	Perda de cobertura vegetal, degradação e compactação e do solo, poluição dos recursos hídricos
Irauçuba – CE (12.202,41 km ²)	Irauçuba, Sobral, Miraíma, Itapajé, Santa Quitéria e Canindé	Predominância de rochas do embasamento cristalino com depósitos aluvionares, morfologia em depressão sertaneja sobressaltadas por maciços e cristas residuais, agrupamento de inselbergues e planícies de acumulação; predomínio de clima semiárido com cotas pluviométricas entre 473 e 920 mm, com regime hídrico intermitente sazonal e predomínio de acumulação superficial; predominância de Luvisolos Crômicos Órticos e Neossolos Litólicos Eutróficos cobertos por Caatinga com níveis diferentes de degradação, Mata seca e atividades agropecuárias;	Pecuária, agricultura com agressão ao ambiente, baixa diversidade florística, irregularidade pluviométrica e forte incidência de secas, influência orográfica nos baixos índices pluviométricos, desmatamento e extração da lenha, solos com limitações, suscetibilidade a erosão, salinização e impedimento à mecanização	Redução das áreas com vegetação natural
Jaguaribe – CE (8.436,52 km ²)	Jaguaribe, Jaguaratama, Jaguaribara, Alto Santo e Morada Nova	Predominância de rochas do embasamento cristalino com depósitos aluvionares, morfologia em depressão sertaneja, maciço residual e planície fluvial; clima semiárido com regime hídrico intermitente sazonal; predomínio de Neossolos Litólicos, Planossolo Nítrico e Luvisolo Crômico cobertos por vegetação de caatinga com diferentes traços de degradação	Pecuária e cultivo do algodão	Redução da cobertura vegetal natural, aumento de pastagem, solo exposto, erosão
Seridó – RN/PB (12.328,569) km ²	38 municípios das Microrregiões Seridó Oriental Paraibano, Cariri Oriental, Cariri Oriental, Seridó Ocidental Paraibano, Seridó Oriental e Sertão Paraibano na Microrregião de Patos, e no Rio Grande do Norte a Mesorregião Central Potiguar e Microrregião do Seridó Oriental.	Predomínio de rochas do embasamento cristalino com morfologia em depressão sertaneja, planalto, maciços residuais e planície fluvial; clima semiárido com pluviometria entre 400 e 800 mm e regime hídrico intermitente sazonal; predominância de Neossolos Litólicos e Flúvicos, Luvisolos Crômicos e Planossolos Solódicos cobertos por caatinga degradada ao nível de arbusto	Pecuária, cultivo do algodão, mineração, exploração de argila, indústria ceramista	Redução da cobertura vegetal, degradação dos solos

Cariri Velho – PB (2.805 km ²)	Juazeirinho, São João do Cariri, Serra Branca, Cabaceiras e Camalaú	Predomínio de rochas do embasamento cristalino com superfícies aplainadas; clima semiárido com regime hídrico intermitente sazonal; predominância de Luvisolos Háplico e Crômico, Planossolos Háplico e Nátrico e Neossolos Flúvico, Regolítico e Litólico, cobertos por caatinga degradada e de porte baixo	Pecuária, extrativismo vegetal-mineral, práticas agrícolas inapropriadas e rudimentares	Redução da cobertura vegetal, solos expostos, erosão
Cabrobó – PE (4.960 km ²)	Cabrobó, Orocó, Santa Maria da Boa Vista, Belém do São Francisco, Salgueiro, Parnamirim, Itacuruba, Petrolina, Afrânio, Ouricuri, Araripina e Floresta	Predomínio de rochas do embasamento cristalino com superfície pediplanada em depressão sertaneja; clima semiárido com pluvimetria média de 650 mm e regime hídrico intermitente sazonal; predominância de Planossolos Nátrico e Háplicos, Neossolos Litólico e Flúvico cobertos por caatinga degradada de portes médio e baixo	Restrições climáticas, hídrica e edáficas, pecuária,	Redução da cobertura vegetal, salinização dos solos
Gilbués - PI	Gilbués, Monte Alegre do Piauí, Barreiras do Piauí, São Gonçalo do Gurgueia, Santa Filomena e Alto Parnaíba	Terrenos das bacias sedimentares do Parnaíba e São Francisco em morfologia de chapada e planície fluvial; climas subúmido úmido a seco com pluvimetria média de 1.200 mm; predominância de Latossolos Amarelos, Neossolos Quartzarênico e Argissolos Vermelho-Amarelo cobertos por vegetação de caatinga e cerrado	Fragilidade natural do solo, mineração, desmatamento	Forte erosão, escassez de vegetação

Fonte: elaboração do autor com base em Souza (2008), Perez-Marin, Tinôco e Medeiros (2012), Guerra, Souza e Lustosa (2012), Funceme (2015a; 2015b), Pereira Neto (2016), Meira, Marinho e Silva (2019), Lucena (2019), Caetano *et. al.* (2021), Barbosa e Oliveira (2022), Oliveira Junior (2023), Carvalho, Amorim e Nery (2023).

Pelo que se percebe, tais núcleos comungam de problemas restritivos: os edáficos e pressão antrópica. O traço edáfico mais comum são a presença e dos Planossolos, Neossolos e Luvisolo com fortes restrições pela má drenagem, pedregosidade e consequente sinais de salinização e erosão, como se observou em Irauçuba, Cabrobó, Seridó e Cariris Velho. Além disso, conforme evidenciou Oliveira Junior (2023), a redução da cobertura vegetal perpétua em todos eles como um indicador da degradação.

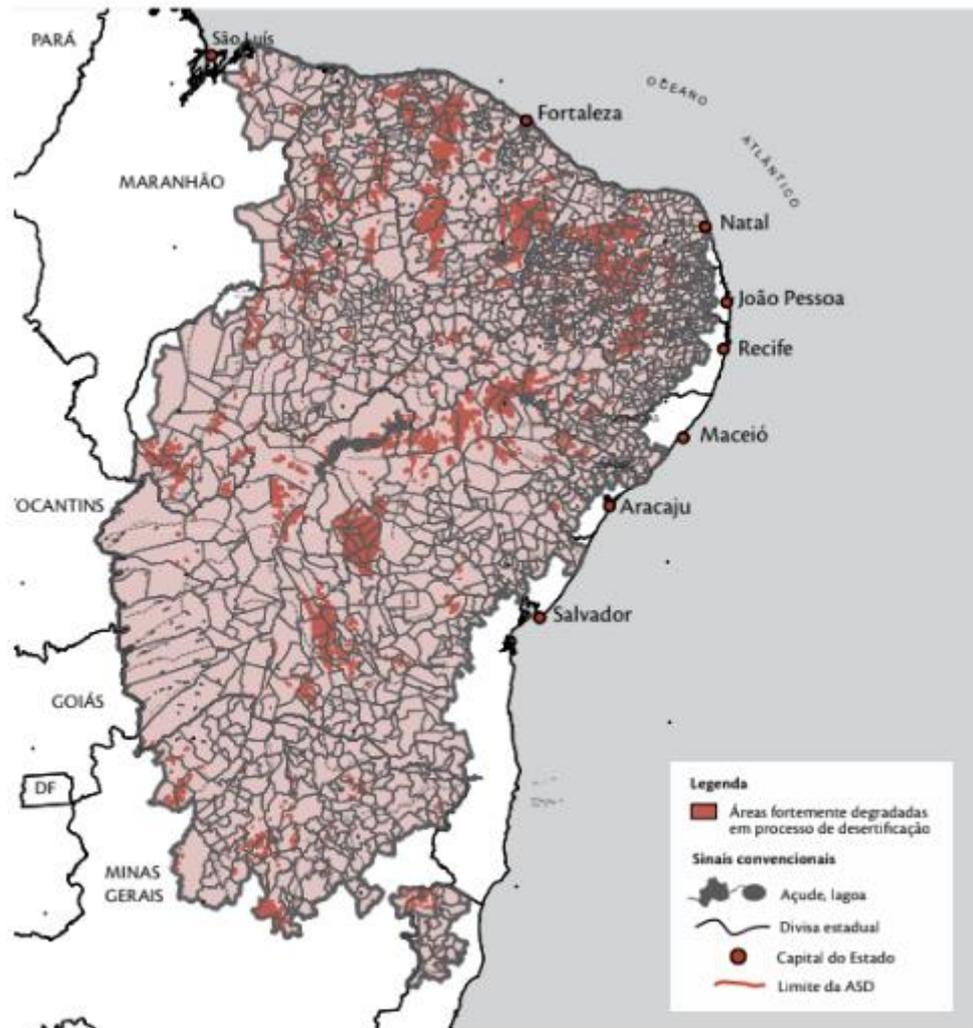
Mais recentemente, Silva (2021) não credita Gilbués-PI como Núcleo de Desertificação. Aquele autor classificou o processo como arenização; uma vez que foi formado naturalmente pela erosão em combinação com a litologia friável e regime intenso de chuvas. Contudo, isto necessita de maiores estudos e atualização da Política Nacional de Combate à Desertificação.

Mesmo assim, o Nordeste seco, apesar de não ter passado por mudanças de ordem climática recentes, já sofreu forte degradação pelas ações humanas que resultaram na exibição de pontos locais em que a degradação se dá de modo profundo. Estes são locais com paisagem degradada como altos pelados, que são interflúvios desnudos; salões, planícies fluviais salinizadas; vales e encostas secas coberta por caatinga esparsa e chão pedregoso; lajedos; áreas de paleo-dunas quaternárias com forte presença de xique-xique; topografias ruineformes e cornijas rochosas desnudas; colinas sertanejas superficialmente degradadas; chão pedregoso com fragmentos de quartzo e áreas degradadas por erosão linear que removem horizontes superficiais do solo (Ab' Saber, 1977).

No simbolismo desses recortes paisagísticos degradados, a existência de Núcleos de Desertificação se dá exatamente pela simbiose histórica de práticas e usos inadequados associados a ações produtivas, em grande parte pecuária e agricultura, que interagem negativamente com um ambiente ecologicamente frágil, que levam fundamentalmente ao declínio da qualidade ambiental (Perez-Marín *et. al.*, 2012).

