



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE

KATARINA ROMÊNIA PINHEIRO NASCIMENTO

ANÁLISE DA VEGETAÇÃO NATIVA NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO
CABROBÓ: ferramentas para a conservação da Caatinga

Recife

2020

KATARINA ROMÊNIA PINHEIRO NASCIMENTO

**ANÁLISE DA VEGETAÇÃO NATIVA NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO
CABROBÓ: ferramentas para a conservação da Caatinga**

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

Área de concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Josiclêda Domiciano Galvínio

Coorientador: Prof. Dr. Marccus Alves

Recife

2020

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB4-1291

N244a Nascimento, Katarina Romênia Pinheiro.

Análise da vegetação nativa no Núcleo de Desertificação Cabrobó : ferramentas para a conservação da caatinga / Katarina Romênia Pinheiro Nascimento. – 2020.
148 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Josiclêda Domiciano Galvêncio.

Coorientador: Prof. Dr. Marccus Alves.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Recife, 2020.

Inclui referências e apêndices.

1. Meio ambiente. 2. Caatinga. 3. Degradação ambiental. 4. Desertificação. 5. Sensoriamento remoto. I. Galvêncio, Josiclêda Domiciano (Orientadora). II. Alves, Marccus (Coorientador). III. Título.

363.7 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2020-161)

KATARINA ROMÊNIA PINHEIRO NASCIMENTO

**ANÁLISE DA VEGETAÇÃO NATIVA NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO
CABROBÓ: ferramentas para a conservação da Caatinga**

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

Aprovada em: 11 / 03 / 2020.

Profa. Dra. Josiclêda Domiciano Galvêncio – Orientadora
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Profa. Dra. Vlândia Pinto – Examinador interno
Universidade Federal do Ceará – UFC

Profa. Dra. Maria de F. de A. Lucena – Examinador externo
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Dr. Jefferson Rodrigues Maciel – Examinador externo
Jardim Botânico do Recife – PCR

Dr. Tiago Henrique de Oliveira – Examinador externo
Porto Digital – PCR

À minha filha Maria Sophia para que um dia ela possa ler minha tese e saber que foi a
minha maior inspiração.

Com amor, dedico

AGRADECIMENTOS

Foi um longo caminho até chegar neste dia especial, onde primeiramente agradeço a Deus por ter permitido este momento me dando forças e paciência com os problemas que surgiram; sabedoria e perseverança em continuar seguindo em frente com positividade.

À Universidade Federal de Pernambuco agradeço pela minha formação profissional e pessoal ao longo de 10 anos. Ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-PRODEMA agradeço a oportunidade de me integrar com áreas desconhecidas que engrandeceram minha formação.

Agradeço aos professores do PRODEMA por contribuir com o conhecimento, aos funcionários da secretaria, em especial a Solange pela agilidade e disposição em auxiliar nos processos burocráticos.

À FACEPE pela bolsa concedida, tornando possível, além das coletas, as participações em congressos e os custos com a tese.

Às empresas que acreditaram no projeto e financiaram a maior parte deste trabalho. Agradeço imensamente à Bússola Soluções Ferroviárias em nome de Adlan Alexandre, à Econsultoria Meio Ambiente e Engenharia em nome de Paulo Borba, à Priori Soluções Ambientais e Segurança do Trabalho em nome de Felipe Gomes e como pessoa física agradeço ao biólogo e advogado Gilberto Cavalcanti. Sem o patrocínio destes envolvidos seria impossível realizar qualquer coleta de dados em campo. Gratidão eterna!

À Bióloga Marlene Barbosa curadora do Herbário Geraldo Mariz (UFP) pelo livre acesso as dependências do herbário e consulta ao acervo que foram fundamentais na execução do projeto pós-campo.

Ao Prof. Dr. Marcelo Moro por toda solicitude e tempo emanado ao trabalho. Agradeço por ter me recebido na Universidade Federal do Ceará onde pudemos trocar várias ideias durante um estágio, no qual este período foi fundamental para a elaboração da tese e entendimento sobre a Caatinga.

Aos taxonomistas Anderson Alves-Araújo (Sapotaceae), André Laurênio (Euphorbiaceae), Álvaro Nepomuceno (Rubiaceae), Ariclens Araújo (Aristolochiaceae), Bruno Sampaio Amorim (Malvaceae s.l.), Camila Alcântara (Acanthaceae e Boraginaceae), Elisabeth Córdula (Leguminosae), Géssica Costa (Cucurbitaceae), James Lucas Costa (Oxalidaceae), Jefferson Rodrigues Maciel (Bromeliaceae e Poaceae), Márcio Bazante (Annonaceae), Maria de Fátima de Araújo Lucena (Euphorbiaceae), Maria Teresa Buril (Convolvulaceae), Swami Costa (Bignoniaceae), Thales Coutinho (Apocynaceae), Tiago Arruda Pontes (Araceae) e Valéria Silva Sampaio (Solanaceae) pela colaboração nas revisões de identificação das espécies.

Ao Prof. Dr. Marccus Alves pela colaboração na orientação, por todos os incentivos quando mais uma vez me abriu as portas do Laboratório de Morfo-Taxonomia Vegetal, sendo fundamental para a logística do trabalho. Obrigada por me acompanhar no campo e checar o andamento do projeto de forma tão cuidadosa. Sinto-me muito grata por ter sido sua aluna desde a graduação, onde tive muitas oportunidades de crescimento, e por sempre nos fazer acreditar que podemos ir além.

À minha orientadora Josiclêda Galvêncio pela oportunidade de trabalhar e conhecer mais sobre o sensoriamento remoto, no qual se tornou um desafio em minha formação. Agradeço por mesmo atuar em área diferente permitir que eu executasse o projeto como idealizei desde o início. Obrigada por tudo.

Agradeço aos colegas do Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento-SERGEIO pelo auxílio com mapas e manuseio de programas que apenas no doutorado pude conhecer. Obrigada a Carlos Lima, Elisabeth Alves, Joélia da Silva, Valéria Costa e Rodrigo Miranda. Também sou grata aos integrantes do Laboratório de Morfo-Taxonomia Vegetal pela convivência onde passei a maior parte do tempo trabalhando. Em especial agradeço a Aline Melo, Arthur Macêdo, Danielly Lucena, Felipe Martins Guedes e Regina Carvalho pela amizade que construímos ao longo dos anos, onde pude contar em muitos momentos de dificuldade. Obrigada!

Ao amigo Rafael dos Santos Dantas por compartilhar tantos momentos de aflição e alegrias com o trabalho e com a vida. Grata também por sua contribuição com a tese realizando a formatação do arquivo e dúvidas sobre estatística.

Agradeço ao amigo Marcos Ubiratan Leite e sua família pela receptividade e acolhimento quando iniciei meu campo após muitos anos afastada da academia. Essas pessoas foram fundamentais também para que o projeto fosse realizado.

Aos proprietários da Fazenda Queimadas em nome de Jozibel Carvalho e seu irmão Glicério Pereira Barros por gentilmente permitirem o livre acesso em suas áreas em Carnaubeira da Penha e por todo apoio logístico que recebi desde o primeiro contato para execução do projeto. Agradeço imensamente ao Sr. Quinô (Joaquim Barros, in memoriam) por sua paixão pela Caatinga e o desejo que alguém estudasse “os matos” dele na Fazenda Queimadas. Missão cumprida e desejo que em algum outro plano o senhor esteja satisfeito! Agradeço aos meus auxiliares Cícero e João por me mostrarem que Carnaubeira da Penha é uma terra linda com pessoas de garra e corações enormes. A todos dessa terra, muito obrigada por fazerem eu me sentir abraçada quando estive longe, sozinha e com saudades de casa.

Aos meus grandes amigos Gilberto Cavalcanti, João Neto, Marciel Oliveira e Paulo Borba meus sinceros agradecimentos por toda cumplicidade, companheirismo e tantos momentos de descontração

que ajudaram a suavizar o cansaço. Vocês são incríveis!

Às amigas Daniela Gomes e Nivia Maria agradeço por todas as palavras de apoio em momentos difíceis, sempre me incentivando a seguir em frente com muita fé que tudo daria certo, e deu!

Aos meus familiares Joana D'arc, Lucas Nóbrega, Maitê Pinheiro, Maria Luiza Pinheiro, Rosilda Finizola e Sônia Maria (in memoriam) por sempre torcerem por mim e me apoiarem com tanto amor e dedicação.

Aos meus pais Nilza e Ronaldo a quem tenho a maior admiração do mundo! Obrigada por me impulsionarem em acreditar que nós também podemos ter educação de qualidade. Obrigada por fazerem o impossível para que eu conquistasse esse momento e ser exemplo de que na luta diária podemos conquistar nossos sonhos de forma digna. Amo vocês! Ao meu irmão Plínio por sempre estar na torcida para que tudo dê certo. À minha irmã Paula por ter sido meus dois braços nessa jornada. Quantas idas e vindas com documentos ao PRODEMA, quantos problemas enfrentados e conquistas que vibramos juntas. Gratidão eterna!

Ao meu esposo Almir por simplesmente tudo! Obrigada por existir na minha vida e por compartilhar comigo tantos momentos inesquecíveis, mas principalmente por seguir ao pé da letra o significado de companheirismo. Obrigada por me apoiar incondicionalmente em todos os momentos com tanta paciência, amor e zelo. Amo você!

À minha filha Maria Sophia por suportar com tanta independência meus vários momentos de ausência, mesmo estando dentro de casa, sempre sendo tão companheira. Obrigada por através de sua doçura e tantos sorrisos me fazer acreditar que um mundo melhor pode existir e por ser uma criança já cheia de objetividade. Sinto-me presenteada em ter você como filha! Este final de ciclo é inteiramente dedicado a você, meu grande e infinito amor!

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para o encerramento deste ciclo.

Obrigada a todos!

Vence quem resiste!

Carvalho (2017)

RESUMO

A Caatinga é uma das mais expressivas florestas secas no mundo, ocupa uma extensa área da região semiárida no Nordeste do Brasil e se entende até o norte de Minas Gerais. Sua heterogeneidade de ambientes proporciona uma elevada diversidade vegetacional que é constantemente ameaçada e degradada formando os Núcleos de Desertificação, cuja recuperação dessas áreas não é realizada de maneira ágil devido à sua extensão e a falta de informação. O Sensoriamento Remoto por meio dos Índices de Vegetação aponta o nível de degradação, onde associado aos estudos florístico e fitossociológico se tornam ferramentas precisas para o diagnóstico da vegetação de Caatinga. Desta forma, este trabalho teve como objetivo analisar a dinâmica da vegetação de uma área de Caatinga localizada no Núcleo de Desertificação Cabrobó, através de inventário fitossociológico associado ao Sensoriamento Remoto. Foi selecionado como área de estudo o município de Carnaubeira da Penha, localizado no Núcleo de Desertificação Cabrobó. Foram utilizadas imagens dos satélites *Landsat 5* e *8* para o Índice da Área Foliar, associado a 1 ha da vegetação por meio de levantamento florístico e fitossociológico. Todas as plantas lenhosas com Diâmetro ao Nível do Solo ≥ 3 cm foram quantificadas e identificadas ao nível específico. As imagens de satélite mostraram que o município apresentou variação da cobertura vegetal associada ao efeito da sazonalidade com correlação de Pearson de 70%. A área foi classificada como caatinga sensu stricto e de elevada diversidade florística com 172 espécies e 54 famílias. 20 táxons foram registrados como ameaçados de extinção e 31 endêmicos, demonstrando que a área embora pertença a um Núcleo de Desertificação, abriga um potencial conservacionista. Seguindo o padrão florístico da Caatinga, Fabaceae e Euphorbiaceae foram as famílias de maior riqueza com 15 e 12 espécies, respectivamente. A densidade absoluta foi de 1109 ind ha^{-1} , área basal de $10.58 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ e índice de diversidade de Shannon-Weinner de $2.43 \text{ nats ind}^{-1}$, considerado acima da média para áreas degradadas e mais compatível com os valores registrados para áreas conservadas..

Palavras-chave: Semiárido. Florística. Degradação ambiental. Sensoriamento remoto. Desertificação.

ABSTRACT

Caatinga is one of the most expressive dry forests in the world, occupies an extensive area of the semiarid region in northeastern Brazil and extends to the north of the state of Minas Gerais. Its heterogeneity of environments provides a high degree of vegetation diversity. However, the degradation of Caatinga through the removal of vegetation cover accelerates the process of environmental degradation forming Desertification Nuclei. Often the restoration of these areas is not performed effectively due to lack of information about the vegetation. To assist the monitoring of large areas Remote Sensing through Vegetation Indexes can indicate the degradation level, where associated with floristic and phytosociological studies can become reliable tools for the diagnosis of Caatinga vegetation. Thus, this work aimed to analyze the vegetation cover of a fragment inserted in the Cabrobó Desertification Center, in the interior of Pernambuco, as a basis for future environmental recovery projects in desertification centers. Carnaubeira da Penha municipality was selected as study area through Landsat 5 and 8 satellite images using the Leaf Area Index, associated with 1 ha of vegetation by a floristic and phytosociological survey. All woody plants with $DBH \geq 3$ cm were quantified and identified at a specific level. Satellite images showed that the municipality presented vegetation cover variation associated with the effect of seasonality with Pearson correlation of 70%. The area was classified as caatinga strict sensu and of high floristic diversity with 172 species and 54 families. 20 taxa were recorded as endangered and 31 as endemic, demonstrating that the area, although belonging to a desertification nucleus, has a conservation potential. Following the Caatinga floristic pattern, Fabaceae and Euphorbiaceae were the richest families with 15 and 12 species, respectively. The absolute density was 1109 ind ha^{-1} , basal area of $10.58 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ and Shannon-Weinner diversity index of $2.43 \text{ nats ind}^{-1}$, considered above average for degraded areas and more compatible with the values recorded for conserved areas.

Keywords: Semiarid. Floristic. Ambiental degradation. Remote sensing. Desertification.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1	O PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO	16
3.2	O DOMÍNIO DA CAATINGA	26
3.3	SENSORIAMENTO REMOTO	38
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	46
4.1	LOCAL DE ESTUDO	46
4.2	SENSORIAMENTO REMOTO	49
4.3	FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA.....	51
5	RESULTADOS.....	58
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO	58
5.2	IMPACTO DA PRECIPITAÇÃO E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA COBERTURA VEGETALNA CAATINGA	60
5.3	FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA DE UM FRAGMENTO DE CAATINGA NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO CABROBÓ, PERNAMBUCO, BRASIL.....	72
6	CONCLUSÕES	91
	REFERÊNCIAS	92
	APÊNDICE A ARTIGO 1.....	102
	APÊNDICE B ARTIGO 2.....	112
	APÊNDICE C DECLARAÇÃO DE NÍVEL DE PERICULOSIDADE PARA CARNAUBEIRA DA PENHA PE.....	144

APÊNDICE D	LISTA COMPLETA DOS PARÂMENTROS	
	FITOSSOCIOLOGICOS PARA A AMOSTRAGEM	
	COM PARCELAS EM CARNAUBEIRA DA PENHA	
	PE.....	145

1 INTRODUÇÃO

Dentre as diversas formações vegetacionais existentes no mundo, a Caatinga, vegetação predominante da região semiárida, detém diversas particularidades (MILES et al., 2006). Sua variada cobertura vegetal está, em grande parte, determinada pelo clima, relevo e embasamento geológico (PINHEIRO; RODAL; ALVES, 2010). Altas taxas de evapo-transpiração provocadas pelas elevadas temperaturas fazem com que as plantas apresentem adaptações a estas condições, sendo comum a microfilia, a decíduidade, os espinhos e suculência (PENNINGTON; RATTER; LEWIS, 2006).

A problemática em se delimitar a Caatinga se inicia quando diversos estudos de cunho florístico tenham sido realizados, porém, estes ainda são considerados insuficientes para a compreensão deste tipo vegetacional tão peculiar (para revisão ver MORO; LUGHADHA; ARAÚJO et al., 2016). Esta dificuldade no entendimento e classificação da flora da Caatinga se agrava devido à descaracterização de sua vegetação, provocada pela intensa intervenção antrópica.

Com relação a esta influência da antropização na descaracterização da Caatinga, as alterações na sua estrutura vêm sendo constatadas há muito tempo, por atividades agropecuárias, extração de lenha para fabricação de carvão e cercas, dentre outras (SAMPAIO et al., 2003; ANTONGIOVANNI; VENTICINQUE; FONSECA, 2018). Com o avanço da degradação aumenta o grau de dificuldade para classificar as tipologias vegetacionais da Caatinga e compreender os mosaicos florísticos existentes. Consequentemente, há o comprometimento na execução de projetos de recuperação de áreas degradadas de maneira mais precisa. Além disso, muitas vezes as ações antrópicas provocam a perda de informação biológica antes mesmo de ter sido estudada por meio da remoção da cobertura vegetal (BRASIL; MMA, 2005a).

A retirada da vegetação é apontada como o principal condicionante para desencadear a degradação ambiental, no qual favorece a erosão e infertilidade do solo, gerando problemas sociais graves (SAMPAIO et al., 2003), como ocorreu na África no passado (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Com base nestas variáveis alteradas (vegetação e solo), inicia-se o processo de desertificação que de acordo com a Conferência das Nações Unidas e Combate à Desertificação-UNCOD, se caracteriza pela degradação da terra em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, dentre eles as mudanças climáticas

e ações antrópicas.

No Brasil, este cenário de degradação ambiental se concentra na região semiárida localizada no Nordeste, onde Vasconcelos Sobrinho (1982) propôs seis áreas pilotos para estudos com desertificação, conhecidos como Núcleos de Desertificação. Estas áreas apresentam solos expostos com cobertura vegetal descontínua e/ou ausente (LANDIM; SILVA; ALMEIDA, 2011). Dentre as áreas que funcionaram como piloto nos estudos com desertificação, oficialmente foram mantidos quatro Núcleos de Desertificação reconhecidos pelo (BRASIL; MMA, 2005a, 2007) com os maiores índices de degradação.

Como as áreas desertificadas são extensas, diversos autores em nível mundial destacam o Sensoriamento Remoto como uma ferramenta eficaz no monitoramento de grandes escalas territoriais, a exemplo dos Núcleos de Desertificação (KUTSCH et al., 2008; RIBEIRO et al., 2008; SEA et al., 2011; MOURA et al., 2012; GALVÍNCIO; PIMENTEL, 2012; GALVÍNCIO; MOURA et al., 2013; FERREIRA, 2014; TSALYUK; KELLY; GETZ, 2017). Para realização de monitoramentos de cobertura vegetal, o sensoriamento remoto apresenta diversos índices de vegetação, dentre eles o Índice da Área Foliar (IAF), com maior capacidade de captar as variações da vegetação em função, inclusive, da sazonalidade como na Caatinga (GALVÍNCIO; MOURA et al., 2013).

Os benefícios do monitoramento com o sensoriamento remoto são comprovadamente importantes. Entretanto, a necessidade de validação de forma comparativa com os dados de campo através de estudos florísticos e fitossociológicos ainda são imprescindíveis (GALVÍNCIO; MOURA et al., 2013).

Para suprir esta necessidade de validação, os estudos fitossociológicos são considerados uma ferramenta bastante precisa no diagnóstico da vegetação (SAMPAIO, 1996; MORO; LUGHADHA; ARAÚJO et al., 2016). Diante disto, surge a hipótese de que áreas inseridas em Núcleos de Desertificação possam também apresentar altos níveis de riqueza e conservação. Estes núcleos ainda são poucos estudados e/ou com amostragem vegetal insuficientes. Desta maneira, a união dos dados obtidos por meio do IAF com os florísticos e fitossociológicos pode auxiliar a preencher lacunas acerca das informações sobre a vegetação da Caatinga, além de gerar subsídios para projetos de recuperação de áreas degradadas.

2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são os que seguem:

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a dinâmica da vegetação de uma área de Caatinga localizada no Núcleo de Desertificação Cabrobó, através de inventário florístico e fitossociológico associado ao Sensoriamento Remoto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear áreas degradadas, uso do solo e cobertura vegetal;
- Estimar a estrutura vertical e horizontal da vegetação validando com dados de campo;
- Gerar índices de diversidade e relacionar com os índices de vegetação;
- Analisar a similaridade florística
- Fornecer subsídios acerca da vegetação para auxiliar medidas de mitigação.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO

Histórico mundial

O processo de desertificação no mundo teve início em 1930 no Oeste dos Estados Unidos, atingindo os estados do Novo México, Kansas, Oklaroma e Colorado, por meio de uma enorme tempestade de poeira, no qual recebeu o termo de “Dust Bowl”, ou seja, “Tigela de Areia” (TAVARES; ARRUDA; SILVA, 2019). Os autores relataram que a descrição deste evento foi um marco no indício da degradação do solo, onde já caracterizava o princípio da desertificação, onde o solo rompia sua crosta de lama ressecada através do pisoteio, rodas de carro que ali transitavam, gado, etc. Um trecho retirado do livro “The Grapes of Wrath” descreve a situação da época e diziam:

“Nas estradas, onde o gado transitava e onde as rodas dos carros moíam o chão e as patas dos cavalos calcavam a terra, rompiam-se a crosta de lama e formavam-se a poeira. Tudo o que se movia lançava poeira no ar; um viajante levantava uma camada de poeira que lhe chegava até a cintura; uma carroça a fazia subir até aos taipais e um automóvel deixava uma nuvem de poeira atrás de si. Portanto, só muito tempo depois a poeira se assentava...” (STEINBECK, 1996 apud TAVARES; ARRUDA; SILVA, 2019).

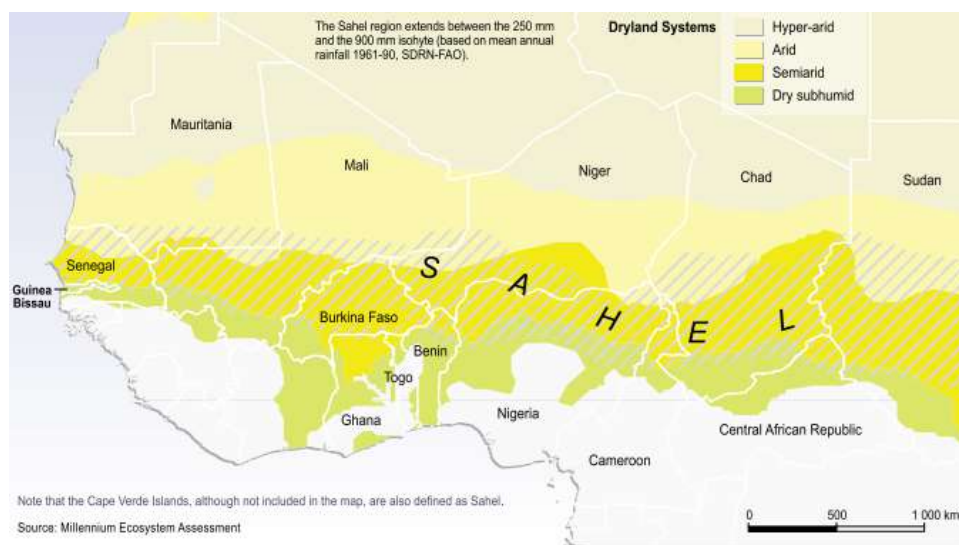
Contudo, apenas em 1949 é que o termo desertificação foi utilizado através do pesquisador francês André Aubreville no livro “Climats, Forêts et Desertification de l’Afrique Tropicale” (TAVARES; ARRUDA; SILVA, 2019). Neste livro os relatos sobre desertificação foram feitos apontando a antropização na África Tropical baseado no uso inadequado dos recursos naturais e o forte desmatamento na região. Tais fatores desencadearam dois grandes problemas que levaram a desertificação em pouco tempo de grande parte da África Tropical, que foram o agravamento da escassez hídrica e a erosão dos solos.

A desertificação é mais extrema na região subsaariana, onde residem mais de 200 milhões de pessoas 20-50% das terras são degradadas Brasil e MMA (2005b), Além dessas regiões, a degradação do solo atinge também a Ásia e a América Latina, onde somando-se as duas regiões, mais de 516 milhões de hectares estão desertificados.

Embora existam divergências com relação ao conceito do termo “Desertificação” foi na 1ª Conferência das Nações Unidas e Combate à Desertificação-UNCOD (UNITED NATIONS CONFERENCE ON DESERTIFICATION), que ocorreu no Quênia, onde se estabeleceu um pensamento definitivo (TAVARES; ARRUDA; SILVA, 2019).

Esta 1ª Conferência se deu em função da grande mortalidade de pessoas após vários períodos sucessivos de seca entre 1970 e 1980 na região do Sahel na África (Figura 1). Embora fosse um fenômeno natural para a região, a forte antropização contribuiu significativamente para o agravamento da desertificação (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Desta forma, houve um impulso em 1972-1974 para as Nações Unidas discutirem sobre a desertificação na África.

Figura 1 – Mapa explicativo das localidades do Sahel e seus respectivos níveis de aridez



Fonte: Millennium Ecosystem Assessment (2005)

Foi na UNCOD que o termo Desertificação passou a ser usado no mundo inteiro, onde se define como um processo de degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as atividades humanas e as variações climáticas, tornando a terra improdutiva.

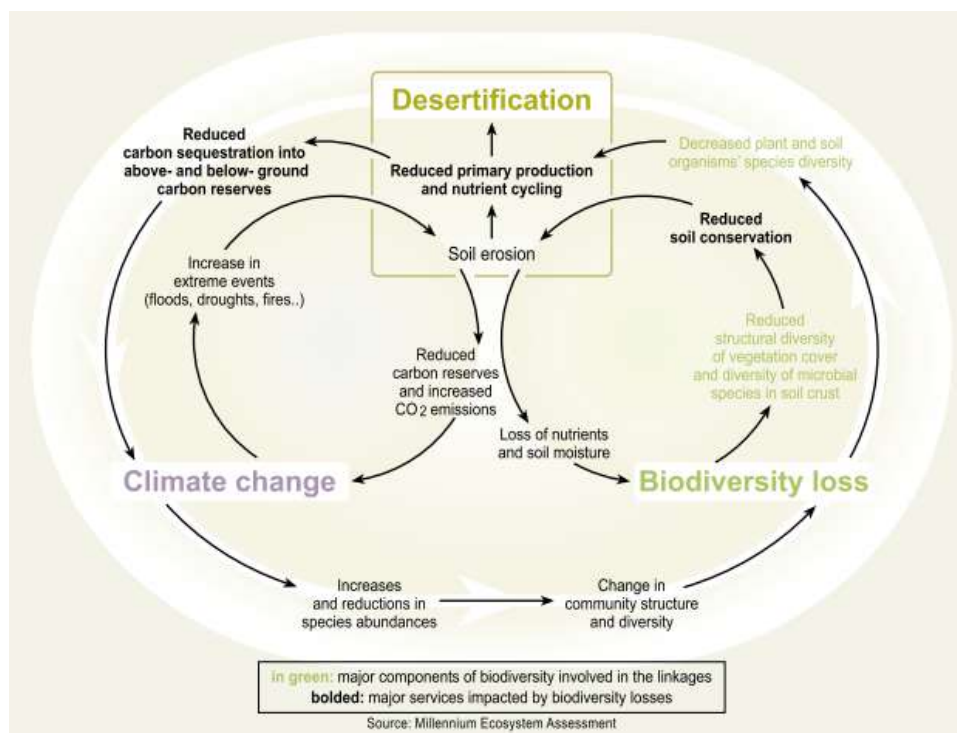
Mesmo que outros conceitos tenham sido criados ao longo do tempo, todos eles levam em consideração os fatores antrópicos e as mudanças climáticas, a exemplo de Matallo Jr. (2001) associa o surgimento da desertificação através da combinação dos fatores antrópicos, climáticos e edáficos como responsáveis pela Desertificação. A Millennium Ecosystem Assessment (2005) define também que a Desertificação é causada por uma combinação de fatores que variam ao

longo do tempo e de local, no qual incluem fatores indiretos como a pressão populacional, socioeconômicos e políticos, bem como fatores de degradação do solo por meio da antropização com a retirada da cobertura vegetal e o clima.

Para Tavares, Arruda e Silva (2019), para se falar de desertificação devem ser levados em consideração três principais eixos: socioeconômico (que envolve todos os aspectos antrópicos), biológico (flora e fauna) e físico (clima e solo). Os autores ainda destacam que para gerar o processo de desertificação estes fatores não podem ser considerados de forma isolada, mas sim com a junção dos efeitos que eles podem gerar simultaneamente para uma região.

Embora existam diversas causas que contribuam para iniciar o processo de desertificação é de comum acordo que a antropização por meio da remoção da cobertura vegetal promova a erosão do solo, e consequentemente, se torne um dos principais condicionantes tornar a terra infértil (Figura 2). Além disso, a desertificação afeta a mudança climática global por meio do solo e da perda da vegetação (TAVARES; ARRUDA; SILVA, 2019).

Figura 2 – Mapa explicativo das localidades do Sahel e seus respectivos níveis de aridez



Fonte: Millennium Ecosystem Assessment (2005)

Diante do exposto acima, numa escala mundial, diversos são os problemas ocasionados pela desertificação, inclusive com relação aos custos econômicos que são gerados. Estima-se que os danos com a desertificação ultrapassem 42 bilhões de dólares anuais, enquanto que para

se prevenir o processo o valor esteja orçado entre 10 e 20 bilhões de dólares anuais (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Entretanto, a visão de lucratividade vem a frente da preservação, mesmo que as práticas desordenadas de agricultura com a má gestão, desmatamento, pastoreio, extração de lenha para carvão, industrialização sejam capazes de destruir milhares de hectares de terras (TAVARES; ARRUDA; SILVA, 2019).

Histórico no Brasil

Foi na cidade do Rio de Janeiro em 1992 onde se sediou o maior evento para discutir diretrizes ambientais chamado de Rio-92 ou Eco-92, no qual reuniu mais de 100 chefes de estado (TAVARES; ARRUDA; SILVA, 2019). Os autores ainda destacam que foi na Rio-92 que surgiu um dos principais produtos conhecido como Agenda 21, cujo capítulo 12 tratou de forma exclusivamente da Desertificação.

Posteriormente, o Brasil elaborou o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, chamado de PAN-Brasil (BRASIL; MMA, 2005b). Este programa foi configurado como um instrumento norteador na elaboração de ações para controlar e mitigar o efeito da desertificação no âmbito internacional e nacional, cujas condicionantes levavam em consideração a dimensão territorial, organização federativa, nível de organização da sociedade civil e prioridades políticas do governo brasileiro.

A criação do PAN-Brasil (BRASIL; MMA, 2005b) foi considerado um marco com relação às políticas públicas voltadas para a sustentabilidade. O envolvimento da sociedade civil por meio de seus líderes das comunidades de áreas diretamente afetadas pela desertificação atribuiu importantes informações sociais ao programa (BRASIL; MMA, 2007).

Dois anos após a criação do programa as informações obtidas geraram o Atlas das áreas Susceptíveis à Desertificação do Brasil (BRASIL; MMA, 2007), o qual constitui a reunião das principais variáveis que acarretam à desertificação, bem como quais são as áreas mais atingidas pelo processo.

As áreas com susceptibilidade à desertificação elencadas se localizam no nordeste do Brasil, na região semiárida, que conforme descrito no conceito de desertificação este locais apresentam naturalmente tendências à erosão do solo e à desertificação devido às condições climáticas (PEREZ-MARIN et al., 2012).

Contudo, este cenário é agravado com a forte antropização desordenada devido aos impactos da agropecuária e extração vegetal e mineral (SAMPAIO et al., 2003). Ainda de acordo com o autor, esta degradação proporciona a redução dos recursos hídricos, da vegetação e biodiversidade. Por fim, a consequência desta cadeia de acontecimentos culmina em graves problemas sociais que comprometem a qualidade de vida da população (BRASIL; MMA, 2005b), conforme exemplificado na Figura 3.

Figura 3 – Esquema ilustrativo sobre o início do processo de desertificação



Fonte: Wagner Magalhães/G1, 2019

Matallo Jr. (2001) também indica a retirada da cobertura vegetal como principal fator a desencadear a degradação ambiental, cuja ação aumenta o índice de escoamento da água precipitada e reduz a infiltração no solo, impedindo a regeneração da cobertura vegetal (GUTIÉRREZ; SQUEO, 2004).

A região nordeste do Brasil se caracteriza por apresentar uma vegetação típica e adaptada às condições de clima semiárido, chamada de Caatinga, conforme descrito em tópico anterior (IBGE, 2012). Para determinar quais áreas estariam susceptíveis à desertificação na Caatinga, o Atlas (BRASIL; MMA, 2007) seguiu o indicado pela Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD) por meio do Índice de Aridez que consiste na razão entre a precipitação e a evapotranspiração.

Ainda de acordo com o Brasil e MMA (2007), três critérios foram considerados para delimitar as áreas susceptíveis a desertificação, sendo:

1. Municípios do entorno afetados por secas que foram atendidos oficialmente por programas de emergência de seca administrados pela Superintendência de Desenvolvimento do

Nordeste Sudene;

2. Municípios do entorno que também façam parte da área do Bioma Caatinga, conforme estudos realizados pelo Conselho Nacional da Reserva da Biosfera do Bioma Caatinga (BEZERRA, 2004);
3. Municípios adicionados à área de atuação da Sudene, a partir do disciplinamento da Lei nº 9.690, de 15.07.1998, como os incluídos no Estado do Espírito Santo e Norte de Minas Gerais.

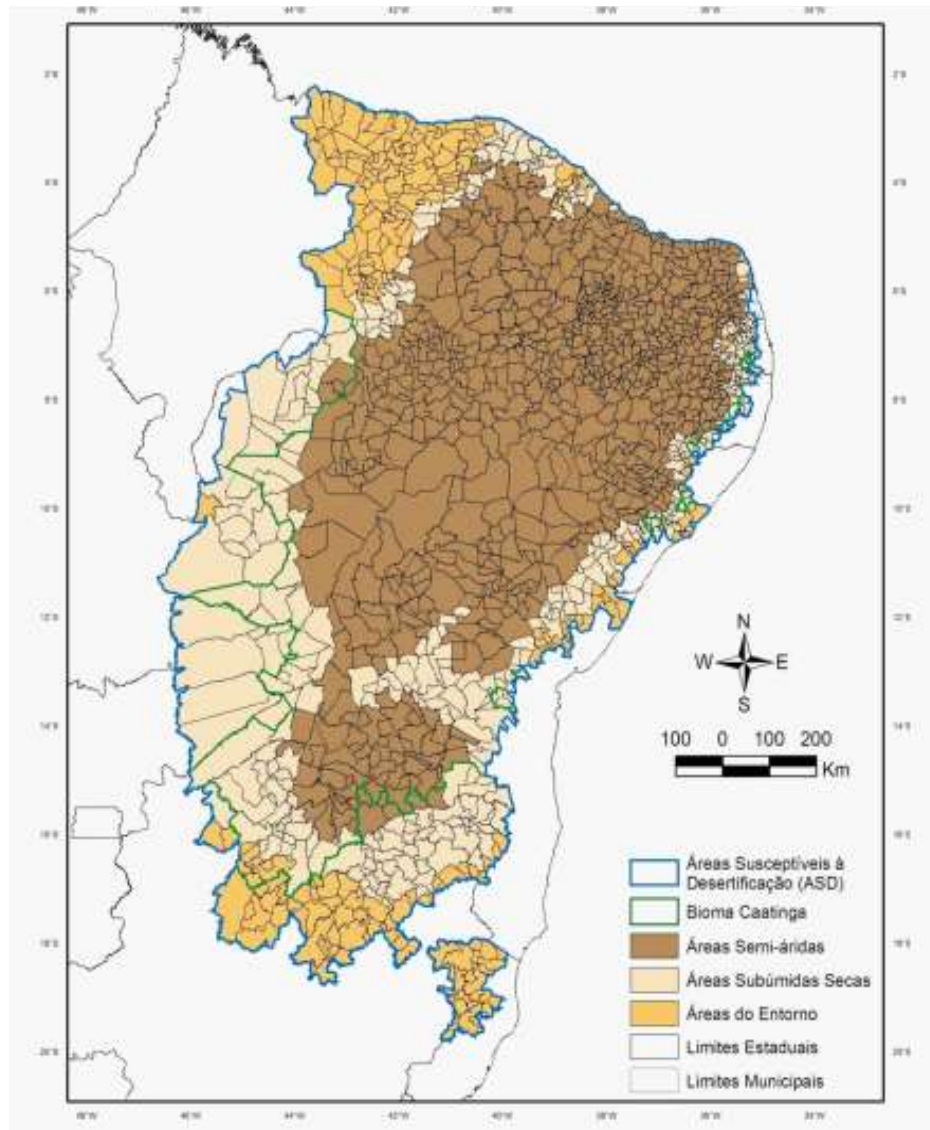
Após a reunião de dados foi elaborado o mapa de Áreas Susceptíveis à Desertificação (Figura 4) que ocupa uma superfície de 1 340 863 km² do território nordestino, abrangendo um total de 1.488 municípios nos nove Estados do Nordeste, além do norte de Minas Gerais e do norte do Espírito Santo classificadas como áreas de entorno (BRASIL; MMA, 2007).

Entretanto, estes programas foram possíveis também de serem elaborados e com um importante mapeamento das áreas devido à contribuição do ecólogo pernambucano, Prof. João Vasconcelos Sobrinho (MATALLO JR., 2001; TAVARES; ARRUDA; SILVA, 2019). Os estudos sobre desertificação chegaram à região Nordeste do Brasil, cuja trajetória teve início em 1971 com sua monografia intitulada “Núcleos de Desertificação no Polígono das Secas” (MATALLO JR., 2001).

Alguns autores relatam que inicialmente Vasconcelos Sobrinho havia listado seis áreas piloto indicadas como Núcleos de Desertificação com base na degradação ambiental. Todos os núcleos estão localizados na região Nordeste, na porção semiárida em diferentes estados. No Piauí encontra-se o Núcleo Gilbués, Ceará o Núcleo Irauçuba, Rio Grande do Norte o Núcleo Seridó, em Pernambuco o Núcleo Cabrobó, Paraíba os Cariris Velhos e na Bahia Núcleo do Sertão do São Francisco (TAVARES; ARRUDA; SILVA, 2019). Entretanto, os mesmos autores relatam que no mapeamento realizado em 1998 pelo Ministério do Meio Ambiente, por motivos desconhecidos, não fez a inclusão dos Núcleos dos Cariris Velhos e Sertão do São Francisco.

O Brasil e MMA (2005b) justificou esta retirada dos dois núcleos baseado em novas evidências de estudos realizados pelo “Núcleo Desert” da Universidade Federal do Piauí em 1990, no qual em 1996 foram feitas visitas de campo que confirmaram a permanência de quatro destes núcleos permaneceram na listagem. A principal causa encontrada para manterem estes

Figura 4 – Mapa das Áreas Susceptíveis à Desertificação



Fonte: Millennium Ecosystem Assessment (2005)

núcleos foi o elevado nível de degradação por meio da retirada da vegetação nativa de Caatinga pelas atividades agropecuárias, de mineração e extração dos solos aluviais.

Desta maneira, apenas as quatro primeiras áreas (Gilbués, Irauçuba, Seridó e Cabrobó) foram indicadas como já desertificadas devido ao seu elevado nível de degradação ambiental. De acordo com (PEREZ-MARIN et al., 2012), muitos municípios do semiárido estão sendo atingidos pela desertificação (para lista completa de municípios vide BRASIL; MMA, 2007). Os autores destacam que embora existam fatores comuns para a degradação do ambiente que leva as áreas à desertificação, os Núcleos apresentam particularidades de gênese que são descritas abaixo, tais como:

1. **Núcleo Gilbués:** se localiza no sul do Piauí com vegetação de transição entre a Caatinga e o Cerrado, com origem da desertificação associada aos processos erosivos do solo, sendo os tipos Latossolo e Argissolo predominantes. Devido ao forte impacto da agricultura e extração de diamantes ambos os solos são degradados de forma intensa, onde os horizontes A e B são perdidos provocando as voçorocas.
2. **Núcleo Irauçuba:** inserido no Oeste do ceará, na região de Inhamus, a causa da desertificação deste núcleo se deve aos solos do tipo Planossolos Háplicos solódicos e nátricos. Estes solos apresentam horizonte A argiloso de pouca profundidade e abaixo o horizonte B com permeabilidade lenta. Com a precipitação de qualquer intensidade estes solos ficam encharcados e no período seco ocorre a evapotranspiração favorecendo a ocorrência ou concentração de sais cristalinos sob forma de revestimentos, crostas e bolsas de cálcio, magnésio, sódio na superfície do solo e ao longo do perfil. Esta elevada concentração de sais impede o crescimento de plantas de grande porte, favorecendo a dominância de plantas herbáceas, no qual as áreas são destinadas a pastagem. Desta forma, a antropização potencializa o efeito da degradação nesta localidade.
3. **Núcleo Seridó:** está localizado no centro do “Polígono das Secas”, em parte dos Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, região fitogeográfica do Seridó. Os fatores climáticos, pedogênese e ações antrópicas são os principais condicionantes que levam o Seridó à desertificação. Com relação ao clima o Seridó apresenta irregular e baixa precipitação, o que torna os solos pobres em nutrientes. As intervenções antrópicas nesse núcleo estão relacionadas com o corte da vegetação paralenha, utilização na indústria ceramista e pecuária extensiva, deixando o solo sempre exposto e a vegetação com dificuldades para se regenerar.
4. **Núcleo Cabrobó:** O Núcleo está localizado no sul do Estado de Pernambuco, região fitogeográfica do Sertão Central, na unidade geoambiental da depressão Sertaneja. Predominam os Planossolos e o processo de desertificação está relacionado às condições climáticas, edáficas e de ocupação e uso da terra.
5. **Núcleo Cariris Velhos:** se localiza no Planalto da Borborema paraibana na região do

Cariri que dá o nome do Núcleo. Com vegetação de Caatinga de porte e densidade de plantas lenhosas baixa, os Cariris também detêm solos rasos em sua maioria, compactos e pedregosos. Desta forma, naturalmente as condições ambientais favorecem ao surgimento da desertificação que é agravado também pelo uso inadequado dos recursos naturais e práticas agrícolas desordenadas.

6. **Núcleo do Sertão de São Francisco:** Está localizado no nordeste do estado da Bahia, na região fitogeográfica do Sertão do São Francisco. A maior parte dos solos deste núcleo são considerados pela EMBRAPA como mal drenados e pouco profundos, exceto o Neossolo Quartzarênico. A origem da desertificação está associada à substituição da vegetação nativa de Caatinga pela agricultura e pecuária, além da erosão hídrica e eólica provocada pela construção da barragem.