Além desses Núcleos, uma informação importante do Semiárido Brasileiro, trata-se do mapeamento de áreas fortemente degradadas (Figura 3) realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2016), que denunciaram apontou marcadas pela ausência ou escassez de vegetação e não estão sendo utilizadas para a produção.

Figura 3: Áreas fortemente degradadas no Semiárido Brasileiro



Fonte: CGEE, (2016)

Territorialmente, essas áreas possuem 70.769,46 km² distribuídas ao longo do semiárido e da ASD. O Estado do Rio Grande do Norte é o que mais possui esse tipo de área equivalente a 12,87% de sua ASD em uma extensão de 6.689, 14 km². Seguido dos Estados do Ceará e Paraíba que estão entre os três territórios com a maior proporção de áreas degradadas.

Vis a vis essa conjuntura, é importante a emergência de estudos e ações de enfrentamento ao problema neste território, entendendo a desertificação como um problema igualmente complexo que compromete a capacidade de suporte dos geoambientes (Nascimento, 2015). E segundo Albuquerque *et. al.* (2020) o tratamento da problemática no cenário científico e institucional brasileiro, ainda perpassa por desafios de incentivo à pesquisa e de consolidação de ações preventivas e mitigadoras no âmbito de ações estaduais.

Indicadores de estudo da desertificação e as bacias hidrográficas como *locus* de análise

Nas discussões em torno da desertificação, foi lançada atenção especial às metodologias que pudessem ser utilizadas para identificação da desertificação e aferir o estado do problema nos lugares em que são vulneráveis. Entretanto, politicamente, em matéria de gestão, nunca houve a adoção de um sistema de indicadores unificado.

A maior parte dos indicadores criados, partem do entendimento de que estes proporcionam melhor conhecimento do processo de desertificação, pois permitem conhecer o grau da vulnerabilidade e análise comparativa de uma área em diferentes épocas, e áreas distintas na mesma época (Nascimento, 2013). Entretanto, reside a dificuldade da amplitude conceitual, pois se é uma degradação da terra implica necessariamente em uma amplitude de conhecimentos físicos, biológicos, hídricos e socioeconômicos, que por sua vez acende a necessidade de uma metodologia possível de compatibilizar tais dimensões (Matallo Junior, 2001).

Outra dificuldade está atrelada ao uso de indicadores socioeconômicos na análise do problema, que muitas vezes são incorporados sem critérios consistentes, haja vista a amplitude de variáveis socioeconômicas como renda, escolaridade, acesso a serviços entre outros, que não necessariamente tem relação direta com a degradação (Nascimento, 2013). A alternativa que se impõe é ter clareza da natureza metodológica e dos objetivos que se quer atingir, pois existem dois tipos: os métodos de estudos que são voltados para a elucidação das causas; e os métodos de identificação dos processos de desertificação que tem uma importância maior para a criação de políticas públicas e programas de pesquisa (Matallo Junior, 2001).

Nesse sentido, foram criados sistemas de indicadores para estudo e monitoramento do problema em várias partes do Mundo, ainda que não sejam universalmente aceitos como uma metodologia única, pela necessidade de aplicação, adaptação e validação destes. Destacam-se iniciativas apriorísticas no âmbito de eventos internacionais como a Conferência de Nairobi em 1977, *International Symposium and Workshop on Desertification: connecting science with community action*, na Universidade do Arizona em 1977 e Vasconcelos Sobrinho (1978). (Matallo Junior, 2001). E metodologias mais consistentes, como são os casos de Abraham e Beekman (2006), Instituto *Desert*, Matallo Junior.

No Brasil, quem primeiro se debruçou no tema de indicadores de foi Vasconcelos Sobrinho evidenciando o que chamou de núcleos de desertificação. Tendo como marco científico de discussão no território nacional, a realização do XVIII Congresso Internacional de Geografia no Rio de Janeiro em 1956 (Conti, 2008) e delineou junto as discussões na ONU um conjunto de indicadores para estudo dos núcleos de desertificação (Vasconcelos Sobrinho, 1978).

Tais indicadores dizem respeito àqueles aspectos fundamentais ao estudo do processo de desertificação em áreas em que essa degradação já está ocorrendo, portanto, direcionadas à averiguação da existência de Núcleos de Desertificação. Nesse rol, Vasconcelos Sobrinho (1978) delineou quinze indicadores organizados em três eixos temáticos: físicos, biológico-agrícolas e sociais. Segundo ele (1978, p. 8) “a desertificação é induzida através de processos físicos, biológicos e sociais, e assim se quisermos precisar o seu aparecimento, deveremos buscar indicadores correspondentes aos mesmos”.

Em nível internacional, mas com repercussão no Brasil, existe uma matriz de indicadores formuladas por Abraham e Beekman (2006) para a América do Sul e Caribe. Estes se destinam a análise da suscetibilidade dos ambientes à desertificação e estão organizados em três eixos:

abiótico, biofísico, socioeconômico e institucionais, abarcando um conjunto de quarenta e três indicadores.

Tais indicadores de suscetibilidade se caracterizam por desvelar os fatores de pressão, estado, impacto e resposta existentes no ambiente e que estão relacionados a degradação/desertificação. É esse modelo que tem caracterizado as pesquisas de desertificação no semiárido brasileiro mesmo com adaptações metodológicas e incorporação de técnicas de geoprocessamento que tem aprimorado esses indicadores e contribuído para a análise empírica do fenômeno no Brasil (Souza et al., 2023).

Nesse cenário teórico e metodológico do estudo da desertificação por indicadores, a bacia hidrográfica tem se apresentado como *locus* privilegiado e recorrentemente adotada para o estudo da desertificação. Isso por que são áreas dotadas de dinâmica geoambiental singular (Nascimento, 2013) sob a qual se dá a produção e gestão dos recursos hídricos em um contexto ambiental integrado (Carvalho, 2014, Brasil, 1977). Sendo fundamentais para o estudo de áreas degradadas e sua repercussão na dinâmica hidrológica que lhe é inerente (Araújo, Almeida e Guerra, 2010).

Isso é perceptível nos estudos de caso na produção científica brasileira no âmbito de teses e dissertações e artigos científicos. Nascimento (2003) investigou a degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Acaraú, no Ceará, destacando as áreas suscetíveis à desertificação e promovendo a bacia como unidade de planejamento a partir de zoneamento ecológico e econômico.

Adotando a bacia hidrográfica como *locus* de estudo, reside uma perspectiva recorrente na produção científica brasileira, que é a de aplicação de indicadores de suscetibilidade à desertificação. Nesse rol, se enquadram trabalhos como o de Barreto (2015) que analisou a disposição dos sistemas ambientais da sub-bacia do riacho Urubu-Mucum, no Ceará, através de indicadores geobiofísicos, constatando que a zonação climática semiárida, a manifestação de erosão e a estratificação da cobertura vegetal são os principais indicativos da degradação na área.

Sousa (2016) aplicou um conjunto de indicadores geobiofísicos e socioeconômicos na sub-bacia hidrográfica do Riacho Feiticeiro (Ceará) e na micro-bacia da Ribeira Grande em Santiago/Cabo Verde (África), nas quais a litologia pouco permeável, a baixa cobertura do solo pela vegetação, predominância de atividades econômicas primárias e traços de pobreza condicionam uma alta suscetibilidade dessas bacias à desertificação. Costa e Oliveira (2017) aplicou 6 indicadores geobiofísicos para avaliar a suscetibilidade à desertificação da sub-bacia hidrográfica do riacho Santa Rosa, entre os quais a alta declividade do relevo, a pouca espessura dos solos e a erosão preponderam. Já Souza et al., (2021; 2022) analisaram a suscetibilidade sub-bacia do riacho Figueiredo, também no Ceará, a partir das variáveis de solos, vegetação, relevo e clima como indicadores.

Nesse mesmo arcabouço metodológico, Souza (2023a; 2023b) aplicou indicadores geobiofísicos na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN. Partiram de um mapeamento e diagnóstico dos sistemas ambientais setorizados entre aqueles de estruturas cristalina e sedimentar. Na porção cristalina os indicadores que mais tornam a área suscetível são a litologia pouco permeável, a vulnerabilidade dos solos à erosão e a baixa cobertura vegetal. Ao passo que na porção sedimentar são a incidência da semiaridez, a vulnerabilidade à erosão e a baixa cobertura vegetal.

Outras pesquisas têm analisado a desertificação em bacias hidrográficas a partir de componentes da paisagem sem necessariamente sistematizar indicadores, como foi o caso de Alves et. al. (2018) que analisou a evolução espaço-temporal do albedo e da cobertura vegetal da superfície na bacia hidrográfica do alto curso do Rio Paraíba, constatando alta variabilidade em função dos totais pluviométricos da área. Enquanto que Soares, Nóbrega e Mota Filho (2017) avaliaram o percentual de solo exposto na bacia hidrográfica do Pajeú, em Pernambuco, constatando que mesmo em área suscetível à desertificação, essa classe atingiu índice inferior a 2%.

ÚLTIMAS COLOCAÇÕES

Com base na pesquisa bibliográfica empreendida fica notório que a desertificação é um problema complexo. A complexidade se dá não somente pela essência do fenômeno enquanto um problema multifatorial, mas também pela amplitude de definições conceituais formuladas ao longo do tempo. Mesmo assim, da formulação chancelada pela ONU, e seguida pela maioria dos autores, é possível reconhecermos a desertificação como uma degradação grave singularizada por 3 questões: 1) é possível de ocorrer em ambientes com clima árido, semiárido ou subúmido seco; 2) é oriunda de pressões humanas em ambientes com capacidade de suporte limitante; 3) sua ocorrência não depende de mudanças climáticas, mas pode ser potencializada por ela. Partindo dessa direção portanto, é possível estabelecer uma razão consensual em torno do fenômeno, *vis a vis*, a variedade de causas constadas empiricamente em vários países do mundo.

Outrossim, a realidade brasileira demonstra um dos quadros mais singulares de desertificação, uma vez que se manifesta sob duas escalas territoriais: primeiro – em escala macro – sob as ASD em que se verifica clima semiárido e subúmido seco; segundo, em proporções territoriais menores sob a forma de núcleos de desertificação, nos quais a degradação exhibe traços mais marcantes. Além disso, as áreas fortemente degradadas difusas em toda a ASD, mapeadas recentemente denuncia os variados níveis de degradação no semiárido brasileiro, onde está o Bioma Caatinga, sinalizando para uma agenda de pesquisa para se averiguar a ocorrência de desertificação nessas áreas, e comprovar ou não a existência de novos Núcleos de Desertificação.

Desse modo, a agenda pesquisa na desertificação é promissora e urgente, especialmente àqueles pesquisadores que caminham pelo viés dos estudos da natureza e vertente ambiental no Semiárido Brasileiro. A base conceitual já existe, e ainda que com dissonâncias, consolidada internacionalmente. Igualmente o arcabouço metodológico para estudar o fenômeno através de indicadores é bastante robusta oferecendo duas frentes de pesquisa: 1) averiguar os índices de suscetibilidade de áreas ao fenômeno e 2) constatar a ocorrência do processo que já ocorre em determinados setores. Tarefas, as quais, são importantes para subsidiar o planejamento e gestão ambiental considerando essa particularidade do semiárido, que é a desertificação, seja a nível de bacia hidrográfica, município, estado ou região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao financiamento do PROEX/CAPES, processo nº 0348/2021/23038.008387/2021-53: Programa de Excelência Acadêmica. Agradecemos também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. A problemática da desertificação e da savanização no Brasil. In: **Geomorfologia**. USP: São Paulo, 1977.
- ABRAHAM E. M.; BEEKMAN, G. B. **Indicadores de la Desertificación para América del Sur**. Editorial Martín Fierro. Mendoza: 2006.
- ARAÚJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2010. p. 320
- ALBUQUERQUE, D. S. *et al.* Cenário da desertificação no território brasileiro e ações de combate à problemática no Estado do Ceará. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Paraná, v. 55, Edição especial - Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens, p. 673-696, dez. 2020.
- ALVES, T. L. B. et al. Evolução espaço-temporal do albedo e da cobertura vegetal da superfície na bacia hidrográfica do alto curso do Rio Paraíba. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 66, p. 147-171, 2018.
- BARRETO, L. L. **Suscetibilidade ao processo de desertificação no Núcleo dos Sertões dos Inhamuns**: o caso da sub-bacia do riacho do Urubu – Mucuim – Arneiroz – CE. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. 152 p.
- BARBOSA, T. da C. S.; OLIVEIRA, V. P. V de. Áreas suscetíveis à desertificação no Ceará: aspectos ambientais dos municípios de Tauá - CE e Irauçuba – CE. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.8, n.7, 2022
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. PAN-BRASIL. Brasília: Edições MMA, 2005.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2022.
- CARVALHO A. P. I; AMORIM, R. R.; NERY, J.T. Orografia e sua influência para formação do núcleo desertificado nos Inhamuns. **Mercator**, Fortaleza, v. 22, 2023.
- CAETANO, F. A. de O. *et. al.* Desertificação na região dos Inhamuns: uma análise a partir de indicadores de pressão-estado-resposta. **Revista de Economia e Agronegócio – REA**, v. 19, n. 2, 2021.
- COSTA, L. R. F. da; OLIVEIRA, V. P. V. de. Sistemas ambientais e indicadores de desertificação: dinâmica das paisagens semiáridas na Sub-Bacia Hidrográfica do Riacho Santa Rosa. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 11, n. 2, p. 238-258, 2017.
- CONTI, J. B. O conceito de desertificação. **Climatologia e estudos da paisagem** – Vol. 3, n. 2. Rio Claro, 2008.
- CGEE. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília, 2016.
- CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da; (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006, p. 337-375.

FUNCEME. **Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação do núcleo I – Irauçuba/Centro-Norte.** Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. - Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015. 300p.

FUNCEME. **Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação do núcleo II – Inhamuns.** Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. - Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015, 290P.

GUERRA, M. D. F.; SOUZA, M. J. N. de.; LUSTOSA, J. P. G. A pecuária, o algodão e a desertificação nos sertões do médio Jaguaribe - Ceará/Brasil. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, vol. 11, núm. 25, 2012

IPCC. **Mudança do clima e da terra: sumário para formuladores de políticas.** Tradução: Brasil, 2020.

LUCENA, M. S. Aspectos ambientais das áreas susceptíveis à desertificação e características socioambientais do núcleo de desertificação do Seridó do Rio Grande do Norte (RN) e Paraíba (PB). **HOLOS**, Ano 35, v.5, 2019.

MATTALO JUNIOR, H. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas.** Brasília: UNESCO, 2001.

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

NASCIMENTO, F. R. do. **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste brasileiro: o contexto da bacia do rio Acaraú, Ceará.** Tese (Doutorado) 340f. Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

NASCIMENTO, F. R. do. Os semiáridos e a desertificação no Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, Brasil, v. 9, n.º 2, 2015.

NASCIMENTO, F. R. do. **O fenômeno da desertificação.** Goiânia: Ed. UGG, 2013.

NASCIMENTO, F. R. do. **Global environmental changes, desertification and sustainability.** Springer, Latin American Studies, 2023.

NIMER, E. Desertificação: realidade ou mito? **Revista brasileira de Geografia**, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, n. 1. Rio de Janeiro: IBGE, 1988. p. 7 – 40.

OLIVEIRA, V. P. V. de. Problemática da Degradação dos Recursos Naturais dos Sertões Secos do Estado do Ceará- Brasil. In: SILVA, J. B. et al. (Org.). **Litoral e Sertão: Natureza e Sociedade no Nordeste brasileiro.** Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. p. 209 - 232.

OLIVEIRA JUNIOR, I. Evolução do uso e cobertura da terra e vulnerabilidade ambiental nos núcleos de desertificação do bioma caatinga. **Caderno de Geografia** v.33, n.74, 2023.

PEREIRA NETO, M. C. **Predisposição à desertificação no núcleo Seridó (RN- Brasil): geocologia das paisagens semiáridas.** Tese (Doutorado), Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2016, 197p.

- PEREZ-MARIN, A. M. *et. al.* Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? **Parc. Estrat.**, 17(34), 87-106, 2012.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. Método Científico. In: Metodologia do trabalho científico. **Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. p. 24-39.
- REYNOLDS, J. F. A desertificação é prisioneira da história: um ensaio sobre por que jovens cientistas deveriam se preocupar. **Ecosystemas**, n. 3, 30, 2021
- RÊGO, A. H. **Os sertões e os desertos: o combate à desertificação**. Brasília: FUNAG, 2012.
- RIO GRANDE DO NORTE – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH). **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca no Estado do Rio Grande do Norte – PAE/RN**, 2010.
- RUBIRA, F. G. Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 26, n. 45, p. 134-150, 2016.
- SÁ, I. B. Degradação ambiental e reabilitação natural no trópico semiárido brasileiro. Fortaleza: **EMBRAPA**, 1994.
- SOARES, D. B.; NÓBREGA, R. S.; MOTA FILHO, F. de O. Mapeamento do percentual de solo exposto em área suscetível à desertificação em Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, Monte Carmelo, v. 69, n. 9, p. 1669-1676, 2017.
- SOUZA, I. B. de. Desertificação e dinâmica da cobertura vegetal: conhecimentos acumulados e desafios vigentes. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 42, 2023
- SOUZA, I. B. de. **Cariri paraibano: do silêncio do lugar à desertificação**. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, 2008, 198p.
- SOUZA, S. D. G. DE; SOUZA, A. C. N. DE; SOUSA, M. L. M. DE. A desertificação nas pesquisas de degradação ambiental no semiáridobrasileiro: uma revisão sistemática integrativa da literatura. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 41, 2023. p. 88 - 98
- SOUZA, S. D. G. de; SOUZA, A. C. N. de; SOUSA, M. L.M. de. Na interface do embasamento, solos e cobertura: a suscetibilidade à desertificação da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 31,n. 66, p. 682-701, 2021.
- SOUSA, M. L. M. de. **Susceptibilidade à Degradação/Desertificação na Sub-Bacia Hidrográfica do Riacho Feiticeiro (Ceará/Brasil) e na Microbacia da Ribeira Grande (Santiago/Cabo Verde)**. 2016. 215 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.
- VASCONCELOS SOBRINHO, J. **O grave problema ecológico da desertificação**. Recife, 1978.
- VERDUM, R et al (2002a) Desertificação: questionando as bases conceituais, escalas de análise e consequências. **GEOgraphia**, Revista de Pós-Graduação em Geografia do Departamento de Geografia da Universidade Federal Fluminense. Ano 3, n° 6, Niterói, UFF/EGG, pp 119–132, 2002.