O Núcleo de Desertificação Cabrobó

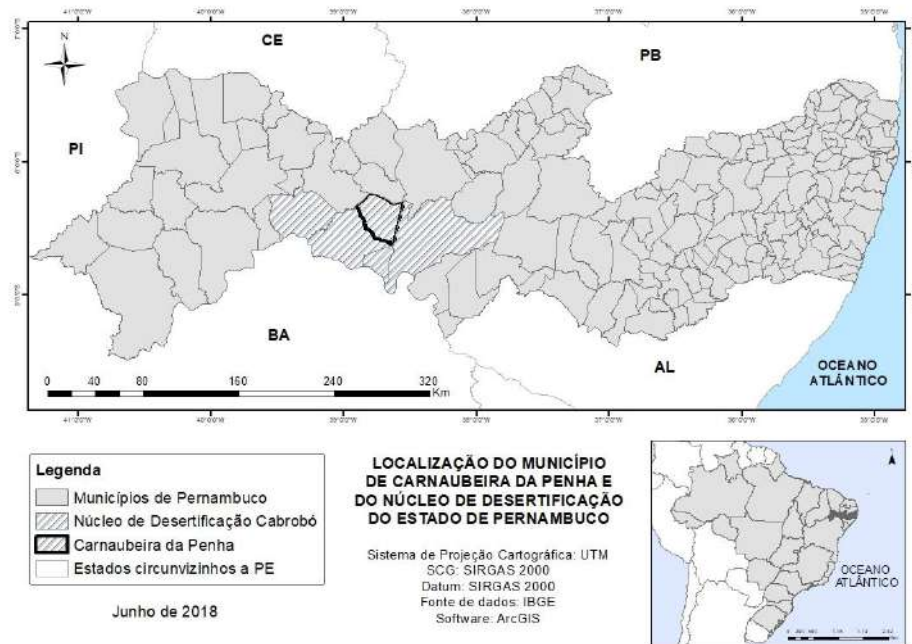
Um total de 90 municípios está listado como Áreas Susceptíveis à Desertificação em Pernambuco em função dos distintos níveis de degradação em que se encontram (BRASIL; MMA, 2005b). Entretanto, oficialmente no Núcleo de Desertificação Cabrobó estão inseridos cinco municípios, tais como: Belém do São Francisco, Carnaubeira da Penha, Cabrobó, Floresta e Itacuruba (BRASIL; MMA, 2007), todos localizados no sul da Depressão Sertaneja (Figura 5).

Possivelmente devido ao elevado grau de periculosidade por ser inserido no Polígono da Maconha (Apêndice C). Este Núcleo não apresenta dados referentes aos estudos em campo para diagnosticar o real grau de desertificação com base na cobertura vegetal que é uma das variáveis primordiais para o início da desertificação.

Descrições generalistas afirmam que a vegetação é pertencente ao Domínio da Caatinga, com fitofisionomia da paisagem variada em função das sinúsias do revelo (PEREZ-MARIN et al., 2012). Segundo os mesmos autores no extrato superior, a vegetação predominante é caatinga *sensu stricto*, lenhosa, decidual, de porte médio a baixo, e no extrato inferior predominam cactáceas e bromeliáceas.

Segundo (MASCARENHAS et al., 2005), este Núcleo se caracteriza por uma superfície de pediplanação bastante monótona, relevo predominantemente suave ondulado, cortada por

Figura 5 – Mapa do Núcleo de Desertificação Cabrobó



Fonte: Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, 2018

vales estreitos, com vertentes dissecadas. Elevações residuais, cristas e/ou outeiros pontuam a linha do horizonte. Esses relevos isolados testemunham os ciclos intensos de erosão que atingiram grande parte do semiárido.

O clima que prevalece é do tipo BSs'h', ou seja, tropical semiárido, muito quente, semiárido, com chuvas de verão que se iniciam em novembro e terminam em abril. Sendo um fator que contribui diretamente para a limitação das condições de disponibilidade hídrica local, cujo déficit hídrico dura oito meses (MASCARENHAS et al., 2005; PEREZ-MARIN et al., 2012).

A temperatura e evapotranspiração são elevadas, com índices pluviométricos em torno de 650 mm. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril. Essas condições levam a uma redução da umidade do solo, provocando déficit hídrico por cerca de oito meses (BRASIL; MMA, 2005b; PEREZ-MARIN et al., 2012).

Perez-Marin et al. (2012) destaca que o solo predominante no Núcleo Cabrobó é do tipo Planossolo em locais de baixas vertentes de relevo suave ondulado, sendo considerado um solo mineral e mal drenado por ter uma concentração de argila acentuada e com permeabilidade lenta.

Desta forma, os fatores ambientais contribuem de forma significativa para tornar as áreas deste Núcleo como susceptíveis à desertificação. Contudo, estudos apresentados pelo Brasil e

MMA (2007) também reforçam que a antropização complementa de forma intensa este processo, uma vez que é comprovada que ocupação e uso da terra causam fortes impactos ambientais na região.

Não obstante, Carnaubeira da Penha é um dos municípios que compõe o Núcleo de Desertificação Cabrobó, entretanto, os estudos relacionados aos aspectos ambientais são escassos. Um dos fatores, como mencionado acima, é devido à periculosidade local, além disso, a extensão do município de 995,2 km² também contribui para não terem sido realizados trabalhos de campo até o momento.

Assim, uma das ferramentas utilizadas para analisar extensos territórios é o sensoriamento remoto, cuja aplicação das técnicas foram eficazes no estudo da vegetação de Caatinga (SILVA; SILVA et al., 2017).

3.2 O DOMÍNIO DA CAATINGA

Influência de fatores ambientais na delimitação da Caatinga

Segundo Haffer (1979), a América do Sul, África e Ásia são os continentes situados na região tropical do planeta que abriga uma grande diversidade biológica. A manutenção desta biodiversidade é apontada como uma resposta aos fatores abióticos que exercem influência direta na biota, como clima, altitude e disponibilidade hídrica (HAWKINS et al., 2003).

Dentre os diversos fatores abióticos que exercem influência na manutenção da diversidade dos ecossistemas tropicais, um dos principais fatores é a diferença nos níveis topográficos por alterarem a disponibilidade hídrica no solo, além de proporcionar a distribuição de espécies em gradientes altitudinais (ARAÚJO et al., 2011). Apgaua et al. (2013) constatou, por exemplo, que em ambientes da vegetação de Caatinga em diferentes escalas as espécies se distribuíam ao longo de um gradiente vegetacional.

Porém, não somente a topografia é responsável por tal acontecimento. A disponibilidade de água no solo também é bastante relacionada à sua capacidade de retenção, sendo variável em seus distintos tipos em função das características físico-químicas (SAMPAIO et al., 2003).

Assim, os ecossistemas tropicais por deterem alguns dos fatores ambientais importantes para a manutenção da diversidade, tendem a apresentar uma grande variabilidade vegetacional,

tanto no que diz respeito à sua composição florística, quanto a seu aspecto estrutural (MORO; LUGHADHA; FILER et al., 2014; MORO; LUGHADHA; ARAÚJO et al., 2016).

O Brasil por ser o país mais extenso da América do Sul engloba grande parte dos diferentes ambientes florestais, no qual toda a riqueza vegetal fez com que diversos sistemas de classificação fossem criados para delimitar de forma organizada as fitofisionomias existentes (MORO, 2013; SILVA; SOUZA, 2018). As classificações foram bastante variadas, tendo como base dados morfoclimáticos (AB'SÁBER, 2008), biogeográficos (MARRONE, 2001), conservacionista (OLSON et al., 2001) levando em consideração a delimitação de ecorregiões também apresentadas posteriormente por Velloso, Sampaio e Pareyn (2002) e fitogeográficos (ANDRADE-LIMA, 1981; IBGE, 2012).

A elevada complexidade de paisagens de fitofisionomias fez com que, por exemplo, Velloso, Sampaio e Pareyn (2002) separasse em subdivisões a região semiárida em função dos fatores ambientais, principalmente as tipologias de solo, onde relatam:

“Nosso desafio foi tentar entender como todos estes mosaicos estão organizados no bioma, e quais seriam as características e os fatores controladores que diferenciariam uma ecorregião da outra, procurando definir as grandes subdivisões e biodiversidade da caatinga” (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

Velloso, Sampaio e Pareyn (2002) elencaram oito ecorregiões em função de suas características gerais de tipologias de solo e de distribuição de espécies, tais como:

1. **Campo Maior:** Ecótonos cerrado/caatinga e cerrado/mata com vegetação caducifólia e sub-caducifólia estacionais. Vegetação herbácea predominante, com fisionomia lembrando a savana africana, e presença de carnaubais em planícies inundáveis: as savanas de *Copernicia*. Nas partes mais altas que não são inundáveis há vegetação arbustivo-arbórea com elementos de cerrado (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).
2. **Complexo Ibiapaba-Araripe:** Nas encostas das chapadas (frente leste da Ibiapaba e frente norte do Araripe) há floresta pluvial, enquanto nos topos das chapadas encontra-se um cerradão que guarda pouca relação com as áreas de cerradão do Planalto Central e nenhuma relação com as áreas de cerradão do sudeste meridional (São Paulo). As demais

áreas da ecorregião (toda a faixa oeste) são cobertas por carrasco, inclusive a faixa ao sul da Chapada do Araripe (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

3. **Depressão Sertaneja Setentrional:** Caatinga arbustiva a arbórea, sobre solos de origem cristalina. Existem áreas remanescentes de caatinga arbórea nas encostas e serras baixas, embora muito degradadas. Os vales continham originalmente caatinga arbórea, e ainda hoje se encontram remanescentes ciliares (como por exemplo, os carnaubais do Ceará). Possui elementos da flora que são diferentes da Depressão Meridional. Além destes, a Depressão Setentrional contém duas áreas diferenciadas com extremos climáticos que condicionam uma vegetação pobre, de porte mais baixo (Seridó e Cariris Velhos). O Seridó apresenta uma vegetação mais aberta, com grandes extensões de herbáceas, e o Cariri condiciona uma caatinga nanificada (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).
4. **Planalto da Borborema:** Na vertente oriental até a metade do topo apresenta flora característica de área úmida, formando em alguns locais os brejos de altitude. Da metade do topo descendo pela vertente ocidental existe flora característica de áreas secas. Os tipos de vegetação vão desde caatinga arbustiva aberta a arbórea (com gradações intermediárias), a matas secas e matas úmidas. As matas úmidas (brejos de altitude) estão restritas ao topo e parte da vertente oriental. Os brejos são considerados enclaves de Mata Atlântica, e aparecem como “buraco” no mapa da ecorregião. A caatinga do Curimataú apresenta semelhanças com a caatinga do Cariri Paraibano, sendo principalmente do tipo arbustivo-arbóreo (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).
5. **Depressão Sertaneja Meridional:** Caatinga arbustiva a arbórea, de porte mais alto que a da Depressão Setentrional. Nas áreas de afloramentos de calcário bambuí (Irecê, Bom Jesus da Lapa, Santa Maria da Vitória, Janaúba, Iuiú) predomina a caatinga arbórea, e no planalto de Vitória da Conquista (leste da Bahia) há mata de cipó. O extremo sudeste da ecorregião, bastante associado ao rio Jequitinhonha, é área de campo rupestre meio seco, com espécies de caatinga mesmo acima de 1000 m de altitude, com pluviosidade acima de 1000 mm ano⁻¹ e menos de seis meses secos. De uma maneira geral, a flora da Depressão Meridional é mais rica em espécies que a da Depressão Setentrional (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

6. **Dunas do São Francisco:** Caatinga agrupada em moitas, predominantemente arbustiva. As moitas são densas, geralmente com arvoretas e muita macambira (*Bromelia laciniosa*). Nas áreas de tabuleiro, a caatinga é mais esparsa (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).
7. **Complexo da Chapada Diamantina:** Mosaico que inclui caatinga com grande diversidade (abaixo de 1000 m de altitude), cerrado, campos rupestres, e diferentes tipos de mata (da mais seca à mais úmida). Acima de 1000 m de altitude, onde existem mais afloramentos rochosos, predominam os campos rupestres (ligados a quartzitos); onde o solo é mais arenoso, predomina o cerrado (solo podzólico). As matas, predominantes nas encostas, são mais ligadas a granitos e gnaiss, e tornam-se mais úmidas à medida que a altitude aumenta. As matas de caatinga são do tipo floresta estacional caducifólia, com muitas árvores espinhosas, especialmente dos gêneros *Acacia* e *Mimosa*, e abundância de Cactaceae e Bromeliaceae. Algumas espécies são marcantes na fisionomia da vegetação, como o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) e o juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.). Porém, existe uma diversidade muito grande na flora, e muitos gêneros e espécies endêmicos (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).
8. **Raso da Catarina:** Caatinga de areia, predominantemente arbustiva, muito densa e menos espinhosa que a caatinga de solos cristalinos (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

O IBGE (2012) traz uma revisão sobre as tipologias vegetacionais existentes no Brasil e ao contrário de Velloso, Sampaio e Pareyn (2002), já considera que dentro de um mesmo ecossistema existem variações da vegetação. O Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012) também associa as distintas fitofisionomias às influências dos fatores abióticos e inclui, inclusive, tipologias formadas a partir da degradação ambiental, a exemplo da savana-estépica (Caatinga). Neste inventário sobre a vegetação o IBGE (2012) ainda traz esquemas de perfil fitofisionômicos (Figura 6), no qual enfatizam as diferentes fisionomias da vegetação influenciadas pelo relevo e/ou outros fatores como solo e água. Assim, a Caatinga para o IBGE (2012) é classificada como savana-estépica com variações em suas fitofisionomias.

Desta forma, embora com pontos de vistas distintos para delimitar espacialmente os ecossistemas mundiais, diversos autores levam em consideração que a distribuição destas paisagens

estão associadas a influência dos fatores ambientais.

Diante do descrito acima, como característico das formações vegetacionais dos trópicos, os fatores abióticos exercem fortes influências sobre a vegetação da Caatinga. Em função disto, a vegetação apresenta uma variada cobertura vegetal e, além disso, os táxons abrigam um conjunto de adaptações para sobreviverem ao período de escassez hídrica (PENNINGTON; RATTER; LEWIS, 2006). As plantas são em geral xerófilas, espinhosas e caducifólias, onde este último se caracteriza pelas quedas das folhas para minimizar a perda de água por evaporação para o ambiente, o que caracteriza a Caatinga como uma vegetação de “aspecto morto”.

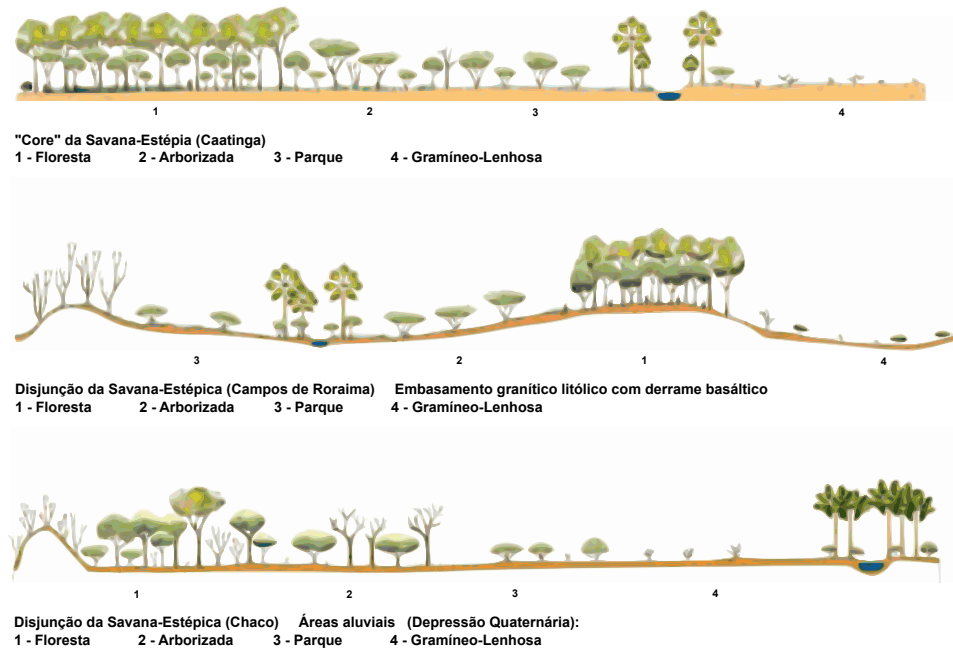
A elevada heterogeneidade ambiental encontrada no Semiárido do nordeste brasileiro quer seja em termos geomorfológicos, climáticos ou pedológicos, é considerado como o principal condicionante na repartição espacial das diferentes comunidades vegetais (ANDRADE-LIMA, 1981; SAMPAIO, 1996). Mesmo em uma escala local, dominada por aparente homogeneidade fisionômica, estudos detalhados mostram que as sinúsias apresentam diferentes organizações e variam de acordo com as condições ambientais (LEMOS; RODAL, 2002).

Para as variações fisionômicas, o porte pode atingir desde formações florestais a arbustivas (SAMPALIO, 1996; MORO; ARAÚJO et al., 2015; MORO; LUGHADHA; ARAÚJO et al., 2016; QUEIROZ; MORO; LOIOLA, 2015; LIMA et al., 2019). Em áreas preservadas a estrutura vertical da vegetação atinge varia entre 4 e 6 metros de altura, o que para a caatinga do cristalino já é um indicativo de área mais conservada. Em Pernambuco também foi encontrado que a altura média da vegetação seguiu o intervalo de 4 a 6 metros e caracterizou a área como em estado avançado de regeneração (DIAS; ALVES et al., 2018).

Terminologia

Desta maneira, em função da diversidade de ambientes, fitofisionomias e distribuição de espécies, delimitar este Domínio Fitogeográfico por tempo tem se tornado uma missão complexa (ANDRADE-LIMA, 1981). A iniciar pelas diferentes metodologias utilizadas (com foco apenas na estrutura ou estudos que incluem a composição florística), esforço amostral (quantidade de tempo demandada), condições de coleta de dados (se a cavalo, carro ou por meio de satélites), diferentes escalas, ou seja, uma infinidade de variáveis que interferem no nível de precisão e na conclusão da delimitação dos ecossistemas.

Figura 6 – Perfil esquemático da distribuição da vegetação de savana-estépica no relevo



Fonte: IBGE (2012)

Moro (2013), através de uma compilação de dados acerca dos termos utilizados para delimitar a Caatinga, constatou que diversos autores realizaram distintas denominações para especificar a vegetação do semiárido. Os termos variam de acordo com o clima, relevo, solo e outros fatores que designavam, como: “domínio morfoclimático das depressões interplanálticas semi-áridas do Nordeste” (AB’SÁBER, 1970), “Domínio das Caatingas” (AB’SÁBER, 2003, 2008) “província” da Caatinga (CABRERA; WILLINK, 1973), “bioma da Caatinga” (IBGE, 2004), Ecorregião da Caatinga” (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002) e “Subprovíncia Nordestina” (RIZZINI, 1963).

Mesmo diante de tantas denominações dadas a Caatinga um dos precursores em indicar a vegetação como um Domínio Fitogeográfico foi Carl Friedrich Philipp von Martius que, entre 1817 e 1820, realizou uma expedição biológica em território brasileiro, sendo o primeiro a propor um sistema de classificação de fitofisionomias (MARTIUS, 1906). Após esta expedição Martius descreveu os textos da obra *Flora Brasiliensis*, relatando a existência de um diferente tipo vegetacional que se referia à Caatinga. A peculiaridade da vegetação em ter o aspecto seco em função da aridez da região já chamava a atenção do naturalista e o mesmo mencionava e comparava a Caatinga com as chamadas Hamadryades. Estas são consideradas como ninfas gregas mortais que protegiam suas árvores que durante a estiagem as suas folhas caíam.

Portanto, para se falar sobre um ecossistema tão complexo e com diversas terminologias é necessário se definir qual delas será adotada ao longo deste trabalho. Aqui seguimos a terminologia de Domínio Fitogeográfico da Caatinga que, de acordo com Andrade-Lima (1981), melhor se aplica a realidade do referido ecossistema. Este autor considera Domínio Fitogeográfico aquele que abriga diferentes formações fitofisionômicas, porém, com espécies que caracterizam o ambiente.

Esta escolha se deve também ao fato de quando se aponta uma vegetação com grande diversidade de formações vegetacionais como Bioma, apenas levando em consideração seu conjunto florístico geral. Erroneamente diversos trabalhos acabam restringindo o Domínio Fitogeográfico, que naturalmente abriga distintas formações vegetacionais, como apenas bioma. Entretanto, o termo bioma é referente apenas a um tipo de vegetação dentro de um complexo que é o Domínio (COUTINHO, 2006). Contudo, o termo Bioma e Domínio é tão complexo que Coutinho (2006) se contradizia no texto em que se tratava de uma revisão sobre os termos e sua aplicabilidade na vegetação de Cerrado, ora dizia:

“O bioma Cerrado merece aqui uma discussão um pouco mais longa” (COUTINHO, 2006, p 19).

Em outra passagem no mesmo texto o autor já mencionava a presença de vários tipos vegetacionais que englobavam um Domínio Fitogeográfico e relatava:

“[...] pode-se dizer que o Cerrado não é um bioma único, mas um complexo de biomas” (COUTINHO, 2006, p 19).

Assim como a Caatinga, a vegetação de Cerrado também é definida como um Domínio Fitogeográfico, visto que são encontradas diversas formações vegetacionais já descritas por Martius (1906). Em uma revisão sobre o termo Bioma e Domínio Fitogeográfico define que os referidos Biomas (Cerrado, Amazônico, Caatinga, etc) se tratam, portanto, de um Domínio Fitogeográfico, no qual faz a inclusão da Caatinga.

Geologia

Como parte dos ecossistemas tropicais, sabe-se que a região Semiárida do nordeste brasileiro (*sensu* ANDRADE-LIMA, 1981) é ocupada em sua maior extensão por uma tipologia vegetal, a savana-estépica (IBGE, 2012), popularmente conhecida como Caatinga. O clima desta região caracteriza-se por apresentar período seco prolongado, podendo se estender de um ano ao outro e por um período chuvoso curto, irregular e mal distribuído, onde a pluviosidade média anual varia de 300 a 1000 mm (BRASIL; MIN, 2017).

Rizzini (1963) já mencionava a existência da Caatinga como parte da depressão sertaneja em planícies extensas, cujo relevo do entorno que circunda esta área são residuais e formam as chapadas e serras. O autor afirma ainda que são observadas áreas sedimentares e áreas cristalinas de planaltos com 300-600 metros, como a Chapada do Apodi. Dias e Kiill (2008) também relatam uma complexidade de tipos de solos que mesmo em menor escala podem alterar a paisagem e distribuição de espécies, os autores mencionam sobre a área de estudo que:

“A região apresenta uma geologia complexa, com a presença de calcários, granitos, ardósias, xistos, quartzitos, gabros e outras rochas, o que determina uma grande variedade de solos, com diferentes profundidades, tipos e teores de argila, capacidade de retenção de água e teores de nutrientes, influenciando a distribuição das plantas” (DIAS; KIILL, 2008, p 8).

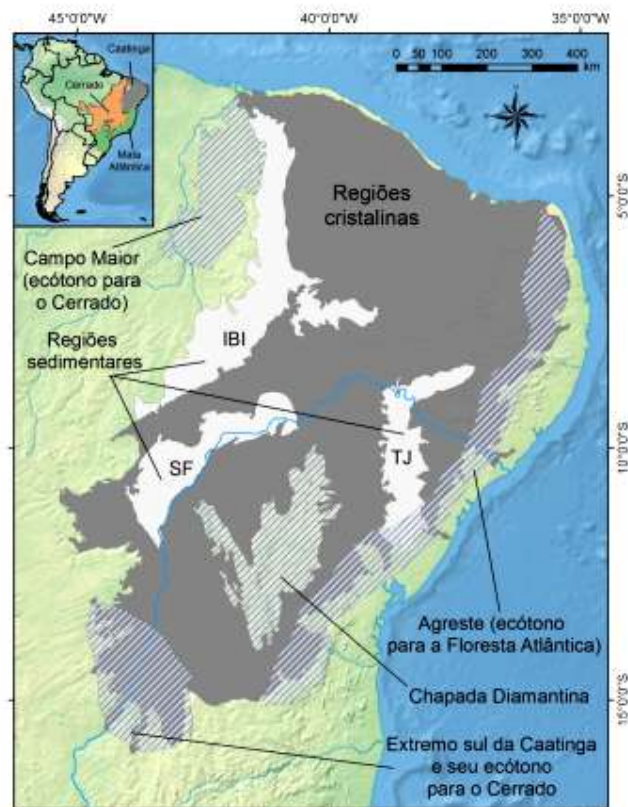
Esta diferença geológica influencia diretamente na distribuição das espécies formando nichos ecológicos específicos para cada tipo de solo (PINHEIRO; RODAL; ALVES, 2010), havendo poucas espécies compartilhadas entre a matriz cristalina e as bacias sedimentares. É comprovado também que mesmo em menores escalas as sinúsias da vegetação variam de acordo com a tipologia de solo existente.

Mas é de comum acordo, mesmo havendo várias maneiras de classificar a Caatinga, a vegetação sofre influência direta do embasamento geológico onde repousa, e consequentemente, os tipos de solo. Numa revisão realizada por Moro, Lughadha, Araújo et al. (2016) os autores demonstraram através de uma mapa temático (Figura 7) que a Caatinga se insere na chamada Depressão Sertaneja que é composta por extensas áreas planas e com relevos residuais de inselbergues, serras e brejos.

De maneira geral, o embasamento cristalino apresenta diversos tipos de solos mesmo fazendo parte da mesma matriz, mas com características incomuns por serem rasos, pedregosos e compactos com maior índice de escoamento da precipitação (SANTOS; RIBEIRO; SAMPAIO, 1992). Nestes solos tanto a composição florística como a estrutura da vegetação apresentam diferenças significativas com relação a densidade e porte das plantas.

Contudo, outra unidade geológica também é encontrada na Caatinga, onde a vegetação apresenta outro conjunto florístico específico e estrutura diferenciada, que são as bacias sedimentares (MORO, 2013). Para exemplificar a distribuição dos solos os mesmos autores apresentaram no mapa ambas as unidades geológicas encontradas na região semiárida, a cristalina e as bacias sedimentares, a exemplo da Bacia Tucano-Jatobá. Nas áreas sedimentares os solos são mais profundos e arenosos que dá origem a outra tipologia vegetacional com composição florística específica destes locais.

Figura 7 – Delimitação do Domínio Fitogeográfico da Caatinga (DFC) conforme mapeado por Moro, Lughadha, Araújo et al. (2016) adaptado de Velloso, Sampaio e Pareyn (2002) destacando-se as regiões onde predominam terrenos de origem cristalina (cinza escuro) e sedimentar (cinza claro: IBI- bacia sedimentar da Ibiapaba-Araripe; TJ- Bacia sedimentar do Tucano-Jatobá; SF- Dunas Continentais do São Francisco). Áreas hachuradas representam as principais regiões ecotonais do DFC para os quais há dados florísticos publicados (ver capítulos 1, 2 e 3): *Agreste*, na transição do DFC com a Mata Atlântica; *Campo Maior*, na transição com o Cerrado e o *extremo sul da Caatinga* no norte de Minas Gerais, na transição com o Cerrado e a Mata Atlântica. A área hachurada no centro do DFC é a Chapada Diamantina, onde cerrado, caatinga e campos rupestres se misturam



Fonte: Moro, Lughadha, Araújo et al. (2016)

Diversidade e impactos ambientais

De maneira geral, a Caatinga mesmo naturalmente sendo considerado de menor porte que outros ecossistemas, quando preservado abriga uma vegetação mais robusta e de alturas elevadas. Este fato é comprovado com diversos trabalhos comparativos que mostram as diferenças entre as vegetações antropizadas e preservadas (HOLANDA et al., 2015).

Para a vegetação as variações fisionômicas são relatadas na Caatinga em diferentes escalas. Além disso, sabe-se que a Caatinga além de ter uma vegetação de porte variado, também apresenta consideráveis mudanças em conjuntos florísticos relacionados com os fatores abióticos relatados acima (ANDRADE-LIMA, 1981; ALCOFORADO-FILHO; SÁ BARRETTO SAMPAIO; RODAL, 2003; RODAL; MARTINS; SAMPAIO, 2008).

Diversos estudos comprovaram a existência de grupos florísticos específicos de determinados locais, com repartição espacial principalmente em função da geologia e tipos de solos (RODAL; SAMPAIO et al., 2002; QUEIROZ, 2006, 2009; SABINO; CUNHA; SANTANA, 2016; SILVA; SOUZA, 2018; LIMA et al., 2019).

Plantas suculentas também são observadas, além de um estrato herbáceo efêmero e restrito à estação chuvosa (CARDOSO; QUEIROZ, 2007; QUEIROZ; MORO; LOIOLA, 2015). Entretanto, mesmo restritas a estação chuvosa as plantas herbáceas são responsáveis pela maior parte da riqueza de espécies encontradas para a Caatinga, além de abrigar táxons endêmicos e importância ecológica (LIMA et al., 2019).

Estas particularidades fazem com que a Caatinga detenha elevada heterogeneidade ambiental e abrigue uma elevada biodiversidade (ALBUQUERQUE et al., 2012). Entretanto, toda a riqueza e diversidade encontrada têm sido constantemente ameaçadas em função da destinação de áreas à pastagem e agricultura vem causando forte redução na cobertura vegetal (MATALLO JR., 2001; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015; LANDIM; SILVA; ALMEIDA, 2011).

Com relação à flora angiospérmica a Caatinga abriga um total de 4,687 espécies, sendo 913 táxons considerados endêmicos. Estes números correspondem a 19,6% do total de espécies oficialmente catalogadas para o Brasil (ZAPPI et al., 2015). Dentre estes números as famílias botânicas de maior representatividade são Fabaceae e Euphorbiaceae que ocupam, em geral, as primeiras posições nas listas florísticas de diversos trabalhos que podem ser encontrados na

revisão realizada por Moro, Lughadha, Araújo et al. (2016).

A eliminação da cobertura vegetal e o seu uso não sustentável vêm acarretando graves problemas ambientais no Semiárido nordestino. De acordo com Castelletti et al. (2003), já estimava-se que a área coberta por atividades agrícolas na região era de 201.786km², o que correspondia a 27,5% da área da Caatinga. Com esta forte degradação ao longo dos anos a vegetação foi sendo cada vez mais fragmentada formando “ilhas de vegetação”, ou seja, manchas de vegetação nativa inseridas numa matriz antropizada por diversas formas de impactos (CASTELLETI et al., 2003). Além da perda de biodiversidade, diversos autores apontam a degradação ambiental como precursor do processo de desertificação (MARACAJA et al., 2003; ANDRADE et al., 2005; SOARES; NÓBREGA; MOTA FILHO, 2011).

Souza, Artigas e Lima (2015) apontam o desmatamento para finalidades agropecuárias como a principal antropização que mais degrada a Caatinga. Por meio da remoção da cobertura vegetal, os solos se tornam expostos, pobres em nutrientes e a vegetação com dificuldades de regeneração, onde numa área de um hectare Caatinga foi considerada com baixa riqueza e diversidade de espécies (SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015). O efeito desta cadeia de acontecimentos é o início do processo de Desertificação que tem consequências ecológicas e sociais negativas (LANDIM; SILVA; ALMEIDA, 2011).

Estudos de cunho florístico em áreas desertificadas, em geral, são insipientes, onde grande parte se restringe apenas ao estrato lenhoso. Contudo, mesmo havendo a exclusão dos demais extratos, é visto que a riqueza de espécies vegetais é considerada baixa em locais com indícios de desertificação. A exemplo, os poucos estudos existentes mostram que um total de 19 espécies foi encontrado para a Caatinga degradada do Ceará (TRIGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA, 2009), 31 espécies para a região do Seridó (COSTA et al., 2009) e 13 táxons na Paraíba (SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015). Estes estudos, portanto, demonstram que este padrão de baixa diversidade de táxons é comum para locais em desertificação.

Assim, uma das ferramentas utilizadas para analisar extensos territórios é o sensoriamento remoto, cuja aplicação das técnicas foram eficazes no estudo da vegetação de Caatinga (SILVA; SILVA et al., 2017).

3.3 SENSORIAMENTO REMOTO

Elementos físicos do sensoriamento remoto

A principal fonte natural de luz no planeta vem do Sol, que dentre vários tipos de radiação, encontra-se a radiação eletromagnética (REM) que se propaga na velocidade da luz por meio de ondas ou partículas eletromagnéticas (ROSENDO; ROSA, 2005).

A REM que está representada de forma contínua através de comprimentos de onda ou energia que recebe o nome de espectro eletromagnético, que se dividem em distintas faixas em regiões específicas nos processos físicos de detecção de energia, tais como:

1. Raios Cósmicos, raios γ : ($< 0,003-0,4\text{nm}$);
2. Raios X: ($0,03-3,0\text{nm}$);
3. Ultravioleta: ($0,003-0,4\mu\text{m}$);
4. Visível: ($0,4-0,72\mu\text{m}$), azul ($0,45-0,50\mu\text{m}$), verde ($0,50-0,54\mu\text{m}$), vermelho ($0,65-0,72\mu\text{m}$);
5. Infravermelho Próximo: ($0,72-1,3\mu\text{m}$);
6. Infravermelho Médio: ($1,3-4,0\mu\text{m}$);
7. Infravermelho Distante: ($4,0-300\mu\text{m}$);
8. Microondas: ($1,0-100\text{cm}$);
9. Ondas de Rádio: ($> 100\text{cm}$).

Segundo Rosendo e Rosa (2005), no sensoriamento remoto as faixas mais comuns de serem utilizadas são as do vermelho visível, infravermelho próximo, médio, distante e microondas. O ciclo acontece quando a radiação incide na atmosfera, onde tomam caminhos distintos sendo um deles o alvo, no qual podem acontecer três possibilidades chamadas de reflectância, transmitância e absorvância, conforme descrição abaixo:

1. **Reflectância:** A reflectância de cada banda (i) é definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, que é obtida com através da equação:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda}}{K_{\lambda i} \cdot Z \cdot d_r} \quad (3.1)$$

Onde $\rho_{\lambda i}$ é a reflectância, $L_{\lambda i}$ é a radiância da imagem, $K_{\lambda i}$ é a irradiância espectral solar de cada banda no topo da atmosfera, Z é o ângulo zenital solar e d_r é o inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol.

2. **Transmitância:** o fluxo de radiação transmitido pelo alvo dividido pelo fluxo de radiação incidente, expresso a seguir:

$$\rho = \frac{\phi t}{\phi i} \quad (3.2)$$

Em que ρ é a reflectância, ϕt é o fluxo de radiação transmitido e ϕi é o fluxo de radiação incidente.

3. **Absortância:** é a razão entre o fluxo de radiação absorvido pelo alvo dividido pelo fluxo de radiação incidente:

$$\rho = \frac{\phi a}{\phi i} \quad (3.3)$$

Onde ρ é a reflectância, ϕa é o fluxo de radiação absorvido e ϕi é o fluxo de radiação incidente.

Outra equação também é utilizada a fim de calibrar os dados de entrada no sistema na realização de análises, como:

4. **Calibração radiométrica:** Consiste no cômputo da radiação espectral em cada banda ($L_{\lambda i}$), em que o número digital (ND) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral monocromática (OLIVEIRA; SILVA; OLIVEIRA, 2014):

$$L_{\lambda i} = a_i + \left(\frac{b_i + a_i}{254} \right) (ND - 1) \quad (3.4)$$

Onde $L_{\lambda i}$ é a radiância de cada banda espectral, representa o valor mínimo e b o valor máximo da radiância, o ND são os números digitais da imagem que podem variar de 0 a 255 e o i representa as bandas da imagem.

Índices de Vegetação

De maneira geral, os índices de vegetação são produtos do sensoriamento remoto obtidos por meio de modelos matemáticos, considerados eficientes na avaliação e monitoramento da dinâmica da vegetação (SILVA; SILVA et al., 2017).

De acordo com Rosendo e Rosa (2005), os Índices de Vegetação têm como principal importância a avaliação de áreas degradadas através da quantificação de biomassa da vegetação verde. Existem diversos índices que levam em consideração a cobertura vegetal como Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Enhanced Vegetation Index (EVI) e o Leaf Area Index (LAI / IAF).

Contudo, o autor ainda destaca que a aparência da cobertura vegetal não pode ser determinada apenas pelo sensoriamento remoto, pois a combinação de fatores ambientais que atuam sobre a vegetação é variada, como: fonte de radiação, o espalhamento atmosférico, as características tanto da folha quanto do dossel, os teores de umidade, a interferência da reflectância do solo, sombra, entre outros.

Assim, cada índice recebe uma calibração resultado, gerado por estes índices que refletem o estado ambiental das áreas tanto por meio da vegetação quanto pela redução do reflexo do solo. Estes índices se caracterizam por:

1. **NDVI**: dentre os índices de vegetação é o mais utilizado por ser facilmente correlacionado a determinados parâmetros de vegetação, tais como fitomassa, área foliar, produtividade, atividade fotossintética, porcentagem de cobertura verde, entre outros (FECHINE; GALVÍNIO, 2008). Seu resultado varia entre 1 e -1, onde mais próximo de 1 significa maior densidade vegetativa e mais próximo do valor negativo ou 0, determina ausência de vege-

tação. É expresso como a diferença entre a banda do infravermelho próximo e vermelho normalizada pela soma as bandas, onde tem como equação:

$$NDVI = \frac{IVO - V}{IVP + V} \quad (3.5)$$

2. **SAVI**: tem como propriedade a redução do efeito do solo de fundo da vegetação, ou seja, retira o brilho dos solos na imagem. É indicado para avaliação de áreas com vegetação extremamente degradada, onde a cobertura vegetal é bastante reduzida. Sua calibração é por meio de uma constante chamada de fator “*L*” adicionado na equação do *NDVI*. O fator “*L*” tem valores que variam de 0,25 a 1 dependendo da cobertura do solo. Sua equação está representada da seguinte forma:

$$SAVI = (1 + L) \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{L + \rho_{iv} - \rho_v} \quad (3.6)$$

3. **EVI**: foi desenvolvido para otimizar o sinal da vegetação em regiões de alta biomassa, além de apresentar melhor capacidade de monitoramento através de uma quebra do sinal do substrato do dossel vegetal e de redução das influências atmosféricas (ROSENDO; ROSA, 2005), com equação:

$$EVI = \frac{G(\rho_{NIR} - \rho_{red})}{\rho_{NIR} + C_1\rho_{red} - C_2\rho_{blue} + L.(1 + L)} \quad (3.7)$$

4. **LAI/IAF**: este índice é definido como a razão entre a área foliar da vegetação pela unidade de área utilizada por esta vegetação, onde a biomassa é ocupada por cada pixel (BORATO; GOMIDE, 2013). Sua equação está definida como:

$$IAF = \frac{\ln(0.96 - SAVI)}{\frac{0.59}{0.91}} \quad (3.8)$$

Como visto acima, existem alguns índices de vegetação que são mais usados em análises do monitoramento da cobertura vegetal, no qual cada um deles apresenta uma peculiaridade na

sua calibração. Para se estimar o Índice da Área Foliar são realizados ajustes de outros índices, que segundo Galvêncio, Moura et al. (2013) não se aplica para a vegetação savânica.

Os autores afirmam que os índices de vegetação, principalmente o IAF, estejam ajustados para vegetação em ótimas condições de umidade. Entretanto, uma vegetação como a Caatinga que sofre o efeito da sazonalidade este IAF acima apresentado gera resultados duvidosos. Desta maneira, a realização de uma nova calibração foi realizada para que o IAF se tornasse mais específico para a Caatinga e levasse em consideração suas variações sazonais. Novos testes realizados para determinar sua eficácia foram realizados, onde comprovaram que sua aplicabilidade para a Caatinga é mais adequada na detecção das variações fenológicas (MIRANDA et al., 2020). Assim sua equação para este ecossistema foi determinada como:

$$\ln(LAI) = 1.426 + \frac{-0.542}{NDVI} \quad (3.9)$$

Com base nas informações acima descritas, além da influência da sazonalidade na cobertura vegetal, este trabalho seguiu o Índice de Vegetação da Área Foliar-IAF, tendo em vista que a área de estudo se situa na vegetação de Caatinga. Embora Galvêncio, Moura et al. (2013) indiquem que o modelo ainda necessite de ajustes, este ainda permanece como o mais indicado para demonstrar o nível de cobertura vegetal para a Caatinga (MIRANDA et al., 2020).

Ferramenta para diagnóstico ambiental

De acordo com UNCOD, o processo de desertificação se inicia em função de diversas variáveis ambientais e antrópicas. Tem como os principais pilares as mudanças climáticas e a remoção da cobertura vegetal tornando os solos inférteis para agricultura (SOARES; NÓBREGA; MOTA FILHO, 2011).

Entretanto, Matallo Jr. (2001) também menciona que os indicadores para analisar a vulnerabilidade são complexos, o que torna ainda mais difícil a classificação da susceptibilidade. Segundo Silva, Silva et al. (2017), para se compreender a desertificação os estudos multidisciplinares são indicados por reunir um maior número de informações em diferentes vertentes. Contudo, os mesmos autores enfatizam que diante desta complexidade, os indicadores ambientais podem auxiliar de forma mais direcionada no entendimento do processo de degradação, não

podendo, portanto, ser descartada esta possibilidade.

Silva, Silva et al. (2017) destacam que a variável de uso e ocupação do solo merece uma ênfase nos estudos de desertificação por contribuírem de maneira direta em sua gênese. Neste sentido, reforçam ainda que o sensoriamento remoto torna-se de fundamental importância na geração de dados em áreas mais extensas. Estes mesmos autores avaliaram duas áreas de Caatinga por meio da utilização do sensoriamento remoto e afirmaram ser esta uma ferramenta essencial para o diagnóstico de susceptibilidade.

De maneira geral, a tecnologia do Sensoriamento Remoto abriga um conjunto de produtos como os Índices de Vegetação, cujas medidas de obtenção de dados não necessita do contato físico com o objeto (ROSENDO; ROSA, 2005). O que torna possível a realização do monitoramento do uso do solo, cobertura vegetal e do mapeamento de áreas degradadas de forma mais ágil e abrangente (FERREIRA, 2014).

Jensen (2009) afirma que grandes são as vantagens de se trabalhar com o sensoriamento remoto, visto que não necessita de aproximação com o objeto ou a área de interesse. Os equipamentos de sensoriamento remoto são programados para coletar os dados sistematicamente por meio de satélites e imagens aéreas que permitem um longo alcance simultaneamente em várias imagens distintas.