TAVARES, V. C.; ARRUDA, I. R. P. DE; SILVA, D. G. DA. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 70, 2019, p. 385-405

WILLIAMS, V. J. A Case Study of Desertification in Haiti. **Journal of Sustainable Development**, Vol. 4, n. 3, 2011

UNCCD. **United Nations Convencion to Combat Desertification**. Disponível em: <
<https://www.unccd.int/>> Acesso em: jan. de 2022

ANÁLISE FITOGEOGRÁFICA DA SERRA DO ROSÁRIO, SOBRAL, CEARÁ

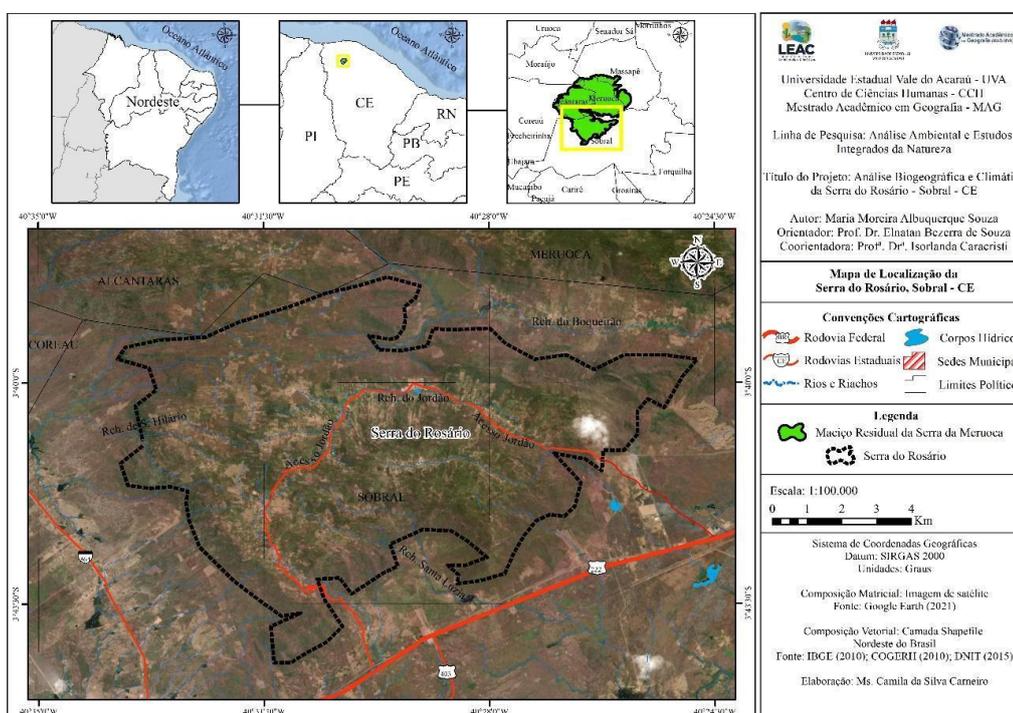
Maria Moreira Albuquerque Souza
Elnatan Bezerra de Souza
Isorlanda Caracristi

INTRODUÇÃO

A pesquisa apresenta como objetivo geral, realizar um estudo fitogeográfico na Serra do Rosário, Sobral, Ceará, e com esta, destacando os níveis de degradação da mesma. Com os objetivos específicos propõe-se: produzir dados primários biogeográficos de segmentos ambientais representativos da Serra do Rosário, com ênfase nos levantamentos fitogeográficos; identificar as áreas degradadas e preservadas e seus respectivos usos e ocupações ao longo dos segmentos analisados; proporcionar a compreensão a partir dos dados coletados no entendimento da designação da área ser uma serra seca.

A Serra do Rosário localiza-se entre os municípios de Sobral e Meruoca (Figura 1), possui uma elevação de aproximadamente 800m, situada na região noroeste do estado do Ceará, apresenta uma biodiversidade caracterizada, principalmente, por fragmentos de caatinga arbórea, apresentando uma parte bastante degradada pelas técnicas de subsistência, uso e ocupação do solo.

Figura 1. Mapa de Localização da Serra do Rosário, Sobral, Ceará.



Fonte: SOUZA, 2022.

A área em estudo está inserida no contexto do complexo geológico-geomorfológico do maciço da Meruoca, sendo localizada no sul do vale do Boqueirão, com isso resultando em duas vertentes: Meruoca Norte e Meruoca Sul ou Serra do Rosário.

O desenvolvimento da pesquisa possui a sua contribuição para a Ciência Geográfica e para o entendimento dos ambientes das Serras Secas na região noroeste do estado do Ceará, pois são considerados escassos diante da complexidade dos campos de atuação da ciência física.

Por outro lado, o estudo da área traz consigo um conjunto de dados espaciais georreferenciados e cartografados, ferramentas primordiais para auxiliar na tomada de medidas de políticas ambientais na Serra em estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Na execução da pesquisa foi necessário um amplo levantamento bibliográfico e documental em: livros, teses, dissertações, artigos, documentos governamentais, periódicos científicos, entre outros trabalhos acadêmicos para a composição do referencial teórico. Portanto, entre as leituras realizadas contamos a contribuição da dissertação de Freire (2020), Costa (2015). Destacamos os inscritos de Claudino-Sales (1993), Lima (2011), Alves (2010), também as obras de Ab'Saber (2003 e 2006), Sochava (1977), Tricart (1977) e Furlan (2005) que serviram como suportes iniciais para este trabalho.

Na coleta de dados florísticos foram necessárias as atividades de campo, tendo como fatores preliminares o andamento da pesquisa. Essas primeiras atividades tiveram como objetivo: a observação, o registro da ficha de campo com dados de altimetria, estabelecendo as coordenadas necessárias na aplicação do estudo. Registros contendo as características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, vegetacionais e de uso e ocupação foram essenciais no entendimento dos aspectos físicos da área.

Para a realização desse trabalho foi necessário a divisão da pesquisa em três etapas seguintes: 1) planejamento previamente estabelecido que acontece nos laboratórios LEAC (Laboratórios de Estudos Ambientais e Climáticos) e Herbário Professor Francisco José de Abreu Matos (HUVA), ambos da Universidade Estadual Vale do Acaraú, onde foram levadas amostras de plantas da área para análise 2) Execução de atividades de campo no registro e das descrições dos dados geoambientais. 3) Tratamento dos dados produzidos nos laboratórios apresentado na Etapa 1.

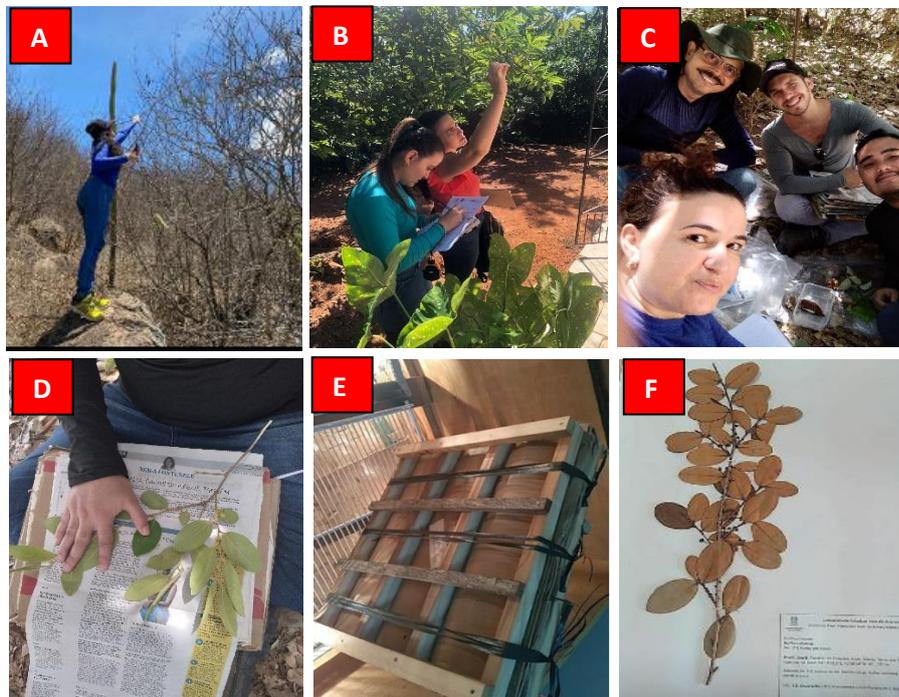
Para a descrição, levantamento e identificação da vegetação na área da pesquisa, nos baseamos em Figueiredo (1997) e de Freire (2020), onde são considerados onze unidades fitoecológicas para o Ceará, sendo elas: 1- Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, 2- Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Mata úmida), 3- Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Matas Secas), 4- Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea), 5- Caatinga Arbustiva Densa, 6- Caatinga Arbustiva Aberta, 7- Carrasco, 8- Floresta Perenifólia Paludosa Marítima (Mangues), 9- Floresta Mista Dicótilo-Palmácea (Mata ciliar de carnaúba, etc.), 10- Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa (Cerradão) e 11- Cerrado.

No processo de coleta de dados em campo e das informações bibliográficas, buscamos identificar e catalogar as espécies vegetais encontradas na área, e para isso utilizamos como base a comprovação científica por meio da coleta direta de Furlan (2005). Sendo assim, esses foram os passos aplicados e sugeridos pelo o autor que são:

- Observação e descrição da vegetação em uma área de estudo;
- Definição e aplicação de um método para levantamento florístico;
- Desenho do perfil de vegetação;
- Coleta de material de herborização;
- Identificação da planta.

Nas atividades de campo utilizamos a caderneta, onde foram feitas as anotações de dados das plantas coletadas com o número de coletor para cada espécie coletadas. Anotar as informações a respeito do seu nome, local da coleta e a data do procedimento (Figura 2). As amostras coletadas foram encaminhadas para o Herbário Professor Francisco José de Abreu Matos (HUVA).

Figura 2: Procedimentos de coleta e herborização de plantas na Serra do Rosário, Sobral, Ceará.



A-B: coleta; B-D: processo de prensagem das amostras; E-F: Exemplo de exsicata do Herbário HUVA. Fonte: Autora, 2023.

As anotações realizadas em campo com as características das espécies coletadas foram primordiais no seu processo de identificação. A herborização ocorreu em gabinete, que a partir do resultado da desidratação do material foi analisado sua denominação, local da predominância da espécie, altura, circunferência da planta, hábito, forma da árvore, disposição dos ramos, forma do tronco, tipo de base do tronco, características da casca, exsudação, coloração das flores, textura e cor dos frutos e odor.

Na identificação das espécies houve uma contribuição de forma significativa de alguns moradores dessa comunidade. Os levantamentos registrados foram em sua maioria pertencentes a propriedades privadas, que busca com por meio do reconhecimento das espécies nativas, a importância da preservação da cobertura vegetal que a serra apresenta.

Nas atividades de campo para os levantamentos de dados florísticos foram necessários alguns materiais como:

- Ficha e caderneta de campo,
- Caderno, lápis ou caneta e borracha - para registrar as informações inerentes a cada amostra coletada;
- Barbante (para amarrar a prensa);
- Jornais (para acondicionar as amostras coletadas)
- Papelão (medindo cerca de 35 x 28 cm para intercalar entre as folhas de
- Jornal que contém as amostras coletadas);
- Prensa (para prender as pilhas formadas pelos jornais contendo os exemplares intercalados com papelão)
- Tesoura de poda pequena (usado no corte de ramos a serem coletados);
- Sacos plásticos (para acondicionar amostras;
- Régua e lupa.

Na análise de dados pós – campo, onde houve a coleta das amostras de plantas em cada posto da pesquisa houve a tabulação e o tratamento dos dados. Nessa etapa, a identificação das plantas ocorreu com o uso de literatura especializada, por meio de sites especializados (Flora e Funga do Brasil e *SpeciesLink*) e por comparação com os materiais do acervo do Herbário HUVA.

Após a identificação das espécies, foram elaboradas listagens florísticas com a indicação da família, nome científico, nome popular, origem, incluindo endemismo e voucher. Espécies para as quais a coleta de amostras não foi possível, e cuja identificação em campo foi confirmada, tiveram como exsicatas de referência materiais preferencialmente provenientes do Maciço da Meruoca acessados a partir do banco de dados do *SpeciesLink*. Quando isso não foi possível, utilizaram-se materiais provenientes do município de Sobral.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

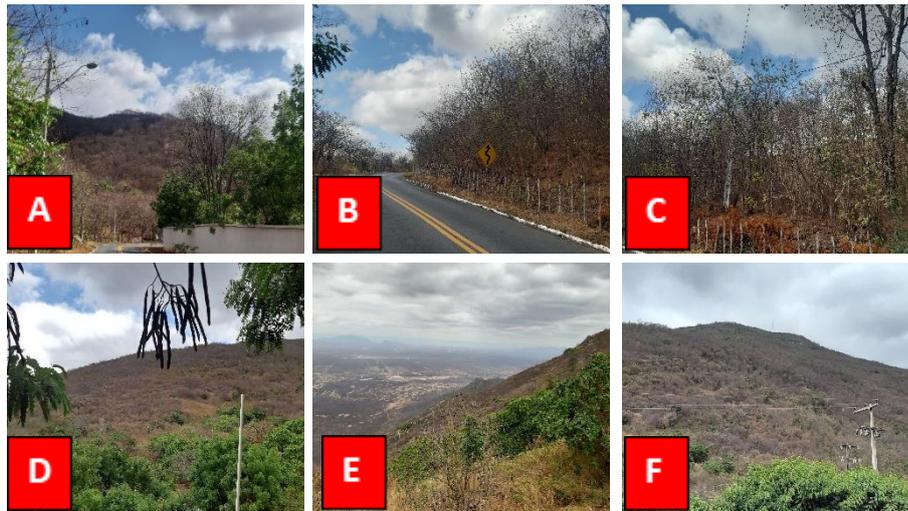
Segundo Furlan (2005), o estudo da cobertura vegetal pode ser realizado em diferentes escalas, tanto no âmbito de regiões fitogeográficas, como dos biomas, domínios, estratos da cobertura vegetal, micro-habitat, entre outros.

A fitogeografia na Serra do Rosário é vista assim como Freire (2020) observa a vegetação presente na serra da Penanduba, Frecheirinha, Ceará:

Podemos notar um aspecto presente em todas as regiões semiáridas, a questão da sazonalidade climática, especialmente com o fator da precipitação, podendo ser observada uma diferenciação na paisagem ao longo do ano (estação chuvosa e outra seca), a “metamorfose” das Caatingas” (FREIRE, p.84, 2020).

Nas atividades de campo foi possível observar uma expressiva diferenciação da flora na área da pesquisa, quando se comparam, principalmente, os setores mais baixos da serra com o seu topo. Nas áreas de cumeeira (topos), nas cotas altimétricas acima de 650 m de altitude, as condições topoclimáticas diferenciadas proporcionam uma sensação térmica mais baixa e mais umidade, o que propicia maior porte e densidade da vegetação, onde há muitas espécies do estrato arbóreo e do estrato arbustivo (Figura 3).

Figura 3: Aspectos gerais da vegetação nas áreas mais rebaixadas e no topo da Serra do Rosário, Sobral, Ceará.

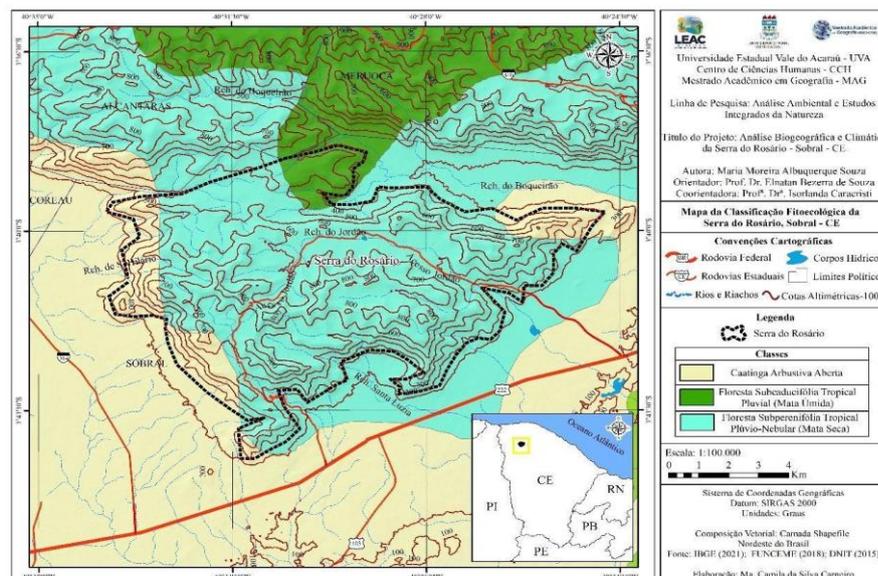


Fonte: Autora, 2023.

A Serra do Rosário apresenta em suas vertentes remanescentes de Mata Seca, conservada no topo e descaracterizadas nas áreas mais rebaixadas. Na serra há, também, áreas com Caatinga Arbórea (áreas rebaixadas), especialmente entre as cotas altimétricas de 400-500 metros, onde se destacam espécies, tais como *Myracrodruon urundeuva* (aroeira) e *Anadenanthera macrocarpa* (angico).

Nas visitas a campo foram catalogadas variadas espécies de plantas, nelas há uma predominância na sua composição florísticas de espécies nativas do bioma da caatinga. Essas espécies de plantas na área de estudo estão convivendo com as exóticas, especialmente em áreas mais degradadas. A existência de espécies exóticas invasoras na região causa uma grande preocupação na manutenção da biodiversidade local.

Figura 4: Unidades Fitoecológicas da Serra do Rosário, Sobral, Ceará.



De modo geral, entre as unidades fitoecológicas da Serra do Rosário (Figura 4), a Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata Seca) é a predominante, ao lado da Caatinga Arbustiva, e da Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Mata Úmida).

Primeiro Posto de Coleta e Observação (Cota altimétrica: 250 m)

Na cota altimétrica de 250 m foram registradas 30 espécies, contudo, priorizamos as análises e os levantamentos realizados das nativas, entre elas: a catingueira (*Cenostigma nordestinum*), angico (*Anadenanthera colubrina*), aroeira-do-sertão (*Astronium urundeuva*), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e jurema-branca (*Piptadenia retusa*). A relação das espécies identificadas está no primeiro posto está no quadro 1.

Quadro 1: Listas das principais espécies da flor identificadas na área na cota altimétrica de 250 m. Legenda: BRA = Endêmica do Brasil; CAA = Endêmica da Caatinga; EXN=Exótica Naturalizada; NAT=Nativa não – endêmica; AFBS= A.F.B Silva; EAC =Herbário Prisco Bezerra; EBS=E.B. Souza; MOTM=M.O.T. Menezes; OB=Observada em campo.

Família	Espécie	Nome popular	Hábito	Origem	Voucher
ACANTHACEAE	<i>Dicliptera ciliaris</i> Juss.		Erva	NAT	EAC 12090
ANACARDIACEAE	<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemão) Engl.	Aroeira-do-sertão	Árvore	NAT	EAC 29851
	<i>Spondias mombin</i> .L.	Cajazeira	Árvore	NAT	OB
CACTACEAE	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Mandacaru	Árvore	BRA	MOTM 165
CAPPARACEAE	<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	Feijão - Bravo	Árvore	NAT	EAC 9749
COMBRETACEAE	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Mofumbo	Arbusto	NAT	AFBS 38
FABACEAE	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico	Árvore	NAT	EAC 32227
	<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & G.P.Lewis	Catingueira	Arbusto	CAA	EBS 6923
	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	Jurema-preta	Arbusto	NAT	EBS 4829
	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	Sabiá	Árvore	CAA	AFBS 149
	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	Jucá	Árvore	BR	EAC 9792
	<i>Piptadenia retusa</i> (Jacq.) P.G.Ribeiro, Seigler & Ebinger	Jurema-branca	Arbusto	NAT	EBS 4329
SOLANACEAE	<i>Physalis angulata</i> L.	Balãozinho	Trepadeira	EXN	EBS 3925

Fonte: Organizado pelos autores a partir da metodologia desenvolvida no Herbário/ UVA.

Percebe-se que a jurema-preta foi umas das espécies nativas mais encontrada na comunidade de Mãe Rainha. É um tipo de arbusto encontrado da família das Leguminosas, muito comum no Nordeste brasileiro. *Mimosa tenuiflora* é uma espécie de áreas sujeitas a secas periódicas. Geralmente floresce entre os meses de agosto e novembro e suas frutas são entre setembro e janeiro.

Essa espécie ocorre preferencialmente em formações secundárias de várzeas com bom teor de umidade, de solos profundos, alcalinos e de boa fertilidade, aonde chega a crescer vigorosamente. Sua presença, com muitos espécimes, pode ser um indicativo de que a vegetação se encontra em processo de regeneração na área, uma vez que está associada aos estágios iniciais de sucessão da caatinga (MAIA, 2012).