Nesta perspectiva, Rosendo e Rosa (2005) faz ressalva à viabilidade de se monitorar a cobertura vegetal de extensas áreas como bacias hidrográficas inteiras, no qual traz como vantagem também a viabilidade financeira devido ao baixo custo. Sobre isso o autor elenca as vantagens de se trabalhar com o Sensoriamento Remoto, tais como:

1. Rapidez: permite a obtenção de informações em curto espaço de tempo;
2. Repetitividade: permite comparação tanto da área como das condições alvo (áreas degradadas, vegetadas etc.);
3. Visão global da área levantada: permite obtenção de informações acerca de grandes áreas em única tomada de dados.

Por outro lado, Jensen (2009) também destaca as desvantagens devido a algumas limitações como a super estimativa na análise dos dados das imagens e a falta de calibração adequada

de seus instrumentos, como os sensores. Uma vez que as utilizações dos modelos matemáticos estejam descalibradas, seus dados e conclusões acerca do objeto estão gerando resultados duvidosos. Assim, Jensen (2009) diz que:

“A ciência do sensoriamento remoto tem limitações. Talvez a maior limitação é que geralmente ela é superestimada. O sensoriamento remoto não é uma panaceia que fornecerá todas as informações necessárias à condução das pesquisas físicas, biológicas ou das ciências sociais. Ele simplesmente provê alguma informação espacial, espectral e temporal de valor, de uma forma que esperamos que seja eficiente e econômica.” (JENSEN, 2009, p 9).

O mesmo autor também elenca como estes dados podem ser processados de maneira errada em função das diversas etapas de construção dos resultados, pois no seu ponto de vista a manipulação pelos humanos é um fator que pode levar ao erro. Desta maneira, os passos que Jensen (2009) lista é:

1. Seleção do sistema de sensoriamento remoto mais apropriado para coletar dados;
2. Especificação das várias resoluções dos dados nos sensores remotos;
3. Calibração dos sensores;
4. Seleção da plataforma que irá portar o sensor;
5. Determinação do quando os dados serão coletados;
6. Especificação de como os dados serão processados.

Estudos ao nível mundial comprovaram que outros ecossistemas terrestres de origem savânica localizados na África e no Cerrado brasileiro as variações da cobertura vegetal puderam ser diagnosticadas com base nos Índices de Vegetação (HOFFMANN et al., 2005; TSALYUK; KELLY; GETZ, 2017). Entretanto, os autores destes estudos indicam que análises mais precisas de campo sejam realizadas para validar os resultados obtidos pelo sensoriamento remoto.

No nordeste do Brasil observa-se que a importância da utilização dos Índices de Vegetação para o monitoramento da cobertura vegetal é refletida em diferentes estudos realizados no

estado de Pernambuco na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú (RIBEIRO et al., 2008; SANTOS; GALVÍNIO, 2013; FERREIRA, 2014; SILVA; CRUZ, 2016). Outras localidades como na Bacia do Riacho do Pontal os resultados por meio do sensoriamento remoto também reforçam sua importância. Silva, Silva et al. (2017) encontraram que os baixos Índices de Vegetação próximos ao longo dos cursos dos rios demonstram o quão avançado se encontra o processo de degradação ambiental e susceptibilidade à desertificação (SILVA; SILVA et al., 2017).

Desta forma, com as ferramentas fornecidas pelo Sensoriamento Remoto, como Índices de Vegetação, é possível de se obter produtos voltados para as mudanças na vegetação, mapear grandes áreas degradadas (Bacias Hidrográficas) e diagnosticar pontos susceptíveis a desertificação por meio da degradação ambiental.

Entretanto, assim como indicado por Galvínio, Moura et al. (2013), faz-se necessário a validação dos valores dos Índices de Vegetação através de sua associação com os dados in loco. Assim, é possível reforçar os resultados de elevados índices sendo estes relacionados com dados de estrutura da vegetação, a fim de garantir a precisão da avaliação por meio de imagem de satélite. Com isso, medidas mitigadoras podem ser realizadas de forma mais direta e com exatidão.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE ESTUDO

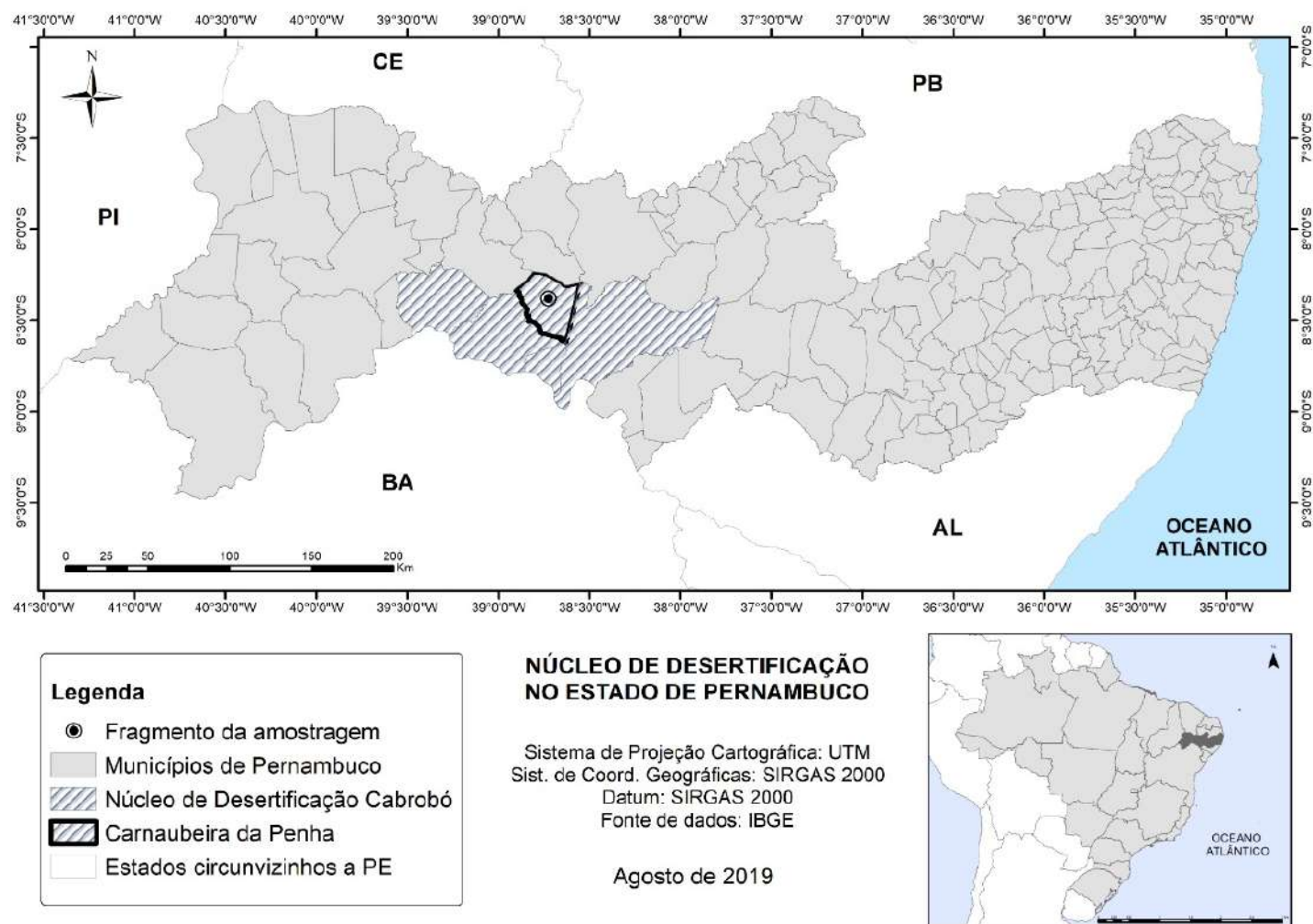
Em função de abrigar o conjunto de informações descritas acima, o estudo foi desenvolvido no município de Carnaubeira da Penha localizado no Núcleo de Desertificação Cabrobó, região semiárida de Pernambuco e mesorregião do Sertão do São Francisco (Figura 8). A cidade limita-se ao norte com os municípios de Mirandiba e Salgueiro, ao sul com Belém de São Francisco, a leste com Floresta e a oeste com Cabrobó (MASCARENHAS et al., 2005).

As formações vegetacionais são classificadas como Savana-Estépica, conhecidas popularmente como Caatinga, com estrato lenhoso decidual e espinhoso (IBGE, 2012). Variam desde Caatinga arbustiva densa e em alguns trechos espaçada associada ao uso e ocupação do solo e ao estrato florestal com maior densidade de cobertura vegetal observada nas áreas mais elevadas.

Devido à plasticidade das condições ambientais existentes no município, é possível perceber, em escala local, diferentes fisionomias de Caatinga. Na maior extensão do município são encontradas formações vegetacionais da matriz cristalina, porém, áreas sedimentares também estão presentes na região.

Para o estudo, foi selecionado um fragmento vegetacional dentro dos limites do município sobre os solos dos tipos Luvisolo e Neossolo Litólico, ambos de origem cristalina. Os solos de origem sedimentar por se tratar de uma Caatinga com composição florística e estrutura completamente distinta, não foi incluída na análise.

Figura 8 – Localização do município de Carnaubeira da Penha no Núcleo de Desertificação Cabrobó, PE



Fonte: Autores, 2019

O município, que fazia parte como distrito de Floresta, foi criado em 01/10/1991, pela Lei Estadual n. 10.626, sendo formado pelos Distritos de Barra do Silva e Olho D'Água do Padre. Segundo o diagnóstico do município de Carnaubeira da Penha (MASCARENHAS et al., 2005), sua área ocupa 995 km², e representa 1.01% de Pernambuco. O município está inserido na Folha SUDENE de Topanaci na escala 1:100.000, com coordenadas geográficas de 8°19'20"S e 38°44'39"W distando 498.2 km de Recife, cujo acesso é feito pela BR-232 e PE-423.

No tocante aos aspectos socioeconômicos da região as informações foram extraídas do IBGE de acordo com o censo realizado em 2017. Com relação à população a estimativa foi de 11.782 pessoas, sendo a maior parte residente na zona rural do município, o que resulta em 11.73 hab km² (IBGE, 2020).

Para a etnia, a população é formada por brancos, caboclos e índios. Encontra-se uma pequena população de negros na Serra do Arapuá. A população da Serra de Umã é formada principalmente por índios, onde se encontra a Reserva Nacional dos ÍNDIOS ATIKUM (OLIVEIRA; SILVA; OLIVEIRA, 2014). A origem do nome Carnaubeira foi por existir uma grande quantidade de Carnaúbas na região, no início do seu povoamento. E Penha foi em homenagem a Nossa Senhora da Penha, a escolhida como sua padroeira, ficando com o nome do município Carnaubeira da Penha.

Na área da saúde a taxa da mortalidade infantil em 2017 foi de 11,24 para cada mil nascidos vivos. Estes valores refletem as precárias condições de vida no município, no qual o principal motivo das internações é devido à diarreia, pois apenas 14% das residências possuem esgotamento sanitário adequado.

Com relação à economia a média salarial na região para trabalhadores rurais é de 1,4 salários mínimos, com apenas 446 pessoas formalmente empregadas. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal-IDH-M em 2010 foi de 0,573. Já o Produto Interno Bruto per capita esteve estimado em R\$6.022,06, no qual este valor situa município em 185º no ranking estadual e em 5570º no nacional.

Os setores de atividade econômica formais na zona urbana são comércio, serviços e mais expressivamente a administração pública (MASCARENHAS et al., 2005). Já para a zona rural, a principal fonte de renda há cerca de 20 anos atrás era o cultivo do algodão e agricultura de subsistência, sendo atualmente de maneira muito intensa o corte raso de lenha em várias áreas

de caatinga para a fabricação de carvão (Figura 9).

Figura 9 – Fornos para produção de carvão no município de Carnaubeira da Penha no Núcleo de Desertificação Cabrobó, PE



Fonte: Autores, 2019

O clima da área de estudo é do tipo Tropical Semi-Árido, frequentemente marcado por dois períodos um seco e longo e outro chuvoso, curto e com chuvas mal distribuídas, com precipitação média anual de 431mm e período chuvoso concentrado nos meses de novembro a abril (CLIMATE DATA, 2019). As temperaturas médias são de 27 °C, o que torna o déficit hídrico presente a maior parte do ano (MASCARENHAS et al., 2005).

O relevo é predominantemente suave-ondulado, com serras circundando o município, sendo cortado por vales estreitos, com vertentes dissecadas (MASCARENHAS et al., 2005).

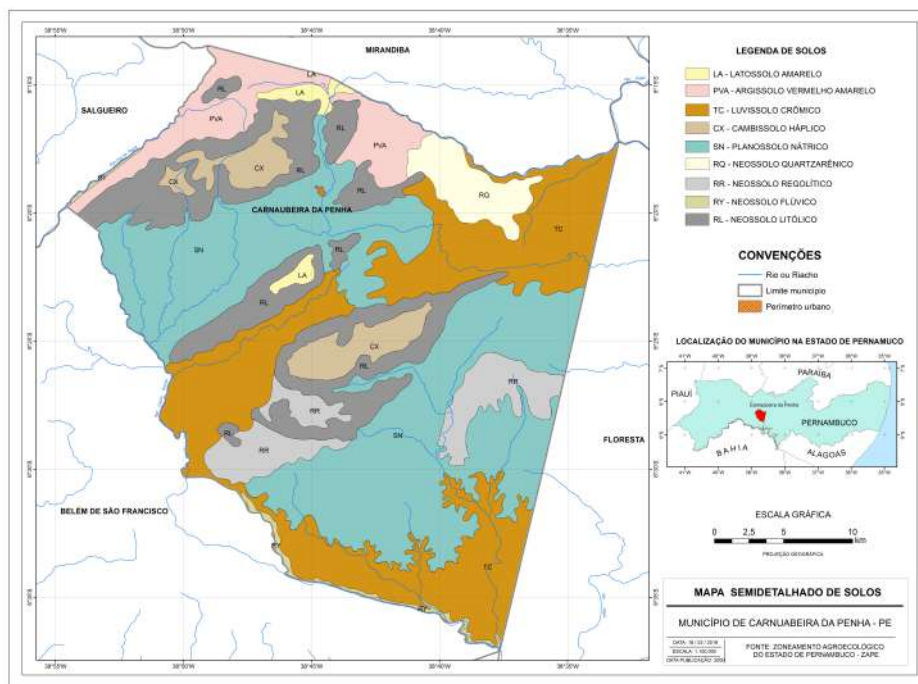
Através do mapa de solos (EMBRAPA, 2019), pode-se constatar a presença de vários tipos distintos, sendo os originados da matriz cristalina em sua maior extensão (Figura 10). Contudo, solos de origem sedimentar também são encontrados em microbacias. Mesmo com variações há predominância de dois tipos: Planossos Nátricos considerado mal drenado devido ao alto teor de sódio e Luvissole Crômico que apresenta forte tendência à erosão (JACOMINE, 2013).

4.2 SENSORIAMENTO REMOTO

Coleta de dados

Os dados de temperatura e precipitação foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET e Agência Pernambucana de Águas e Clima-APAC, respectivamente, do

Figura 10 – Mapa de solos do município de Carnaubeira da Penha no Núcleo de Desertificação Cabrobó, PE



Fonte: Embrapa Solos do Nordeste, 2019

período de 1980 a 2016. Posteriormente foi obtido o balanço hídrico pelo método de Thornthwaite e Maher (1955).

As cenas que serviram de base para a avaliação espaço-temporal do IAF são provenientes dos satélites Landsat 5 e 8 pelos sensores Thematic Mapper (TM) e OLI/TIRS, respectivamente. Os sites utilizados foram o EarthExplorer - (EARTHEXPLORER, 2019) e do Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE (INPE, 2019).

A avaliação da sazonalidade, regeneração e cobertura vegetal se deu por meio das imagens de satélites do período seco e chuvoso para série desde a década de 1980 até 2016. As datas para o período chuvoso foram: 14.08.1985, 19.05.1994, 29.12.2000, 05.04.2007 e 23.01.2010 (Landsat5), 24.06.2013, 26.05.2014, 27.04.2015 e 18.07.2016 (Landsat8); para o seco: 18.11.1985, 11.11.1994, 24.09.2000, 27.08.2007 e 06.10.2010 (Landsat5), 30.10.2013, 01.10.2014, 04.10.2015 e 23.11.2016 (Landsat8). Estas imagens foram selecionadas em função da qualidade dos alvos devido à ausência de nuvens, e assim, possibilitando uma avaliação mais precisa do local.

Todo o processamento de calibração radiométrica, reflectância e NDVI foi obtido seguindo metodologias já consolidadas e publicadas por Chander, Markham e Helder (2009) e

Galvêncio et al. (2013). O índice de Área Foliar-IAF foi obtido utilizando a equação ajustada para a Caatinga por Galvêncio et al. (2013).

Índice da Área Foliar – IAF

O Índice de Área Foliar (Equação 4.1) é um indicador da biomassa por unidade de área representada por essa vegetação, onde associado com a fração de radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela vegetação caracterizam o funcionamento do dossel da vegetação e a capacidade de absorção de energia, obtido através da equação ajustada para a Caatinga (GALVÊNCIO et al., 2013):

$$\ln(LAI) = 1.426 + \left(\frac{-0.542}{NDVI} \right) \quad (4.1)$$

Uso e ocupação do solo

Para reforçar a existência dos diversos usos e ocupação do solo, além da heterogeneidade da paisagem foi traçado um transecto linear no centro das imagens e criados perfis dos valores de IAF. Dentre as imagens com transecto um total de seis imagens, sendo três para cada estação, foi escolhido em função da discrepância nos dados de IAF e pluviosidade. Desta maneira as imagens correspondentes as datas de 1994, 2013 e 2016 foram realizadas análise por meio do perfil estratigráfico com o programa Global Mapper versão 15.

Avaliação estatística

Para avaliar a relação entre a precipitação e a cobertura vegetal foi utilizada a correlação linear de Pearson.

4.3 FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA

Composição e diversidade florística

O estudo foi realizado em duas etapas, na qual a primeira consistiu no reconhecimento da área de estudo para definição da instalação das parcelas amostrais. Na segunda etapa foi realizada a coleta de material botânico e dados fitossociológicos.

O levantamento florístico e fitossociológico foi realizado de janeiro de 2017 até janeiro de 2018, bimestralmente, abrangendo as estações seca e chuvosa para avaliar a influência da sazonalidade sobre a vegetação.

As amostras de material botânico em estado vegetativo e/ou reprodutivo foram coletadas no interior e fora das parcelas amostrais (Figura 11 A) e processadas ainda em campo (Figura 11 B). Estes procedimentos foram realizados para elaboração de lista florística incluindo plantas de todos os hábitos presentes (lenhosas, trepadeiras e herbáceas) (MORO; MARTINS, 2011).

Figura 11 – Coleta de material botânico no município de Carnaubeira da Penha no Núcleo de Desertificação Cabrobó, PE. A – Coleta de amostras botânicas; B – Processamento do material botânico em campo



Fonte: Autores, 2019

Posteriormente, todo material coletado foi herborizado no Laboratório de Morfo-Taxonomia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco seguindo as técnicas usuais de (GADELHINETO et al., 2013) (Figura 12 A). Todas as amostras coletadas foram identificadas ao nível específico e depositado no Herbário Geraldo Mariz (UFP/UFPE) (Figura 12 B).

Figura 12 – Herborização e depósito do material botânico coletado no município de Carnaubeira da Penha no Núcleo de Desertificação Cabrobó, PE. A – Herborização; B – Depósito do material botânico



Fonte: Autores, 2019

A identificação das espécies foi realizada por meio de chaves de identificação, morfologia comparada dos materiais depositados no Herbário UFP já determinados, bem como consultas aos especialistas para confirmação e/ou correção. A lista florística (Tabela 3) está organizada de acordo com o sistema de classificação do Angiosperm Phylogeny Group (APG, 2016). Os nomes das espécies foram conferidos e atualizados segundo a base de dados da Flora do Brasil on-line (www.floradobrasil.jbrj.gov.br; BFG, 2015).

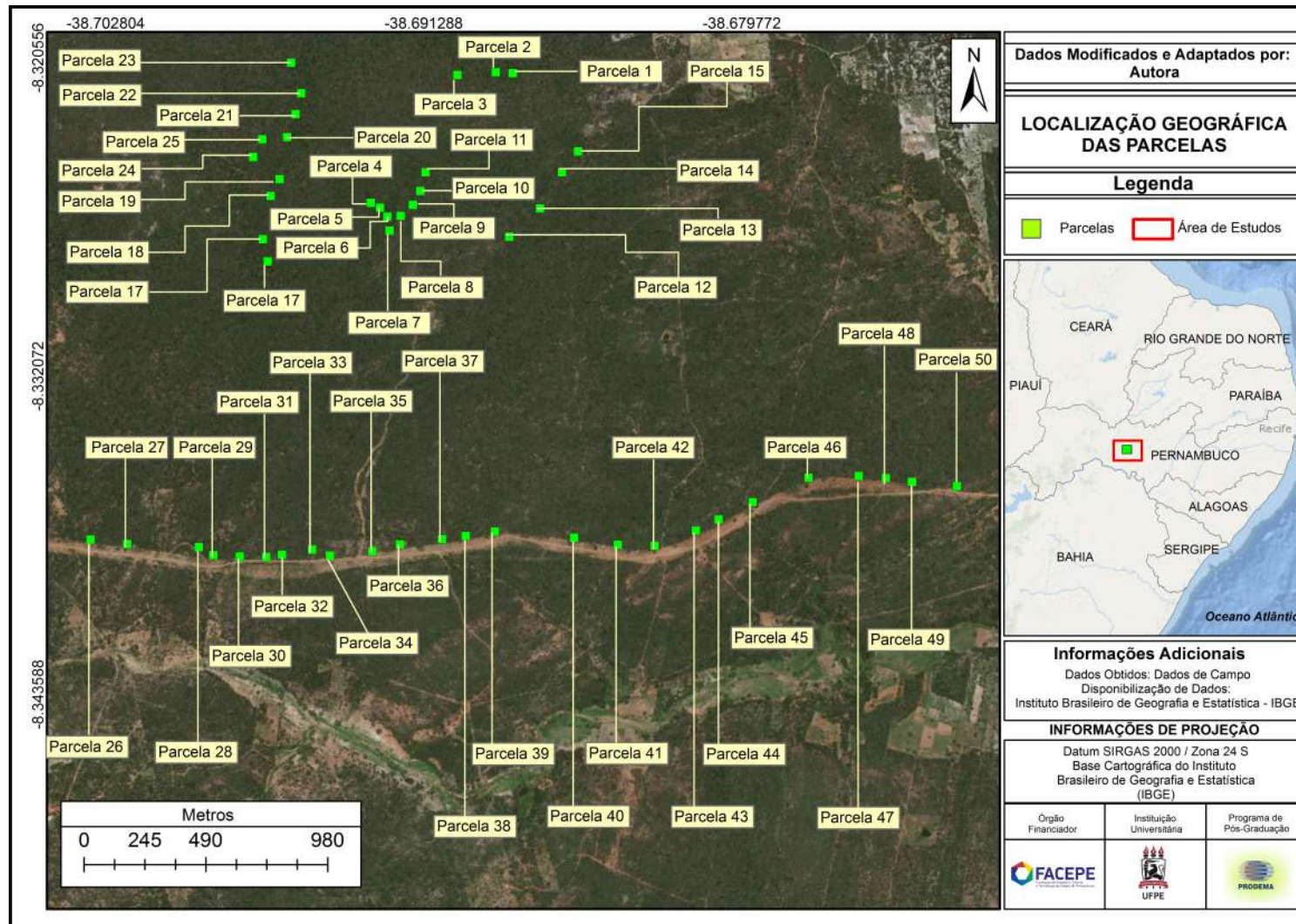
Levantamento fitossociológico do componente lenhoso

O estudo fitossociológico da vegetação foi realizado também por meio de amostragem com parcelas, no qual todas foram georreferenciadas para confecção de mapa de distribuição (Figura 13).

Foram instaladas 50 parcelas de 20x10m e numeradas com placas de alumínio (Figura 14 A) no fragmento florestal totalizando 1 hectare de área amostral (MORO; MARTINS, 2011), como pode ser observado na Figura 14 B. Todos os indivíduos lenhosos, exceto as trepadeiras, no interior das parcelas foram mensurados com diâmetro ao nível do solo (DNS) com critério de inclusão $\geq 3\text{cm}$ (MORO; MARTINS, 2011). O diâmetro foi medido com fita diamétrica e altura total com uma vara de material do tipo PVC com intervalos marcados a cada 1m, que era posicionada próximo de cada planta (Figura 14 C e Figura 14 D).

Os seguintes parâmetros fitossociológicos encontrados na Tabela 4 foram calculados através do programa FITOPAC 2.1 (SHEPHERD, 2010): Número de Indivíduos (n), Densidade Absoluta (DAb), Densidade Relativa (DRe), Frequência Absoluta (FAb), Frequência Relativa (FRe), Dominância Absoluta (DoAb), Dominância Relativa (DoRe), Índice de Valor de Importância (IVI) e Índice de Diversidade de Shannon-Weaner (H'). A análise completa da amostragem se encontra no Apêndice D.

Figura 13 – Mapa de distribuição das parcelas amostrais em um fragmento do município de Carnaubeira da Penha



Fonte: Autores, 2019

Figura 14 – Coleta de dados em campo em um fragmento do município de Carnaubeira da Penha. A – Marcação das parcelas amostrais; B – Plotagem das parcelas amostrais; C – Mensuração do DNS; D – Medição da Altura Total



Fonte: Autores, 2019

Rarefação, extrapolação e estimativa da riqueza total

Para avaliar se a riqueza amostrada no levantamento fitossociológico correspondeu à riqueza real da área, usamos métodos de rarefação (GOTELLI; COLWELL, 2011), extrapolação e estimativa de riqueza total (assintótica) usando o software EstimateS 9.1.0 (COLWELL; ELSENSEN, 2014). Para isso, rarefizemos as amostras com base nas 50 parcelas de 20 x 10 m (1 hectare no total) e extrapolamos nossa amostragem para estimar a riqueza esperada caso a amostragem fosse extrapolada para 100 parcelas, totalizando 2 hectares. Consideramos então a diferença de riqueza registrada em 1 ha versus a esperada para 2 ha. Também utilizamos dois algoritmos que estimam o número total de espécies baseado na amostra, chamados de estimadores de riqueza assintótica. O número total de espécies estimadas foi feito através dos Índices ICE (estimador de cobertura baseado na incidência) e Chao 1 (GOTELLI; COLWELL, 2011).

Contextualização regional

Visando compreender o enquadramento da biodiversidade vegetal da área estudada em relação a outras áreas da Caatinga, foram realizadas análises multivariadas de agrupamento e ordenação através de uma matriz de presença/ausência das espécies usando o programa PAST (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001). Para isso, dados de comunidades vegetais foram extraídos do banco de dados “Caatinga” compilado por Moro, Lughadha, Filer et al. (2014), Moro, Araújo et al. (2015) e Moro, Lughadha, Araújo et al. (2016). Do banco de dados foram selecionadas 22 áreas que registraram tanto plantas lenhosas quanto herbáceas abrangendo os estados do Ceará, Pernambuco, Piauí e Paraíba (Tabela 5), para comparar com a flora de nosso local de estudos. Estas áreas compreenderam dados florísticos da vegetação de caatinga sensu stricto (caatinga do cristalino), caatinga de areia das bacias sedimentares, caatinga no agreste da Borborema e vegetação de inselbergs (MORO; LUGHADHA; ARAÚJO et al., 2016).

Usando uma matriz de presença-ausência baseada nos táxons ocorrentes nas 22 áreas, foram realizadas as análises de agrupamento e ordenação usando distância de Sorensen (Bray-Curtis) e os algoritmos UPGMA (Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages) e NMDS (Non Metric Multidimensional Scaling) (MCCUNE; GRACE; URBAN, 2002; LEGENDRE; LEGENDRE, 2012).

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO

Com relação a vegetação foi observado em campo que existe uma variação no porte desde arbustiva a arbórea, esta última encontrada principalmente em áreas mais preservadas, como por exemplo, em áreas de serras. Apesar de o solo ser raso e bastante pedregoso em algumas áreas, foi constatada a presença de árvores com altura superior a 10m de altura (observações pessoais).

No entanto, a fisionomia da vegetação em Carnaubeira da Penha, em sua maior extensão territorial, é arbustiva-arbórea, formando cobertura vegetal contínua. Nos solos do embasamento cristalino, como do tipo Luvisolos, no estrato arbustivo é mais freqüente a ocorrência de *Croton blanchetianus* Baill. (Euphorbiaceae), e no arbóreo *Cenostigma bracteosum* (Tul.) E. Gagnon & G.P. Lewis (Fabaceae). Nos Neossolos Litólicos a vegetação é arbustiva-arbórea densa, onde o estrato arbustivo é constituído basicamente por *Croton heliotropiifolius* Kunth (Euphorbiaceae), não havendo predominância clara de um táxon sobre os demais para as árvores. Em ambos os solos a variação da vegetação está também relacionada a interferência humana, principalmente nas proximidades com estradas e residências. Assim, a vegetação pode variar de mais adensada (Figura 15 A) para mais aberta com sinais de corte seletivo (Figura 15 B).

Nas áreas sedimentares a espécie conhecida como murici (*Byrsonima coccolobifolia* Kunth.) é predominante, cuja distribuição na área é restrita a esta tipo de solo. Nas áreas de solo do tipo Neossolo Quartzarênico parte da vegetação também se encontra antropizada pela agricultura de subsistência, porém em sua maior parte abriga o porte elevado (Figura 16 A e B) com presença de elementos florísticos mais característicos de locais preservados.

Figura 15 – Caatinga densa e espaçada do cristalino



Fonte: Autores, 2019

Figura 16 – Caatinga sedimentar



Fonte: Autores, 2019

De acordo com Mascarenhas et al. (2005), a sede de Carnaubeira da Penha tem uma altitude aproximada de 430m. Entretanto, em outras localidades do município a altitude apresenta valor mínimo de 339m na região de Exu e máxima de 938m na Serra do Arapuá (Figura 17). Estas grandes altitudes tem contribuído para a preservação da vegetação local, no qual Oliveira, Silva e Oliveira (2014) relatam a presença de espécies vegetais típicas de locais mais preservados.

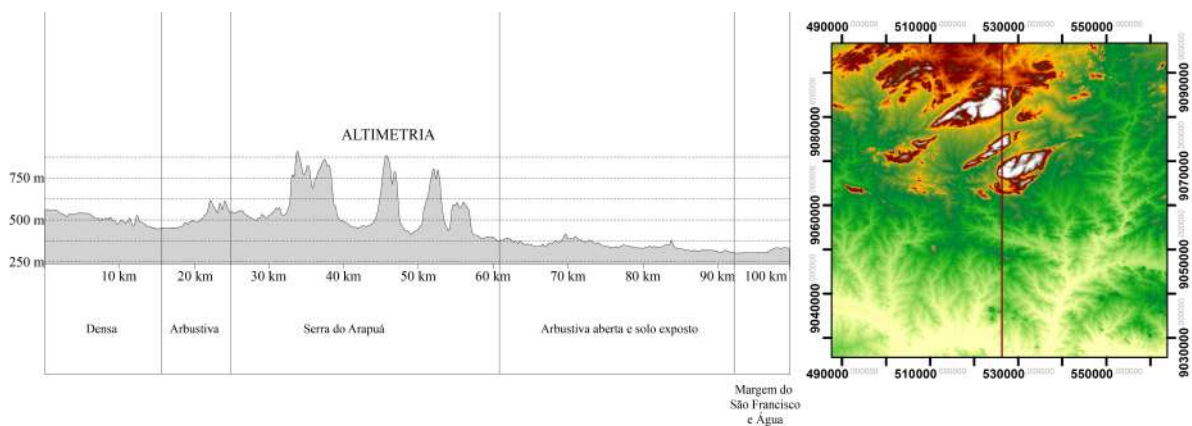
Conforme a literatura indica, a variação altimétrica se deve principalmente ao município ser localizando entre serras, o qual corresponde ao relevo residual proveniente dos processos erosivos da região semiárida. Desta forma, é possível verificar a amplitude do relevo para exemplificar os desníveis altitudinais (Figura 18).

Figura 17 – Serra do Arapuá no município de Carnaubeira da Penha no Núcleo de Desertificação Cabrobó, PE



Fonte: Autores, 2019

Figura 18 – Transecto lienar demonstrando a variação altitudinal em parte do município de Carnaubeira da Penha no Núcleo de Desertificação Cabrobó, PE



Fonte: Autores, 2019

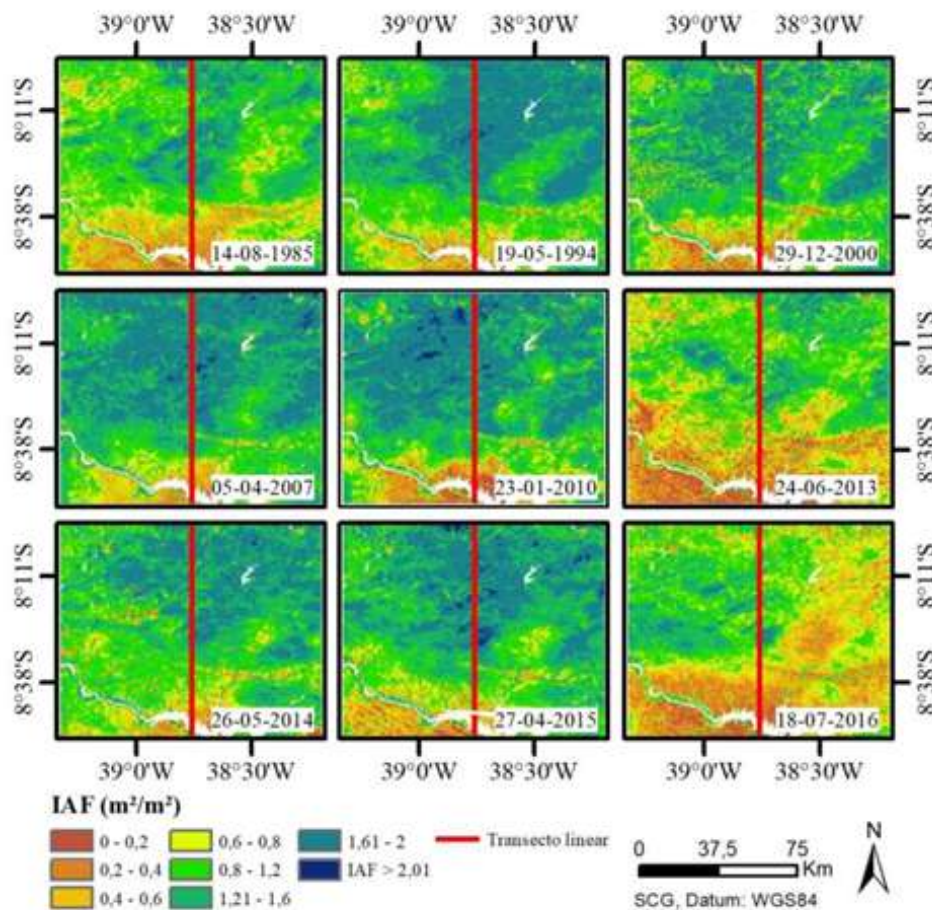
5.2 IMPACTO DA PRECIPITAÇÃO E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA COBERTURA VEGETAL NA CAATINGA

No período chuvoso foram encontrados valores de IAF que variaram de 0,2 a 2,021 (Figura 19) indicando que esta localidade apresenta áreas com solo exposto a uma vegetação com variações de densidade e biomassa. Além disso, uma forte mudança na cobertura vegetal é vista e apresenta grande expansão em densidade no território estudado. Tal resultado é uma característica peculiar para o Domínio da Caatinga, cuja imagem é correspondente ao período chuvoso,

que se sabe que a precipitação tem grande influência sobre a vegetação (ALBUQUERQUE et al., 2012).

Embora a maioria das imagens apresentem IAFs de valores acima de 1,61 a 2,01, a cobertura vegetal variou desde escassa a densa (Figura 19). Mesmo a área sendo localizada em um Núcleo de Desertificação pode-se verificar que em grande parte do território a cobertura vegetal é densa, indicando aparente estado de conservação. Este resultado já havia sido encontrado de maneira similar para o município, porém, com o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) há 10 anos, onde Fachine e Galvínio (2008) apontaram uma vegetação desenvolvida e preservada. Este indicativo pode demonstrar incerteza da permanência do município em Núcleo de Desertificação que deveria apresentar grandes áreas de solo exposto.

Figura 19 – IAF para o período chuvoso em Carnaubeira da Penha, PE



Fonte: Autores, 2019

Embora as áreas de solo exposto também tenham sido encontradas, estas estiveram localizadas em menor proporção, fato pouco visto para a Caatinga apontada em processo de de-

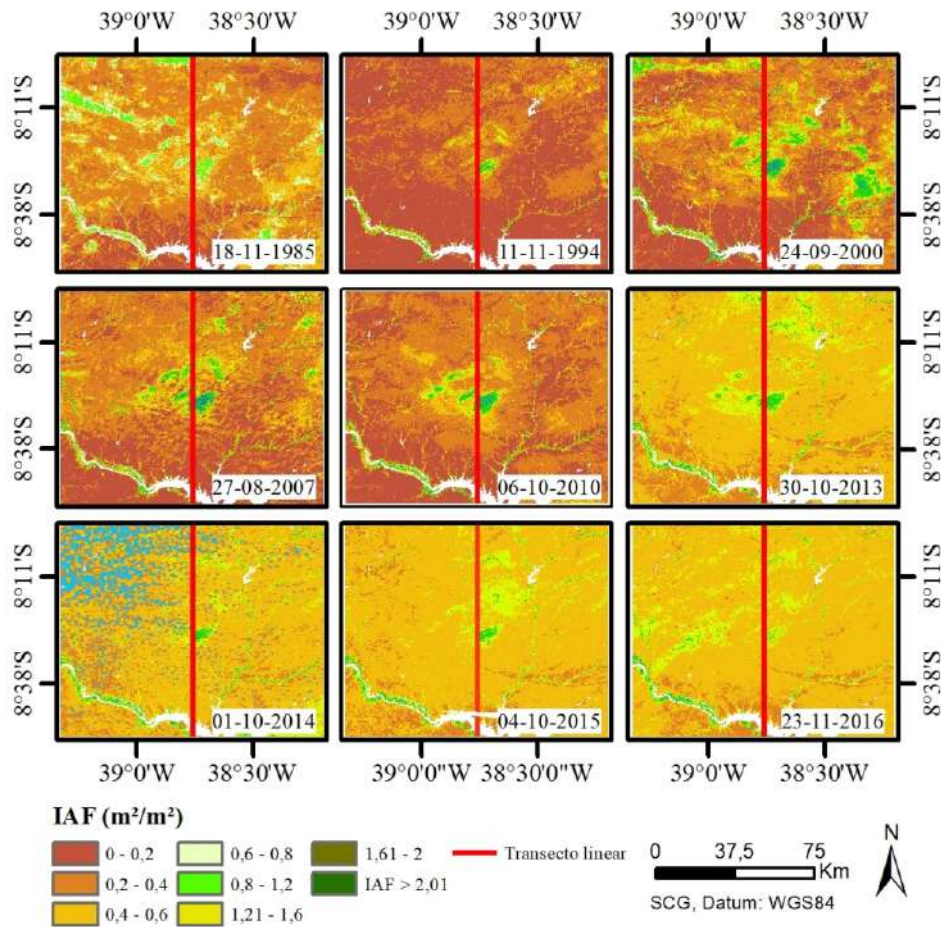
gradação ambiental devido à expansão agropecuária que tem início com a retirada da vegetação (SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015). A agricultura é apontada como maior causadora da redução da vegetação de Caatinga, onde para o Núcleo de Desertificação Seridó gerou diferentes agrupamentos para os fragmentos estudados com e sem antropização, com base na flora local associada ao IAF (COSTA et al., 2009).

As áreas de vegetação mais abertas, ou seja, fitofisionomias mais espaçadas estão relacionadas ao uso e ocupação do solo de forma mais intensa e ocorre nas proximidades do Rio São Francisco. É possível verificar que principalmente nas margens a vegetação é descontínua devido às práticas agropecuárias e retirada de madeira para produção de carvão (BRASIL; MMA, 2007), reforçando o estado de degradação em uma pequena porção da área. De acordo com Perez-Marin et al. (2012), a origem do Núcleo de Desertificação Cabrobó se deve tanto aos fatores naturais como clima, temperatura, solo e relevo, como ao uso e ocupação do solo que degrada o ambiente.

A Figura 20, referente ao período seco, torna evidente a forte mudança da vegetação com extrema redução da distribuição de sua cobertura em função da quase ausência da precipitação. Assim, fica claro que a precipitação é uma variável importante na distribuição da cobertura vegetal e que apresenta uma relação direta na regeneração natural da paisagem (FERREIRA, 2014).

De maneira geral, é notável para o período seco que a redução da cobertura vegetal ainda é maior que aquelas na estação chuvosa. Como esperado, no período seco a distribuição da vegetação se torna mais reduzida, e poucas espécies permanecem com a copa mais evidente, reforçando o efeito da sazonalidade na Caatinga (GALVÍNCIO; PEREIRA et al., 2016; FERREIRA PEDRO SANTOS DOS SANTOS et al., 2017). Os mesmos autores afirmam que o fenômeno da sazonalidade é característico para o Domínio da Caatinga desde a região agreste onde o clima é mais ameno, mas que a variação meteorológica influencia diretamente a distribuição da vegetação (GALVÍNCIO; PEREIRA et al., 2016).

Figura 20 – IAF para o período seco em Carnaubeira da Penha, PE



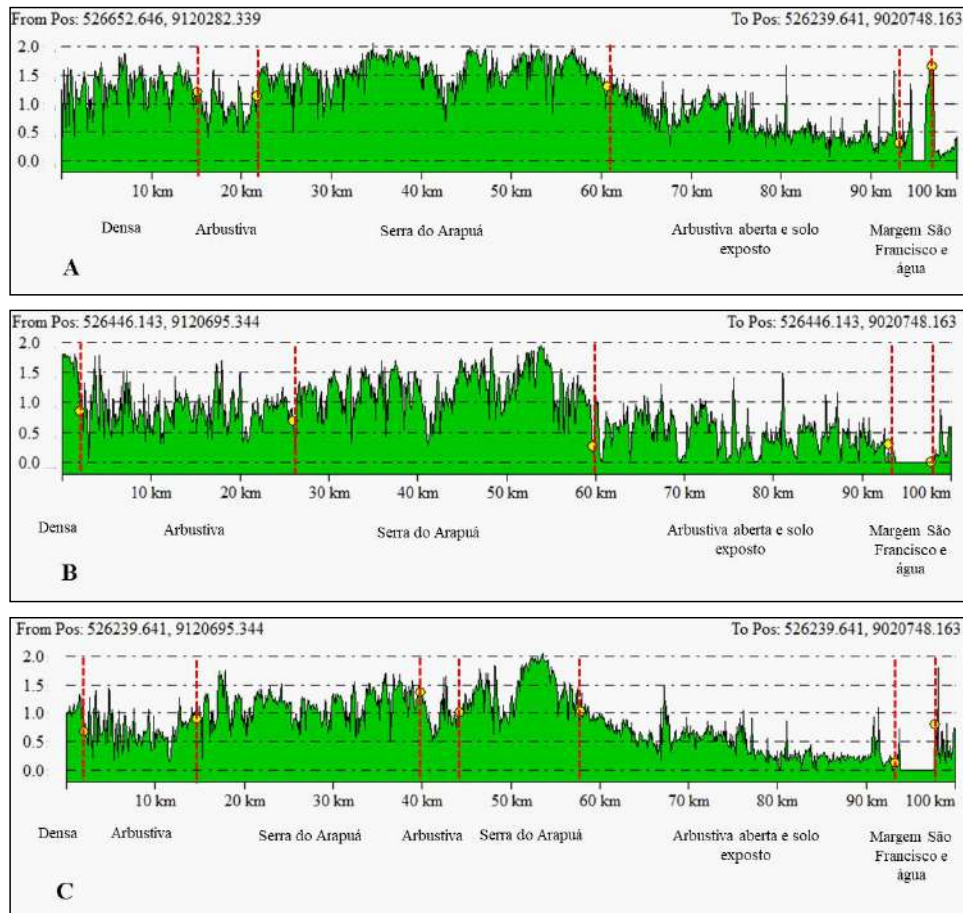
Fonte: Autores, 2019

O que poderia ser considerado como efeito do uso e ocupação do solo sobre a vegetação é visto nas imagens da Figura 19 para os anos de 1985, 2013 e 2016, na qual estiveram distintas do padrão encontrado para o período chuvoso com relação à distribuição da cobertura vegetal. Observa-se, entretanto, que nestes anos houve uma redução na biomassa, ou seja, aparentemente estas áreas estariam passando por remoção da vegetação.

Contudo, através da análise do perfil dessas imagens com base no transecto linear é possível avaliar de maneira mais precisa as sinúrias do ambiente, pois abriga maior sensibilidade por meio do IAF as variações a serem encontradas (OLIVEIRA; SILVA; OLIVEIRA, 2014). O perfil estratigráfico para o período chuvoso (Figura 21), demonstra de forma mais detalhada o que se observou para o resultado com o IAF no mesmo período (Figura 19). A distribuição da vegetação seguiu o mesmo padrão, onde apresentou elevados IAFs desde o extremo norte até a Serra do Arapuá. Após a serra verifica-se a presença de uma cobertura vegetal de menor porte,

sendo arbustiva e algumas áreas de solo exposto já nas proximidades da margem do Rio São Francisco.

Figura 21 – Perfil estratigráfico da vegetação no período chuvoso em Carnaubeira da Penha, PE. A- Ano 1985, B- Ano 2013, C- Ano 2016



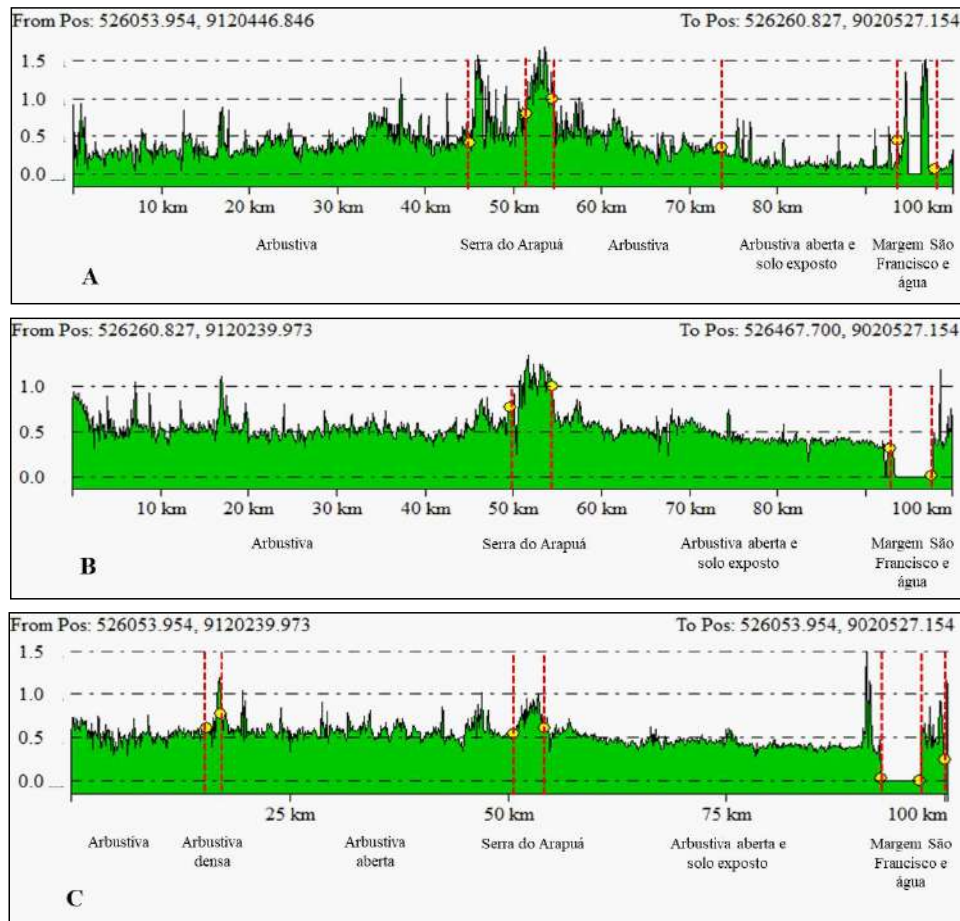
Fonte: Autores, 2019

O mesmo padrão é visto para o período seco, no qual o perfil demonstra a diminuição dos valores do IAF para os mesmos anos acima destacados (Figura 20), visto que a quantidade de chuva é menor e/ou ausente durante este período. O padrão de distribuição da cobertura vegetal encontrado na Figura 20 que representa o mapa de cobertura vegetal para a estação seca é compatível com os perfis estratigráficos da Figura 22, onde os valores de IAF sofreram forte redução com a diminuição de chuva. Chama atenção na Figura 20 a ausência da cobertura densa no extremo norte, onde havia uma vegetação com maiores valores do índice. Contudo, a Serra do Arapua mesmo em menor densidade, permaneceu como sendo o local de maiores valores do IAF.

Desta forma, embora a área apresente um histórico de uso e ocupação do solo, contri-

buindo para a formação deste Núcleo de Desertificação, os perfis confirmam e pode-se inferir que a cobertura vegetal está relacionada com o efeito da precipitação e não apenas com o uso e ocupação do solo.

Figura 22 – Perfil estratigráfico da vegetação no período seco em Carnaubeira da Penha, PE. A- Ano 1985, B- Ano 2013, C- Ano 2016

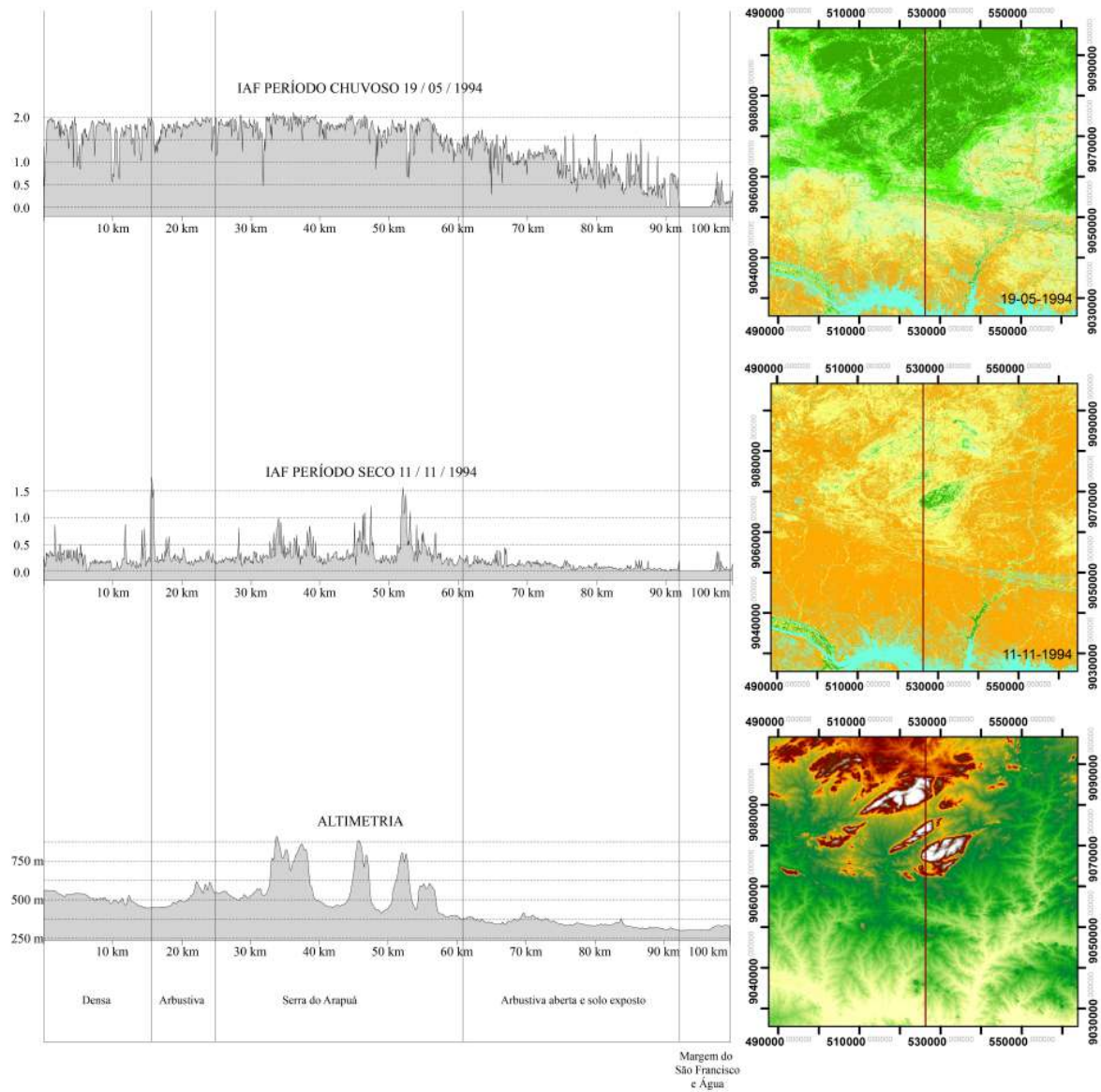


Fonte: Autores, 2019

Os valores de IAF encontrados na Serra do Arapua também permanecem evidentes no perfil estratigráfico com a altimetria do local (Figura 23). O IAF neste local variou de 1,0 no período seco e 2,0 no período chuvoso, onde a altitude esteve acima dos 700 m. É provável que a variação dos maiores valores de IAF encontrados, bem como a expansão e retração da cobertura vegetal estiveram associadas a maior presença de umidade nesta localidade em resposta a maior altitude. Assim, a presença de biomassa na Serra do Arapua foi evidente mesmo quando a disponibilidade hídrica através da precipitação esteve escassa no período seco. Zappi et al. (2015) encontraram fitofisionomias de elevado porte e grande riqueza de espécies em altitudes elevadas como a Serra do Arapua, o que reforça que a maior umidade retida em grandes altitudes

é significativa para a manutenção da cobertura vegetal.

Figura 23 – Perfil estratigráfico da vegetação no período chuvoso, seco e altimétrico em Carnaubeira da Penha, PE



Fonte: Autores, 2019

Em contrapartida, as áreas que apresentaram as fitofisionomias mais abertas os valores de IAF foram de 1,0 com picos de 1,5 no período chuvoso e 0,5 no período seco. Este resultado pode está relacionado ao uso e ocupação do solo, uma vez que estas formações vegetacionais se localizam nas margens do Rio São Francisco. Nesta região é comum de ser encontrar a substituição da vegetação nativa pela agricultura em função da maior disponibilidade hídrica.

Esta permanência da cobertura de maior densidade que se concentra na Serra do Ara-

puá (Figura 24), deve-se também ao fato de se situar nas localidades mais altas. É de comum acordo que na Caatinga a maior representatividade de biomassa, quando comparado com seu entorno, se encontra em locais com elevadas altitudes, por acumular um pouco mais de umidade (GALVÍNCIO; PEREIRA et al., 2016).

Figura 24 – Serra do Arapuá em Carnaubeira da Penha, PE



Fonte: Autores, 2019

Além das maiores altitudes, a Serra do Arapuá abriga a cobertura vegetal densa devido também a dificuldade do acesso, e consequentemente ao uso e ocupação deste local ser mais restrito. A acessibilidade é um fator limitante para o desenvolvimento de agricultura de subsistência e todo o impacto ambiental atrelado a esta prática. Este fato é mencionado por Oliveira, Silva e Oliveira (2014), quando os autores através de uma análise etnobotânica da Serra do Arapuá, indicaram a presença de espécies de Caatinga características de locais preservados e que foram encontradas nesta localidade, a agricultura não foi citada para esta região do município.

A evidência da relação entre a precipitação e vegetação por meio do IAF é reforçada através da análise de correlação com valores de $p=0,45$ e de $p=0,73$ para as estações chuvosa e seca, respectivamente (Tabela 1). Dados como estes reforçam a certeza que a distribuição da cobertura vegetal na área está ligada à variação da sazonalidade em função da precipitação, ao invés do uso e ocupação do solo, mesmo diante dos impactos das diversas práticas que foram relatados por Perez-Marin et al. (2012) para o Núcleo de Desertificação Cabrobó.

Tabela 1 – Dados dos valores do IAF, precipitação e correlação de Pearson para a série histórica analisada.
Fonte: Autores, 2019

Estação	IAF	Precipitação (mm)	Coefficiente de Correlação (p)
Chuvosa	2.117	67.2	0.45
	2.187	163.2	
	2.255	18.3	
	2.371	417.5	
	2.252	19	
	1.878	79.5	
	2.224	167	
	2.222	181	
	2.184	50	
Seca	2.014	3	0.73
	2.330	36.2	
	2.132	18.3	
	1.950	22.5	
	2.031	36.9	
	1.897	6	
	1.883	4	
	1.890	0	
	1.878	0	

Neste sentido, mesmo durante a estação seca, as áreas permaneceram com a cobertura vegetal original de Caatinga que apenas estavam em processo de caducifolia, ou seja, perda das folhas como adaptação ao estresse hídrico, e conseqüentemente, menor captação da biomassa (FERREIRA, 2014).

O balanço hídrico da região também contribuiu para manutenção e regeneração natural da vegetação, onde a precipitação foi bem distribuída ao longo dos meses chuvosos, e desta forma, a água se manteve no solo conservando a vegetação durante a estação seca. Este processo é comum para a Caatinga, uma vez que a água acumulada no solo exerce influência direta na

cobertura vegetal e biodiversidade local (PINHEIRO; RODAL; ALVES, 2010). Este padrão foi constatado também por Galvêncio e França (2014), que mesmo no período seco houve a presença significativa da cobertura vegetal em função do balanço hídrico local, como observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição da precipitação mensal (mm) e total (mm) para série histórica analisada de 1985 até 2016. - = sem dados de precipitação. Fontes: Autores, 2019

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1985	198,9	61,7	153,9	458,7	29	46	21,2	5,2	0	0	85,4	127	1187
1994	0	181,2	145,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	326,6
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	0	344,5	73	5	95	17,5	5	2,5	0	0	7,5	0	550
2010	96	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	216
2013	0	0	4	57,5	22	0	12	6	0	0	35	158	294
2014	3	90	83	84	41	7	29,5	4	0	0	124	14	479,5
2015	0	34	147	47	121	25	50	0	0	0	0	28	452
2016	266	53	70	0	50	0	0	0	0	0	0	0	439

Em escala mais ampla, os demais ecossistemas savânicos como na África e Cerrado brasileiro com heterogeneidade fitofisionômica, também seguiram o padrão de distribuição do IAF para ambientes florestados, ou seja, com dossel fechado (HOFFMANN et al., 2005; TSALYUK; KELLY; GETZ, 2017). No Cerrado, Hoffmann et al. (2005) encontraram associação dos elevados valores do IAF para o Cerradão, sendo esta uma variação fitofisionômica do Cerrado com vegetação de porte elevado. Este resultado mesmo em um ecossistema distinto do estudado por este trabalho implica afirmar que para Carnaubeira da Penha de fato o IAF de maior valor é correspondente as áreas com vegetação de maior porte e natural.

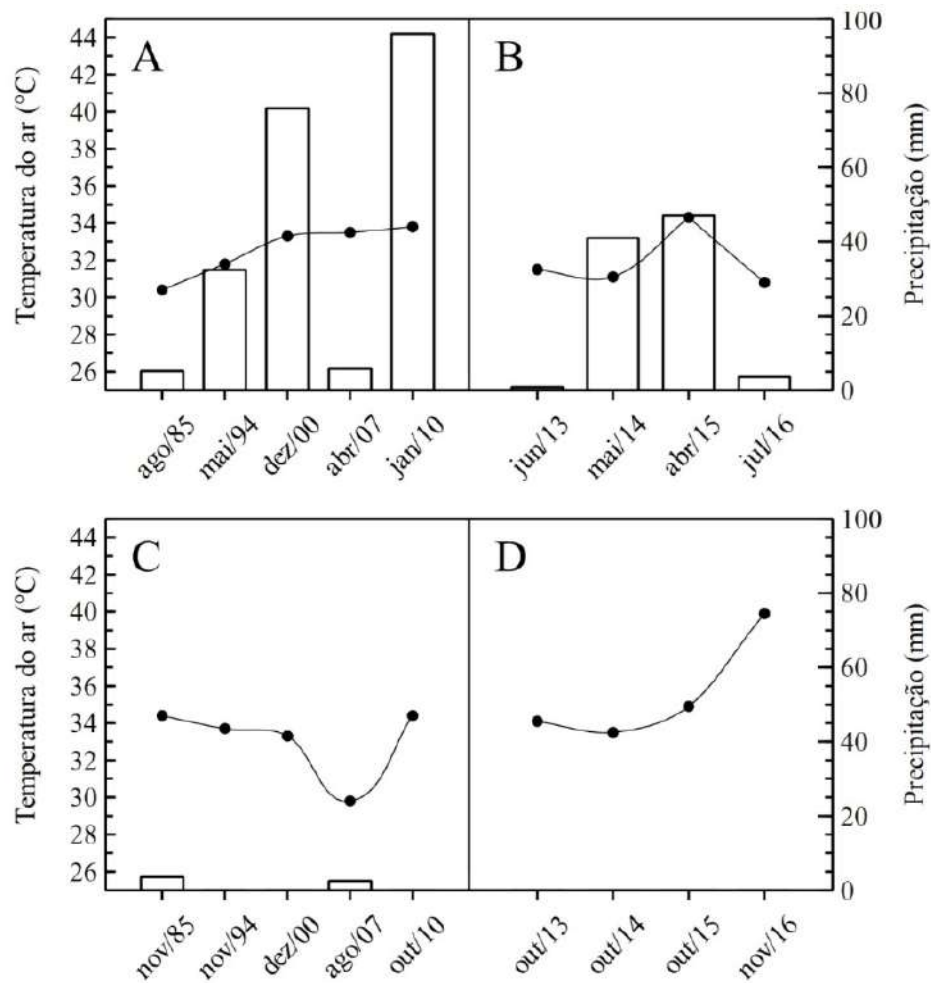
Para as savanas africanas localizadas no semiárido ao norte da Namíbia as variações encontradas na vegetação com base no IAF também estiveram relacionadas ao padrão de distribuição da precipitação, bem como as variações na estratificação da vegetação (TSALYUK; KELLY; GETZ, 2017). Demonstrando que os resultados encontrados para outros ecossistemas secos do mundo apontam que o IAF é o índice que melhor mostra a densidade da vegetação, e reforça sua utilização como um mecanismo para avaliar com precisão a cobertura vegetal da Caatinga (GALVÊNCIO; MOURA et al., 2013). Entretanto, assim como Tsalyuk, Kelly e Getz (2017), sugerimos que a realização de amostragem significativa em campo seja necessária para a validação precisa do IAF.

Além da precipitação e sua irregularidade, outro fator determinante para a formação da vegetação de Caatinga é a temperatura (GALVÍNCIO; PEREIRA et al., 2016). Quanto mais são elevadas as temperaturas, maiores são as taxas de evaporação das plantas, e consequentemente, a deciduidade que se torna evidente no período seco (POREMBSKI et al., 1998).

A associação desses fatores como tipo do solo, precipitação, uso e ocupação do solo e altitude, contribuíram no desenvolvimento do porte das plantas, e assim, as estratificações como encontrados na Savana africana por Tsalyuk, Kelly e Getz (2017) e Caatinga por Galvínio, Pereira et al. (2016). O município de Carnaubeira da Penha tem índices históricos de elevadas temperaturas mesmo no período chuvoso Figura 25, porém, segue o padrão da Caatinga com duas estações bem definidas. No período seco praticamente não ocorreu precipitação, apenas os meses de novembro de 1985 e agosto de 2007 foram registrados dados de chuvas na área, mas com valores extremamente baixos de 3.6 mm e 2.5 mm, respectivamente (Figura 25).

Diante do exposto, os dados obtidos reforçam ainda mais a certeza de que a área de Carnaubeira da Penha apresenta vegetação que se regenera naturalmente em função da variabilidade meteorológica (temperatura e precipitação), e não apresente associação da mudança vegetacional com o uso e ocupação do solo de forma mais intensa. Portanto, talvez, não se deva enquadrar como pertencente ao NDC. É fato que os elementos abióticos de temperatura e precipitação, quando somados as práticas destrutivas do homem, são causadores de sérias transformações negativas no ambiente (GALVÍNCIO; PEREIRA et al., 2016), entretanto, mesmo diante de todos os fatores, a mudança na vegetação claramente está relacionada aos elementos acima citados, e não à antropização.

Figura 25 – Multigráfico com a precipitação e temperatura para os meses e anos das imagens para série histórica analisada de 1985 até 2016



Fonte: Autores, 2019

Dentro desta perspectiva de antropização o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL; MMA, 2007) classificam o município como pertencente ao NDC pelo fato de apresentar, entre outros fatores, uma vegetação depauperada, escassa e fortemente antropizada para fins agropecuários, extração de lenha para fabricação de carvão, etc. Este indicativo é encontrado por Sampaio et al. (2003) e Perez-Marin et al. (2012), que elenca como primeiro fator da degradação ambiental os impactos relacionados à remoção da vegetação de Caatinga. Numa escala mundial o processo de desertificação já estava sendo discutido por Matallo Jr. (2001), onde também se indica o avanço da retirada da vegetação como percussor no processo de desertificação. Mesmo dentre diversas maneiras de se avaliar o processo de degradação, a “baixa cobertura vegetal”, como dito por Perez-Marin et al. (2012) ainda é considerado como o indicador mais aceito para desencadear o processo de desertificação (SOARES; NÓBREGA; MOTA FILHO, 2011).

Seguindo esta premissa consideramos que para avaliação de áreas degradadas algumas plantas podem ser bioindicadoras de antropização, e assim, são elementos imprescindíveis para análise de degradação ambiental (ANDRADE et al., 2005; HOLANDA et al., 2015). Áreas com fortes indícios de degradação provocado pelo uso e ocupação do solo apresenta uma composição florística de baixa diversidade, como é o caso do Núcleo de Desertificação dos Cariris Velhos visto por Souza, Artigas e Lima (2015).

A avaliação do local estudado pelos autores demonstra que quanto mais degradada a área, conseqüentemente, menor será a diversidade de plantas, além da composição ser composta por espécies consideradas ruderais, ou seja, adaptadas a perturbação humana. Estes dados são inexistentes para o município de Carnaubeira da Penha, assim como para todo o NDC. Desta maneira, sugerimos uma revisão com base em dados de campo associados ao IAF para avaliar o real potencial biológico local e averiguar se de fato a mudança na estrutura da vegetação vista pelas imagens são relacionadas à degradação ambiental ou não.

5.3 FLORÍSTICA E FITOSSOCIOLOGIA DE UM FRAGMENTO DE CAATINGA NO NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO CABROBÓ, PERNAMBUCO, BRASIL

Florística - Resultados

Um total de 172 espécies pertencentes a 24 famílias (Tabela 3) foram registradas para a área de estudo. Fabaceae e Euphorbiaceae (21 spp., cada), Convolvulaceae (14 spp.) e Malvaceae (14 spp.) estão entre as famílias de maior riqueza de espécies.

Tabela 3 – Lista de espécies registradas no hectare de Caatinga estudado em Carnaubeira da Penha, Pernambuco. Grau de ameaça: CR - criticamente ameaçada; DD - deficiente de dados; LC - menos preocupante; NE - não avaliada; NT - quase ameaçada e VU - vulnerável. Regiões e Estados da Federação onde a espécie foi registrada: N – Norte; S – Sul; NE – Nordeste; SE – Sudeste; CO – Centro-Oeste; MG – Minas Gerais; MT – Mato Grosso; AC – Acre; BA – Bahia; ES – Espírito Santo; RO – Roraima; PE – Pernambuco; AL – Alagoas. As informações sobre hábito, origem, grau de ameaça e endemismo foram obtidas em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora>.

Família	Espécie	Nome vulgar	Hábito	Grau de Ameaça	Distribuição geográfica	Voucher
Acanthaceae	<i>Justicia aequilabris</i> (Nees) Lindau	-	Subarbusto	NE	Ampla	KP 2060
	<i>Ruellia asperula</i> (Mart. Ex Ness) Lindau	-	Subarbusto	NE	Endêmica	KP 2070
	<i>Ruellia paniculata</i> L.	-	Erva	NE	Ampla	KP 2057
Alstroemeriaceae	<i>Alstroemeria longistaminea</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	-	Erva	LC	Endêmica	KP 1750A
Amaranthaceae	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	-	Erva	NE	Ampla	KP 1975
	<i>Alternanthera tenella</i> Colla	-	Erva	LC	Ampla	KP 1858
	<i>Froelichia humboldtiana</i> (Roem. & Schult.) Seub.	-	Subarbusto escandente	NE	Ampla	KP 1941
Anacardiaceae	<i>Gomphrena vaga</i> Mart.	-	Erva	LC	Ampla	KP1753
	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira-do-sertão	Árvore	VU	Ampla	KP 2065
	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	baraúna	Árvore	VU	Ampla	KP 1851
Annonaceae	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	umbuzeiro	Árvore	NE	Ampla	KP 1727
	<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr.) H.Rainer	bananinha	Árvore	LC	Ampla	KP 1859
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	pereiro	Árvore	NE	Ampla	KP 2086
	<i>Mandevilla tenuifolia</i> (J.C.Mikan) Woodson	-	Erva	NE	Ampla	KP 1725A
	<i>Marsdenia altissima</i> (Jacq.) Dugand	-	Trepadeira	VU	Ampla	KP 2067
Araceae	<i>Matelea nigra</i> (Decne.) Morillo & Fontella	-	Trepadeira	NE	Endêmica	KP 1913
	<i>Spathicarpa gardneri</i> Schott	-	Erva	NE	Ampla	KP 1766
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia birostris</i> Duch.	-	Trepadeira	NE	Endêmica	KP 2072
Asteraceae	<i>Centratherum punctatum</i> Cass.	-	Erva	NE	Ampla	KP 1873
Bignoniaceae	<i>Bignonia sciuripabulum</i> (K.Schum.) L.G.Lohmann	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP2095
	<i>Fridericia dichotoma</i> (Jacq.) L.G.Lohmann	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP 2090
	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-roxo	Árvore	NT	Ampla	KP2097
	<i>Neojoberbia candolleana</i> (Mart. ex DC.) Bureau & K.Schum.	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP2080
	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	ipê-amarelo	Árvore	NE	Ampla	KP 2100
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	-	Arvoreta	NE	Ampla	KP 2069
Boraginaceae	<i>Euploca procumbens</i> (Mill.) Diane & Hilger	-	Erva	NE	Ampla	KP 1882
	<i>Euploca humilis</i> (L.) Feuillet	-	Erva	NE	Disjunta NE, N	KP 1955
	<i>Varronia leucocephala</i> (Moric.) J.S.Mill.	-	Arbusto	NE	Endêmica	KP 1952

Bromeliaceae	<i>Bromelia laciniosa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	macambira	Erva	NE	Endêmica	KP1991
	<i>Neoglaziovia variegata</i> (Arruda) Mez	caroá	Erva	NE	Endêmica	KP1828
	<i>Tillandsia loliacea</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	carvo-do-mato	Epífita	NE	Ampla	KP1716
	<i>Tillandsia streptocarpa</i> Baker	-	Epífita	NE	Ampla	KP2027
Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	amburana-de-cambão	Árvore	NE	Ampla	KP 1770
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	mandacaru	Árvore	LC; Ameaçada CITES	Ampla	KP 1870
	<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C.Weber) Byles & Rowley	xique-xique	Arbusto	LC; Ameaçada CITES	Ampla	KP 1926
	<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter	facheiro	Arbusto	LC; Ameaçada CITES	Ampla	KP 2003
	<i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	quipá	Erva	DD	Endêmica	KP 1898
	<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	palminha	Arbusto	LC; Ameaçada CITES	Endêmica	KP 1905
	<i>Jacaratia corumbensis</i> Kuntze	-	Arbusto	NE	Ampla	TSC 294
Caricaceae	<i>Colicodendron yco</i> Mart.	icó	Arbusto	NE	Endêmica	KP 2073
	<i>Neocalyptrocalyx longifolium</i> (Mart.) Cornejo & Iltis	icó	Arbusto	NE	Endêmica	KP 2094
Capparaceae	<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J. Presl	feijão-bravo	Arbusto	NE	Ampla	KP 2051
	<i>Physostemon lanceolatum</i> Mart. & Zucc.	-	Arbusto	NE	Disjunta NE e MT	KP 1787
	<i>Physostemon rotundifolium</i> Mart. & Zucc.	-	Arbusto	NE	Disjunta NE, MS	KP 1842
	<i>Physostemon tenuifolium</i> Mart. & Zucc.	-	Erva	NE	Endêmica	KP 1837
	<i>Tarenaya diffusa</i> (Banks ex DC.) Soares Neto & Roalson	-	Subarbusto	NE	Ampla	KP 2052B
	<i>Tarenaya horrida</i> (Mart. ex Schult.f.) Roalson & Soares Neto	-	Arbusto	NE	Ampla	KP 2000
Commelinaceae	<i>Tarenaya spinosa</i> (Jacq.) Raf.	mussambê	Arbusto	NE	Ampla	KP 2087
	<i>Commelina obliqua</i> Vahl	-	Erva	NE	Ampla	KP 1872
	<i>Aneilema brasiliense</i> C.B.Clarke	-	Erva	NE	Ampla	KP 2061
Convolvulaceae	<i>Evolvulus filipes</i> Mart.	-	Erva	LC	Ampla	KP 1974
	<i>Evolvulus frankenioides</i> Moric.	-	Erva	NE	Ampla	KP 1735
	<i>Evolvulus ovatus</i> Fernald	-	Erva	NE	Disjunta NE e AM	KP 1973
	<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem. & Schult.	salsa	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1999
	<i>Ipomoea brasiliana</i> (Choisy) Meisn.	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1912
	<i>Ipomoea incarnata</i> (Vahl) Choisy	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1871
	<i>Ipomoea megapotamica</i> Choisy	jalapa-do-brasil	Trepadeira	NE	Ampla	KP 2033
	<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	amarra-amarra	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1928
	<i>Ipomoea rosea</i> Choisy	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1909
	<i>Jacquemontia evolvuloides</i> (Moric.) Meisn.	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1962
	<i>Jacquemontia gracillima</i> (Choisy) Hallier f.	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP 2054 A
	<i>Jacquemontia pentanthos</i> (Jacq.) G.Don	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1992
	<i>Distimake aegyptius</i> (L.) A.R. Simões & Staples	Jetirana	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1895
	<i>Operculina macrocarpa</i> (L.) Urb.	batata-de-purga	Trepadeira	LC	Ampla	KP 2004
	<i>Apodanthera</i> sp.	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP2028
Cucurbitaceae	<i>Cyperus uncinulatus</i> Schrad. ex Nees	-	Erva	NE	Ampla	KP 1906
Dioscoriaceae	<i>Dioscorea cinnamomifolia</i> Hook.	cará-assu	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1908
	<i>Dioscorea dodecaneura</i> Vell.	cará-do-mato	Erva	NE	Ampla	KP1776

Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum caatingae</i> Plowman	rompe-gibão	Arbusto	NE	Endêmica	KP 1831
Euphorbiaceae	<i>Astraea lobata</i> (L.) Klotzsch	-	Erva	LC	Ampla	KP1746
	<i>Acalypha multicaulis</i> Müll.Arg.	-	Erva	NE	Disjunta NE e S	KP1835
	<i>Bernardia sidoides</i> (Klotzsch) Müll.Arg.	-	Erva	NE	Ampla	KP1741
	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	amendoim-bravo	Erva	NE	Ampla	KP1855
	<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	-	Erva	NE	Ampla	KP1756
	<i>Euphorbia thymifolia</i> L.	-	Erva	NE	Ampla	KP1956
	<i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl	faveleira	Árvore	NE	Endêmica	KP1866
	<i>Cnidoscolus vitifolius</i> (Mill.) Pohl	faveleira	Árvore	NE	Ampla	KP 1926B
	<i>Cnidoscolus urens</i> var. <i>neglectus</i> (Pohl) Lourteig	urtiga-branca	Arbusto	NE	Ampla	KP 1904
	<i>Croton adamantinus</i> Müll.Arg.	velame-bravo	Arbusto	NE	Endêmica	KP2007
	<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	marmeleiro	Arvoreta	NE	Endêmica	KP 1968
	<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth	velame	Arbusto	NE	Ampla	KP 1933
	<i>Dalechampia scandens</i> L.	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP1782
	<i>Ditaxis malpighiacea</i> (Ule) Pax & K.Hoffm.	-	Arbusto	NE	Endêmica	KP1849
	<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	pinhão	Arvoreta	NE	Ampla	KP 2026
	<i>Jatropha ribifolia</i> (Pohl) Baill.	pinhão	Arbusto	NE	Ampla	KP 2022
	<i>Manihot dichotoma</i> Ule	maniçoba	Arvoreta	NE	Endêmica	KP 2014
	<i>Manihot glaziovii</i> Müll.Arg.	maniçoba	Arvoreta	NE	Ampla	KP1772
	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	burra-leiteira	Árvore	NE	Ampla	KP1708
	<i>Sebastiania macrocarpa</i> Müll. Arg.	pau-de-leite	Árvore	NE	Endêmica	KP1710
	<i>Tragia volubilis</i> L.	-	Trepadeira	NE	Disjunta BA, SP e RO	KP2056
Fabaceae	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	amburana de cheiro	Árvore	NT	Ampla	KP2057
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	angico	Árvore	NE	Ampla	KP1811
	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	mororó	Árvore	NE	Ampla	KP1789
	<i>Calliandra depauperata</i> Benth.	-	Arbusto	NE	Endêmica	KP1939
	<i>Cenostigma bracteosum</i> (Tul.) E. Gagnon & G.P. Lewis	catingueira	Árvore	NE	Endêmica	KP1887
	<i>Cenostigma nordestinum</i> E. Gagnon & G.P. Lewis	catingueira	Árvore	NE	Endêmica	KP1737
	<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP1993
	<i>Chloroleucon foliolosum</i> (Benth.) G.P.Lewis	-	Árvore	NE	Ampla	KP1938
	<i>Dioclea violacea</i> Mart. ex Benth.	olho-de-boi	Trepadeira	NE	Ampla	KP1788
	<i>Galactia striata</i> (Jacq.) Urb.	-	Trepadeira	LC	Ampla	KP1824
	<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	-	Subarbusto	NE	Ampla	KP1864
	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	pau-ferro	Árvore	NE	Ampla	KP1860
	<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	pau-mocó	Árvore	NE	Ampla	KP1969
	<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb.	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP1917
	<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. Ex Benth	espinheiro	Árvore	NE	Endêmica	KP1936
	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	jurema-preta	Árvore	NE	Ampla	KP2078
	<i>Parapiptadenia zehntneri</i> (Harms) M.P.Lima & H.C.Lima	-	Árvore	NE	Endêmica	KP1715
	<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	jurema-branca	Arbusto	NE	Endêmica	KP2002

	<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	-	Árvore	NE	Ampla	KP1944
	<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S.Irwin & Barneby	canafístula	Árvore	NE	Ampla	KP1861
	<i>Stylosanthes scabra</i> Vogel	-	Subarbusto	NE	Ampla	KP1897
Hydroleaceae	<i>Hydrolea spinosa</i> L.	Carqueja-do-pântano	Subarbusto	NE	Ampla	KP2081
Lamiaceae	<i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	lavanda	Erva	NE	Ampla	KP1994
	<i>Ocimum campechianum</i> Mill.	alfavaca	Erva	NE	Ampla	KP2038
Loganiaceae	<i>Spigelia anthelmia</i> L.	-	Erva	NE	Ampla	KP2056
Loranthaceae	<i>Psittacanthus dichroos</i> (Mart.) Mart.	erva-de-passarinho	Epífita	NE	Disjunta NE e N	KP1953
Lythraceae	<i>Cuphea impatientifolia</i> A. St.-Hil	-	Erva	NE	Ampla	KP1951
Malvaceae	<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K.Schum.	barriguda	Árvore	NE	Endêmica	KP1723
	<i>Corchorus hirtus</i> L.	-	Erva	NE	Ampla	KP1954
	<i>Helicteres velutina</i> K.Schum.	umbigo-de-bode	Arbusto	NE	Ampla	KP2018
	<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky	malva	Erva	NE	Ampla	KP1890
	<i>Herissantia tiubae</i> (K.Schum.) Brizicky	malva	Erva	NE	Ampla	KP2037
	<i>Melochia tomentosa</i> L.	-	Subarbusto	NE	Disjunta NE e CO	KP1931
	<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A.Robyns	imbiratanha	Árvore	LC	Ampla	KP1775
	<i>Sida harleyi</i> Krapov.	-	Erva	NE	Ampla	KP1797
	<i>Sida cordifolia</i> L.	-	Arbusto	NE	Ampla	KP1884
	<i>Sida galheirensis</i> Ulbr.	-	Arbusto	NE	Ampla	KP1900
	<i>Sidastrum paniculatum</i> (L.) Fryxell	-	Erva	NE	Ampla	KP1983
	<i>Waltheria operculata</i> Rose	-	Erva	NE	Disjunta NE e CO	KP1838
	<i>Waltheria rotundifolia</i> Schrank	-	Subarbusto	NE	Ampla	KP1918
	<i>Wissadula contracta</i> (Link) R.E.Fr.	-	Subarbusto	NE	Ampla	KP1947
Malpighiaceae	<i>Diplopterys pubipetala</i> (A.Juss.) W.R.Anderson & C.C.Davis	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP2059
	<i>Tetrapteryx mucronata</i> Cav.	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP1781
Molluginaceae	<i>Mollugo verticillata</i> L.	-	Erva	NE	Ampla	KP1880
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	pega-pinto	Erva	NE	Ampla	KP1820
	<i>Guapira laxa</i> (Netto) Furlan	farinha-seca	Árvore	NE	Endêmica	KP2046
Ollacaceae	<i>Ximenia americana</i> L.	-	Arbusto	NE	Ampla	KP1989
Onagraceae	<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H.Hara	-	Erva	NE	Ampla	KP2001
Oxalidaceae	<i>Oxalis divaricata</i> Mart. ex Zucc.	azedinha	Erva	NE	Ampla	KP1949
	<i>Oxalis glaucescens</i> Norlind	azedinha	Erva	NE	Disjunta NE e CO	KP1930
Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i> L.	-	Arbusto	NE	Ampla	KP2098
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	-	Erva	NE	Ampla	KP1747
Plantaginaceae	<i>Angelonia cornigera</i> Hook.f.	-	Erva	LC	Ampla	KP 1959
Plumbaginaceae	<i>Plumbago scandens</i> L.	nuvem	Arbusto	NE	Ampla	KP2071
Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i> L.	maracujá-do-mato	Trepadeira	NE	Ampla	KP1793
	<i>Turnera pumilea</i> L.	-	Erva	NE	Ampla	KP1895
Polygalaceae	<i>Asemeia martiana</i> (A.W.Benn.) J.F.B.Pastore & J.R.Abbott	-	Erva	NE	Ampla	KP1942
	<i>Polygala paniculata</i> L.	-	Erva	NE	Ampla	KP1916

Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	baronesa	Erva	NE	Ampla	KP1998
Portulacaceae	<i>Portulaca elatior</i> Mart. ex Rohrb.	onze-horas	Erva	NE	Ampla	KP1831
	<i>Portulaca halimoides</i> L.	onze-horas	Erva	NE	Ampla	KP1982
	<i>Portulaca mucronata</i> Link	onze-horas	Erva	NE	Ampla	KP1886
	<i>Portulaca umbraticola</i> Kunth	onze-horas	Erva	NE	Ampla	KP1981
	<i>Talinum fruticosum</i> (L.) Juss.	onze-horas	Erva	NE	Ampla	KP1868
Rhamnaceae	<i>Crumenaria decumbens</i> Mart.	-	Erva	NE	Endêmica	KP1964
Rubiaceae	<i>Guettarda angelica</i> Mart. ex Müll.Arg.	-	Arbusto	NE	Endêmica	KP1807
	<i>Hexasepalum apiculatum</i> (Willd.) Delprete & J.H. Kirkbr.	-	Erva	NE	Ampla	KP1779
	<i>Mitracarpus baturitensis</i> Sucre	-	Erva	NE	Ampla	KP1875
	<i>Mitracarpus strigosus</i> (Thunb.) P.L.R. Moraes, De Smedt & Hjertson	-	Erva	NE	Ampla	KP1877
	<i>Richardia grandiflora</i> (Cham. & Schltdl.) Steud.	-	Erva	NE	Ampla	KP1996
Sapindaceae	<i>Serjania glabrata</i> Kunth	cipó-timbó	Trepadeira	NE	Disjunta NE e N	KP2076
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	-	Arbusto	NE	Ampla	KP1862
	<i>Physalis pruinosa</i> L.	-	Subarbusto	NE	Endêmica	KP2034
	<i>Solanum agrarium</i> Sendtn.	-	Subarbusto	NE	Ampla	KP2039
Sapotaceae	<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D.Penn.	ameixa	Árvore	NE	Ampla	KP1852
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	chumbinho	Arbusto	NE	Ampla	KP1919
	<i>Lantana fucata</i> Lindl.	-	Arbusto	NE	Ampla	KP2010
	<i>Lantana radula</i> Sw.	-	Arbusto	NE	Ampla	KP1823
Violaceae	<i>Pombalia communis</i> (A.St.-Hil.) Paula-Souza	-	Erva	NE	Ampla	KP1762
	<i>Pombalia calceolaria</i> (L.) Paula-Souza	-	Erva	NE	Ampla	KP1847
Vitaceae	<i>Clematicissus simsiana</i> (Schult. & Schult.f.) Lombardi	-	Trepadeira	NE	Ampla	KP1816
	<i>Cissus decidua</i> Lombardi	-	Trepadeira	NE	Endêmica	KP2079

O estrato de maior representatividade foi o herbáceo com 61 táxons, seguido do arbóreo (30 spp.), arbustivo (31 spp.) e as trepadeiras (30 spp.). Os demais estratos (arvoretas, epífitas, arbusto escandente e subarbusto) juntos somaram 20 táxons que corresponderam a 11% do total amostrado.