Outra espécie muito encontrada no primeiro posto de coleta foi a catingueira, vista logo na subida na serra. Verificou-se que a catingueira ocorreu desde as partes mais secas até as áreas úmidas ao longo das cotas estudadas. Sua exploração é usada para fazer “estacas”, “moirões” e varas, na fabricação de carvão e lenha. As folhagens jovens servem como alimento para o gado (LIMA, 2011). A catingueira, assim como o sabiá, também presente na área, é uma planta típica e endêmica da caatinga, estando relacionada à caatinga *stricto sensu*, sendo uma espécie muito comum no noroeste do Ceará, com registros para Sobral, na Revis Pedra da Andorinha e na vegetação em contato com a mata ciliar do rio Acaraú (MAIA, 2012; NEPOMUCENO et al., 2023; SOUZA et al., 2022)

Além das nativas na área da pesquisa, foram registradas algumas espécies invasoras, como o melão-de-são-caetano. É uma trepadeira, da família das Cucurbitaceae e da espécie *Momordica charantia* L. É uma planta daninha de grande importância econômica em cafezais e pomares. Podem ser encontradas sobre alambrados, cercas e em terrenos baldios (ASSIS et al., 2015).

Mimosa caesalpiniiifolia, conhecido como sabiá, é muito presente nas nativas apresentadas na cota de 250 m. É considerada uma árvore do Nordeste brasileiro, medindo cerca de 4 a 8 metros de altura. No estado do Ceará essa espécie é explorada para produção de estacas e lenhas. Cresce preferencialmente em solos profundos. Plantado em solos férteis, ao término do terceiro ao quarto ano, já pode fornecer madeira para estacas para cercas. Tem apresentado bom desenvolvimento também em solos mais pobres (Ribaski, et al., 2003).

A jaitirana (*Ipomoea nil*) é uma espécie pertencente à família das Convolvulaceae, é considerada uma espécie invasora, sendo com maior frequência em áreas de produção agrícola. Espécie herbácea, anual e que se desenvolve em todo o país, ocupando áreas cultivadas onde cresce enrolando-se às plantas. No Brasil, foi encontrada em quase toda a extensão do país, com exceção dos Estados do Amapá e Roraima, estando associada a áreas da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (Flora do Brasil, 2020).

Ainda nesse posto há a presença da espécie *Oxalis divaricata* (azedinha). Pertencente a famílias das Oxalidaceae, é uma erva perene de porte herbáceo ou embora raro subarbustivo. Espécie herbácea a subarbustiva, perene e que se desenvolve nas regiões Centro-Oeste, Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil vegetando nos biomas caatinga, cerrado e Mata Atlântica, em áreas ocupadas por lavouras ou pastagens, hortas, pomares, terrenos baldios, margens de rodovias, entre outros locais antropizados (MOREIRA, et al., 2010).

Mesmo com a diversidade dos registros da vegetação das nativas na comunidade de Mãe Rainha, percebe-se que é uma área mais antropizada em relação aos outras apresentadas, e com isso o processo de uso e ocupação é mais intensificado. Contudo, é com isso que daí a

importância e a necessidade de pesquisas e da proteção o quanto antes das remanescentes ainda preservadas na área.

O que se percebe também que as altas temperaturas apresentadas na cota de 250 m, não esteja inteiramente relacionada somente a altitude, mas também influenciada pela a cobertura vegetal que a comunidade apresenta, muitos desses espaços com ocorrência de desmatamentos ou queimadas, o que justifica a ocorrência de algumas espécies pioneiras da caatinga, como a jurema-preta.

O eucalipto, da família das Myrtaceae, é uma árvore cultivada, e sua espécie é conhecida como *Eucalyptus* sp. É uma espécie cultivada muito comum, encontrada nas margens das estradas no posto de coleta 01. O Eucalipto é muito utilizadas na indústria da celulose, na exploração da madeira para fabricação de móveis e na produção de lenhas para o carvão, fator esse que explica o alto índice de sua exploração.

Segundo Posto de Coleta e Observação (Cota altimétrica: 449 m)

Na Comunidade de São José de Baixo foram encontradas mais representantes da vegetação nativa. Nesse levantamos encontramos a predominância do feijão-bravo (*Cynophalla flexuosa*), frei-jorge (*Cordia trichotoma*), gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*), catingueira (*Cenostigma pyramidale*), angico (*Anadenanthera colubrina*) e a Cajazeira (*Spondias mombin*). A relação das espécies identificadas no segundo posto está no quadro 2.

Quadro 2: Lista das principais espécies nativas da flora identificadas na área na cota altimétrica de 449 m.

Legenda: BRA = Endêmica do Brasil; CAA = Endêmica da Caatinga; NAT = Nativa não-endêmica; AFBS = A.F.B. Silva; EAC = Herbário Prisco Bezerra; EBS = E.B. Souza; MOTM = M.O.T. Menezes; OB = Observada em campo.

Família	Espécie	Nome popular	Hábito	Origem	Voucher
ACANTHACEAE	<i>Dicliptera ciliaris</i> Juss.		Erva	NAT	EAC 12090
ANACARDIACEAE	<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemão) Engl.	Aroeira-do-sertão	Árvore	NAT	EAC 29851
	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	Gonçalo-Alves	Árvore	NAT	EBS 28405
	<i>Spondias mombin</i> .L.	Cajazeira	Árvore	NAT	OB
ARECACEAE	<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E.Moore	Carnaúba	Palmeira	BR	OB
CAPPARACEAE	<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	Feijão - Bravo	Árvore	NAT	EAC 9749
CORDIACEAE	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Frei-Jorge	Árvore	NAT	EBS 4745

FABACEAE	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico	Árvore	NAT	EAC 32227
	<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & G.P.Lewis	Catingueira	Arbusto	CAA	EBS 6923
LYGODIACEAE	<i>Lygodium venustum</i> Sw.	Samambaia	Trepadeira	NAT	EBS 6921
MELIACEAE	<i>Cedrela cf. fissilis</i> Vell.	Cedro	Árvore	NAT	OB
SAPINDACEAE	<i>Talisia esculenta</i> (Cambess.) Radlk.	Pitombeira	Árvore	NAT	EAC 16038

Fonte: Organizado pelos autores a partir da metodologia desenvolvida no Herbário/ UVA

Além das espécies citadas acima, também podemos encontrar a aroeira-do-sertão na cota de 449 m. Apresenta-se como uma espécie de ampla distribuição, podendo atingir até 15 m de altura na Caatinga, ocorrendo preferencialmente em solos secos e rochosos (MAIA, 2012). Na região do semiárido brasileiro essa espécie é muito utilizada na medicina, onde suas cascas são utilizadas como anti-inflamatório. Por causa de seu amplo uso, especialmente como madeira, a aroeira está se tornando raro em muitos locais do semiárido brasileiro (MAIA, 2012).

Gonçalo Alves da espécie (*Astronium fraxinifolium*), é uma árvore brasileira a família das Anacardiaceae. Essa espécie possui madeira pesada (densidade de 1,09 g cm⁻³), compacta, rígida, de grande durabilidade sob condições naturais, o que a classifica como adequada para uso na construção civil e naval, na marcenaria, para confecção de dormentes a portas de fino acabamento, além de ser uma opção para o paisagismo por seu porte médio e beleza da copa (LORENZI, 1992).

É uma espécie arbórea, de comportamento decíduo. As árvores maiores atingem dimensões próximas a 25 m de altura e 60 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo), na idade adulta. Contudo, no Cerrado e na Caatinga, são encontrados exemplares com 3 m a 5 m de altura. A presença desta espécie na área, ao lado da aroeira, angico, cedro e frei-jorge, são indicadores de remanescentes de floresta estacional (Mata Seca).

Terceiro Posto de Coleta e Observação (Cota altimétrica: 633 m)

As espécies de cipaúba (*Combretum glaucocarpum*), catingueira (*Cenostigma nordestinum*), frei-jorge (*Cordia trichotoma*), mandacaru (*Cereus jamacaru*), e ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*) foram coletadas na comunidade de Croatá, onde fica a 633 metros de altitude. A relação das espécies identificadas no terceiro posto está no quadro 3.

Quadro 3: Lista das principais espécies da flora identificadas na área na cota altimétrica de 633 m. Legenda: BRA = Endêmica do Brasil; CAA = Endêmica da Caatinga; EXN = Exótica Naturalizada; NAT = Nativa não-endêmica; AF = A. Frazão; AFBS = A.F.B. Silva; EAC = Herbário Prisco Bezerra; EBS = E.B. Souza; MOTM = M.O.T. Menezes.

Família	Espécie	Nome popular	Hábito	Origem	Voucher
ANACARDIACEAE	<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemão) Engl.	Aroeira-do-sertão	Árvore	NAT	EAC 29851
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	Árvore	NAT	AF 181
CACTACEAE	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Mandacaru	Árvore	BRA	MOTM 165
CAPPARACEAE	<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	Feijão-bravo	Árvore	NAT	EAC 9749
COMBRETACEAE	<i>Combretum glaucocarpum</i> Mart.	Cipaúba	Árvore	NAT	AFBS 221
	<i>Combretum leprosum</i> Mart.	Mofumbo	Arbusto	NAT	AFBS 38
CORDIACEAE	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Frei-Jorge	Árvore	NAT	EBS 4745
FABACEAE	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico	Árvore	NAT	EAC 32227
	<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & G.P.Lewis	Catingueira	Arbusto	CAA	EBS 6923
	<i>Macropsychanthus grandiflorus</i> (Mart. ex Benth.) L.P.Queiroz & Snak	Mucunã	Trepadeira	CAA	EBS 6853
	<i>Piptadenia retusa</i> (Jacq.) P.G.Ribeiro, Seigler & Ebinger	Jurema-branca	Arbusto	NAT	EBS 4329
	<i>Senegalia cf. polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Jiquiri	Arbusto	NAT	EAC23046
RUBIACEAE	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	Espinho-de-judeu	Arbusto	NAT	AFBS 74
SAPINDACEAE	<i>Serjania glabrata</i> Kunth	Cipó-timbó	Trepadeira	NAT	EBS 3721

Fonte: Organizado pelos autores a partir da metodologia desenvolvida no Herbário/ UVA

Já no terceiro posto de coleta é muito comum a presença do feijão-bravo, espécie *Cynophalla flexuosa* é uma planta arbustiva, com até 5 m de altura, geralmente ramosa (MAIA, 2012).