Dentre as plantas arbóreas e arbustivas destacam-se as famílias Fabaceae e Euphorbiaceae com 15 e 12 espécies, respectivamente. O grupo de plantas herbáceas esteve representado com maior riqueza para as famílias Euphorbiaceae e Malvaceae (6 spp. cada), Portulacaceae (5 spp.) e Rubiaceae (4 spp.). Malvaceae e Euphorbiaceae destacam-se por abrigarem várias espécies no estrato herbáceo com distribuição restrita para o Nordeste do Brasil.

O grupo das trepadeiras foi mais bem representado por Convolvulaceae com 11 táxons, onde *Ipomoea brasiliana*, *Ipomoea incarnata* e *Ipomoea rosea* são classificadas também com distribuição restrita a região nordestina.

Foram registradas apenas duas epífitas pertencentes à família Bromeliaceae: *Tillandsia loliaceae* e *Tillandsia streptocarpa*; além de uma hemiparasita, *Psittacanthus dichroos*, da família Loranthaceae.

Com relação à distribuição geográfica, 141 espécies foram classificadas como ampla e 31 espécies como endêmicas da Caatinga. Dentre as amplas, este trabalho encontrou duas novas ocorrências para o estado de Pernambuco com *Sida harleyi*, anteriormente registrada apenas no estado da Bahia e Minas Gerais e *Manihot glaziovii* antes registrada para Bahia e Espírito Santo.

Do total de espécies registradas, 20 táxons são pertencentes à categoria de ameaça de extinção em diferentes graus. *Gomphrena vaga* e *Marsdenia altissima* estão classificadas como Vulneráveis, enquanto que *Handroanthus impetiginosus* e *Amburana cearensis* estão classificadas como Quase Ameaçadas. Entretanto, os dados oficiais da Lista Vermelha do Brasil e MMA (2019) apontam *Amburana cearensis* (amburana-de-cheiro), *Myracrodruon urundeuva* (aroeira) e *Schinopsis brasiliensis* (baraúna) como espécies ameaçadas de extinção.

Fitossociologia - Resultados

Com relação à fitossociologia foram amostrados 1109 indivíduos pertencentes a 37 espécies, com área basal de $0.58 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (Tabela 4). Para diâmetro o valor máximo encontrado foi de 54,14 cm para *Anadenanthera colubrina* (angico) e o diâmetro médio foi de 8,5 cm. A

altura máxima mensurada foi de 18 m para as espécies *Myracrodruon urundeuva* (aroeira) e *Pseudobombax marginatum* (imbiratanha), com altura média da comunidade de 4,3 m.

O valor do índice de diversidade de Shannon-Weinner foi de 2,43 nats/ind e o de equabilidade de Pielou de 0,67. Fabaceae e Euphorbiaceae concentraram maior riqueza (12 e 9 espécies) e densidade absoluta de 528 ind/ha (47%) e 400 ind/ha (36%) e representam juntas cerca de 80% do total amostrado. As espécies com maior número de indivíduos na área foram *Cenostigma bracteosum* (367), *Croton blanchetianus* (165) e *Croton heliotropiifolius* (125).

Através do Índice de Valor de Importância (IVI) para as famílias observa-se que Fabaceae, Burseraceae e Euphorbiaceae se destacaram na comunidade vegetal com representatividade de 73,28% da amostragem. O maior IVI encontrado foi de *Cenostigma bracteosum* com valor de 71,15, seguido de *Commiphora leptophloeos* com IVI de 27,65 e na terceira posição *Croton blanchetianus* com 25,6.

Tabela 4 – Parâmetros estruturais das espécies lenhosas presentes em um hectare na área de estudo, Carnaubeira da Penha, Pernambuco, Brasil. DAb = Densidade Absoluta (Número de indivíduos/ha); DRe = Densidade Relativa; FAb = Frequência Absoluta; FR = Frequência Relativa; DoAb = Dominância Absoluta; DoRe = Dominância Relativa; IVI = Valor de Importância; IVC = Valor de Cobertura.

Espécies	Dab	DRe	FAb	FR	DoAb	DoRe	IVI	IVC
<i>Cenostigma bracteosum</i> (Tul.) E. Gagnon & G.P. Lewis	367	33,09	96	14,37	2,51	23,69	71,15	56,78
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	31	2,8	38	5,69	2,03	19,17	27,65	21,96
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	165	14,88	54	8,08	0,28	2,64	25,6	17,52
<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart. & Zucc.	82	7,39	54	8,08	0,72	6,82	22,3	14,22
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth	125	11,27	56	8,38	0,28	2,61	22,27	13,89
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	30	2,71	40	5,99	1,33	12,52	21,21	15,23
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	37	3,34	46	6,89	0,91	8,58	18,8	11,92
<i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl	32	2,89	28	4,19	0,32	3,02	10,09	5,9
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	25	2,25	24	3,59	0,39	3,71	9,56	5,97
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	35	3,16	28	4,19	0,1	0,99	8,34	4,14
<i>Cnidoscolus vitifolius</i> (Mill.) Pohl	29	2,61	24	3,59	0,17	1,57	7,78	4,18
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	29	2,61	22	3,29	0,14	1,33	7,24	3,95
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	23	2,07	24	3,59	0,03	0,32	5,98	2,39
<i>Manihot dichotoma</i> Ule	15	1,35	20	2,99	0,08	0,78	5,13	2,14
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	5	0,45	8	1,2	0,36	3,43	5,07	3,88
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A.Robyns	8	0,72	10	1,5	0,22	2,05	4,26	2,77
<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. Ex Benth	11	0,99	10	1,5	0,07	0,68	3,17	1,67
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	6	0,54	12	1,8	0,08	0,79	3,13	1,33
<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K.Schum.	3	0,27	4	0,6	0,2	1,87	2,74	2,14
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	7	0,63	6	0,9	0,04	0,4	1,93	1,03
<i>Manihot glaziovii</i> Müll.Arg.	7	0,63	6	0,9	0,03	0,3	1,83	0,93
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J. Presl	4	0,36	6	0,9	0,05	0,49	1,75	0,85

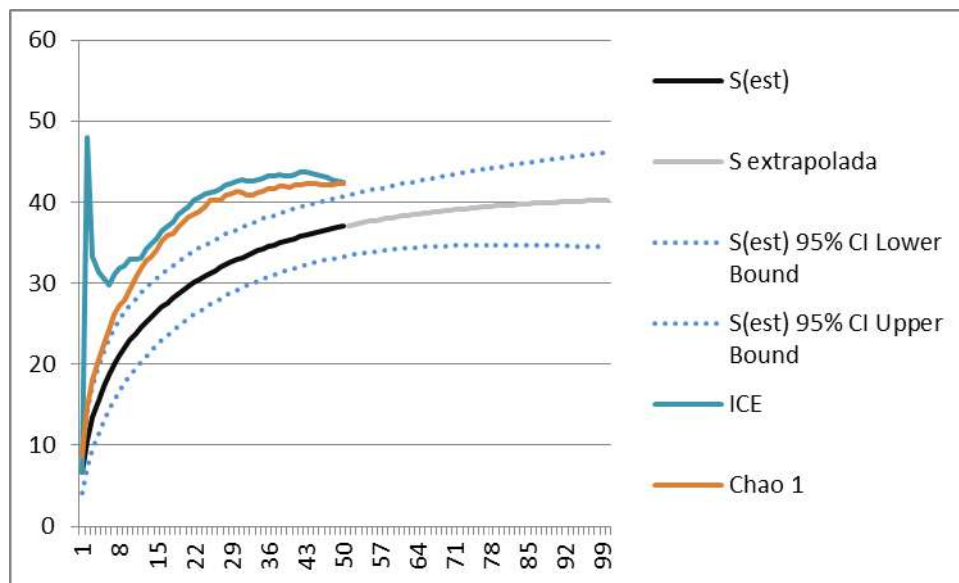
Tabela 4 - Continuação...

Espécies	Dab	DRe	FAb	FRe	DoAb	DoRe	IVI	IVC
<i>Parapiptadenia zehntneri</i> (Harms) M.P.Lima & H.C.Lima	5	0,45	6	0,9	0,03	0,31	1,66	0,76
<i>Ximenia americana</i> L.	6	0,54	6	0,9	0,02	0,16	1,6	0,7
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	3	0,27	6	0,9	0	0,03	1,2	0,3
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	2	0,18	4	0,6	0,03	0,3	1,08	0,48
<i>Chloroleucon foliolosum</i> (Benth.) G.P.Lewis	2	0,18	4	0,6	0,03	0,3	1,08	0,48
<i>Sebastiania macrocarpa</i> Müll. Arg.	2	0,18	4	0,6	0,03	0,29	1,07	0,47
<i>Neocalyptrocalyx longifolium</i> (Mart.) Cornejo & Iltis	3	0,27	4	0,6	0,01	0,12	0,98	0,39
<i>Varronia leucocephala</i> (Moric.) J.S.Mill.	3	0,27	4	0,6	0,01	0,06	0,93	0,33
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1	0,09	2	0,3	0,03	0,33	0,72	0,42
<i>Guapira laxa</i> (Netto) Furlan	1	0,09	2	0,3	0,02	0,18	0,57	0,27
<i>Colicodendron yco</i> Mart.	1	0,09	2	0,3	0,01	0,07	0,46	0,16
<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	1	0,09	2	0,3	0,01	0,06	0,45	0,15
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	1	0,09	2	0,3	0	0,02	0,41	0,11
<i>Erythroxylum caatingae</i> Plowman	1	0,09	2	0,3	0	0,01	0,4	0,1
<i>Guettarda angelica</i> Mart. ex Müll.Arg.	1	0,09	2	0,3	0	0,01	0,4	0,1

Rarefação, extrapolação e estimativa de riqueza total - Resultados

A curva de rarefação mostrou que a amostragem foi abrangente para representar suficientemente bem a flora do fragmento, como pode ser observado na curva de extrapolação, e estimativas de riqueza assintótica da comunidade (Figura 26). Com a amostragem de 50 parcelas, a riqueza real encontrada foi de 37 espécies, e os estimadores Chao 1 e ICE sugerem 41 espécies, com intervalo de confiança de 95% os valores estariam entre 34 e 46 espécies, o que indica uma riqueza muito próxima da real (Figura 26). O método de extrapolação sugere que se a amostragem fosse duplicada, apenas mais três espécies seriam incluídas na amostragem (Figura 26).

Figura 26 – Multigráfico com a precipitação e temperatura para os meses e anos das imagens para série histórica analisada de 1985 até 2016



Fonte: Autores, 2019

Contextualização regional - Resultados

As análises multivariadas, cujos dados comparativos se encontram na Tabela 5, demonstraram que a área de estudo é floristicamente mais relacionada com outras localidades de caatinga sensu stricto e dois afloramentos rochosos nos estados de Pernambuco e Ceará.

Tabela 5 – Lista dos estudos florísticos usados na Análise Multivariada de Agrupamento (UPGMA) e Ordenação (NMDS)

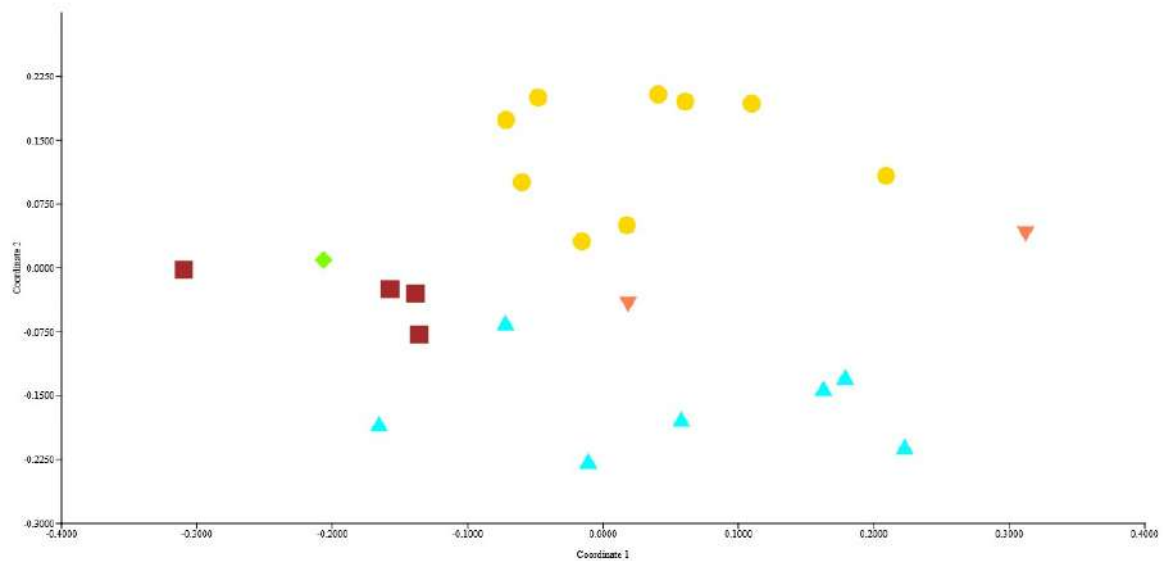
Tipologia	Código do Local	Estado	Autores
Caatinga Cristalina	PE-Cry17-F	PE	Santos et al. 2009
Caatinga Cristalina	PE-Cry5-Be	PE	Costa et al. 2009
Inselberg	PE-Ins4-Ve	PE	Gomes et al. 2011
Inselberg	CE-Ins1-Qu	CE	Araújo et al. 2008
Caatinga Cristalina	CE-Cry2-Qu	CE	Costa et al. 2007
Caatinga Cristalina	CE-Cry1-Cr	CE	Araújo et al. 2011
Caatinga Sedimentar	PE-Sed1-Bu	PE	Andrade et al. 2004
Caatinga Sedimentar	PE-Sed2-Bu	PE	Figueiredo et al. 2000
Caatinga Sedimentar	PE-Sed3-Bu	PE	Gomes et al. 2006
Caatinga Sedimentar	PE-Sed5-Ib	PE	Rodal et al. 1999
Caatinga Sedimentar	CE-Sed1-Cr	CE	Araújo et al. 2011
Caatinga Sedimentar	CE-Sed2-Cr	CE	Araújo et al. 2011
Caatinga Sedimentar	CE-Sed4-No	CE	Araújo et al. 1998
Caatinga Sedimentar	PI-Sed2-SJ	PI	Mendes; Castro 2010
Caatinga Sedimentar	PI-Sed3-Pa	PI	Oliveira et al. 1997
Inselberg	PB-Ins2-Es	PB	Porto et al. 2008
Inselberg	PB-Ins3-Pu	PB	Tölke et al. 2011
Inselberg	PE-Ins1-Be	PE	Gomes; Alves 2009
Inselberg	PE-Ins2-SJ	PE	Gomes; Alves 2010
Inselberg	PE-Ins3-Al	PE	Gomes; Alves 2010
Caatinga Agrestina	PB-Agr2-La	PB	Lourenço; Barbosa 2003
Caatinga Agrestina	PE-Agr1-Ca	PE	Alcoforado-Filho et al. 2003

Tanto para similaridade com UPGMA como o NMDS os agrupamentos estiveram organizados em quatro subgrupos florísticos reunidos com base nas diferentes fitofisionomias de Caatinga (Figura 27 e Figura 28). O grupo 1, que inclui a área de estudo, foi formado pela caatinga *sensu stricto* (áreas de solo cristalino) localizadas na Depressão Sertaneja e de vegetação mais seca; o grupo 2 estão reunidas as caatingas de áreas arenosas das bacias sedimentares; o grupo 3 agrupou os afloramentos rochosos (Inselbergs) com vegetação rupícola; e o grupo 4 com reunião das áreas de caatinga do agreste considerada com fitofisionomia mais úmida.

Com o NMDS (Figura 27) foi encontrado o mesmo padrão entre as áreas que foram reunidas com o agrupamento UPGMA (Figura 28). Isto reforça que a área aparece agrupada com as outras da caatinga do cristalino com proximidade de dois Inselbergs. Da mesma forma, as áreas de solo sedimentar estão mais próximas entre si e as demais áreas de caatinga do agreste e de afloramentos rochosos estiveram reunidas no mesmo padrão de distribuição encontrado na

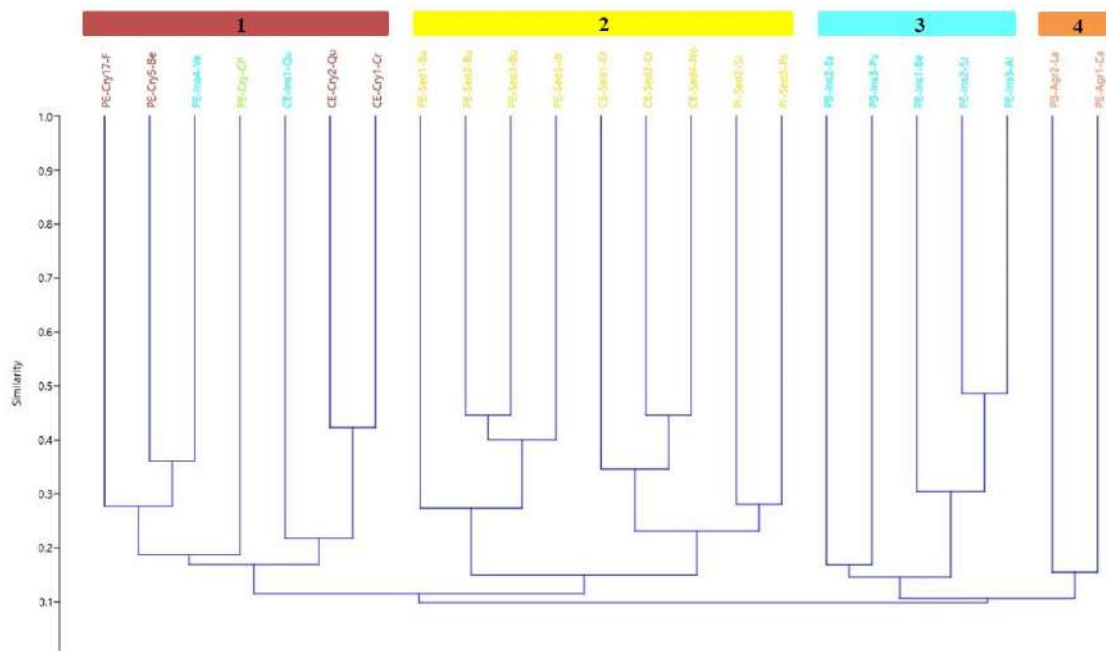
análise de similaridade com UPGMA.

Figura 27 – Análise de ordenação (NMDS) para as localidades analisadas, mostrando a relação florística entre as localidades dentro do domínio fitogeográfico da Caatinga. Tipos de ambiente: Quadrado vermelho - Caatinga do Cristalino; Círculo amarelo - Caatinga de areia das áreas das bacias sedimentares; Triângulo laranja - Caatinga no Agreste; Triângulo azul - Inselbergs; Losango verde - área de estudo em Carnaubeira da Penha



Fonte: Autores, 2019

Figura 28 – Análise de agrupamento (UPGMA) para os 22 levantamentos selecionados. Grupo 1 – área de estudo (verde), caatinga do cristalino e Inselbergs; Grupo 2 – caatinga de areia das áreas sedimentares; Grupo 3 – Inselbergs; Grupo 4 – caatinga do agreste



Fonte: Autores, 2019

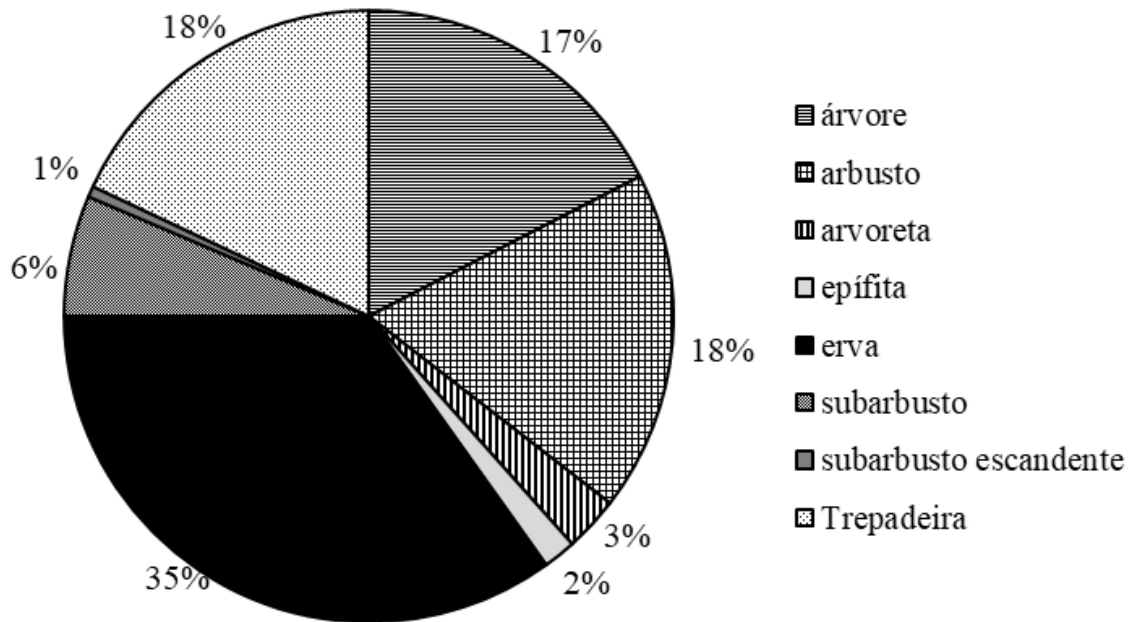
Florística – Discussão

Embora a área de estudo esteja situada em uma região inserida no “Núcleo de Desertificação Cabrobó”, a riqueza encontrada neste trabalho foi similar ao registrado para áreas conservadas no Domínio da Caatinga (MORO; LUGHADHA; ARAÚJO et al., 2016), sugerindo que o fragmento estudado como referência está em bom estado de conservação.

A elevada riqueza se deve principalmente ao componente herbáceo, representado por 60 espécies, correspondendo a 35% do total amostrado (Figura 29). O componente herbáceo muitas vezes é excluído nos levantamentos fitossociológicos, e, portanto, leva a uma subestimativa acerca da real diversidade local (QUEIROZ; MORO; LOIOLA, 2015; MORO; ARAÚJO et al., 2015). Os poucos estudos realizados sobre a vegetação em outros núcleos de desertificação não incluíram nos levantamentos o estrato herbáceo (COSTA et al., 2009; TRIGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA, 2009; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015). A exclusão das ervas pode gerar um falso resultado acerca do estado de conservação das áreas, que devido à ausência do estrato herbáceo, foram considerados como desertificados. De acordo com Queiroz, Moro e Loiola

(2015), estudos focando também no estrato herbáceo são necessários para demonstrar a diversidade florística das áreas de Caatinga, além disso, o componente apresenta um importante papel ecológico para a regeneração da flora lenhosa (SILVA; ARAÚJO; FERRAZ, 2009).

Figura 29 – Gráfico representativo para distribuição dos hábitos das espécies



Fonte: Autores, 2019

O padrão de riqueza observado ao nível de família é característico da Caatinga e corrobora diversos outros trabalhos já realizados para este Domínio Fitogeográfico, no qual Fabaceae e Euphorbiaceae estiveram como as mais ricas tanto para o estrato lenhoso como herbáceo em diferentes estados de conservação (ALCOFORADO-FILHO; SÁ BARRETTO SAMPAIO; RODAL, 2003; MARACAJA et al., 2003; PINHEIRO; RODAL; ALVES, 2010; GUEDES et al., 2012; MORO; LUGHADHA; FILER et al., 2014; SABINO; CUNHA; SANTANA, 2016; QUEIROZ; MORO; LOIOLA, 2015).

Dentre as trepadeiras, Convolvulaceae se destacou por sua representatividade na área de estudo, cujo padrão de riqueza para a família é mantido em outras localidades próximas a Carnaubeira da Penha, na qual a família esteve entre as mais ricas para as lianas (PINHEIRO; RODAL; ALVES, 2010). Gentry (1995), já mencionava a importância das trepadeiras como um grupo importante da diversidade das florestas tropicais, e essa relevância também foi de-

monstrada para a Caatinga, onde trepadeiras representaram quase 15% das espécies reportadas por levantamentos florísticos e fitossociológicos compilados por Moro, Lughadha, Araújo et al. (2016).

De maneira geral, as epífitas foram muito pouco representativas no local estudado, com apenas duas espécies, bem como na Caatinga de modo geral (MORO; LUGHADHA; ARAÚJO et al., 2016).

O grande número de táxons restritos e endêmicos chama atenção para mais um indício de revisão da área ser destinada ao núcleo de desertificação, no qual o resultado vai de encontro ao baixo grau de conservação encontrado nos outros núcleos (COSTA et al., 2009; TRIGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA, 2009; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015).

Apesar das espécies ameaçadas de extinção estarem bem distribuídas na área, bem como nos ecossistemas brasileiros, sua ameaça está relacionada ao seu uso principalmente para os táxons arbóreos como *Amburana cearensis*, *Myracrodruon urundeuva* e *Schinopsis brasiliensis* (BRASIL; MMA, 2019). Segundo a Flora do Brasil (2020 em construção), o corte seletivo é o impacto ambiental que mais contribui para o declínio das populações dessas espécies, cuja remoção da cobertura vegetal é considerada como o primeiro fator que leva a Caatinga a iniciar o processo de desertificação (SAMPAIO et al., 2003).

Fitossociologia Discussão

Com relação à estrutura do componente lenhoso, a área de estudo apresentou um padrão abaixo do encontrado para algumas áreas de Caatinga que apresentaram o mesmo critério de inclusão e área amostral para a densidade absoluta 1106 ind ha^{-1} , e consequentemente, área basal $10.58 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (LEMOS; RODAL, 2002; RODAL; MARTINS; SAMPAIO, 2008). Possivelmente estes parâmetros se encontraram abaixo do esperado pelo fato da área ter sofrido no passado forte antropização, e desta enquadrando-a no Núcleo de Desertificação Cabrobó (BRASIL; MMA, 2007; LANDIM; SILVA; ALMEIDA, 2011).

Contudo, a riqueza encontrada esteve próxima das áreas com histórico de maior nível de conservação para estudos realizados na vegetação do embasamento cristalino (MORO; LUGHADHA; ARAÚJO et al., 2016). Apenas levantamentos sobre os terrenos sedimentares tiveram riqueza florística superior ao encontrado nesse estudo (LEMOS; RODAL, 2002), tendo

em vista que áreas arenosas naturalmente detêm composição e estrutura maior que as do cristalino (LEMOS; RODAL, 2002; PINHEIRO; RODAL; ALVES, 2010).

Não foi possível fazer uma comparação desta área de desertificação com os demais trabalhos fitossociológicos realizados em outros núcleos (COSTA et al., 2009; TRIGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA, 2009; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015) por não terem usado as metodologias mais adequadas à amostragem fitossociológica, como fizemos aqui, aplicando os métodos de amostragem e critérios de inclusão e área amostral tradicionalmente recomendados para a Caatinga (RODAL; NASCIMENTO; MELO, 1999; MORO; MARTINS, 2011).

O diâmetro máximo para *Anadenanthera colubrina* é um indicativo de que o fragmento estudado por nós é comparável com outras áreas bem conservadas no contexto regional (GUEDES et al., 2012). Em relação à estrutura vertical, a altura máxima de *Myracrodruon urundeuva* e *Pseudobombax marginatum* está muito acima do normalmente encontrado em áreas antropizadas (HOLANDA et al., 2015; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015) e próximo dos valores vistos para Caatinga arbórea na Depressão Sertaneja, assim como este estudo (RODAL; MARTINS; SAMPAIO, 2008). Situação similar ocorreu com a altura média, no qual os mesmos autores apontaram uma estrutura vertical de menor porte em locais antropizados e maiores valores em vegetação mais preservada.

Contradizendo os valores de diversidade encontrados em caatingas antropizadas como nos núcleos de desertificação (COSTA et al., 2009; TRIGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA, 2009; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015), o índice de Shannon (H') deste trabalho apresentou valor aproximado ao padrão encontrado para a Caatinga conservada (GUEDES et al., 2012) e para área protegida por Unidade de Conservação (LEMOS; RODAL, 2002), mostrando que o fragmento amostrado pode ser tomado como uma área de referência para recomposição de áreas degradadas no núcleo de Cabrobó. Locais com vegetação de caatinga degradada registraram valores muito abaixo, reforçando que a interferência humana mesmo após anos de regeneração contribui para o desequilíbrio da comunidade vegetal (MARACAJA et al., 2003; ANDRADE et al., 2005; HOLANDA et al., 2015; SABINO; CUNHA; SANTANA, 2016).

Fabaceae e Euphorbiaceae corroboram o padrão de riqueza em diversos estudos realizados na caatinga sensu stricto conservada (para revisão ver MORO; ARAÚJO et al., 2015) e nos outros núcleos de desertificação (COSTA et al., 2009; TRIGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA,

2009; SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015), além de se destacarem como as mais ricas para o componente lenhoso em áreas áridas e semiáridas na América do Sul (CABRERA; WILLINK, 1973). Com relação à densidade, ambas as famílias também estão entre as mais abundantes na região semiárida (ANDRADE et al., 2005; RODAL; MARTINS; SAMPAIO, 2008; GUEDES et al., 2012; SABINO; CUNHA; SANTANA, 2016).

Cenostigma bracteosum, *Croton blanchetianus* e *Croton heliotropiifolius* aparecem entre as espécies mais abundantes em diversos trabalhos realizados na Caatinga (RODAL; MARTINS; SAMPAIO, 2008; HOLANDA et al., 2015; SABINO; CUNHA; SANTANA, 2016). *P. bracteosa* apresentam ampla dispersão na Caatinga, ocupando o topo das listas fitossociológicas na região semiárida (SAMPALIO, 1996; GUEDES et al., 2012) e aquela como umas com maior longevidade em áreas em regeneração natural (HOLANDA et al., 2015).

Rarefação, extrapolação e estimativa de riqueza total - Discussão

As análises de extrapolação e estimadores de riqueza assintótica confirmaram que além da amostragem ter sido suficiente, tendo em vista que a riqueza efetivamente amostrada esteve próxima da riqueza estimada e da extrapolada. Ademais, a diversidade está em conformidade com áreas mais conservadas da caatinga do cristalino (MORO; LUGHADHA; ARAÚJO et al., 2016). Desta forma, as 37 espécies confirmadas reforçam que a área detém uma riqueza bastante acima daquelas previstas para áreas degradadas e outros núcleos de desertificação (SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015).

Contextualização regional

Segundo (APGAUA et al., 2013), a Caatinga como um ecossistema tropical apresenta grande heterogeneidade de ambientes favorecendo uma alta diversidade beta e turnover de espécies, ou seja, há uma forte substituição de táxons ao longo do domínio. Esta diversidade beta explica, por exemplo, o fato dos agrupamentos terem valores abaixo de 0,5 para o índice de similaridade, pois as áreas tendem a se agrupar também em função do gradiente ambiental e seus fatores abióticos, além da composição florística (APGAUA et al., 2013).

Pode-se afirmar, que de acordo com as análises realizadas, a área de estudo pertence à categoria de caatinga *sensu stricto*, uma vez que esteve reunida com outros locais de vegetação

semelhante. De maneira geral, os subgrupos formados com as áreas seguiram diferentes padrões de agrupamentos devido aos distintos fatores abióticos que influenciam a vegetação da Caatinga. Sabe-se que o tipo de embasamento (cristalino e sedimentar) formam subgrupos florísticos distintos, cuja composição está diretamente relacionada a geologia (PINHEIRO; RODAL; ALVES, 2010; ARAÚJO et al., 2011; MORO; LUGHADHA; ARAÚJO et al., 2016). Portanto, todas as áreas de bacias sedimentares estiveram reunidas de forma coesa, separando-se das demais por formarem fitofisionomias a parte (RODAL; NASCIMENTO; MELO, 1999). Algo similar acontece com o grupo das caatingas do agreste, pois a precipitação é o principal fator a contribuir com a formação de uma vegetação de transição mais rica e diversa comparando com as demais (ALCOFORADO-FILHO; SÁ BARRETTO SAMPAIO; RODAL, 2003; ANDRADE et al., 2005).

Os afloramentos rochosos são relevos residuais originados pela pediplanação da paisagem por meio dos processos erosivos (JATOBÁ; SILVA, 2017), que abrigam uma flora distinta do entorno por deter elementos florísticos adaptados às condições extremas de sobrevivência, como elevadas temperaturas e solos rasos nas fendas das rochas (GOMES; ALVES, 2010). Porém, os afloramentos rochosos não estiveram reunidos num só grupo do dendrograma, onde dois apareceram relacionados às áreas de caatinga do cristalino e os outros, de áreas mais úmidas, aparecem formando um grupo distinto. Em contrapartida, quando situados em locais mais secos sua flora segue o mesmo padrão das caatingas secas do cristalino, e por este motivo, duas áreas formaram o agrupamento das áreas do cristalino (GOMES; ALVES, 2010; MORO; LUGHADHA; ARAÚJO et al., 2016).

O NMDS reforça os padrões vistos no UPGMA. Na ordenação, as áreas do cristalino aparecem próximas umas das outras, além dos dois afloramentos rochosos. O mesmo foi visto para as áreas sedimentares e as caatingas de agreste e os afloramentos rochosos. Este mesmo padrão de distribuição das áreas em função da heterogeneidade de seus ambientes já foi detectado por (MORO; LUGHADHA; ARAÚJO et al., 2016) e demonstra que a área de estudo se encontra dentro de um trecho de Caatinga em bom estado de conservação.

6 CONCLUSÕES

A análise do uso e ocupação do solo através do sensoriamento remoto demonstrou a eficácia em avaliar o nível de regeneração natural da vegetação e relacionar aos fatores que exercem maior influência sobre a vegetação. As variações meteorológicas, como temperatura e precipitação, em geral, são as principais variáveis que influenciaram na dinâmica da cobertura vegetal da Caatinga para o município estudado.

O monitoramento dessas áreas é de fundamental importância para que se possa afirmar com precisão a situação de degradação que se encontra as áreas em processo de regeneração ou desertificação.

Embora esta área esteja enquadrada nos limites do Núcleo de Desertificação Cabrobó, os resultados demonstraram que a composição florística apresentou uma riqueza bastante elevada. O mesmo foi visto para a estrutura da vegetação, cujos valores demonstraram semelhança com áreas conservadas, ao contrário do visto para locais degradados como núcleos de desertificação.

Desta forma, pode-se afirmar que este trabalho contribuiu com importantes informações acerca da diversidade da vegetação local, indicando que nos Núcleos de Desertificação possam existir áreas de exceção para degradação, que também podem ser consideradas como um refúgio vegetacional. Como visto neste estudo, o fragmento embora represente uma pequena parte de um município, detém um elevado grau de biodiversidade.

Além disso, a compreensão de quais espécies ocorre em áreas em bom estado de conservação e qual a estrutura esperada para uma caatinga conservada, deve servir como referência para trabalhos de recuperação de áreas degradadas. Considerando a extensão das áreas desertificadas o elevado grau de fragmentação ao qual o Domínio da Caatinga está exposto, este e outros levantamentos se tornam importantes referências a serem utilizadas para a restauração ecológica.

Assim, recomenda-se cautela em afirmar que uma área está em processo de desertificação quando na verdade há uma grande possibilidade de serem mudanças naturais.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul – primeira aproximação. In: LEMOS, A. I. G.; ROSS, J. L. S.; LUCHIARI, A. (Ed.). **América Latina: sociedade e meio ambiente**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. P. 19–33.
- _____. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. P. 269.
- _____. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasileiro. **Geomorfologia**, v. 20, p. 1–25, 1970.
- ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; EL-DEIR, A. C. A.; LIMA, A. L. A. de; SOUTO, A.; BEZERRA, B. M.; FERRAZ, E. M. N.; FREIRE, E. M. X.; SÁ BARRETO SAMPAIO, E. V. de; LAS-CASAS, F. M. G.; MOURA, G. J. B. de; PEREIRA, G. A.; MELO, J. G. de; RAMOS, M. A.; RODAL, M. J. N.; SCHIEL, N.; LYRA-NEVES, R. M. de; ALVES, R. R. N.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M. de; JÚNIOR, W. R. T.; SEVERI, W. Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. **The Scientific World Journal**, Hindawi Limited, v. 2012, p. 1–18, 2012. ISSN 1537-744X. DOI: 10.1100/2012/205182.
- ALCOFORADO-FILHO, F. G.; SÁ BARRETO SAMPAIO, E. V. de; RODAL, M. J. N. Florística e Fitossociologia de Um Remanescente de Vegetação Caducifólia Espinhosa Arbórea Em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botanica Brasilica**, FapUNIFESP (SciELO), v. 17, n. 2, p. 287–303, jun. 2003. DOI: 10.1590/s0102-33062003000200011.
- ANDRADE, L.; BARBOSA, M.; PEREIRA, I.; LEITE, U. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, estado da Paraíba. **CERNE**, v. 11, n. 3, p. 253–262, 2005.
- ANDRADE-LIMA, D. The Caatinga Dominion. **Revista Brasileira de Botânica**, 1 jan. 1981.
- ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E. M.; FONSECA, C. R. Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. **Landscape Ecology**, Springer Science e Business Media LLC, v. 33, n. 8, p. 1353–1367, 2018. DOI: 10.1007/s10980-018-0672-6.
- APG. An Update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Oxford University Press (OUP), v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016. DOI: 10.1111/boj.12385.
- APGAUA, D. M. G.; SANTOS, R. M. dos; PEREIRA, D. G. S.; OLIVEIRA MENINO, G. C. de; PIRES, G. G.; FONTES, M. A. L.; TNG, D. Y. P. Beta-diversity in seasonally dry tropical forests (SDTF) in the Caatinga Biogeographic Domain, Brazil, and its implications for conservation. **Biodiversity and Conservation**, Springer Science e Business Media LLC, v. 23, n. 1, p. 217–232, nov. 2013. DOI: 10.1007/s10531-013-0599-9.
- ARAÚJO, F. S.; COSTA, R. C.; LIMA JACIRA RABELO ANDVASCONCELOS, S. F.; GIRÃO, L. C.; SOBRINHO, M. S.; BRUNO MORGANA MARIA ARCANJO ANDSOUZA, S. S. G.; NUNES, E. P.;

FIGUEIREDO, M. A.; LIMA-VERDE, L. W.; LOIOLA, M. I. B. Floristics and Life-Forms along a Topographic Gradient, Central-Western Ceará, Brazil. **Rodriguésia**, FapUNIFESP (SciELO), v. 62, n. 2, p. 341–366, jun. 2011. DOI: 10.1590/2175-7860201162210.

BEZERRA, M. C. L. **Cenários para o bioma Caatinga**. Recife: Conselho Nacional da Reserva da Bioesfera Caatinga SECTMA, 2004. (Bioma Caatinga).

BORATO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13 abr. 2013. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**. Foz do Iguaçu, PR: [s.n.], 2013. IMPE.

BRASIL; MIN. **Nova Delimitação Do Semi-Árido Brasileiro**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de políticas de desenvolvimento regional, 2017.

BRASIL; MMA. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. 1. ed. Paraíba: Ministério do Meio Ambiente, Secretari de Recursos Hídricos, 2007. 136 p.

_____. **Lista nacional oficial de espécies da flora Brasileira ameaçadas de extinção - portal Brasileiro de dados abertos**. 2019. Disponível em: http://www.dados.gov.br/dataset/portaria_443. Acesso em: 24 ago. 2019.

_____. **Nova Delimitação Do Semi-Árido Brasileiro**. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005a. 32 p.

_____. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação Dos Efeitos Da Seca PAN-Brasil**. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005b. 242 p.

CABRERA, A. L.; WILLINK, A. **Biogeografia de américa latina**. Washington: Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, 1973.

CARDOSO, D. B. O. S.; QUEIROZ, L. P. Diversidade de Leguminosae Nas Caatingas de Tucano, Bahia: Implicações Para a Fitogeografia Do Semi-Árido Do Nordeste Do Brasil. **Rodriguésia**, FapUNIFESP (SciELO), v. 58, n. 2, p. 379–391, abr. 2007. DOI: 10.1590/2175-7860200758212.

CARVALHO, R. **Entrevista: Regina Carvalho**. Edição: Pigmum. 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VvhxOdYYKS0>.

CASTELLETTI, C. H. M.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; SANTOS, A. M. M. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (Ed.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente/UFPE, 2003. P. 91–100.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors. **Remote Sensing of Environment**, Elsevier BV, v. 113, n. 5, p. 893–903, mai. 2009. DOI: 10.1016/j.rse.2009.01.007.

CLIMATE DATA. **Climate Ecaudata**. 3 jan. 2019. Disponível em: <https://en.climate-data.org/>.

COLWELL, R. K.; ELSENSOHN, J. E. EstimateS Turns 20: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples, with Non-Parametric Extrapolation. **Ecography**, Wiley, v. 37, n. 6, p. 609–613, abr. 2014. DOI: 10.1111/ecog.00814.

COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J.; ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, F. H. B. B. Análise Da Degradação Da Caatinga No Núcleo de Desertificação Do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 961–974, suppl 2009. ISSN 1415-4366. DOI: 10.1590/s1415-43662009000700020.

COUTINHO, L. M. O conceito de Bioma. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, p. 1–11, 2006.

DIAS, C. T. V.; KIILL, L. H. P. **Levantamento florístico da reserva legal do Projeto Salitre, Juazeiro-BA / Petrolina, PE**. [S.l.]: Embrapa Semi-Árido, 2008. P. 22.

DIAS, U. N. S.; ALVES, L. C.; BRAGA, M. F. N.; SOUZA SÁ, M. C.; SILVA, L. F. F.; SOUSA, W. D. S.; CARVALHO, F. A.; PIFANO, D. S. O componente arbustivo-arbóreo em área de Depressão Sertaneja Meridional em Petrolina, PE. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Embrapa Florestas, v. 38, 2018. DOI: 10.4336/2018.pfb.38e201701502.

EARTHEXPLORER. **Earthexplorer - Home**. 2019. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 24 ago. 2019.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 20 fev. 2019.

FECHINE, J. A. L.; GALVÍNCIO, J. D. Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada Das Cidades de Salgueiro, Mirandiba, Carnaubeira Da Penha e Floresta – Localizadas No Semi-Árido Pernambucano. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, n. 3, p. 60, 2008.

FERREIRA PEDRO SANTOS DOS SANTOS, A. M.; FERREIRA, J. M. S.; FERREIRA, H. S.; GALVÍNCIO, J. D. Análise Da Suscetibilidade a Desertificação Na Bacia Hidrográfica Do Rio Pontal–Pernambuco-Brasil. **Investigaciones Geográficas**, Universidad de Chile, n. 53, p. 37–50, 2017. DOI: 10.5354/0719-5370.2017.43270.

FERREIRA, P. S. Cenário de suscetibilidade à desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú – estado de Pernambuco. **Scientia Plena**, v. 10, n. 10, 2014. ISSN 1808-2793.

GADELHA-NETO, P. C.; LIMA, J. R.; BARBOSA, M. R. V.; BARBOSA, M. A.; MENEZES, M.; PÔRTO, K. C.; WARTCHOW, F.; GIBERTONI, T. B. **Manual de procedimentos para Herbários**. 1. ed. Recife: Ed. Universitária, 2013. P. 53.

GALVÍNCIO, J. D.; PIMENTEL, R. M. M. Leaf spectral behavior and chlorophyll content of *Mimosa hostilis* canopy in a semiarid environment. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 2, n. 1, p. 001–009, 2012. DOI: 10.5935/2237-2202.20120001.

GALVÍNCIO, J. D.; FRANÇA, L. M. d. A. Impact of the Hydric Reposition in Soil on the Agriculture in Semi Arid Region. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, Journal of

Hyperspectral Remote Sensing, v. 4, n. 6, p. 134–152, 2014. ISSN 2237-2202. DOI: 10.5935/2237-2202.20140002.

GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F. da; SILVA, B. B. da; NAUE, C. R. Relationship Between Canopy and Leaf Spectral Response In Savanna. **Revista Brasileira de Geografia Física**, GN1 Genesis Network, v. 6, n. 2, p. 341–355, 2013. ISSN 1984-2295. DOI: 10.5935/1984-2295.20130028.

GALVÍNCIO, J. D.; PEREIRA, J. A. d. S.; FRANÇA, L. M. d. A.; LINS, T. M. P. Analysis of Vegetation Variation of Dry and Rainy Periods through SAVI and Surface Reflectance in Belo Jardim - PE Municipality. **REDE: Revista Eletrônica do PRODEMA**, REDE, v. 10, n. 02, p. 133–146, 2016. ISSN 19825528. DOI: 10.22411/rede2016.1002.10.

GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F.; SILVA, B. B.; NAUE, C. R. LAI Improved to Dry Forest in Semiarid of the Brazil. **International Journal of Remote Sensing Applications**, Science e Engineering Publishing Company, v. 3, n. 4, p. 193, 2013. ISSN 2226-4353. DOI: 10.14355/ijrsa.2013.0304.04.

GENTRY, A. H. Diversity and Floristic Composition of Neotropical Dry Forests. In: BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. (Ed.). **Seasonally Dry Tropical Forests**. [S.l.]: Cambridge University Press, 1995. P. 146–194. DOI: 10.1017/cbo9780511753398.007.

GOMES, P.; ALVES, M. Floristic Diversity of Two Crystalline Rocky Outcrops in the Brazilian Northeast Semi-Arid Region. **Revista Brasileira de Botânica**, FapUNIFESP (SciELO), v. 33, n. 4, p. 661–676, dez. 2010. DOI: 10.1590/s0100-84042010000400014.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Estimating Species Richness. **Biological diversity: frontiers in measurement and assessment**, v. 12, p. 39–54, 2011.

GUEDES, R. S.; ZANELLA, F. C. V.; JÚNIOR, J. E. V. C.; SANTANA, G. M.; SILVA, J. A. Caracterização Florístico-Fitossociológica Do Componente Lenhoso de Um Trecho de Caatinga No Semiárido Paraibano. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 99–108, 2012.

GUTIÉRREZ, J. R.; SQUEO, F. A. Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. **Revista Ecosistemas**, v. 13, n. 1, 2004. ISSN 1697-2473.

HAFFER, J. **General Aspects of the Refuge Theory**. 1. ed. Caracas: GREENP-SV, 1979. 18 p.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia electronica**, v. 4, n. 1, p. 9, 2001.

HAWKINS, B. A.; FIELD, R.; CORNELL, H. V.; CURRIE, D. J.; GUÉGAN, J.-F.; KAUFMAN, D. M.; KERR, J. T.; MITTELBACH, G. G.; OBERDORFF, T.; OBRIEN, E. M.; PORTER, E. E.; TURNER, J. R. G. Energy, Water, and Broad-Scale Geographic Patterns of Species Richness. **Ecology**, Wiley, v. 84, n. 12, p. 3105–3117, dez. 2003. DOI: 10.1890/03-8006.

HOFFMANN, W. A.; SILVA, E. R. da; MACHADO, G. C.; BUCCI, S. J.; SCHOLZ, F. G.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C. Seasonal leaf dynamics across a tree density gradient in a Brazilian savanna. **Oecologia**, Springer Science e Business Media LLC, v. 145, n. 2, p. 306–315, 2005. ISSN 0029-8549. DOI: 10.1007/s00442-005-0129-x.

HOLANDA, A. C.; LIMA, F. T. D.; SILVA, B. M.; DOURADO, R. G.; ALVES, A. R. Estrutura Da Vegetação Em Remanescentes de Caatinga Com Diferentes Históricos de Perturbação Em Cajazeirinhas (PB). **Revista Caatinga**, FapUNIFESP (SciELO), v. 28, n. 4, p. 142–150, dez. 2015. ISSN 1983-2125. DOI: 10.1590/1983-21252015v28n416rc.

IBGE. **Caraubeira da Penha**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/carnaubeira-da-penha/panorama>. Acesso em: 21 jan. 2020.

_____. **Manual técnico da vegetação Brasileira**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. 272 p. ISBN 978-85-240-4272-0.

_____. **Mapa de biomas do Brasil: primeira aproximação**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004.

INPE. **INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. 2019. Disponível em: <http://www.inpe.br/>. Acesso em: 24 ago. 2019.

JACOMINE, P. K. T. A nova classificação Brasileira de solos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 5, n. 0, p. 161–179, 21 out. 2013. ISSN 2448-2811.

JATOBÁ, L.; SILVA, A. F. **Estrutura e dinâmica atual de paisagens**. 1. ed. [S.l.]: Itacaiúnas, 2017. ISBN 978-85-953504-0-3.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto da Vegetação. In: JENSEN, J. R.; EPIPHANIO, J. C. N. (Ed.). **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 1. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009. P. 357–410.

KUTSCH, W. L.; HANAN, N.; SCHOLLES, R. J.; MCHUGH, I.; KUBHEKA, W.; ECKHARDT, H.; WILLIAMS, C. Response of carbon fluxes to water relations in a savanna ecosystem in South Africa. **Biogeosciences Discussions**, Copernicus GmbH, v. 5, n. 3, p. 2197–2235, 2008. ISSN 1810-6285. DOI: 10.5194/bgd-5-2197-2008.

LANDIM, R. B. T. V.; SILVA, D. F. D.; ALMEIDA, H. R. R. D. C. Desertificação em Irauçuba (CE): Investigação de Possíveis Causas Climáticas e Antrópicas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Revista Brasileira de Geografia Física, v. 4, n. 1, p. 1–21, 2011. DOI: 10.26848/rbgf.v4i1.232681.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. F. J. **Numerical Ecology**. [S.l.]: Elsevier, 2012. v. 24.

LEMO, J. R.; RODAL, M. J. N. Fitossociologia Do Componente Lenhoso de Um Trecho Da Vegetação de Caatinga No Parque Nacional Serra Da Capivara, Piauí, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, FapUNIFESP (SciELO), v. 16, n. 1, p. 23–42, jan. 2002. DOI: 10.1590/s0102-33062002000100005.

LIMA, J. R.; SILVA, R. G. da; TOMÉ, M. P.; SOUSA NETO, E. P. de; QUEIROZ, R. T.; BRANCO, M. S. D.; MORO, M. F. Fitossociologia dos componentes lenhoso e herbáceo em uma área de caatinga no Cariri Paraibano, PB, Brasil. **Hoehnea**, FapUNIFESP (SciELO), v. 46, n. 3, 2019. DOI: 10.1590/2236-8906-79/2018.

MARACAJA, P.; HENRIQUE BATISTA FIGUEIROA, C.; SOUSA, A.; EUSTÁQUIO VASCONCELOS, W. Levantamento Florístico e Fitosociológico Do Extrato Arbustivo- Arbóreo de Dois Ambientes Na Vila Santa Catarina, Serra Do Mel, RN. **Revista de Biologia e Ciencias da Terra**, v. 3, p. 1–14, 1 jan. 2003.

MARRONE, J. J. **Biogeografía de América Latina y el Caribe**. Zaragoza: UNESCO, 2001. v. 3. 148 p. (M&T–Manuales & Tesis SEA).

MARTIUS, C. F. P. Tabulae Physiognomicae. Brasiliae regiones iconibus expressas descripsit deque vegetatione illius terrae uberius exposuit. In: MARTIUS, C. F. P.; EICHLER, A. W.; URBAN, I. (Ed.). **Flora Brasiliensis**. I. ed. [S.l.]: Monacchi et Lipsiae, 1906. v. I.

MASCARENHAS, J. e. C.; BELTRÃO, B. A.; MIRANDA, J. L. F.; JUNIOR, L. C. d. S.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N. **Diagnóstico do município de Carnaubeira da Penha**. 1. ed. Recife/PE: CPRM/PRODEEM, 2005. 20 p.

MATALLO JR., H. **Indicadores de Desertificação: Histórico e Perspectivas**. 1. ed. Brasília, DF: UNESCO, Representação no Brasil, 2001. v. 2.

MCCUNE, B.; GRACE, J. B.; URBAN, D. L. **Analysis of Ecological Communities**. [S.l.]: MjM software design Gleneden Beach, OR, 2002. v. 28.

MILES, L.; NEWTON, A. C.; DEFRIES, R. S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; KAPO, V.; GORDON, J. E. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, Wiley, v. 33, n. 3, p. 491–505, 2006. ISSN 1365-2699. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis**. Washington, DC: World Resources Institute, 2005. 26 p.

MIRANDA, R. Q.; NÓBREGA, R. L. B.; MOURA, M. S. B.; RAGHAVAN, S.; GALVÍNCIO, J. D. Realistic and simplified models of plant and leaf area indices for a seasonally dry tropical forest. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Elsevier BV, v. 85, p. 101992, 2020. DOI: 10.1016/j.jag.2019.101992.

MORO, M. F. **Síntese florística e biogeográfica do domínio fitogeográfico da Caatinga**. 2013. 366 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas.

MORO, M.; ARAÚJO, F.; RODAL, M.; MARTINS, F. Síntese Dos Estudos Florísticos e Fitossociológicos Realizados No Semiárido Brasileiro. In: EISENLOHR, P. V.; FELFILI, M. J.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA-NETO, J. A. A. (Ed.). **Fitossociologia No Brasil: Métodos e Estudos de Caso**. [S.l.]: Editora da Universidade Federal de Viços, 1 out. 2015. v. 2. P. 412–451.

MORO, M.; MARTINS, F. Métodos de Levantamento Do Componente Arbóreo-Arbustivo. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; ROCHA FIUZA DE MELO, M. M. da; ANDRADE, L. A.; MEIRA-NETO, J. A. A. (Ed.). **Fitossociologia No Brasil: Métodos e Estudos de Caso**. [S.l.]: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 1 jan. 2011. v. 1. P. 174–212. ISBN 978-85-7269-406-3.

MORO, M. F.; LUGHADHA, E. N.; ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. A Phytogeographical Metaanalysis of the Semiarid Caatinga Domain in Brazil. **The Botanical Review**, Springer Science e Business Media LLC, v. 82, n. 2, p. 91–148, 2016. DOI: 10.1007/s12229-016-9164-z.

MORO, M. F.; LUGHADHA, E. N.; FILER, D. L.; ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. A Catalogue of the Vascular Plants of the Caatinga Phytogeographical Domain: A Synthesis of Floristic and Phytosociological Surveys. **Phytotaxa**, Magnolia Press, v. 160, n. 1, p. 1, 2014. DOI: 10.11646/phytotaxa.160.1.1.

MOURA, M. S. B.; GALVÍNIO, J. D.; SILVA, B. B.; MACHADO, C. C. C.; SILVA, H. A.; OLIVEIRA, T. H. Gross Primary Production Using Related Vegetation Indices. In: ASABE MEETING. Dallas, Texas: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2012. DOI: 10.13031/2013.41983.

OLIVEIRA, E. G. S.; SILVA, E.; OLIVEIRA, F. G. d. S. A Ciência dos indígenas Pankará na Serra do Arapuá: uso dos recursos naturais na terapêutica e ritualística. **Opará: Etnicidades, Movimentos Sociais e Educação**, v. 2, n. 3, p. 19–35, 2014. ISSN 2317-9465.

OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D.; POWELL, G. V. N.; UNDERWOOD, E. C.; DAMICO, J. A.; ITOUA, I.; STRAND, H. E.; MORRISON, J. C.; LOUCKS, C. J.; ALLNUTT, T. F.; RICKETTS, T. H.; KURA, Y.; LAMOREUX, J. F.; WETTENGEL, W. W.; HEDAO, P.; KASSEM, K. R. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth. **BioScience**, Oxford University Press (OUP), v. 51, n. 11, p. 933, 2001. DOI: 10.1641/0006-3568(2001)051[0933:teotwa]2.0.co;2.

PENNINGTON, R. T.; RATTER, J. A.; LEWIS, G. P. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of neotropical savannas and seasonally dry forests. In: _____. **Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation**. Edição: R. Toby Pennington, James A. Ratter e G. P. Lewis. 1. ed. Boca Raton, Fla: CRC Press, 2006. P. 1–29. ISBN 978-0-8493-2987-6.

PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. d. M. B.; MEDEIROS, S. S. de; TINÔCO, L. B. d. M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de Desertificação Do Semiárido Brasileiro: Ocorrência Natural Ou Antrópica? **Parcerias Estratégicas**, v. 17, n. 34, p. 87–106, 2012.

PINHEIRO, K.; RODAL, M. J. N.; ALVES, M. Floristic composition of different soil types in a semiarid region of Brazil. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 2, p. 68–77, 2010.

POREMBSKI, S.; MARTINELLI, G.; OHLEMULLER, R.; BARTHLOTT, W. Diversity and Ecology of Saxicolous Vegetation Mats on Inselbergs in the Brazilian Atlantic Rainforest. **Diversity & Distributions**, v. 4, n. 3, p. 107–119, mai. 1998. DOI: 10.1046/j.1365-2699.1998.00013.x. Acesso em: 23 dez. 2019.

QUEIROZ, L. P. **Leguminosas da caatinga**. [S.l.]: Universidad Estadual de Feira de Santana, 2009. 443 p. ISBN 978-85-7395-174-5.

_____. The Brazilian Caatinga: Phytogeographical Patterns Inferred from Distribution Data of the Leguminosae. In: NEOTROPICAL Savannas and Seasonally Dry Forests. [S.l.]: CRC Press, mai. 2006. P. 121–157. DOI: 10.1201/9781420004496-6.

QUEIROZ, R. T.; MORO, M. F.; LOIOLA, M. B. Evaluating the Relative Importance of Woody versus Non-Woody Plants for Alpha-Diversity in a Semiarid Ecosystem in Brazil. **Plant Ecology and Evolution**, v. 148, n. 3, p. 361–376, nov. 2015. DOI: 10.5091/plecevo.2015.1071.

RIBEIRO, G. N.; TEOTIA, H. S.; MARACAJÁ, V. P. B. B.; BARROS, D. F. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal no Agreste Paraibano: Municípios de Pocinhos e Puxinanã. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, 2008.

RIZZINI, C. T. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica (florístico-sociológica) do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 25, n. 1, p. 3–64, 1963.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA ROJAS, C. F. L. A Vegetação Do Bioma Caatinga. In: VEGETAÇÃO e Flora Da Caatinga. Associação Plantas Do Nordeste / Centro Nordestino de Informações Sobre Plantas. 1. ed. Recife: [s.n.], 2002. P. 11–24.

RODAL, M. J. N.; MARTINS, F. R.; SAMPAIO, E. V. S. B. Levantamento quantitativo das plantas lenhosas em trechos de vegetação de Caatinga em pernambuco. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 3, 12 ago. 2008. ISSN 1983-2125.

RODAL, M. J. N.; NASCIMENTO, L. M.; MELO, A. L. Composição Florística de Um Trecho de Vegetação Arbustiva Caducifólia, No Município de Ibimirim, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, FapUNIFESP (SciELO), v. 13, n. 1, p. 15–28, abr. 1999. DOI: 10.1590/s0102-33061999000100003.

ROSENDO, J. S.; ROSA, R. A Utilização de Sensores Com Resolução Moderada (MODIS) No Estudo Da Vegetação Na Bacia Do Rio Araguari-MG. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 33, p. 91–104, 2005.

SABINO, F. G. d. S.; CUNHA, M. d. C. L.; SANTANA, G. M. Estrutura Da Vegetação Em Dois Fragmentos de Caatinga Antropizada Na Paraíba. **Floresta e Ambiente**, FapUNIFESP (SciELO), v. 23, n. 4, p. 487–497, jun. 2016. DOI: 10.1590/2179-8087.017315.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y.; VITAL, T.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, G. R. **Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência**. 1. ed. Recife/PE: Editora Universitária da UFPE, 2003.

SAMPAIO, E. V. S. B. **Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas**. [S.l.]: Sociedade Botânica do Brasil, 1996. 415 p.

SANTOS, A. M.; GALVÍNCIO, J. D. Mudanças Climáticas e Cenários de Susceptibilidade Ambiental à Desertificação em Municípios do Estado de Pernambuco. **Observatorium**, v. 5, n. 15, p. 24–47, 2013.

SANTOS, M. F. A. V.; RIBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E. V. S. B. Semelhanças vegetacionais em sete solos da Caatinga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 305–314, 1992.

SEA, W. B.; CHOLER, P.; BERINGER, J.; WEINMANN, R. A.; HUTLEY, L. B.; LEUNING, R. Documenting improvement in leaf area index estimates from MODIS using hemispherical photos for Australian savannas. **Agricultural and Forest Meteorology**, Elsevier BV, v. 151, n. 11, p. 1453–1461, 2011. DOI: 10.1016/j.agrformet.2010.12.006.

SHEPHERD, G. J. **FITOPAC. Versão 2.1**. 2.1. ed. Campinas: Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 2010.

SILVA, A. C.; SOUZA, A. F. Aridity drives plant biogeographical sub regions in the Caatinga, the largest tropical dry forest and woodland block in South America. Edição: RunGuo Zang. **PLOS ONE**, Public Library of Science (PLoS), v. 13, n. 4, e0196130, 2018. DOI: 10.1371/journal.pone.0196130.

SILVA, F. C.; CRUZ, M. L. B. Análise da fisionomia da cobertura vegetal em ambientes semiáridos: o caso do município de Jaguaratama, estado do Ceará. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, Especial, p. 801–809, 2016.

SILVA, J. N. B.; SILVA, J. L. B.; SANTOS, A. M.; SILVA, A. C.; GALVÍNCIO, J. D. Índice de Vegetação Como Subsídio Na Identificação de Áreas Com Potenciais a Desertificação. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 4, p. 358, 15 ago. 2017. ISSN 2525-815X. DOI: 10.24221/jeap.2.4.2017.1469.358–367.

SILVA, K. A.; ARAÚJO, E. L.; FERRAZ, E. M. N. Estudo Florístico Do Componente Herbáceo e Relação Com Solos Em Áreas de Caatinga Do Embasamento Cristalino e Bacia Sedimentar, Petrolândia, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, FapUNIFESP (SciELO), v. 23, n. 1, p. 100–110, mar. 2009. DOI: 10.1590/s0102-33062009000100013.

SOARES, D. B.; NÓBREGA, R. S.; MOTA FILHO, F. D. O. Sobre o Processo de Desertificação (About the Desertification Process). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 1, p. 174, 5 set. 2011. ISSN 1984-2295. DOI: 10.26848/rbgf.v4i1.232699.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. de. The Caatinga and Desertification. **Mercator**, v. 14, n. 01, p. 131–150, 2015. DOI: 10.4215/rm2015.1401.0009.

STEINBECK, J. **The Grapes of Wrath**. New York: Pequin Books, 1996. DOI: 10.5040/9781580816908.01.

TAVARES, V. C.; ARRUDA, Í. R. P.; SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 34, n. 70, p. 385–405, 2019. DOI: 10.5007/2177-5230.2019v34n70p385.

THORNTHWAITE, C. W.; MAHER, J. R. **The Water Balance**. 1. ed. Centerton, NJ: Drexel Institute of 369 Technology - Laboratory of Climatology, 1955. v. 8. (Publications in Climatology, 1).

TRIGUEIRO, E. R. C.; OLIVEIRA, V. P. V.; BEZERRA, C. L. F. Indicadores Biofísicos e a Dinâmica Da Degradação/Desertificação No Bioma Caatinga: Estudo de Caso No Município de Tauá, Ceará. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 3, n. 1, 2009.

TSALYUK, M.; KELLY, M.; GETZ, W. M. Improving the prediction of African savanna vegetation variables using time series of MODIS products. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Elsevier BV, v. 131, p. 77–91, 2017. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2017.07.012.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Processos de desertificação ocorrentes no nordeste do Brasil: sua gênese e sua contenção**. 1. ed. Recife/PE: SUDENE, 1982. 101 p.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões propostas para o bioma caatinga. Recife: Associação Plantas do Nordeste**. [S.l.]: The Nature Conservancy do Brasil, 2002. 76 p.

ZAPPI, D. C. et al. Growing Knowledge: An Overview of Seed Plant Diversity in Brazil. **Rodriguésia**, FapUNIFESP (SciELO), v. 66, n. 4, p. 1085–1113, 2015. DOI: 10.1590/2175-7860201566411.

APÊNDICE A – ARTIGO 1

CAPÍTULO 1* – Submetido à Revista *Journal of Environmental Analysis and Progress- JEAP (Qualis B1 – Ciências Ambientais)*

*Capítulo de acordo com as normas da revista.

Impacto da precipitação e do uso e ocupação do solo na cobertura vegetal na Caatinga

Impact of precipitation on the use and occupation of soil in vegetation coverage in Caatinga

Katarina Romênia Pinheiro Nascimento ^a, Elisabeth Regina Alves ^b, Marccus Vinícius da
Silva Alves ^c, Josicléda Domiciano Galvínio ^d

^a Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. E-mail: katarina_romênia@yahoo.com.br.

^b Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. E-mail: bellhannover@hotmail.com

^c Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. E-mail: alves.marccus@gmail.com

^d Departamento de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. E-mail: josicleda@gmail.com

ARTICLE INFO

Recebido Dia Mês Ano

Aceito Dia Mês Ano

Publicado Dia Mês Ano

ABSTRACT

Precipitation is a variable of substantial interference on the vegetation cover of the semi-arid region, which leads to the difficulty of classifying the level of influence of land use and occupation, as well as becoming a challenge in advancing the knowledge and accuracy of the actual degradation of Caatinga vegetation. An important variable for the detection of degraded areas and natural variation of the vegetation cover is the Foliar Area Index (LAI). Thus, the objective of this study was to analyze the vegetation dynamics in a Caatinga area of the Cabrobó Desertification Nucleus with the LAI to evaluate the impacts of land use and occupation and precipitation on the vegetation cover of degraded areas. The LAI was analyzed during the period from 1985 to 2016, covering the dry and rainy seasons. The results with LAI and the stratigraphic profile confirmed that for this Desertification Nucleus, there is a strong correlation (73 %) between vegetation and precipitation, where 27 % of the area was related to land use and occupation. Thus, it is essential to be cautious about the inclusion of the area in a Desertification Nucleus, whose changes are due to powerfully natural regeneration and not the degradation of the environment.

Keywords: LAI. Remote sensing. Vegetation. Desertification.

RESUMO

A precipitação é uma variável de forte interferência sobre cobertura vegetal do

semiárido, na qual acarreta na dificuldade de classificar o nível da influência do uso e ocupação do solo, além de se tornar um desafio no avanço do conhecimento e precisão da real degradação da vegetação da Caatinga. Uma variável importante para detecção de áreas degradadas e variação natural da cobertura vegetal é o Índice da Área Foliar (IAF). Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a dinâmica da vegetação numa área de Caatinga do Núcleo de Desertificação Cabrobó com o IAF para avaliar os impactos do uso e ocupação do solo e precipitação na cobertura vegetal de áreas degradadas. O IAF foi analisado durante o período de 1985 a 2016 abrangendo as estações seca e chuvosa. Os resultados com IAF e o perfil estratigráfico confirmaram que para este Núcleo de Desertificação há forte correlação (73%) entre vegetação e precipitação, onde 27% da área estiveram relacionados ao uso e ocupação do solo. Assim, é importante ter cautela quanto à inclusão da área em um Núcleo de Desertificação, cujas mudanças encontradas se devem fortemente regeneração natural e não a degradação do ambiente.

Palavras-Chave: IAF. Sensoriamento remoto. Vegetação. Desertificação.

Introdução

O Domínio da Caatinga está inserido na região semiárida no nordeste do Brasil se estende até norte de Minas Gerais, cuja delimitação é baseada em três critérios: 1. Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm, 2. Índice de Aridez de Thorntwaite igual ou inferior a 0,50 e 3. Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (Brasil & MIN, 2017). Moro et al. (2016) indicam a presença de diferentes *fitofisionomias*, sendo associadas a precipitação que afeta diretamente a cobertura vegetal (Brasil & MIN, 2017) evidenciando a caducifolia no período seco (Albuquerque et al., 2012). Demais fatores abióticos como solo e relevo também contribuem de forma significativa para a variação encontrada na vegetação de Caatinga (Pinheiro et al., 2010).

Em resposta as variáveis descritas os elementos da vegetação de Caatinga apresentam adaptações morfofisiológicas para sobreviverem ao período de adversidade ambiental (Pennington et al., 2006), além de contribuem para as diferenças na estrutura e composição florística, elevando o grau de endemismo e conservação (Albuquerque et al., 2012).

Embora a Caatinga detenha grande representatividade conservacionista, sua biota é ameaçada através das ações humanas, por meio da remoção da vegetação para pastagem, lenha e agricultura (Souza et al., 2015), onde a retirada da cobertura vegetal é considerada como fator inicial para a degradação ambiental (Villagra et al., 2013).

Com a degradação do ambiente a Caatinga se torna susceptível à desertificação (Landim et al., 2011), cujo processo se caracteriza pela degradação da terra em áreas áridas,

semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, dentre eles as climáticas e ações antrópicas (Galindo et al., 2008). No Nordeste existem seis áreas conhecidas como Núcleos de Desertificação que são: Gilbués (PI), Iaruçuba (CE), Seridó (RN e PB), Cariris Velhos (PB), Sertão do São Francisco (BA) e Cabrobó (PE) com solos expostos e cobertura vegetal descontínua e/ou ausente (Perez-Marin et al., 2012). Este último é o único sem apresentar o monitoramento da vegetação, além do uso e ocupação do solo para avaliação de sua permanência em um núcleo de desertificação.

Os avanços nos estudos utilizando o Sensoriamento Remoto no monitoramento de ecossistemas terrestres são evidentes tanto na análise das variações na vegetação como na qualidade ambiental dos ecossistemas (Tsalyuk et al., 2017). Nestes estudos, o Índice de Área Foliar (IAF) e estatísticas de correlação constituem metodologias principais na obtenção de dados para a caracterização dos ecossistemas (Jensen, 2009). Recentemente, um grupo de pesquisadores tem avançando no desenvolvimento de modelos de IAF que melhor estimem a cobertura vegetal da Caatinga, assim, Galvêncio et al. (2013) calibraram o IAF com equipamento de alta geração e imagens de sensoriamento remoto para a Caatinga.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi analisar a dinâmica da vegetação numa área de Caatingado Núcleo de Desertificação Cabrobó para avaliar os impactos da precipitação e do uso e ocupação do solo em áreas degradadas (oficialmente denominadas) da Caatinga.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no município de Carnaubeira da Penha (Figura 1), situado na região do semiárido pernambucano, na mesorregião do

Sertão do São Francisco. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (Brasil & MIN, 2017), o município se enquadra nos limites do Núcleo de Desertificação Cabrobó com sede nas coordenadas geográficas de 08°19'20" S e 38°44'39" W. O relevo é predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas. O clima é do tipo Tropical Semi-Árido, com vegetação de Caatinga com fortes variações na cobertura vegetal entre os períodos seco e chuvoso, onde a caducifolia é intensa e marca o período chuvoso. A precipitação média anual é de 431mm e enquadra o município no item 1 da nova delimitação do semiárido (Mascarenhas et al., 2005).

Os dados de temperatura e precipitação foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC, respectivamente, do período de 1980 a 2016. Posteriormente foi obtido o balanço hídrico pelo o método de Thornthwaite & Mather (1955).

As cenas que serviram de base para a avaliação espaço-temporal do IAF são

provenientes dos satélites Landsat 5 e 8 pelos sensores Thematic Mapper (TM) e OLI/TIRS, respectivamente. Os sites utilizados foram o EarthExplorer - <https://earthexplorer.usgs.gov/> e do Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE <http://www.inpe.br/>.

A avaliação da sazonalidade, regeneração e cobertura vegetal se deu por meio das imagens de satélites do período seco e chuvoso para série desde a década de 1980 até 2016. As datas para o período chuvoso foram: 14.08.1985, 19.05.1994, 29.12.2000, 05.04.2007 e 23.01.2010 (Landsat5), 24.06.2013, 26.05.2014, 27.04.2015 e 18.07.2016 (Landsat8); para o seco: 18.11.1985, 11.11.1994, 24.09.2000, 27.08.2007 e 06.10.2010 (Landsat5), 30.10.2013, 01.10.2014, 04.10.2015 e 23.11.2016 (Landsat8). Todo o processamento de calibração radiométrica, reflectância e NDVI foi obtido seguindo metodologias já consolidadas e publicadas por Chander et al. (2009). O índice de Área Foliar-IAF foi obtido utilizando a equação ajustada para a Caatinga por Galvêncio et al. (2013).

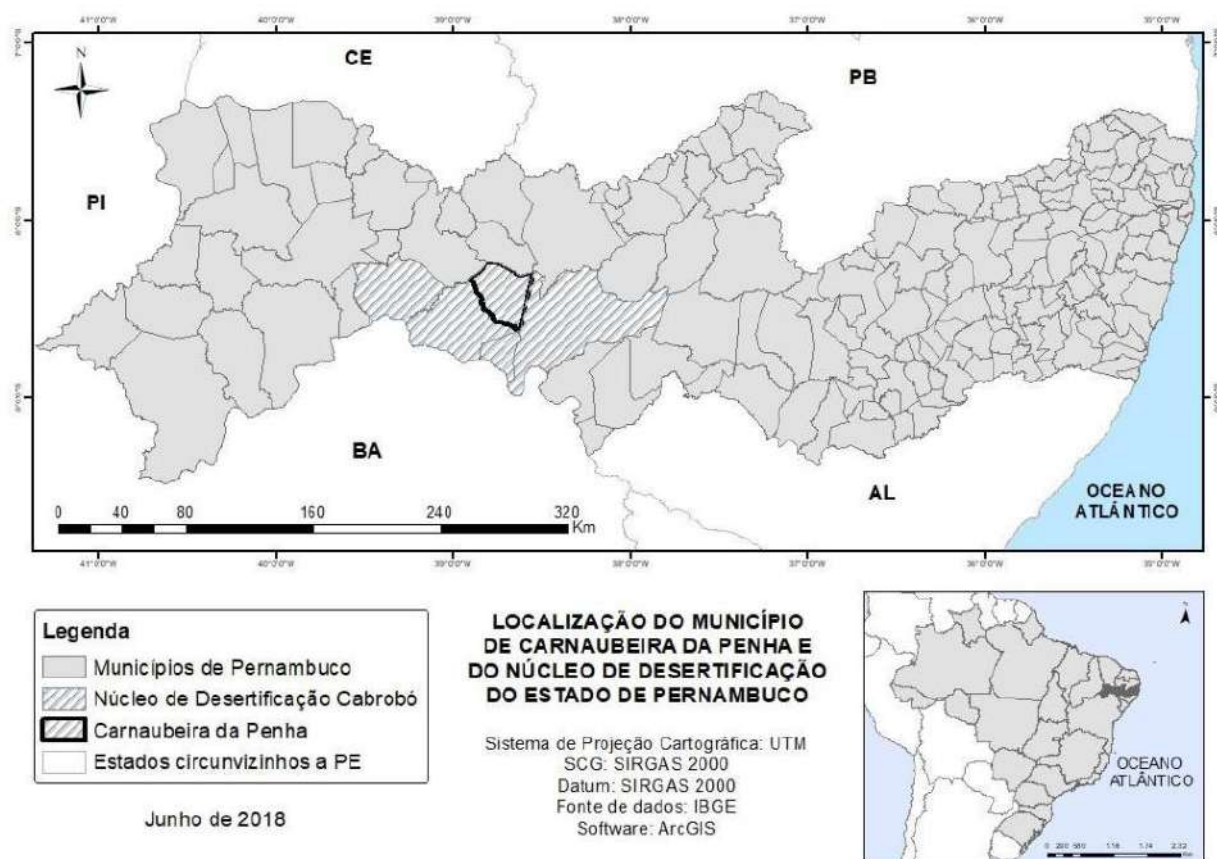


Figura 1. Localização do município de Carnaubeira da Penha no Núcleo de Desertificação Cabrobó, PE

Índice da Área Foliar-IAF

O Índice de Área Foliar (Equação abaixo) é um indicador da biomassa por unidade de área representada por essa vegetação, onde associado

com a fração de radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela vegetação caracterizam o funcionamento do dossel da vegetação e a capacidade de absorção de energia, obtido através da equação ajustada para a Caatinga (Galvêncio et al., 2013):

$$\ln(LAI) = 1.426 + \left(\frac{-0.542}{NDVI} \right)$$

Uso e ocupação do solo

Para reforçar a existência dos diversos usos e ocupação do solo, além da heterogeneidade da paisagem foi traçado um transecto linear no centro das imagens (Figura 2 e 3) e criados perfis dos valores de IAF (Figura 4 e 5).

Avaliação estatística

Para avaliar a relação entre a precipitação e a cobertura vegetal foi utilizada a correlação linear de Pearson.

Resultados e Discussão

Foram encontrados na Figura 2 elevados valores de IAF, além de uma forte variabilidade na cobertura vegetal, contudo, apresentou grande expansão em densidade no território estudado. Tal resultado é uma característica peculiar para o Domínio da Caatinga, cuja imagem é correspondente ao período chuvoso, que de forma amplamente aceita, se sabe que a precipitação tem grande influência sobre a vegetação (Albuquerque et al., 2012).

Embora a maioria das imagens apresentem IAFs de elevados valores a cobertura vegetal variou desde escassa a densa (Figura 2). Mesmo a área sendo localizada em um Núcleo de Desertificação pode-se verificar que em grande parte do território a cobertura vegetal é densa, indicando aparente estado de conservação. Este achado já havia sido encontrado de maneira similar para o município, porém, com o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) há 10 anos, onde Fachine & Galvêncio (2008) apontaram uma vegetação desenvolvida e preservada. Este indicativo pode demonstrar incerteza da permanência do município em Núcleo de Desertificação que deveria apresentar grandes áreas de solo exposto.

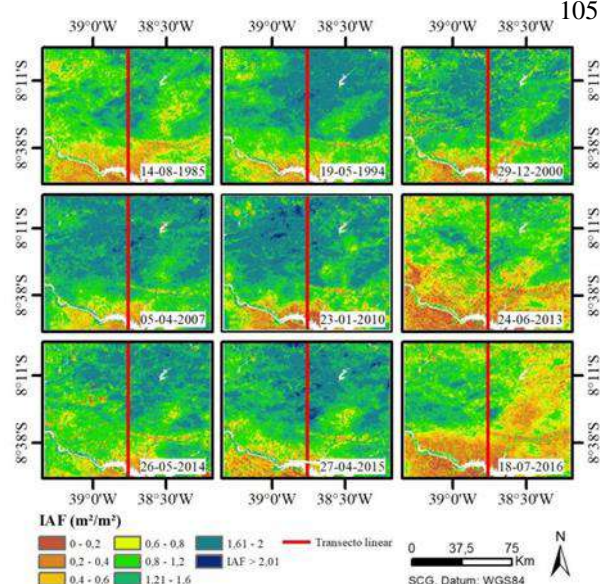


Figura 2. IAF para o período chuvoso em Carnaubeira da Penha, PE

Embora as áreas de solo exposto também tenham sido encontradas, estas estiveram localizadas em menor proporção, fato pouco visto para a Caatinga apontada em processo de degradação ambiental devido à expansão agropecuária que tem início com a retirada da vegetação (Souza et al., 2015). A agricultura é apontada como maior causadora da redução da vegetação de Caatinga, onde para o Núcleo de Desertificação Seridó gerou diferentes agrupamentos para os fragmentos estudados com e sem antropização, com base na flora local associada ao IAF (Costa et al., 2009).

As áreas de vegetação mais abertas, ou seja, fitofisionomias mais espaçadas estão relacionadas ao uso e ocupação do solo de forma mais intensa e ocorre nas proximidades do Rio São Francisco. É possível verificar que principalmente nas margens a vegetação é descontínua devido às práticas agropecuárias e retirada de madeira para produção de carvão (Brasil & MMA, 2005), reforçando o estado de degradação em uma pequena porção da área. De acordo com Perez-Marin et al. (2012), a origem do Núcleo de Desertificação Cabrobó se deve tanto aos fatores naturais como clima, temperatura, solo e relevo, como ao uso e ocupação do solo que degrada o ambiente.

Com a Figura 3, referente ao período seco, torna-se evidente a forte mudança da vegetação com extrema redução da distribuição de sua cobertura em função da quase ausência da precipitação. Desta forma, fica claro que a precipitação é uma variável importante na distribuição da cobertura vegetal e que apresenta uma relação direta na regeneração natural da paisagem (Ferreira, 2014).

De maneira geral, é notável para o período seco que a redução da cobertura vegetal ainda é maior que aquelas na estação chuvosa. Como esperado, no período seco a distribuição da vegetação se torna mais reduzida, no qual poucas espécies permanecem com a copa mais evidente, reforçando o efeito da sazonalidade na Caatinga (Ferreira et al., 2017). Os mesmos autores afirmam que o fenômeno da sazonalidade é característico para o Domínio da Caatinga desde a região agreste onde o clima é mais ameno, mas que a variação meteorológica influencia diretamente a distribuição da vegetação (Galvêncio et al., 2016).

O que poderia ser considerado como efeito do uso e ocupação do solo sobre a vegetação é visto nas imagens da Figura 2 para os anos de 1985, 2013 e 2016, na qual estiveram distintas do padrão encontrado para o período chuvoso com relação à distribuição da cobertura vegetal. Observa-se, entretanto, que nestes anos houve uma redução na biomassa, ou seja, aparentemente estas áreas estariam passando por remoção da vegetação.

Contudo, através da análise do perfil dessas imagens com base no transecto linear é possível avaliar de maneira mais precisa as sinúrias do ambiente, pois abriga maior sensibilidade por meio do IAF as variações a serem encontradas (Oliveira et al., 2014). De acordo com a Figura 4, observa-se que o perfil está diretamente relacionado com a Figura 2, cuja distribuição da vegetação segue o mesmo padrão, apresentando elevados IAFs desde o extremo norte até a Serra do Arapuá. Após a serra verifica-se a presença de uma cobertura vegetal de menor porte, sendo arbustiva e algumas áreas de solo exposto já nas proximidades da margem do Rio São Francisco.

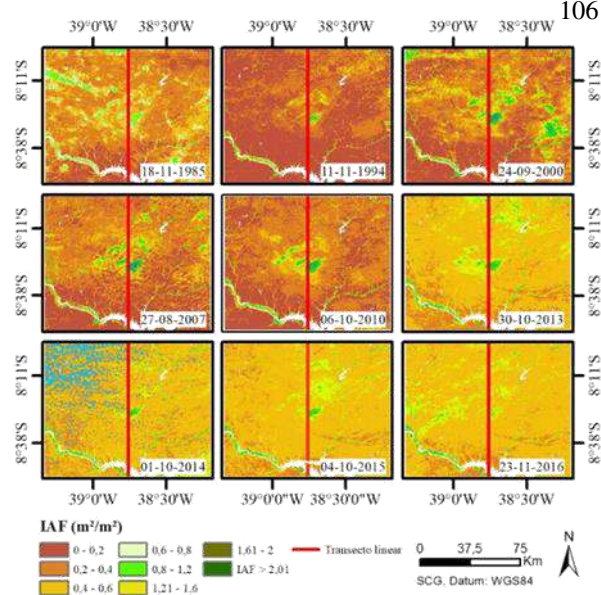


Figura 3. IAF para o período seco em Carnaubeira da Penha, PE

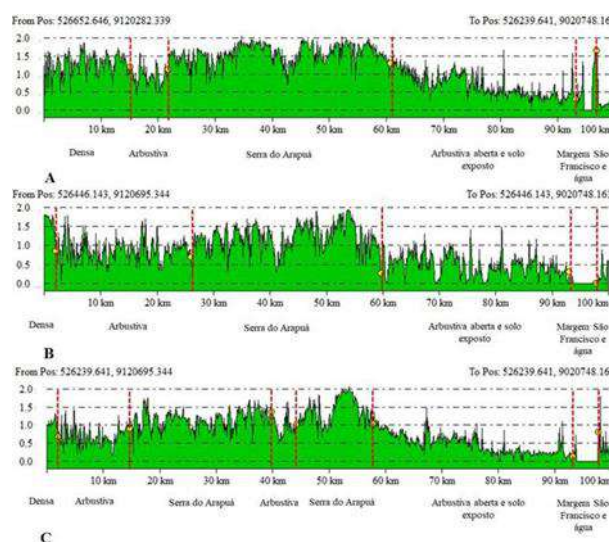


Figura 4. Perfil estratigráfico da vegetação no período chuvoso em Carnaubeira da Penha, PE. A - Ano 1985, B - Ano 2013, C - Ano 2016

O mesmo padrão é visto para o período seco, no qual o perfil demonstra a diminuição dos valores do IAF para os mesmos anos acima destacados Figura 5, visto que a quantidade de chuva é menor e/ou ausente durante este período. O padrão de distribuição da cobertura vegetal encontrado na Figura 3 que representa o mapa de cobertura vegetal para a estação seca é compatível com os perfis estratigráficos da Figura 5, onde os valores de IAF sofreram forte redução com a diminuição de chuva. Chama atenção também nesta figura a ausência da cobertura densa no extremo norte, onde havia uma vegetação com elevados valores do índice. Contudo, a Serra do Arapuá mesmo em menor densidade, permaneceu como sendo o local de maiores valores do IAF.