Outra espécie muito encontrada neste posto foi o mufumbo (*Combretum leprosum*). Segundo Lorenzi (2002), é uma árvore **brasileira** nativa da **caatinga**, no Nordeste, desde o Piauí até a **Bahia**, e no **Pantanal** Matogrossense. A árvore chega a 15 m de altura, o tronco a 60 cm de **diâmetro** e sua copa é globosa. Na caatinga e no **cerrado** seco, seu tamanho é tão pequeno quanto um **arbusto**. As **folhas**, simples, são opostas, com pontuações brancas - daí o nome da espécie - em ambas as faces, nervação levemente saliente. As **inflorescências**, em **panículas** de ráceros terminais e axilares, têm flores ligeiramente amareladas. O fruto é uma **sâmara** alada, de cor palha. Outra planta da mesma família, a cipaúba (*C. glaucocarpum*), é uma espécie típica de florestas estacionais (Mata Seca), e sua ocorrência também foi registrada para a Serra da Penanduba, no mesmo nível altimétrico de 600 m (FREIRE, 2020).

Quarto Posto de Coleta e Observação (Cota altimétrica: 700 m)

Foram catalogadas nesta área uma grande e variedade de espécies nativas do bioma caatinga. Entre as espécies, destacam-se o violete (*Dalbergia cearensis*), mororó (*Bauhinia* cf. *cheilantha*), angico (*Anadenanthera colubrina*), aroeira-do-sertão (*Astronium urundeuva*), jurubeba-de-espinho (*Solanum rhytidoandrum*), barriguda (*Ceiba glaziovii*). Contudo, a existência e a variedade das plantas nativas estão relacionadas à preocupação com a conservação da fauna local. A relação das espécies identificadas no quarto posto está no quadro 4.

Quadro 4: Lista das principais espécies da flora identificadas na área na cota altimétrica de 700 m. Legenda: BRA = Endêmica do Brasil; CAA = Endêmica da Caatinga; EXN = Exótica Naturalizada; NAT = Nativa não-endêmica; EAC = Herbário Prisco Bezerra; EBS = E.B. Souza; HCC = H.C. Cutler; MOTM = M.O.T. Menezes.

Família	Espécie	Nome popular	Hábito	Origem	Voucher
ANACARDIACEAE	<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemao) Engl.	Aroeira-do-sertão	Árvore	NAT	EAC 29851
APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma castroanum</i> A.C.D. Castello	Piquiá	Árvore	CAA	EBS 6930
BIGNONIACEAE	<i>Fridericia platyphylla</i> (Cham.) L.G.Lohmann		Trepadeira	NAT	EBS 6929
CACTACEAE	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Mandacaru	Árvore	BRA	MOTM 165
	<i>Pilosocereus chrysostele</i> (Vaupel) Byles & G.D.Rowley	Facheiro	Arbusto	CAA	EBS 4846
	<i>Xiquexique gounellei</i> (F.A.C.Weber) Lavor & Calvente	Xique-xique	Arbusto	CAA	MOTM 166
CAPPARACEAE	<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	Feijão-bravo	Árvore	NAT	EAC 9749

EUPHORBIACEAE	<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Marmeleiro	Arbusto	NAT	EBS 3921
	<i>Dalechampia scandens</i> L.	Urtiga	Trepadeira	NAT	HCC 8084
FABACEAE	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico	Árvore	NAT	EAC 3227
	<i>Bauhinia cf. cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Mororó	Árvore	NAT	EAC 1656
	<i>Copaifera martii</i> Hayne	Copaíba	Arbusto	NAT	EBS 6928
	<i>Cratylia argentea</i> (Desv.) Kuntze	Cipó-de-macaco	Trepadeira	NAT	EBS 6925
	<i>Dalbergia cearensis</i> Ducke	Violete	Árvore	CAA	EBS 6813
	<i>Piptadenia retusa</i> (Jacq.) P.G.Ribeiro, Seigler & Ebinger	Jurema-branca	Arbusto	NAT	EBS 4329
	<i>Piptadenia retusa</i> (Jacq.) P.G.Ribeiro, Seigler & Ebinger	Jurema-branca	Arbusto	NAT	EBS 4329
	<i>Senegalia cf. polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Jiquiri	Arbusto	NAT	EAC 23046
	<i>Tephrosia cinerea</i> Pers.	Anil Bravo	Trepadeira	NAT	EBS 6824
MALPIGHIACEAE	<i>Diplopterys lutea</i> (Griseb.) W.R.Anderson & C.C.Davis		Trepadeira	NAT	EBS 5864
MALVACEAE	<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K.Schum.	Barriguda	Árvore	CAA	EAC 15083
RHAMNACEAE	<i>Gouania columnifolia</i> Reissck	-	Trepadeira	NAT	EBS 6850
SAPINDACEAE	<i>Serjania glabrata</i> Kunth	Cipó-timbó	Trepadeira	NAT	EBS 3721
SOLANACEAE	<i>Solanum rhytidoandrum</i> Sendtn.	Jurubeba-de-espino	Arbusto	NAT	EBS 6926

Fonte: Organizado pelos autores a partir da metodologia desenvolvida no Herbário/ UVA

No último posto de coleta, na comunidade de Desterro, notou-se uma riqueza relativamente maior de plantas endêmicas do Domínio Fitogeográfico da Caatinga, dentre as quais se destaca *Aspidosperma castroanum*, uma espécie recentemente publicada como endêmica dos estados do Ceará e Piauí, frequentemente relacionadas a locais de maiores altitudes, ocorrendo na região noroeste na Serra da Meruoca e no Planalto da Ibiapaba (CASTELLO et al., 2018).

Outra espécie de mata seca, endêmica do Brasil, especialmente no domínio da caatinga, é a barriguda (*Ceiba glaziovii*). Sua ocorrência nesta área é mais um indicativo de remanescentes de mata seca em locais de difícil acesso, geralmente em vertentes íngremes. Sua presença foi também constatada para outras serras secas do estado do Ceará, conforme registros de herbário (SpeciesLink, 2024).

Ao analisar as listas descritas acima, concluímos a riqueza florística que a Serra do Rosário apresenta, sendo a maioria constituída por espécies nativas encontradas em todos os postos de coleta da pesquisa. E a análise da composição florística indica, de fato, que temos uma serra seca.

Porém, apesar da variedade de espécies nativas, que devem ser conservadas, pode-se também perceber, em toda a área de estudo, a presença de algumas espécies que interferem na composição florística nativa e afetam a fauna daquela região. Como exemplo, citamos o nim indiano (*Azadirachta indica*).

Conhecida também como *amargosa*, uma espécie exótica, é vista em larga escala nas comunidades é preocupante, pois afeta a biodiversidade local, sendo encontrada em todos os pontos de coleta da pesquisa posto 1, 2 e 3. Estudos comprovam que o nim indiano é uma espécie que ameaça a fauna da Caatinga.

O que se percebeu nas atividades de campos que embora seja uma área de APA (Área de Preservação Ambiental), há uma grande incidência da retirada da vegetação, para fins de meio de sobrevivência, e que acontece de forma indiscriminada e sem orientações para o manejo adequado. O cultivo agrícola nessas áreas apresenta em enfileiras, distantes umas das outras, de forma perpendicular às curvas de níveis. Logo após o desmatamento, vêm as queimadas, deixando o solo totalmente descoberto. Assim, quando ocorrem as primeiras chuvas, que no sertão nordestino na maioria das vezes são torrenciais, o solo está desprotegido, desencadeando, portanto, a erosão pluvial.

A prática da agricultura é muito comum em terrenos particulares (especialmente nos quintais dos moradores) na serra do Rosário. O tipo de cultura mais comum nessa região é classificado como temporário, dentre elas estão o milho, o feijão e o arroz. São cultivadas de forma rudimentar e até indiscriminada. Primeiro é feito o desmatamento e depois a queimada e, quando caem as primeiras chuvas, é feito o plantio, em sentido perpendicular às curvas de níveis, o que facilita a perda de nutrientes e das camadas superiores do solo (CLAUDINO-SALES, 1993).

Nas áreas mais rebaixadas da serra do Rosário percebe-se a incidência de fogos, sendo este um dos grandes problemas ambientais que o local apresenta. Contudo, uma ação altamente destruidora para a flora e a fauna de toda a região. Além do problema de destruir a vegetação com impactos ambientais imensuráveis, há que se ressaltar que o clima seco de várias regiões do Brasil em algumas épocas do ano, caso do bioma Caatinga, acaba tornando propício o alastramento do fogo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na execução da pesquisa conclui-se que não há dúvidas sobre a necessidade de aprofundar os estudos sobre as espécies existentes no bioma caatinga, ressaltando-se a importância da sua proteção e do manejo sustentável para a manutenção do funcionamento natural de todo o ecossistema.

O levantamento florístico da Serra do Rosário poderá contribuir com o manejo sustentável, visando a proteção de espécies vegetais nativas e a necessidade de sua preservação tendo em vista o equilíbrio ecológico no contexto do semiárido.

As serras secas possuem grande riqueza ambiental, e, portanto, requerem mais atenção nos trabalhos acadêmicos, especialmente quando comparadas às serras úmidas. São ambientes que precisam de uma total atenção dos órgãos ambientais, pois se tornam refúgios para a fauna, incluindo algumas espécies ameaçadas, e também por conter espécies da flora apresentando bom estado de conservação.