Desta forma, embora a área apresente um histórico de uso e ocupação do solo, e assim, originou este Núcleo de Desertificação, os perfis confirmam, e pode-se inferir que a cobertura vegetal está relacionada com o efeito da precipitação e não apenas com o uso e ocupação do solo.

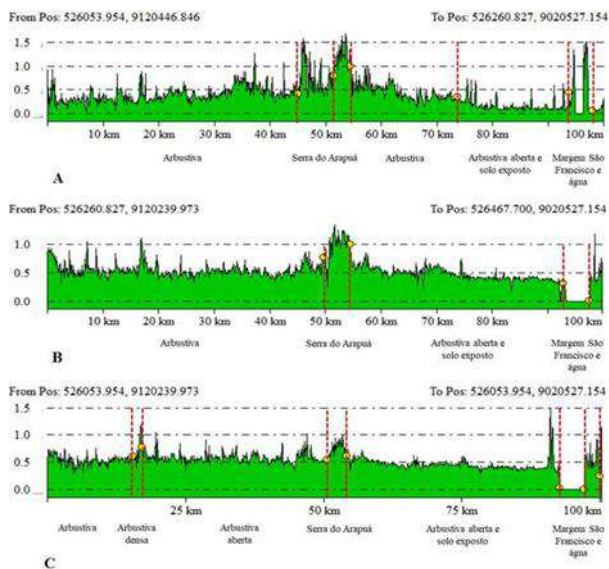


Figura 5. Perfil estratigráfico da vegetação no período seco em Carnaubeira da Penha, PE. A - Ano 1985, B - Ano 2013, C - Ano 2016

Esta permanência da cobertura de maior densidade que se concentra na Serra do Arapua Figura 6, deve-se também ao fato de se situar nas localidades mais altas. É de comum acordo que na Caatinga a maior representatividade de biomassa, quando comparado com seu entorno, se encontra em locais com elevadas altitudes, por acumular um pouco mais de umidade (Galvêncio et al., 2016).

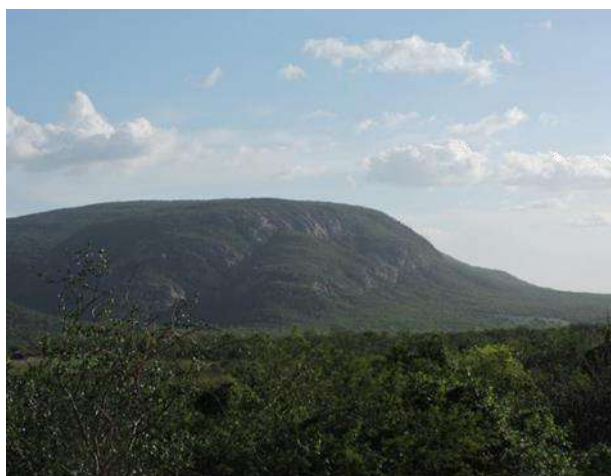


Figura 6. Serra do Arapua em Carnaubeira da Penha, PE

Além das maiores altitudes, a Serra do Arapua abriga a cobertura vegetal densa devido também a dificuldade do acesso, e consequentemente ao uso e ocupação deste local

ser mais restrito. A acessibilidade é um fator limitante para o desenvolvimento de agricultura de subsistência e todo o impacto ambiental atrelado a esta prática. Este fato é mencionado por Oliveira et al. (2014), quando os autores através de uma análise etnobotânica da Serra do Arapua, mencionam espécies de Caatinga preservada e que foram encontradas nesta localidade, a agricultura não foi citada para esta localidade.

A evidência da relação entre a precipitação e vegetação por meio do IAF é reforçada através da análise de correlação com valores de $p = 0,45$ e de $p = 0,73$ para as estações chuvosa e seca, respectivamente (Tabela 1). Dados como estes reforçam a certeza de que a distribuição da cobertura vegetal na área está ligada à variação da sazonalidade em função da precipitação, ao invés do uso e ocupação do solo, mesmo diante dos impactos das diversas práticas que foram relatados por Perez-Marin et al. (2012) para o Núcleo de Desertificação Cabrobó.

Tabela 1. Dados dos valores do IAF, precipitação e correlação de Pearson para a série histórica analisada

Estação	IAF	Precipitação (mm)	Coefficiente de Correlação (p)
Chuvosa	2,11750	67,2	0,45
	2,18776	163,2	
	2,25525	18,3	
	2,37155	417,5	
	2,25281	19	
	1,87873	79,5	
	2,22452	167	
	2,22267	181	
Seca	2,18884	50	0,73
	2,01469	3	
	2,33025	36,2	
	2,13212	18,3	
	1,95034	22,5	
	2,03158	36,9	
	1,89765	6	
	1,88367	4	
	1,89031	0	
	1,87873	0	

Neste sentido, mesmo durante a estação seca as áreas permaneceram com a cobertura vegetal original de Caatinga que apenas estavam em processo de caducifolia, ou seja, perda das folhas como adaptação ao estresse hídrico, e consequentemente, menor captação da biomassa (Ferreira, 2014). O balanço hídrico da região também contribuiu para manutenção e regeneração natural da vegetação, onde a precipitação foi bem distribuída ao longo dos meses chuvosos, e desta forma, a água se manteve no solo conservando a vegetação durante a estação seca. Este processo é comum para a Caatinga, uma vez que a água acumulada no solo

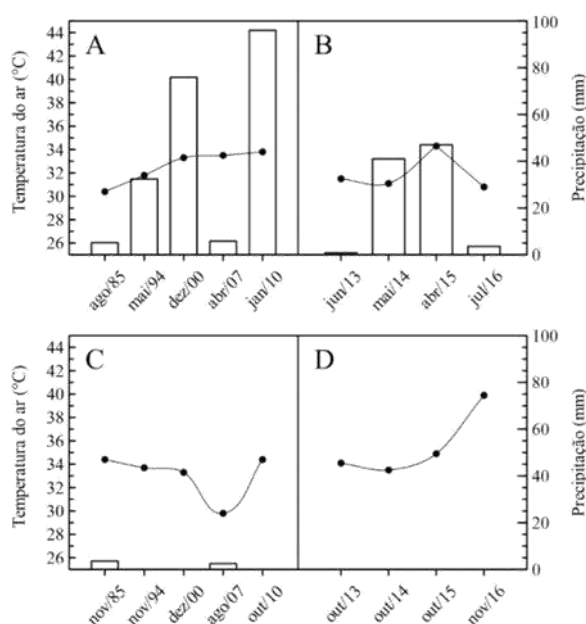


Figura 7. Multigráfico com a precipitação e temperatura para os meses e anos das imagens

Dentro desta perspectiva de antropização o Ministério do Meio Ambiente (Brasil & MMA, 2005) classifica o município como pertencente ao NDC pelo fato de apresentar, entre outros fatores, uma vegetação depauperada, escassa e fortemente antropizada para fins agropecuários, extração de lenha para fabricação de carvão, etc. Este indicativo é encontrado por Sampaio et al. (2003) e Perez-Marin et al. (2012), que elenca como primeiro fator da degradação ambiental os impactos relacionados à remoção da vegetação de Caatinga. Numa escala mundial o processo de desertificação já estava sendo discutido por Matallo-Jr. (2001), onde também se indica o avanço da retirada da vegetação como percussor no processo de desertificação. Mesmo dentre diversas maneiras de se avaliar o processo de degradação, a baixa cobertura vegetal, como dito por Perez-Marin et al. (2012) ainda é considerado como o indicador mais aceito para desencadear o processo de desertificação (Soares et al., 2011).

Seguindo esta premissa consideramos que para avaliação de áreas degradadas algumas plantas podem ser bioindicadoras de antropização, e assim, são elementos imprescindíveis para análise de degradação ambiental (Holanda et al., 2015). Áreas com fortes indícios de degradação provocando pelo uso e ocupação do solo apresenta uma composição florística de baixa diversidade, como é o caso do Núcleo de Desertificação dos Cariris Velhos visto por Souza et al. (2015).

Conclusão

A análise do uso e ocupação do solo através do sensoriamento remoto demonstrou a

eficácia em avaliar o nível de regeneração natural da vegetação e relacionar aos fatores que exercem maior influência sobre a vegetação. As variações meteorológicas, como temperatura e precipitação, em geral, são as principais variáveis que influenciaram na dinâmica da cobertura vegetal da Caatinga para o município estudado. Assim, recomenda-se cautela em afirmar que uma área está em processo de desertificação quando na verdade há uma grande possibilidade de serem mudanças naturais.

O monitoramento dessas áreas é de fundamental importância para que se possa afirmar com precisão a situação de degradação que se encontra as áreas em processo de regeneração ou desertificação. Fazem-se necessários estudos que associem os diferentes produtos de sensoriamento remoto com os dados de campo e de monitoramento climático. Em campo, à estrutura da vegetação é uma informação de grande importância para avaliar com maior precisão se a área de fato se encontra em processo de degradação ambiental e com essas informações sugerir a inclusão ou não em núcleo de desertificação.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pelo apoio técnico e científico e à Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de estudo para o desenvolvimento da pesquisa (Processo N° IBPG-0073-9.25/16).

Referências

- Albuquerque, U.P. de, Araújo, E. de L., El-Deir, A.C.A., Lima, A.L.A. de, Souto, A., Bezerra, B.M., Ferraz, E.M.N., Freire, E.M.X., Sampaio, E.V. de S.B., Las-Casas, F.M.G., Moura, G.J.B. de, Pereira, G.A., Melo, J.G. de, Ramos, M.A., Rodal, M.J.N., Schiel, N., Lyra-Neves, R.M. de, Alves, R.R.N., Azevedo-Júnior, S.M. de, Telino-Júnior, W.R., & Severi, W., 2012. Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. *Sci. World J.* 2012, 1–18. <https://doi.org/10.1100/2012/205182>
- Brasil, & MIN, 2017. Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro, 2nd ed. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de políticas de desenvolvimento regional, Brasília, DF.
- Brasil, & MMA, 2005. Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca PAN-Brasil, 1st ed. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Chander, G., Markham, B.L., & Helder, D.L., 2009. Summary of current radiometric calibration

- coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sens. Environ.* 113, 893–903. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007>
- Costa, T.C. e C. da, Oliveira, M.A.J. de, Accioly, L.J. de O., & Silva, F.H.B.B. da, 2009. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). *Rev. Bras. Eng. Agríc. E Ambient.* 13, 961–974. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662009000700020>
- Fechine, J.A.L., & Galvêncio, J.D., 2008. Índice de vegetação por diferença normalizada das cidades de Salgueiro, Mirandiba, Carnaubeira da Penha e Floresta – localizadas no Semi-Árido pernambucano. *Rev. Geográfica Acadêmica* 2, 60.
- Ferreira, P. dos S., 2014. Cenário de suscetibilidade à desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú–Estado de Pernambuco. *Sci. Plena* 10, 1–11.
- Ferreira, P. dos S., Santos, A.M. dos, Ferreira, J.M.S., Ferreira, H. dos S., & Galvêncio, J.D., 2017. Análise da suscetibilidade a desertificação na bacia hidrográfica do rio pontal–Pernambuco-Brasil. *Investig. Geográficas* 37–50. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2017.43270>
- Galindo, I.C. de L., Ribeiro, M.R., Santos, M. de F. de A.V., Lima, J.F.W.F., & Ferreira, R.F. de A. e L., 2008. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 32, 1283–1296. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832008000300036>
- Galvêncio, J.D., & França, L.M. de A., 2014. Impact of the hydric reposition in soil on the agriculture in Semi Arid Region. *J. Hyperspectral Remote Sens.* 4, 134–152. <https://doi.org/10.5935/2237-2202.20140002>
- Galvêncio, J.D., Moura, M.S.B. de, Silva, T.G.F. da, Silva, B.B. da, & Naue, C.R., 2013. LAI Improved to Dry Forest in Semiarid of the Brazil. *Int. J. Remote Sens. Appl.* 3, 193. <https://doi.org/10.14355/ijrsa.2013.0304.04>
- Galvêncio, J.D., Pereira, J.A. dos S., França, L.M. de A., & Lins, T.M.P., 2016. Analysis of vegetation variation of dry and rainy periods through SAVI and surface reflectance in Belo Jardim - PE municipality. *REDE Rev. Eletrônica PRODEMA* 10, 133–146. <https://doi.org/10.22411/rede2016.1002.10>
- Hoffmann, W.A., Silva, E.R. da, Machado, G.C., Bucci, S.J., Scholz, F.G., Goldstein, G., & Meinzer, F.C., 2005. Seasonal leaf dynamics across a tree density gradient in a Brazilian savanna. *Oecologia* 145, 306–315. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0129-x>
- Holanda, A.C.D., Lima, F.T.D., Silva, B.M., Dourado, R.G., & Alves, A.R., 2015. Estrutura da vegetação em remanescentes de Caatinga com diferentes históricos de perturbação em Cajazeirinhas (PB). *Rev. Caatinga* 28, 142–150. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n416rc>
- Jensen, J.R., 2009. Sensoriamento Remoto da Vegetação, in: Jensen, J.R., Epiphany, J.C.N. (Eds.), *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. Parêntese, São José dos Campos, pp. 357–410.
- Landim, R.B.T.V., Da Silva, D.F., & de Carvalho Almeida, H.R.R., 2011. Desertificação em Irauçuba (CE): Investigação de Possíveis Causas Climáticas e Antrópicas (Desertification in Irauçuba (CE): Investigation of Possibles Causes Climate and Anthropogenic). *Rev. Bras. Geogr. Física* 4, 1–21. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i1.232681>
- Mascarenhas, J. de C., Beltrão, B.A., Miranda, J.L.F. de, Junior, L.C. de S., Galvão, M.J. da T.G., & Pereira, S.N., 2005. Diagnóstico do município de Carnaubeira da Penha, 1st ed. CPRM/PRODEEM, Recife/PE.
- Matallo Jr., H., 2001. Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas, 1st ed. UNESCO, Representação no Brasil, Brasília, DF.
- Moro, M.F., Lughadha, E.N., Araújo, F.S. de, & Martins, F.R., 2016. A Phytogeographical Metaanalysis of the Semiarid Caatinga Domain in Brazil. *Bot. Rev.* 82, 91–148. <https://doi.org/10.1007/s12229-016-9164-z>
- Oliveira, E.G. da S., Silva, E., & Oliveira, F.G. da S., 2014. A Ciência dos indígenas Pankará na Serra do Arapuá: uso dos recursos naturais na terapêutica e ritualística. *Opará Etnicidades Mov. Sociais E Educ.* 2, 19–35.
- Pennington, R.T., Ratter, J.A., & Lewis, G.P., 2006. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical Savannas and seasonally dry forests, in: Pennington, R.T., Ratter, J.A., Lewis, G.P. (Eds.), *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography, and Conservation*. CRC Press, Boca Raton, Fla, pp. 1–29.
- Perez-Marin, A.M., Cavalcante, A. de M.B., Medeiros, S.S. de, Tinôco, L.B. de M., & Salcedo, I.H., 2012. Núcleos de desertificação do semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? *Parcer. Estratégicas* 17, 87–106.
- Pinheiro, K., Rodal, M., & Alves, M., 2010. Floristic composition of different soil types in a semi-arid region of Brazil. *Rev. Caatinga* 23, 68–77.
- Porembski, S., Martinelli, G., Ohlemuller, R., & Barthlott, W., 1998. Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in the Brazilian Atlantic rainforest. *Divers. Distrib.* 4, 107–119. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1998.00013.x>
- Sampaio, E.V.S.B., Sampaio, Y., Vital, T., Araújo, M.S.B., & Sampaio, G.R., 2003. Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e

- tecnologias de recuperação e convivência, 1st ed. Editora Universitária da UFPE, Recife/PE.
- Soares, D.B., Nóbrega, R.S., & Mota Filho, F.D.O., 2011. Sobre o Processo de Desertificação (About the Desertification Process). *Rev. Bras. Geogr. Física* 4, 174. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i1.232699>
- Souza, B.I., Artigas, R.C., & Lima, E.R.V. de, 2015. The Caatinga and desertification. *Mercator* 14, 131–150. <https://doi.org/10.4215/rm2015.1401.0009>
- Thornthwaite, C.W., & Maher, J.R., 1955. The water balance, 1st ed, Publications in Climatology, 1. Drexel Institute of 369 Technology - Laboratory of Climatology, Centerton, NJ.
- Tsalyuk, M., Kelly, M., & Getz, W.M., 2017. Improving the prediction of African savanna vegetation variables using time series of MODIS products. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 131, 77–91. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.07.012>
- Villagra, P.E., Meglioli, P.A., Pugnaire, F.I., Vidal, B., Aranibar, J., & Jobbágy, E., 2013. Regulación de La Partición Del Agua En Zonas Áridas y Sus Consecuencias En La Productividad Del Ecosistema y Disponibilidad de Agua Para Los Habitantes, in: Lara, A., Laterra, P., Manson, R., Barrantes, G. (Eds.), *Servicios Ecosistémicos Hídricos: Estudios de Caso En América Latina y El Caribe*. Red ProAgua, Valdivia, Chile, pp. 111–125.

CAPÍTULO 2* – A ser Submetido à Revista Rodriguesia (Qualis B1 – Ciências Ambientais)

*Capítulo de acordo com as normas da revista.

Flora e Estrutura de um Núcleo de Desertificação na Caatinga de Pernambuco

Katarina Pinheiro^{1*}, Marcelo Moro², Marccus Alves³, Josiclêda Galvêncio⁴

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

² Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará

³ Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco

⁴ Departamento de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco

* Autor para correspondência: katarina_romênia@yahoo.com.br

Resumo

A degradação da Caatinga através da remoção da cobertura vegetal vem contribuindo com a aceleração do processo de desertificação, onde muitas vezes a recuperação dessas áreas não é realizada de maneira eficaz devido à falta de informação acerca da vegetação. Este estudo tem o objetivo de fornecer subsídios sobre a vegetação de Caatinga como base para futuros projetos restauração ambiental em núcleos de desertificação. Foi selecionado 1 hectare da vegetação para levantamento florístico e fitossociológico. A área foi classificada como caatinga *sensu stricto* e apresentou elevada diversidade florística com 172 espécies e 54 famílias, sendo Fabaceae e Euphorbiaceae as de maior riqueza. A densidade absoluta foi de 1109 ind.ha⁻¹, área basal de 10,58 m².ha⁻¹ e índice de diversidade de Shannon-Weinner de 2,43 nats/ind. As espécies com maior IVI foram *Cenostigma bracteosum* (71,15), *Commiphora leptophloeos* (27,65) e *Croton blanchetianus* (25,6). As análises de UPGMA e NMDS demonstraram que a área se agrupou com as caatingas de embasamento cristalino e os demais grupos se mantiveram coesos de acordo com seus distintos ambientes, corroborando a influência da diversidade beta para a heterogeneidade vegetacional da

Caatinga. Desta forma, o presente trabalho contribuiu com informações direcionadas para indicar o real estado de conservação do núcleo de desertificação e futuros projetos de recuperação da área sejam realizados de maneira eficaz.

Palavras-chave: Conservação da Caatinga. Florística. Restauração ambiental. Vegetação semiárida.

Abstract

The degradation of the Caatinga through the removal of vegetation cover has contributed to the acceleration of the desertification process, where the recovery of these areas is often not effected due to the lack of information about the vegetation. This study aims to provide subsidies on the Caatinga vegetation as a basis for future environmental restoration projects in desertification nuclei. One hectare of the vegetation was selected for floristic and phytosociological survey. The area was classified as Caatinga sensu stricto and presented high floristic diversity with 172 species and 54 families, with Fabaceae and Euphorbiaceae as the richest. The absolute density was 1109 ind.ha⁻¹, basal area of 10.58 m².ha⁻¹ and Shannon-Weinner diversity index of 2.43 nats / ind. The species with higher IVI were *Cenostigma bracteosum* (71,15), *Commiphora leptophloeos* (27,65) and *Croton blanchetianus* (25.6). The analyses of UPGMA and nMDS demonstrated that the area was grouped within the crystalline basement Caatingas and the other groups remained cohesive according to their different environments, corroborating the influence of the beta diversity on the vegetative heterogeneity of the Caatinga. Thus, the present work contributed with information directed to indicate the real state of conservation of the desertification nucleus and for future projects of recovery of the area to be carried out effectively.

Key words: Conservation Caatinga. Floristic. Environmental restoration. Vegetation Semiarid.

Introdução

O processo de degradação ambiental dos ecossistemas vem sendo acelerado em função das atividades humanas, no qual provocam alterações em sua estrutura e funcionamento dando origem ao termo “ecossistemas dominados pelo homem” (*human-dominated ecosystems*) (Vitousek *et al.* 1997).

Dentre os ecossistemas terrestres mais ameaçados estão as Florestas Tropicais Secas, cujas taxas de desmatamento são superiores às das Florestas Pluviais (Miles *et al.* 2006). Os mesmos autores indicam que mais de 50% das áreas secas mapeadas estão localizadas na América do Sul e sofrem ameaças por diversos fatores como desmatamento e expansão da agricultura, sobrepastoreio, incêndios antrópicos e fragmentação (Leal *et al.* 2005; Antogiovanni *et al.* 2018).

Dentre as florestas tropicais sazonalmente secas, uma das maiores e mais expressivas é a Caatinga, que ocupa uma extensa área da região semiárida no Nordeste do Brasil e se entende até o norte do estado de Minas Gerais (Moro *et al.* 2016; Pennington 2005). Sua área de abrangência está delimitada através da precipitação média anual ($\geq 800\text{mm}$), Índice de Aridez de Thorntwait ($\geq 0,50$) e percentual diário de déficit hídrico ($\geq 60\%$) (BRASIL. Ministério da Integração Nacional 2017).

Em resposta aos fatores ambientais que exercem influência sobre este ecossistema, a Caatinga detém grande variabilidade em termos de paisagem, estrutura da vegetação e diversidade da composição florística (Albuquerque *et al.* 2012; Moro *et al.* 2016; Queiroz *et al.* 2017). Estas peculiaridades contribuem para o elevado grau de endemismo, aumentando o seu potencial conservacionista (Giulietti *et al.* 2002; Queiroz *et al.* 2017).

Entretanto, mesmo diante da importância da Caatinga para a conservação, a região se encontra sob fortes pressões antrópicas, com quase 50% da sua cobertura

vegetal perdida e extensas áreas em processo de desertificação (Perez-Marin *et al.* 2012, Antogiovanni *et al.* 2018), que se caracteriza pela degradação da terra em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, dentre eles as mudanças climáticas e ações antrópicas (Matallo-Júnior 2001). Estes Núcleos de Desertificação vêm sofrendo de forma mais intensa devido ao manejo inadequado dos sistemas naturais (Landim *et al.* 2011), no qual tem origem através da remoção da cobertura vegetal (Sampaio 2003).

Embora os Núcleos de Desertificação sejam bem definidos quanto à origem da degradação, projetos de recuperação ecológica na Caatinga ainda são insipientes. A falta de dados básicos sobre composição florística e estrutura da vegetação em áreas onde hoje estão os diversos núcleos, dificultam a restauração de maneira mais adequada por falta de ecossistemas de referência que sirvam de modelo para os projetos de restauração (Costa *et al.* 2009; Souza *et al.* 2015).

Desta maneira, este trabalho pretende registrar dados sobre a estrutura e composição da vegetação nativa de um fragmento de conservação em bom estado de conservação em um dos núcleos de desertificação da Caatinga, como forma de dar base a futuros projetos de recuperação ambiental.

Metodologia

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no município de Carnaubeira da Penha localizado a 08°19'20"S e 38°44'39"W (Figura 1), incluído no Núcleo de Desertificação Cabrobó, região semiárida de Pernambuco. O clima é do tipo Tropical Semi-Árido, frequentemente marcado por dois períodos, um seco e longo e outro chuvoso, curto e com chuvas mal distribuídas. A precipitação média anual é de 431mm e período

chuvoso concentrado nos meses de novembro a abril (Climate Data, 2019). As temperaturas médias são de 27° C, o que torna o déficit hídrico presente a maior parte do ano (Mascarenhas *et al.* 2005).

O relevo é predominantemente suave-ondulado, com serras circundando o município, sendo cortado por vales estreitos, com vertentes dissecadas (Mascarenhas *et al.* 2005). Os solos são variados, com predominância de dois tipos: o Planosso Nátrico, considerado mal drenado devido ao alto teor de sódio, e o Luvisolo Crômico, que apresenta forte tendência à erosão (JACOMINE 2009).

As formações vegetacionais são classificadas como Savana-Estépica, conhecidas popularmente como vegetação de caatinga, com estrato lenhoso decíduo e espinhoso (IBGE 2012) e componente herbáceo majoritariamente constituído por ervas terófitas (Moro *et al.* 2016). Na maior parte a caatinga apresenta-se com porte arbustivo denso ou espaçada, no qual esta está associada ao uso e ocupação do solo ao estrato florestal com maior densidade de cobertura vegetal nas áreas mais elevadas.

Composição e diversidade florística

O estudo foi realizado em duas etapas, na qual a primeira consistiu no reconhecimento da área de estudo para definição da instalação das parcelas amostrais. A segunda etapa foi realizada a coleta de material botânico e dados fitossociológicos.

O levantamento florístico e fitossociológico foi realizado de janeiro de 2017 até janeiro de 2018, bimestralmente, abrangendo as estações seca e chuvosa para avaliar a influência da sazonalidade sobre a vegetação.

Amostras de material botânico em estado vegetativo e/ou reprodutivo foram coletadas no interior e fora das parcelas para elaboração de lista florística incluindo plantas de todos os hábitos presentes (lenhosas, trepadeiras e herbáceas) (Moro &

Martins, 2011). O material foi herborizado seguindo as técnicas usuais de Gadelha-Neto et al. (2013), onde foi depositado no Herbário Geraldo Mariz (UFP/UFPE).

A identificação das espécies foi realizada por meio de chaves de identificação, morfologia comparada dos materiais depositados no Herbário UFP já determinados, bem como consultas aos especialistas para confirmação e/ou correção. A lista florística está organizada de acordo com o sistema de classificação de acordo com o Angiosperm Phylogeny Group (APG IV 2016). Os nomes das espécies foram conferidos e atualizados segundo a base de dados da Flora do Brasil on-line (www.floradobrasil.jbrj.gov.br; BFG, 2015).

Levantamento fitossociológico do componente lenhoso

Para o estudo fitossociológico foram instaladas 50 parcelas de 20x10m de forma sistemática no fragmento florestal totalizando 1 hectare de área amostral (Moro & Martins 2011). Todos os indivíduos lenhosos, exceto as trepadeiras, no interior das parcelas foram mensurados com diâmetro ao nível do solo (DNS) com critério de inclusão $\geq 3\text{cm}$ (Moro & Martins 2011). O diâmetro foi medido com fita diamétrica e altura total com uma vara de material do tipo PVC com intervalos marcados a cada 1m, que era posicionada próximo de cada planta.

Os seguintes parâmetros fitossociológicos foram calculados através do programa FITOPAC 2.1 (Shepherd 2012): Número de Indivíduos (n), Densidade Absoluta (DAb), Densidade Relativa (DRe), Frequência Absoluta (FAb), Frequência Relativa (FRe), Dominância Absoluta (DoAb), Dominância Relativa (DoRe), Índice de Valor de Importância (IVI) e Índice de Diversidade de Shannon-Weaner (H').

Rarefação, extrapolação e estimativa de riqueza total

Para avaliar se a riqueza amostrada no levantamento fitossociológico correspondeu à riqueza real da área, usamos métodos de rarefação (Gotelli & Cowel 2011), extrapolação e estimativa de riqueza total (assintótica) usando o software EstimateS 9.1.0 (Colwel & Elsensohn 2014). Para isso, rarefizemos as amostras com base nas 50 parcelas de 20 x 10 m (1 hectare no total) e extrapolamos nossa amostragem para estimar a riqueza esperada caso a amostragem fosse extrapolada para 100 parcelas, totalizando 2 hectares. Consideramos então a diferença de riqueza registrada em 1 ha versus a esperada para 2 ha. Também utilizamos dois algoritmos que estimam o número total de espécies baseado na amostra, chamados de estimadores de riqueza assintótica. O número total de espécies estimadas foi feito através dos Índices ICE (estimador de cobertura baseado na incidência) e Chao 1 (Gotelli & Cowel 2011).

Contextualização regional

Visando compreender o enquadramento da biodiversidade vegetal da área estudada em relação a outras áreas da Caatinga, foram realizadas análises multivariadas de agrupamento e ordenação através de uma matriz de presença/ausência das espécies usando o programa PAST (Hammer *et al.* 2001). Para isso, dados de comunidades vegetais foram extraídos do banco de dados “Caatinga” compilado por Moro *et al.* (2014, 2015, 2016). Do banco de dados foram selecionadas 22 áreas que registraram tanto plantas lenhosas quanto herbáceas abrangendo os estados do Ceará, Pernambuco, Piauí e Paraíba (Tabela 1), para comparar com a flora de nosso local de estudos. Estas áreas compreenderam dados florísticos da vegetação de caatinga *sensu stricto* (caatinga do cristalino), caatinga de areia das bacias sedimentares, caatinga no agreste da Borborema e vegetação de inselbergs (Moro *et al.* 2016).

Usando uma matriz de presença-ausência baseada nos táxons ocorrentes nas 22 áreas, foram realizadas as análises de agrupamento e ordenação usando distância de Sorensen (Bray-Curtis) e os algoritmos UPGMA (Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages) e NMDS (Non Metric Multidimensional Scaling) (Legendre & Legendre 2012; McCune & Grace 2002).

Resultados

Florística

Um total de 172 espécies pertencentes a 54 famílias (Tabela 2) foram registradas para a área de estudo. Fabaceae e Euphorbiaceae (21 spp., cada), Convolvulaceae (14 spp.) e Malvaceae (14 spp.) estão entre as famílias de maior riqueza de espécies.

O estrato de maior representatividade foi o herbáceo com 61 táxons, seguido do arbóreo (30 spp.), arbustivo (31 spp.) e as trepadeiras (30 spp.). Os demais estratos (arvoretas, epífitas, arbusto escandente e subarbusto) juntos somaram 20 táxons que corresponderam a 11% do total amostrado.

Dentre as plantas arbóreas e arbustivas destacam-se as famílias Fabaceae e Euphorbiaceae com 15 e 12 espécies, respectivamente. O grupo de plantas herbáceas esteve representado com maior riqueza para as famílias Euphorbiaceae e Malvaceae (6 spp. cada), Portulacaceae (5 spp.) e Rubiaceae (4 spp.). Malvaceae e Euphorbiaceae destacam-se por abrigarem espécies no estrato herbáceo com distribuição restrita para o Nordeste do Brasil.

O grupo das trepadeiras foi mais bem representado por Convolvulaceae com 11 táxons, onde *Ipomoea brasiliana*, *Ipomoea incarnata* e *Ipomoea rosea* são classificadas também com distribuição restrita a região nordestina.

Foram registradas apenas duas epífitas pertencentes à família Bromeliaceae: *Tillandsia loliaceae* e *Tillandsia streptocarpa*; além de uma hemiparasita, *Psittacanthus dichroos*, da família Loranthaceae.

Com relação à distribuição geográfica, 141 espécies foram classificadas como ampla e 31 espécies como endêmicas da Caatinga. Dentre as amplas este trabalho encontrou duas novas ocorrências para o estado de Pernambuco com *Sida harleyi*, anteriormente registrada apenas no estado da Bahia e Minas Gerais e *Manihot glaziovii* antes registrada para Bahia e Espírito Santo.

Do total de espécies registradas, 20 táxons são pertencentes à categoria de ameaça de extinção em diferentes graus. *Gomphrena vaga* e *Marsdenia altissima* estão classificadas como Vulneráveis, enquanto que *Handroanthus impetiginosus* e *Amburana cearensis* estão classificadas como Quase Ameaçadas. Entretanto, os dados oficiais da Lista Vermelha do MMA (2008) apontam *Amburana cearensis* (amburana-de-cheiro), *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), *Schinopsis brasiliensis* (baraúna) como espécies ameaçadas de extinção.

Fitossociologia

Com relação à fitossociologia foram amostrados 1109 indivíduos pertencentes a 37 espécies, com área basal de 10,58 m².ha⁻¹ (Tabela 3). Para diâmetro o valor máximo encontrado foi de 54,14 cm para *Anadenanthera colubrina* (angico) e o diâmetro médio foi de 8,5 cm. A altura máxima mensurada foi de 18 m para as espécies *Myracrodruon urundeuva* (aroeira) e *Pseudobombax marginatum* (imbiratanha), com altura média da comunidade de 4,3 m.

O valor do índice de diversidade de Shannon-Weinner foi de 2,43 nats/ind e o de equabilidade de Pielou de 0,67. Fabaceae e Euphorbiaceae concentraram maior riqueza

(12 e 9 espécies) e densidade absoluta de 528 ind./ha (47%) e 400 ind./ha (36%) e representam juntas cerca de 80% do total amostrado. As espécies com maior número de indivíduos na área foram *Cenostigma bracteosum* (367), *Croton blanchetianus* (165) e *Croton heliotropiifolius* (125).

Através do Índice de Valor de Importância (IVI) para as famílias observa-se que Fabaceae, Burseraceae e Euphorbiaceae se destacaram na comunidade vegetal com representatividade de 73,28% da amostragem. O maior IVI encontrado foi de *Cenostigma bracteosum* com valor de 71,15, seguido de *Commiphora leptophloeos* com IVI de 27,65 e na terceira posição *Croton blanchetianus* com 25,6.

Rarefação, extrapolação e estimativa de riqueza total

A curva de rarefação mostrou que a amostragem foi abrangente para representar suficientemente bem a flora do fragmento, como pode ser observado na curva de extrapolação, e estimativas de riqueza assintótica da comunidade (Figura 2). Com a amostragem de 50 parcelas, a riqueza real encontrada foi de 37 espécies, e os estimadores Chao 1 e ICE sugerem 41 espécies, com intervalo de confiança de 95% os valores estariam entre 34 e 46 espécies, o que indica uma riqueza muito próxima da real (Figura 2). O método de extrapolação sugere que se a amostragem fosse duplicada, apenas mais três espécies seriam incluídas na amostragem (Figura 2).

Contextualização regional

As análises multivariadas demonstraram que a área de estudo é floristicamente mais relacionada com outras localidades de caatinga *sensu stricto* e dois afloramentos rochosos nos estados de Pernambuco e Ceará (Figuras 3 e 4).

Tanto para similaridade com UPGMA como o NMDS os agrupamentos estiveram organizados em quatro subgrupos florísticos reunidos com base nas diferentes fitofisionomias de Caatinga (Figura 3 e 4). O grupo 1, que inclui a área de estudo, foi formado pela caatinga *sensu stricto* (áreas de solo cristalino) localizadas na Depressão Sertaneja e de vegetação mais seca; o grupo 2 estão reunidas as caatingas de áreas arenosas das bacias sedimentares; o grupo 3 agrupou os afloramentos rochosos (*Inselbergs*) com vegetação rupícola; e o grupo 4 com reunião das áreas de caatinga do agreste considerada com fitofisionomia mais úmida.

Na ordenação com o NMDS (Figura 4) foi encontrado o mesmo padrão de relação entre as áreas que foram reunidas com o agrupamento UPGMA. Este resultado reforça que a área de estudo aparece agrupada com as outras áreas da caatinga do cristalino com proximidade de dois *Inselbergs*. Da mesma forma as áreas de solo sedimentar estão mais próximas entre si e as demais áreas de caatinga do agreste e de afloramentos rochosos estiveram reunidas no mesmo padrão de distribuição encontrado na análise de similaridade com UPGMA.

Discussão

Florística

Embora a área de estudo esteja situada em uma região inserida no “Núcleo de Desertificação Cabrobó”, a riqueza encontrada neste trabalho foi similar ao registrado para áreas conservadas no Domínio da Caatinga (Moro *et al.* 2016), sugerindo que o fragmento estudado como referência está em bom estado de conservação.

A elevada riqueza se deve principalmente ao componente herbáceo, representado por 60 espécies, correspondendo a 35% do total amostrado (Figura 5). O componente herbáceo muitas vezes é excluído nos levantamentos fitossociológicos, e,

portanto, leva a uma subestimativa acerca da real diversidade local (Queiroz *et al.* 2015; Moro *et al.* 2015). Os poucos estudos realizados sobre a vegetação em outros núcleos de desertificação não incluíram nos levantamentos o estrato herbáceo (Costa *et al.* 2009; Trigueiro *et al.* 2009; Souza *et al.* 2015). A exclusão das ervas podem gerar um falso resultado acerca do estado de conservação das áreas, onde devido à ausência do estrato herbáceo, os mesmos foram considerados como desertificados. De acordo com Queiroz *et al.* (2015), estudos focando também no estrato herbáceo são necessários para demonstrar a diversidade florística das áreas de Caatinga, além disso, o componente apresenta um importante papel ecológico para a regeneração da flora lenhosa (Silva *et al.* 2009).

O padrão de riqueza observado ao nível de família é característico da Caatinga e corrobora diversos outros trabalhos já realizados para este Domínio Fitogeográfico, no qual Fabaceae e Euphorbiaceae estiveram como as mais ricas tanto para o estrato lenhoso como herbáceo em diferentes estados de conservação (Alcoforado-Filho *et al.* 2003; Maracajá *et al.* 2003; Pinheiro *et al.* 2010; Guedes *et al.* 2012; Moro *et al.* 2014; Sabino *et al.* 2016; Queiroz *et al.* 2016).

Dentre as trepadeiras, Convolvulaceae se destacou por sua representatividade na área de estudo, cujo padrão de riqueza para a família é mantido em outras localidades próximas a Carnaubeira da Penha, na qual a família esteve entre as mais ricas para as lianas (Pinheiro *et al.* 2010). Gentry (1995), já mencionava a importância das trepadeiras como um grupo importante da diversidade das florestas tropicais, e essa relevância também foi demonstrada para a Caatinga, onde trepadeiras representaram quase 15% das espécies reportadas por levantamentos florísticos e fitossociológicos compilados por Moro *et al.* (2016).

De maneira geral, as epífitas foram muito pouco representativas no local estudado, com apenas duas espécies, bem como na Caatinga de modo geral (Moro *et al.* 2016).

O grande número de táxons restritos e endêmicos chama atenção para mais um indício de revisão da área ser destinada ao núcleo de desertificação, no qual o resultado vai de encontro ao baixo grau de conservação encontrado nos outros núcleos (Costa *et al.* 2009; Trigueiro *et al.* 2009; Souza *et al.* 2015).

Apesar das espécies ameaçadas de extinção estarem bem distribuídas na área, bem como nos ecossistemas brasileiros, sua ameaça está relacionada ao seu uso principalmente para os táxons arbóreos como *Amburana cearensis*, *Myracrodruon urundeuva* e *Schinopsis brasiliensis* (MMA 2008; Flora do Brasil 2020 em construção). Segundo a Flora do Brasil (2020 em construção), o corte seletivo é o impacto ambiental que mais contribui para o declínio das populações dessas espécies, cuja remoção da cobertura vegetal é considerada como o primeiro fator que leva a Caatinga a iniciar o processo de desertificação (Sampaio *et al.*, 2003).

Fitossociologia

Com relação à estrutura do componente lenhoso, a área de estudo apresentou um padrão abaixo do encontrado para algumas áreas de Caatinga que apresentaram o mesmo critério de inclusão e área amostral para a densidade absoluta (1109 ind.ha⁻¹), e consequentemente, área basal (10,58 m².ha⁻¹) (Lemos & Rodal 2002; Rodal *et al.* 2008; Pereira Júnior *et al.* 2012). Possivelmente estes parâmetros se encontraram abaixo do esperado pelo fato da área ter sofrido no passado forte antropização, e desta enquadrando-a no Núcleo de Desertificação Cabrobó (MMA 2007; Landim *et al.* 2012).

Contudo, a riqueza encontrada esteve próxima das áreas com histórico de maior nível de conservação para estudos realizados na vegetação do embasamento cristalino (Moro *et al.* 2016). Apenas levantamentos sobre os terrenos sedimentares tiveram riqueza florística superior ao encontrado nesse estudo (Lemos & Rodal 2002), tendo em vista que áreas arenosas naturalmente detêm composição e estrutura maior que as do cristalino (Lemos e Rodal 2002; Pinheiro *et al.* 2010).

Não foi possível fazer uma comparação desta área de desertificação com os demais trabalhos fitossociológicos realizados em outros núcleos (Costa *et al.* 2009; Trigueiro *et al.* 2009; Souza *et al.* 2015) por não terem usado as metodologias mais adequadas à amostragem fitossociológica, como fizemos aqui, aplicando os métodos de amostragem e critérios de inclusão e área amostral tradicionalmente recomendados para a Caatinga (Rodal *et al.* 1992; Moro & Martins 2011).

O diâmetro máximo para *Anadenanthera colubrina* é um indicativo de que o fragmento estudado por nós é comparável com outras bem conservadas no contexto regional (Guedes *et al.* 2012). Em relação à estrutura vertical, a altura máxima de *Myracrodruon urundeuva* e *Pseudobombax marginatum* está muito acima do normalmente encontrado em áreas antropizadas (Holanda *et al.* 2015; Souza *et al.* 2015) e próximo dos valores vistos para Caatinga arbórea na Depressão Sertaneja, assim como este estudo (Rodal *et al.* 2008). Similar ocorreu com a altura média, no qual os mesmos autores apontaram uma estrutura vertical de menor porte em locais antropizados e maiores valores em vegetação mais preservada.