A preservação de todos os componentes geoambientais apresentados na serra é algo de grande importância, pois apresenta uma beleza e exuberância florística da vegetação da caatinga, admiravelmente nos períodos chuvosos com visão privilegiada de uma parte da depressão sertaneja.

Houve diferenciação na fisionomia vegetacional nos quatro postos de coleta da pesquisa. Embora haja maior riqueza de espécies nativas na composição, notamos a presença de algumas espécies exóticas, algumas invasoras, em toda a região da serra do Rosário. Nesse caso, podemos destacar, e de forma preocupante, a predominância das *Azadirachta indica* A. Juss., conhecida como nim-indiano.

Contudo, é de grande interesse ambiental a prática da conservação de espécies nativas na área. Com isso, podemos citar a espécie *Mimosa caesalpinifolia* Benth., popularmente conhecida como sabiá, uma árvore brasileira encontrada nos quatro postos de coleta da pesquisa.

Entretanto, de forma provocativa, propomos a obtenção de políticas de controle dessas espécies por órgãos ambientais e a conscientização de moradores das comunidades a conservação e plantio de árvores nativas.

A atividade exercida pelos moradores das comunidades é a agricultura de subsistência, onde percebemos que algumas delas apresentam maiores índices dessa cultura. Sendo assim, essa é vista como a maior problemática ambiental encontrada na área, pois ainda são utilizadas técnicas agrícolas que prejudicam o meio ambiente.

É dever dos órgãos ambientais a função de elaborar propostas ou projetos que se direcionam ao manejo sustentável das Áreas de Proteção Ambiental (APA), que ao invés de fiscalizar, ocorram a orientação de atividades econômicas onde conserve a diversidade ambiental dessas áreas e a manutenção do equilíbrio ecológico.

Há uma grande necessidade das políticas governamentais de incentivar a criação de Unidades de Conservação nesses ambientes como alternativa de se chegar a uma sustentabilidade, reduzindo os problemas ambientais encontrados principalmente nas serras da Mesorregião Noroeste do estado do Ceará.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PROP GEO), à equipe do Laboratório de Estudos Ambientais e Climáticos (LEAC) e do Herbário Professor Francisco José de Abreu Matos (HUVA) da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo suporte financeiro através do projeto BP5-0197 00136.01.05/23.

REFERÊNCIAS

AB SÁBER, A. N. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AB' SABER, A. N. **Brasil Paisagens de exceção, o litoral e o Pantanal Mato-Grossense: Patrimônios básicos**. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2006.

ALVES, N. M. de S. **Análise Geoambiental e socioeconômica dos municípios costeiros do Litoral Norte do Estado de Sergipe –diagnóstico como subsídio ao ordenamento e gestão do território** / – São Cristóvão, 2010. 2 v.: il.

ASSIS, J.P.; SOUSA, R.P.; LINHARES, P.C.F.; PEREIRA, M.F.S.; MOREIRA, J.C. **Avaliação biométrica de caracteres do melão de São Caetano (*Momordica charantia* L.)**. Revista brasileira de plantas medicinais, Botucatu, v.17, n.4, p.505-514, Dec. 2015.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1977. P.351

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. Caderno de Ciências da Terra, São Paulo, n. 13, p. 1-27, 1971.

BRANDÃO, R. L. **Geodiversidade do estado do Ceará** / Organização. Ricardo de Lima Brandão e Luís Carlos Bastos Freitas – Fortaleza: CPRM, 2014.

CARACRISTI, I. Processo de Desertificação no Nordeste Brasileiro. Sobral, Revista da Casa da Geografia de Sobral, v. 8/9, n. 1, p. 49-61, 2006/2007.

CASTELHANO, F.; ROSEGUINI, W. **A utilização de Policloreto de Vinila (PVC) na construção de Mini-abrigos meteorológicos para aplicação em campo**. Revista Brasileira de Climatologia, v.9, p.48-55, 2011.

CASTELLO, A. C. D., A. S. S. Pereira, W. Marcondes-Ferreira, A. O. Simões, and I. Koch. 2017. (2523) **Proposal to conserve the name *Conoria cuspa* (*Aspidosperma cuspa*) against *Aspidosperma bicolor* (*Apocynaceae*)**. Taxon 66: 753–754

CLAUDINO-SALES, V. **Megageomorfologia do Estado do Ceará: História da Paisagem Geomorfológica**. Novas Edições Acadêmicas, 2016.

CLAUDINO-SALES, V. **Sistemas Naturais e Degradação sócio-ambiental no Estado do Ceará**. In: Forum Cearense de Desenvolvimento e Meio Ambiente. (Org.). DIAGNÓSTICO

SÓCIO-AMBIENTAL DO ESTADO DO CEARÁ. 1ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil-BNB, 1993, v. 1

CLAUDINO-SALES, V. PEULVAST, J. P. **Evolução morfoestrutural do relevo da margem continental do estado do Ceará, nordeste do Brasil.** In: Revista Caminhos de Geografia. v. 7 nº 20. 2007.

CONTI, J. B. **A Geografia Física e as relações sociedade-natureza no mundo tropical.** In: CARLOS, A. F. A. (Org.) Novos caminhos da Geografia. São Paulo: Contexto, 1999. p. 9-26.

COSTA, J. S. **Análise geoambiental da Serra da Penanduba (Coreaú/Frecheirinha): bases geográficas voltadas à criação de unidades de conservação.** Sobral/CE: UVA. Dissertação (Mestrado em Geografia). 2015.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina.** Curitiba, 1988. 113 p. (EMBRAPA-CNP. Documentos, 21). Elaborado por: A. A. Carpanezzi, J. C. D. Pereira, P. E. R. Carvalho, A. Reis, A. R. R. Vieira, E. Rotta, J. A. Sturion, M. de J. Rauen, R. A. S. Silveira.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná.** Brasília, DF: EMBRAPA-DDT; Curitiba: EMBRAPA-CNP. Documentos, 17). Elaborado por: A. A. Carpanezzi, J. C. D. Pereira, P. E. R. Carvalho, A. Reis, A. R. R. Vieira, E. Rotta, J. A. Sturion, M. de J. Rauen, R. A. S. Silveira.

FERNANDES, A. **Fitogeografia Brasileira - Fundamentos Fitogeográficos: Fitopaleontologia, Fitoecologia, Fitossociologia, Fitocorologia.** 1ª Parte - 3ª ed. Revisada. Fortaleza, Edições UFC, 2007.

FIGUEIREDO, M.A. 1997. **A cobertura vegetal do Ceará (Unidades Fitoecológicas).** : Atlas do Ceará. Governo do Estado do Ceará; IPLANCE, Fortaleza.

FLORA DO BRASIL 2020 [em construção]. Convolvulaceae. 2018. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/index?tid=93&mode=5> (acesso em 11-VIII-2016). » <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/index?tid=93&mode=5>

FREIRE, R. N. L. **Estudo biogeográfico da Serra da Penanduba como base científica à implantação do corredor ecológico Meruoca – Ibiapaba (Ceará, Brasil).** Sobral/CE: UVA. Dissertação (Mestrado em Geografia). 2020.

FREIRE, R. N. L.; CARACRISTI, I. **Serra Da Penanduba: A Biogeographical Study focused on The Brazilian SemiArid Dry Forest.** INTERNATIONAL JOURNAL OF HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCE (ONLINE), v. 9, p. 107-118, 2020.

FURLAN, S. A. **Técnicas de Biogeografia.** In: VENTURI, L. **Praticando geografia: técnicas de campo e laboratório.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p. 99-130.

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P. de; BARBOSA, M. R. de V.; NETA, A. L. B.; FIGUEIREDO, M. A. **Espécies endêmicas da caatinga**. In: SAMPAIO, E. V. S. B. GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. Vegetação e flora da caatinga. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2002. cap. 2, p. 11-24.

LIMA, B. G. **Caatinga: espécies lenhosas e herbáceas**. /Bráulio Gomes de Lima. Mossoró – RN: EdUfersa, 2011.

LIMA, E. C. **A importância das serras cristalinas no semiárido do Nordeste, especialmente no Ceará-Brasil**. Revista da casa da Geografia de Sobral (RCGS), Sobral – CE, v. 16, n. 1, p. 89 – 100, 2014. www.uvanet.br/rcgs.

LOURENÇO, B. F. M.; CARACRISTI, I. **Uso dos recursos naturais: desafios das populações do entorno do Parque Nacional de Ubajara (CE)**. Revista de Geociências do Nordeste, v. 02, p. 1280-1288, 2016.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.

MAIA, G. N. **Caatinga - árvores e arbustos e suas utilidades**. 1. ed. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413 p.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades/ Gerda Nickel Maia**. Fortaleza: Printcolor Gráfica e Editora, - 2ª. ed. 2012. 413p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. Tese de livre-docência apresentada a Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

MOREIRA, Henrique José da Costa. **Manual de Plantas Infestantes: hortifrúti**. Bragança – São Paulo. FMC: Agricultural Products, 2011.

MOURA, M. S. B. et al. **Clima e água de chuva no Semiárido**. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007.

MÜLLER, P. **Aspects of Zoogeography**. Hague: Junk, 1974.

NEPOMUCENO, A. et al. Does the carnauba-palm riverine vegetation constitute a different type of plant community in the Brazilian semiarid? An analysis of the floristic composition. **Rodriguésia**, 74, e00702022. 2023.

RIBASKI J.; LIMA.P.CF.; OLIVEIRA, V.R.; DRUMOND, M.A. **Sabiá (*Mimosa caesalpiniae – folia*) – árvore de múltiplo uso no Brasil**. Embrapa, comunicado Técnico. 2003.

SOTCHAVA, V. B. (1977). **O estudo de Geossistemas**. São Paulo, Instituto de Geografia da USP. 51 p.

SOUZA, E.B. et al. Flora and physiognomy of *Caatinga* vegetation over crystalline bedrock in the northern *Caatinga* domain, Brazil. **Rodriguésia** 73: e01252021. 2022.

TRICART, J. (1977). Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE-SUPREN (Recursos Naturais e Meio Ambiente).