Contradizendo os valores de diversidade encontrados em caatingas antropizadas como nos núcleos de desertificação (Costa *et al.* 2009; Trigueiro *et al.* 2009; Souza *et al.* 2015), o índice de Shannon (H') deste trabalho apresentou valor aproximado ao padrão encontrado para a Caatinga conservada (Guedes *et al.* 2012) e para área

protegida por Unidade de Conservação (Lemos & Rodal 2002), mostrando que o fragmento amostrado pode ser tomado como uma área de referência para recomposição de áreas degradadas no núcleo de Cabrobró. Locais com vegetação de caatinga degradada registraram valores muito abaixo, reforçando que a interferência humana mesmo após anos de regeneração contribui para o desequilíbrio da comunidade vegetal (Maracajá *et al.* 2003; Andrade *et al.* 2005; Holanda *et al.* 2012; Sabino *et al.* 2016).

Fabaceae e Euphorbiaceae corroboram o padrão de riqueza em diversos estudos realizados na caatinga *sensu stricto* conservada (para revisão ver Moro *et al.* 2015) e nos outros núcleos de desertificação (Costa *et al.* 2009; Trigueiro *et al.* 2009; Souza *et al.* 2015), além de se destacarem como as mais ricas para o componente lenhoso em áreas áridas e semiáridas na América do Sul (Cabrera & Willink 1973). Com relação à densidade, ambas as famílias também estão entre as mais abundantes na região semiárida (Andrade *et al.* 2005; Rodal *et al.* 2008; Guedes *et al.* 2012; Sabino *et al.* 2016).

Cenostigma bracteosum, *Croton blanchetianus* e *Croton heliotropiifolius* aparecem entre as espécies mais abundantes em diversos trabalhos realizados na Caatinga (Rodal *et al.* 2008; Pereira Júnior *et al.* 2012; Holanda *et al.* 2015; Sabino *et al.* 2016). *C. bracteosum* apresentam ampla dispersão na Caatinga, ocupando o topo das listas fitossociológicas na região semiárida (Sampaio 1996; Guedes *et al.* 2012) e aquela como umas com maior longevidade em áreas em regeneração natural (Holanda *et al.* 2012).

Rarefação, extrapolação e estimativa de riqueza total

As análises de extrapolação e estimadores de riqueza assintótica confirmaram que além da amostragem ter sido suficiente, tendo em vista que a riqueza efetivamente

amostrada esteve próxima da riqueza estimada e da extrapolada. Ademais, a diversidade está em conformidade com áreas mais conservadas da caatinga do cristalino (Moro *et al.* 2016). Desta forma, as 37 espécies confirmadas reforçam que a área detém uma riqueza bastante acima daquelas previstas para áreas degradadas e outros núcleos de desertificação (Souza *et al.* 2015).

Contextualização regional

Segundo Apgaua *et al.* (2014), a Caatinga como um ecossistema tropical apresenta grande heterogeneidade de ambientes favorecendo uma alta diversidade beta e *tunorver de espécies*, ou seja, há uma forte substituição de táxons ao longo do domínio. Esta diversidade beta explica, por exemplo, o fato dos agrupamentos terem valores abaixo de 0,5 para o índice de similaridade, pois as áreas tendem a se agruparem também em função do gradiente ambiental e seus fatores abióticos, além da composição florística (Apgaua *et al.* 2014).

Pode-se afirmar que de acordo com as análises realizadas área de estudo pertence a categoria de caatinga *sensu stricto*, uma vez que esteve reunida com outros locais de vegetação semelhante. De maneira geral, os subgrupos formados com as áreas seguiram diferentes padrões de agrupamentos devido aos distintos fatores abióticos que influenciam a vegetação da Caatinga. Sabe-se que o tipo de embasamento (cristalino e sedimentar) formam subgrupos florísticos distintos, cuja composição está diretamente relacionada a geologia (Pinheiro *et al.* 2010; Araújo *et al.* 2011; Moro *et al.* 2016). Portanto, todas as áreas de bacias sedimentares estiveram reunidas de forma coesa, separando-se das demais por formarem fitofisionomias a parte (Rodal *et al.* 1999). Algo similar acontece com o grupo das caatingas do agreste, pois a precipitação é o principal

fator a contribuir com a formação de uma vegetação de transição mais rica e diversa comparando com as demais (Andrade *et al.* 2002; Alcoforado-Filho *et al.* 2003).

Os afloramentos rochosos são relevos residuais originados pela pediplanação da paisagem por meio dos processos erosivos (Jatobá & Silva 2017), que abrigam uma flora distinta do entorno por deter elementos florísticos adaptados as condições extremas de sobrevivência, como elevadas temperaturas e solos rasos nas fendas das rochas (Gomes & Alves, 2010). Porém, os afloramentos rochosos não estiveram reunidos num só grupo do dendrograma, onde dois apareceram relacionados as áreas de caatinga do cristalino e os outros, de áreas mais úmidas, aparecem formando um grupo distinto. Em contrapartida, quando situados em locais mais secos sua flora segue o mesmo padrão das caatingas secas do cristalino, e por este motivo, duas áreas formaram o agrupamento das áreas do cristalino (Gomes & Alves 2010; Moro *et al.* 2016).

O NMDS reforça os padrões vistos no UPGMA. Na ordenação, as áreas do cristalino aparecem próximas umas das outras, além dos dois afloramentos rochosos. O mesmo foi visto para as áreas sedimentares e as caatingas de agreste e os afloramentos rochosos. Este mesmo padrão de distribuição das áreas em função da heterogeneidade de seus ambientes já foi detectado por Moro *et al.* (2016) e demonstra que a área de estudo se encontra dentro de um trecho de Caatinga em bom estado de conservação.

Conclusão

Embora esta área esteja enquadrada nos limites do Núcleo de Desertificação Cabrobó, os resultados demonstraram que a composição florística apresentou uma riqueza bastante elevada. O mesmo foi visto para a estrutura da vegetação, cujos valores demonstraram semelhança com áreas conservadas, ao contrário do visto para locais degradados como núcleos de desertificação.

Desta forma, pode-se afirmar que este trabalho contribuiu com importantes informações acerca da diversidade da vegetação local, indicando que nos Núcleos de Desertificação possam existir áreas de exceção para degradação, que também podem ser consideradas como um refúgio vegetacional. Como visto neste estudo, o fragmento embora represente uma pequena parte de um município, apresenta um elevado grau de biodiversidade.

Além disso, a compreensão de quais espécies ocorre em áreas em bom estado de conservação e qual a estrutura esperada para uma caatinga conservada, deve servir como referência para trabalhos de recuperação de áreas degradadas. Considerando a extensão das áreas desertificadas o elevado grau de fragmentação ao qual o Domínio da Caatinga está exposto, este e outros levantamentos se tornam importantes referências a serem utilizadas para a restauração ecológica.

Referências

- Albuquerque UP, Araújo EL, El-Deir ACA, Lima ALA, Souto A, Bezerra BM, Ferraz EMN, Freire EMX, Sampaio EVSB, Las-Casas FMG, Moura GJB, Pereira GA, Melo JG, Ramos MA, Rodal MJN, Schiel N, Lyra-Neves RM, Alves RRN, Azevedo Júnior SM, Telino Júnior WR & Severi W (2012) Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. *The Scientific World Journal*, 1–18.
- Alcoforado-Filho FG, Sampaio ESVB & Rodal MJN (2003) Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifolia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. *Acta Botanica Brasilica* 17(2): 287-303.

- Andrade LA, Pereira IM, Leite UT & Barbosa MRV (2005) Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. *Revista Cerne* 11(3): 253-262.
- APG IV-Angiosperm Phylogeny Group (2016) 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.
- Antongiovanni M, Venticinque EM, Fonseca CR (2018) Fragmentation patterns of the Caatinga drylands. *Landsc Ecol* 33:1353–1367. doi: 10.1007/s10980-018-0672-6
- Apgaua DMG, Santos RM, Pereira, DGS, Menino GCO, Pires GG, Fontes MAL & Tng DYP (2014) Beta-diversity in seasonally dry tropical forests (SDTF) in the Caatinga Biogeographic Domain, Brazil, and its implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* 23: 217-232.
- Araújo FS, Costa RC, Lima JR, et al (2011) Floristics and life-forms along a topographic gradient, central-western Ceará, Brazil. *Rodriguésia* 62:341–366. doi: 10.1590/2175-7860201162210
- Brasil e MIN. 2017. Nova Delimitação Do Semi-Árido Brasileiro. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de políticas de desenvolvimento regional.
- Brazil Flora Group (2015) Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia* 66:1085–1113. doi: 10.1590/2175-7860201566411
- Cabrera AL & A Willink (1973) Biogeografía de América Latina. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Departamento de Asuntos Científicos,

- Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Vol. 1, Washington, District of Columbia. 120 pp.
- Climate date. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/peernambuco/carnaubeira-da-penha-43075/>> Acessado em março 2019.
- Costa TCC, Oliveira MAJ, Accioly LJO & Silva FHBB (2009) Análise da degradação da Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó (RN/PB). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13: 961–974.
- Colwell RK, Elsensohn JE (2014) EstimateS turns 20: Statistical estimation of species richness and shared species from samples, with non-parametric extrapolation. *Ecography* 37:609–613.
- Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 10 Jun. 2019
- Gadelha-Neto PC, Lima JR, Barbosa, MRV, Barbosa MA, Menezes M, Pôrto KC, Wartchow, F & Gibertoni TB (2013) Manual de procedimentos para herbário. Vol. 1. Ed. Universitária, Recife. 53p.
- Gentry AH (1995) Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. *In*: Bullock SH, Mooney HA & Medina E (eds.). Seasonaly dry tropical forests. Vol. 1. Ed. Cambridge University Press, Cambridge. Pp.146-194.
- Giulietti AM (2002) Espécies endêmicas da caatinga. *In*: Sampaio, EVSB, Giulietti AM, Virgínio J. & Gamarra-Rojas CFL (ads.). *Vegetação & flora da Caatinga*. Vol 1, Ed. CNIP, Recife. Pp.103-119.
- Gomes P & Alves M (2010) Floristic diversity of two crystalline rocky outcrops in the Brazilian northeast semi-arid region. *Revista Brasileira de Botânica* 33(4): 661-676.

- Gotelli NJ & Colwell RK (2011) Estimating species richness. *In*: A.E. Magurran, J. McGill (eds). *Biological Diversity Frontiers in Measurement and Assessment*. Ed. Oxford University Press, Oxford. Pp. 39-54.
- Guedes RS, Zanella FCV, Costa Júnior JEV, Santana GM & Silva JA (2012) Caracterização florístico-fitossociológica do componente lenhoso de um trecho de Caatinga no semiárido paraibano. *Revista Caatinga* 25(2): 99-108.
- Hammer, Ø, Harper DAT & Ryan PD (2001) Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1-4
- Holanda AC, Lima FTD, Silva BM, Dourado RG & Alves AR (2015) Estrutura da vegetação em remanescentes de Caatinga com diferentes históricos de perturbação em Cajazeirinhas (PB). *Revista Caatinga* 28(4): 142 – 150.
- Jacomine PKT (2009) A nova classificação brasileira de solos. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*. Vol. 5. Recife, Pp. 161-179.
- Jatobá L & Silva A (2017) Estrutura e dinâmica atual de paisagens [livro eletrônico]. Vol. 1. Ed. Ananindeua, Itacaiúnas. 107p.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012) Manual técnico da vegetação brasileira. Vol 2. Rio de Janeiro. 271p.
- Landim RBT, Silva DF & Almeida HRRC (2011) Desertificação Em Irauçuba (CE): Investigação de Possíveis Causas Climáticas e Antrópicas (Desertification in Irauçuba (CE): Investigation of Possibles Causes Climate and Anthropogenic). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 4(1):1–21.
- Leal IR, Silva JMC, Tabarelli M & Lacher Júnior TE (2005) Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Megadiversidade* 1(1): 139-146.

- Leal IR, Silva JMC, Tabarelli M, Lacher Jr. TE (2005) Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of Northeastern Brazil. *Conserv Biol* 19:701–706. doi: 10.1111/j.1523-1739.2005.00703.x
- LEGENDRE P & LEGENDRE L (2012) Numerical ecology. Vol. 2. Ed. Elsevier, Amsterdam. 870p.
- Lemos JR & Rodal MJN (2002) Fitossociologia do componente lenhoso de um trecho de vegetação arbustiva espinhosa no Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 16: 23-42.
- Maracajá PB, Batista CHF, Sousa AH & Vasconcelos WE (2003) Levantamento florístico e fitossociológico do extrato arbustivo-arbóreo de dois ambientes na Vila Santa Catarina, Serra do Mel, RN. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 3(2): 20-33.
- Mascarenhas JC, Beltrão BA, Miranda JLF, Junior LCS, Galvão MJTG & Pereira SN (2005) Diagnóstico do município de Carnaubeira da Penha. Vol 1. Ed. CPRM/PRODEEM, Recife. 11p.
- Matallo Júnior H (2001) Indicadores de Desertificação: Histórico e Perspectivas. V. 2. Ed.: UNESCO Representação no Brasil, Brasília. 80p.
- Mccune B & Grace JB (2002) Analysis of ecological communities. MJM Software Design, Gleneden Beach, Oregon.
- Miles LA (2006) Global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33: 491–505.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente (2007) Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. Ed. Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Federal da Paraíba, Brasília. 134p.

- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2008) Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. Instrução Normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008.
- Moro MF, Martins FR (2011) Métodos de levantamento arbóreo-arbustivo. *In*: Felfili JM, Eisenlohr, PV, Melo MMRF, Andrade LA & Meira Neto JAA (eds.). Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso. Ed. UFV, Viçosa, Pp. 174-212.
- Moro MF, Lughadha EN, Filer DL, Araújo FS & Martins FR (2014a). A catalogue of the vascular plants of the Caatinga phytogeographical domain: a synthesis of floristic and phytosociological surveys. *Phytotaxa* 160: 1-118.
- Moro MF, Araújo FS, Rodal MJN & Martins FR (2015b). Síntese dos estudos florísticos e fitossociológicos realizados no semiárido brasileiro. *In*: Eisenlohr PV, Felfili JM, Melo MMRF, Andrade CA & Meira Neto JJA. Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos. Vol. II. Ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Pp. 412-451.
- Moro MF, Lughadha EN, Araújo FS de & Martins FR. (2016c). A Phytogeographical Metaanalysis of the Semiarid Caatinga Domain in Brazil. *The Botanical Review* 82(2): 91–148.
- Pennington RT, Lewis GP & Ratter JA (2005) An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical Savannas and seasonally dry forests. *In*: Pennington RT, Lewis GP & Ratter JA (eds.). Neotropical savannas and seasonally dry forests plant diversity, biogeography and conservation. Ed. CRC Taylor & Francis Group, Bora Raton. Pp.1-29.

- Pereira Júnior LR, Andrade AP & Araújo KD (2012) Composição Florística e Fitossociológica de um fragmento de caatinga em Monteiro-PB. *Holos* 6(28): 73-87 29.
- Perez-Marin AM, Cavalcante AMB, Medeiros SS, Tinôco LBM & Salcedo IH (2012) Núcleos de Desertificação Do Semiárido Brasileiro: Ocorrência Natural Ou Antrópica? *Parcerias Estratégicas*, 17(34):87–106.
- Pinheiro K, Rodal MJN, ALVES M (2010) Floristic composition of different soil types in a semiarid region of Brazil. *Revista Caatinga* 23(2): 68-77.
- Rodal MJN, Sampaio EVDSB, Figueiredo MA (1992) Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico - Ecossistema Caatinga. Sociedade Botânica do Brasil.
- Rodal MJN, Nascimento LM & Melo AL (1999) Composição florística de um trecho de vegetação arbustiva caducifólia, no município de Ibimirim, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 13(1): 15-28.
- Rodal MJN, Martins FR & Sampaio EVSB (2008) Levantamento quantitativo das plantas lenhosas em trechos de vegetação de caatinga em Pernambuco. *Revista Caatinga* 21(3): 192- 205.
- Sabino FGS, Cunha MCL, Santana GM (2016) Estrutura da vegetação em dois fragmentos de Caatinga antropizada na Paraíba. *Floresta e Ambiente*, 23(4): 487-497.
- Sampaio EVSB (1996) Fitossociologia. In: Sampaio EVSB, Mayo S, Barbosa MRV (eds.) *Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas*. Ed. Sociedade Botânica do Brasil, Seção Regional de Pernambuco, Recife. Pp. 203-230.
- Sampaio EVSB, Sampaio Y, Vital T, Araújo MSB & Sampaio GR (2003) Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência. Vol. 1. Ed. Universitária da UFPE, Recife. 202p.

- Sherpherd GD (2012) FITOPAC 2.1. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Silva KA, Araújo EL, Ferraz EMN (2009) Estudo florístico do componente herbáceo e relação com solos em áreas de caatinga do embasamento cristalino e bacia sedimentar, Petrolândia, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*. 23(1): 100-110.
- Souza BI, Artigas RC & Lima ERV (2015) The Caatinga and Desertification. *Mercator*, 14 (01): 131–150.
- Queiroz RT, Moro MF, Loiola MIB (2015) Evaluating the relative importance of woody versus non-woody plants for alpha-diversity in a semiarid ecosystem in Brazil. *Plant Ecology and Evolution* 148 (3): 361–376.
- Queiroz LP, Cardoso D, Fernandes MF, Moro MF (2017) Diversity and Evolution of Flowering Plants of the Caatinga Domain. In: *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. Springer International Publishing, Cham, pp 23–63.
- Trigueiro ERC, Oliveira VPV, Bezerra CLF (2009) Indicadores biofísicos e a dinâmica degradação/desertificação no bioma Caatinga: estudo de caso no município de Tauá, Ceará. *REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA* 3(1): 62-82.
- Vitousek PM, Mooney HA, Lubchenco J, Melillo JM (1997) Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science* 277(5325): 494-499.

Tabela 2. Lista de espécies do hectare de Caatinga estudado em Carnaubeira da Penha, Pernambuco. Grau de ameaça: CR - criticamente ameaçada; DD - deficiente de dados; LC - menos preocupante; NE - não avaliada; NT - quase ameaçada e VU - vulnerável. Regiões e Estados da Federação onde a espécie foi registrada: N – Norte; S – Sul; NE – Nordeste; SE – Sudeste; CO – Centro-Oeste; MG – Minas Gerais; MT – Mato Grosso; AC – Acre; BA – Bahia; ES – Espírito Santo; RO – Roraima; PE – Pernambuco; AL – Alagoas. As informações sobre hábito, origem, grau de ameaça e endemismo foram obtidas em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/>.

Família	Espécie	Hábito	Grau de Ameaça	Distribuição geográfica	Voucher
Acanthaceae	<i>Justicia aequilabris</i> (Nees) Lindau	Subarbusto	NE	Ampla NE, MT e AC	KP 2060
	<i>Ruellia asperula</i> (Mart. Ex Ness) Lindau	Subarbusto	NE	Endêmica	KP 2070
	<i>Ruellia paniculata</i> L.	Erva	NE	Ampla NE e SE	KP 2057
Alstroemeriaceae	<i>Alstroemeria longistaminea</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	Erva	LC	Endêmica	KP 1750A
Amaranthaceae	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	Erva	NE	Ampla	KP 1975
	<i>Alternanthera tenella</i> Colla	Erva	LC	Ampla	KP 1858
	<i>Froelichia humboldtiana</i> (Roem. & Schult.) Seub.	Subarbusto escandente	NE	Ampla NE, SE, CO	KP 1941
	<i>Gomphrena vaga</i> Mart.	Erva	LC	Ampla	KP1753
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Árvore	VU	Ampla BR, exceto N	KP 2065
	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Árvore	VU	Ampla NE, SE, CO	KP 1851
	<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Árvore	NE	Ampla NE, SE	KP 1727
Annonaceae	<i>Annona leptopetala</i> (R.E.Fr.) H.Rainer	Árvore	LC	Ampla NE, SE	KP 1859
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	Árvore	NE	Ampla NE e CO	KP 2086
	<i>Mandevilla tenuifolia</i> (J.C.Mikan) Woodson	Erva	NE	Ampla	KP 1725A
	<i>Marsdenia altissima</i> (Jacq.) Dugand	Trepadeira	VU	Ampla	KP 2067
	<i>Matelea nigra</i> (Decne.) Morillo & Fontella	Trepadeira	NE	Restrita NE e MG	KP 1913
	<i>Spathicarpa gardneri</i> Schott	Erva	NE	Ampla	KP 1766
Aristolochiaceae	<i>Aristolochia birostris</i> Duch.	Trepadeira	NE	Endêmica	KP 2072
Asteraceae	<i>Centratherum punctatum</i> Cass.	Erva	NE	Ampla	KP 1873
Bignoniaceae	<i>Bignonia sciuripabulum</i> (K.Schum.) L.G.Lohmann	Trepadeira	NE	Ampla	KP2095
	<i>Fridericia dichotoma</i> (Jacq.) L.G.Lohmann	Trepadeira	NE	Ampla	KP 2090

	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Árvore	NT	Ampla	KP2097
	<i>Neojobertia candolleana</i> (Mart. ex DC.) Bureau & K.Schum.	Trepadeira	NE	Restrita NE e MG	KP2080
	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore	Árvore	NE	Ampla	KP 2100
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Arvoreta	NE	Ampla, Norte, NE	KP 2069
Boraginaceae	<i>Euploca procumbens</i> (Mill.) Diane & Hilger	Erva	NE	Ampla, exceto N	KP 1882
	<i>Euploca humilis</i> (L.) Feuillet	Erva	NE	Disjunta NE, N	KP 1955
	<i>Varronia leucocephala</i> (Moric.) J.S.Mill.	Arbusto	NE	Endêmica	KP 1952
Bromeliaceae	<i>Bromelia laciniosa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	Erva	NE	Endêmica	KP1991
	<i>Neoglaziovia variegata</i> (Arruda) Mez	Erva	NE	Endêmica	KP1828
	<i>Tillandsia loliacea</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	Epífita	NE	Ampla NE, SE, S e CO	KP1716
	<i>Tillandsia streptocarpa</i> Baker	Epífita	NE	Ampla NE, SE e S	KP2027
Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	Árvore	NE	Ampla, exceto S	KP 1770
Cactaceae	<i>Cereus jamacaru</i> DC.	Árvore	LC; Ameaçada CITES	Restrita NE e MG	KP 1870
	<i>Pilosocereus gounellei</i> (F.A.C.Weber) Byles & Rowley	Arbusto	LC; Ameaçada CITES	Restrita NE e MG	KP 1926
	<i>Pilosocereus pachycladus</i> F.Ritter	Arbusto	LC; Ameaçada CITES	Restrita NE e MG	KP 2003
	<i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy	Erva	DD	Endêmica	KP 1898
	<i>Tacinga palmadora</i> (Britton & Rose) N.P.Taylor & Stuppy	Arbusto	LC; Ameaçada CITES	Endêmica	KP 1905
Caricaceae	<i>Jacaratia corumbensis</i> Kuntze	Arbusto	NE	Ampla	TSC 294
Capparaceae	<i>Colicodendron yco</i> Mart.	Arbusto	NE	Endêmica	KP 2073
	<i>Neocalyptrocalyx longifolium</i> (Mart.) Cornejo & Iltis	Arbusto	NE	Endêmica	KP 2094
	<i>Cynophala flexuosa</i> (L.) J. Presl	Arbusto	NE	Ampla	KP 2051
Cleomaceae	<i>Physostemon lanceolatum</i> Mart. & Zucc.	Arbusto	NE	Endêmica	KP 1787
	<i>Physostemon rotundifolium</i> Mart. & Zucc.	Arbusto	NE	Disjunta NE, MS	KP 1842
	<i>Physostemon tenuifolium</i> Mart. & Zucc.	Erva	NE	Endêmica	KP 1837

	<i>Tarenaya diffusa</i> (Banks ex DC.) Soares Neto & Roalson	Subarbusto	NE	Ampla NE, SE	KP 2052B
	<i>Tarenaya horrida</i> (Mart. ex Schult.f.) Roalson & Soares Neto	Arbusto	NE	Ampla BA, Sudeste	KP 2000
	<i>Tarenaya spinosa</i> (Jacq.) Raf.	Arbusto	NE	Ampla	KP 2087
Commelinaceae	<i>Commelina obliqua</i> Vahl	Erva	NE	Ampla	KP 1872
	<i>Aneilema brasiliense</i> C.B.Clarke	Erva	NE	Ampla	KP 2061
Convolvulaceae	<i>Evolvulus filipes</i> Mart.	Erva	LC	Ampla	KP 1974
	<i>Evolvulus frankenioides</i> Moric.	Erva	NE	Ampla	KP 1735
	<i>Evolvulus ovatus</i> Fernald	Erva	NE	Disjunta NE e AM	KP 1973
	<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem. & Schult.	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1999
	<i>Ipomoea brasiliana</i> (Choisy) Meisn.	Trepadeira	NE	Restrita NE e MG	KP 1912
	<i>Ipomoea incarnata</i> (Vahl) Choisy	Trepadeira	NE	Restrita NE e MG	KP 1871
	<i>Ipomoea megapotamica</i> Choisy	Trepadeira	NE	Ampla	KP 2033
	<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1928
	<i>Ipomoea rosea</i> Choisy	Trepadeira	NE	Restrita NE	KP 1909
	<i>Jacquemontia evolvuloides</i> (Moric.) Meisn.	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1962
	<i>Jacquemontia gracillima</i> (Choisy) Hallier f.	Trepadeira	NE	Ampla	KP 2054 A
	<i>Jacquemontia pentathos</i> (Jacq.) G.Don	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1992
	<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb.	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1895
	<i>Operculina macrocarpa</i> (L.) Urb.	Trepadeira	LC	Ampla	KP 2004
Cucurbitaceae	<i>Apodanthera</i> sp.	Trepadeira	NE	Ampla	KP2028
Cyperaceae	<i>Cyperus uncinulatus</i> Schrad. ex Nees	Erva	NE	Restrita NE	KP 1906
Dioscoriaceae	<i>Dioscorea cinnamomifolia</i> Hook.	Trepadeira	NE	Ampla	KP 1908
	<i>Dioscorea dodecaneura</i> Vell.	Erva	NE	Ampla	KP1776
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> <i>caatingae</i> Plowman	Arbusto	NE	Endêmica	KP 1831
Euphorbiaceae	<i>Astraea lobata</i> (L.) Klotzsch	Erva	LC	Ampla	KP1746
	<i>Acalypha multicaulis</i> Müll.Arg.	Erva	NE	Disjunta NE e S	KP1835
	<i>Bernardia sidoides</i> (Klotzsch) Müll.Arg.	Erva	NE	Restrita NE	KP1741
	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Erva	NE	Ampla BR	KP1855
	<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	Erva	NE	Ampla BR	KP1756

Tabela 3. Parâmetros estruturais das espécies lenhosas presentes em um hectare na área de estudo, Carnaubeira da Penha, Pernambuco, Brasil. DAb = Densidade Absoluta (Número de indivíduos/ha); DRe = Densidade Relativa; FAb = Frequência Absoluta; FR = Frequência Relativa; DoAb = Dominância Absoluta; DoRe = Dominância Relativa; IVI = Valor de Importância; IVC = Valor de Cobertura.

Espécies	Dab	DRe	FAb	FR	DoAb	DoRe	IVI	IVC
<i>Cenostigma bracteosum</i> (Tul.) E. Gagnon & G.P. Lewis	367	33,09	96	14,37	2,51	23,69	71,15	56,78
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	31	2,8	38	5,69	2,03	19,17	27,65	21,96
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	165	14,88	54	8,08	0,28	2,64	25,6	17,52
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart. & Zucc.	82	7,39	54	8,08	0,72	6,82	22,3	14,22
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth	125	11,27	56	8,38	0,28	2,61	22,27	13,89
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	30	2,71	40	5,99	1,33	12,52	21,21	15,23
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	37	3,34	46	6,89	0,91	8,58	18,8	11,92
<i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl	32	2,89	28	4,19	0,32	3,02	10,09	5,9
<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	25	2,25	24	3,59	0,39	3,71	9,56	5,97
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	35	3,16	28	4,19	0,1	0,99	8,34	4,14
<i>Cnidoscolus vitifolius</i> (Mill.) Pohl	29	2,61	24	3,59	0,17	1,57	7,78	4,18
<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	29	2,61	22	3,29	0,14	1,33	7,24	3,95
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	23	2,07	24	3,59	0,03	0,32	5,98	2,39
<i>Manihot dichotoma</i> Ule	15	1,35	20	2,99	0,08	0,78	5,13	2,14
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	5	0,45	8	1,2	0,36	3,43	5,07	3,88
<i>Pseudobombax marginatum</i> (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A.Robyns	8	0,72	10	1,5	0,22	2,05	4,26	2,77
<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. Ex Benth	11	0,99	10	1,5	0,07	0,68	3,17	1,67
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	6	0,54	12	1,8	0,08	0,79	3,13	1,33
<i>Ceiba glaziovii</i> (Kuntze) K.Schum.	3	0,27	4	0,6	0,2	1,87	2,74	2,14
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	7	0,63	6	0,9	0,04	0,4	1,93	1,03
<i>Manihot glaziovii</i> Müll.Arg.	7	0,63	6	0,9	0,03	0,3	1,83	0,93
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J. Presl	4	0,36	6	0,9	0,05	0,49	1,75	0,85
<i>Parapiptadenia zehneri</i> (Harms) M.P.Lima & H.C.Lima	5	0,45	6	0,9	0,03	0,31	1,66	0,76
<i>Ximenia americana</i> L.	6	0,54	6	0,9	0,02	0,16	1,6	0,7
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	3	0,27	6	0,9	0	0,03	1,2	0,3
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	2	0,18	4	0,6	0,03	0,3	1,08	0,48
<i>Chloroleucon foliolosum</i> (Benth.) G.P.Lewis	2	0,18	4	0,6	0,03	0,3	1,08	0,48
<i>Sebastiania macrocarpa</i> Müll. Arg.	2	0,18	4	0,6	0,03	0,29	1,07	0,47
<i>Neocalyptocalyx longifolium</i> (Mart.) Cornejo & Iltis	3	0,27	4	0,6	0,01	0,12	0,98	0,39
<i>Varronia leucocephala</i> (Moric.) J.S.Mill.	3	0,27	4	0,6	0,01	0,06	0,93	0,33
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	1	0,09	2	0,3	0,03	0,33	0,72	0,42
<i>Guapira laxa</i> (Netto) Furlan	1	0,09	2	0,3	0,02	0,18	0,57	0,27
<i>Colicodendron yco</i> Mart.	1	0,09	2	0,3	0,01	0,07	0,46	0,16
<i>Luetzelburgia auriculata</i> (Allemão) Ducke	1	0,09	2	0,3	0,01	0,06	0,45	0,15
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	1	0,09	2	0,3	0	0,02	0,41	0,11

<i>Erythroxylum caatingae</i> Plowman	1	0,09	2	0,3	0	0,01	0,4	0,1
<i>Guettarda angelica</i> Mart. ex Müll.Arg.	1	0,09	2	0,3	0	0,01	0,4	0,1

Figura 1. Localização do município de Carnaubeira da Penha no, Núcleo de Desertificação Cabrobó, estado de Pernambuco, Brasil.

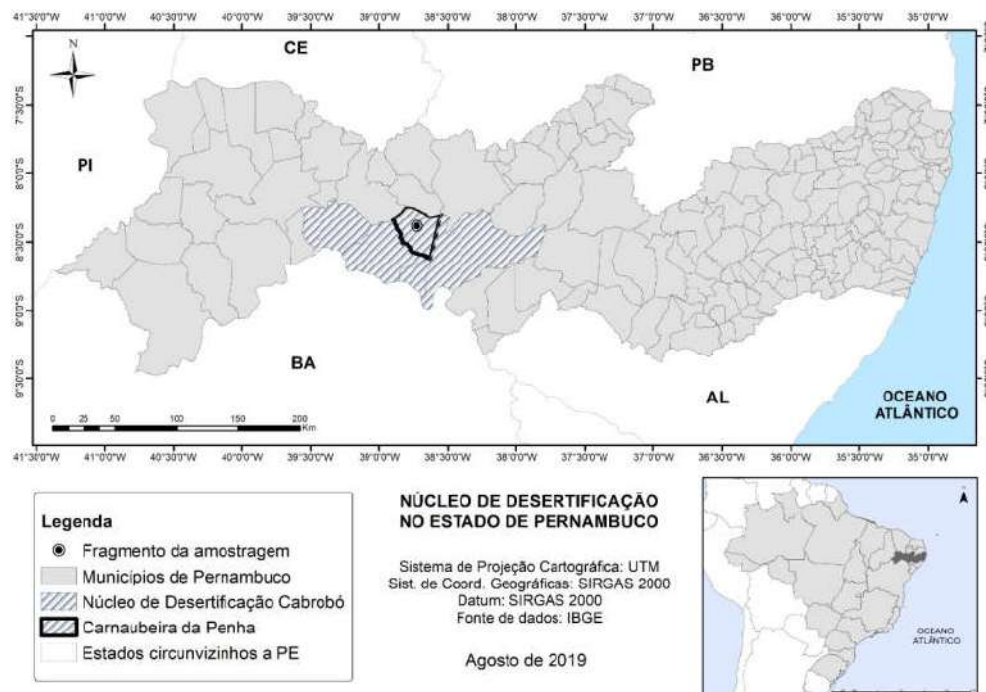


Figura 2. Curva rarefeita (interpolada) de acumulação de espécies para a riqueza de plantas lenhosas registrada em 50 parcelas de 20 x 10 m (linha preta sólida) e seu intervalo de confiança de 95% (linhas azuis pontilhadas) e a curva de riqueza extrapolada para 100 parcelas (curva cinza). A riqueza total estimada de espécies no fragmento estudado é dado pelas curvas de estimativa de riqueza assintótica de ICE (linha azul sólida) e Chao 1 (curva marrom sólida).

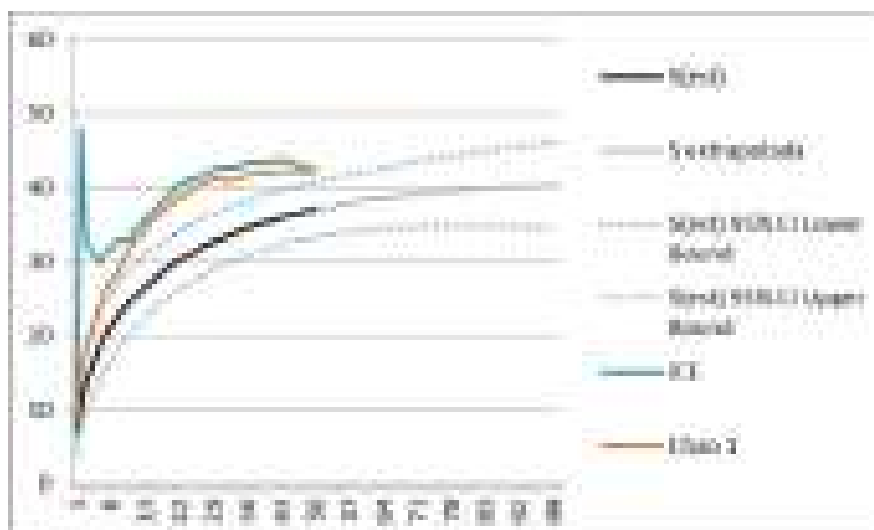


Figura 3. Análise de ordenação (NMDS) para as localidades analisadas, mostrando a relação florística entre as localidades dentro do domínio fitogeográfico da Caatinga. Tipos de ambiente: ■ Caatinga do Cristalino; ● Caatinga de areia das áreas das bacias sedimentares; ▼ Caatinga no Agreste; ▲ *Inselbergs*; ◆ área de estudo em Carnaubeira da Penha.

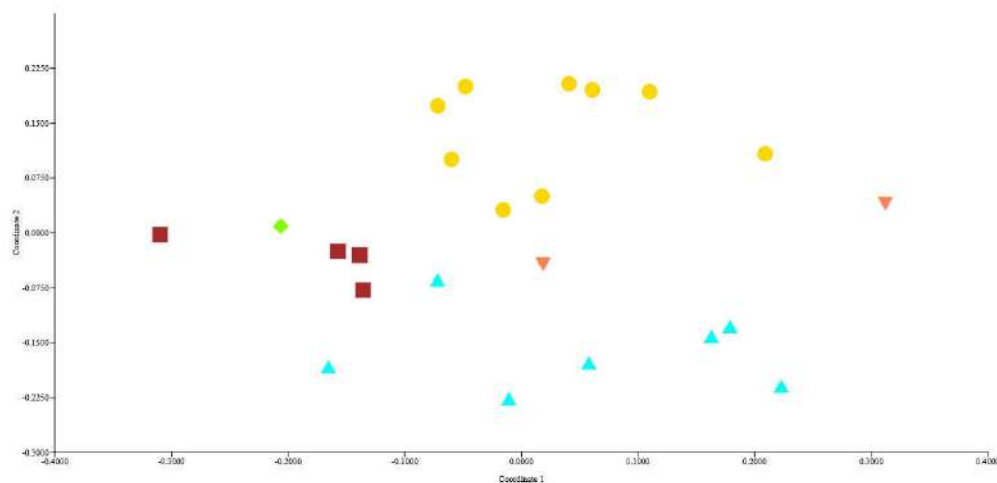


Figura 4. Análise de agrupamento (UPGMA) para os 22 levantamentos selecionados. Grupo 1 – área de estudo (verde), caatinga do cristalino e *Inselbergs*; Grupo 2 – caatinga de areia das áreas sedimentares; Grupo 3 – *Inselbergs*; Grupo 4 – caatinga do agreste.

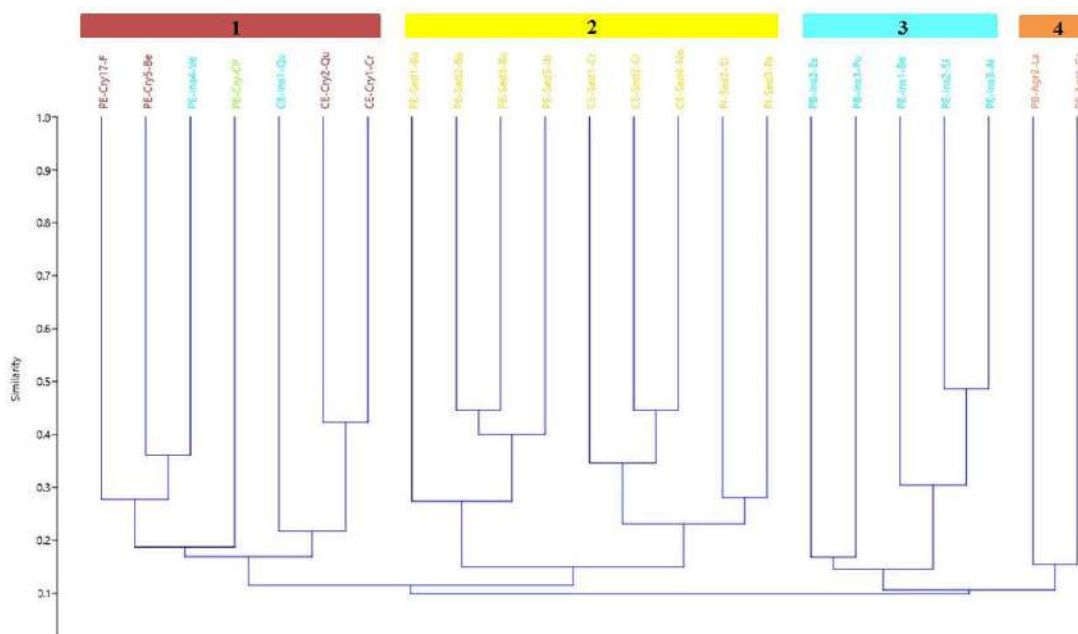
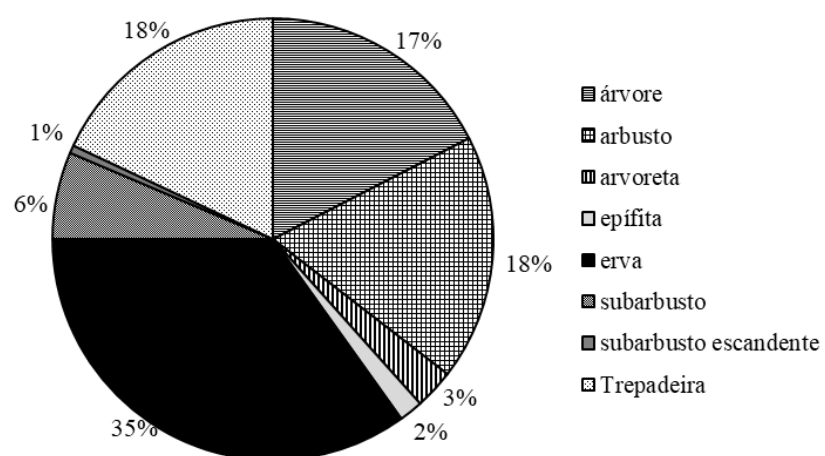


Figura 5. Gráfico representativo para distribuição dos hábitos das espécies.



**APÊNDICE C – DECLARAÇÃO DE NÍVEL DE PERICULOSIDADE PARA
CARNAUBEIRA DA PENHA, PE.**



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MJSP - POLÍCIA FEDERAL
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL EM PERNAMBUCO**

DECLARAÇÃO

DECLARO, em vista de consulta da interessada, Katarina Romênia Pinheiro Nascimento, aluna da Universidade Federal de Pernambuco, Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA/UFPE, Mestre em Biologia Vegetal - PPGBV/UFPE, que a região que engloba os municípios de Floresta, Carnaubeira da Penha, Belém do São Francisco, Cabrobó e Itacuruba, todas no sertão do Estado de Pernambuco, encontra-se incluída no chamado "Polígono da Maconha", em razão da alta incidência de cultivos ilícitos da citada planta. Além disto, em virtude da conexão do cultivo da droga com outros crimes, tais como assaltos, roubo de cargas e veículos e crimes contra a vida, a área em comento caracteriza-se por elevado índice de periculosidade, exigindo precaução redobrada por parte de pessoas que por ali necessitam transitar ou exercer quaisquer atividades, visando sua segurança pessoal.

Recife, 12 de julho de 2017

Assinatura manuscrita de Carlo Marcus Correia.
CARLO MARCUS CORREIA

Delegado de Polícia Federal

Matrícula 2.427.429

APÊNDICE D – Lista completa dos parâmetros fitossociológicos para a amostragem com parcelas em Carnaubeira da Penha, PE.

Amostras	NInd	AbsDe	RelDe	AbsDo	MinAlt	MaxAlt	MédAlt	dpAlt	MinDia	MaxDia	MédDia	dpDia	TotRam
I1	24	1200	2,16	9,28	2	8	3,79	1,47	3,5	32	7,72	6,37	29
I2	31	1550	2,8	21,08	2	12	4,42	2,41	3	36	10,31	8,31	37
I3	19	950	1,71	30,34	2	8	4,05	1,9	3,5	49	13,83	15,08	28
I4	8	400	0,72	5,34	3	8	5,13	1,89	3	32	9,5	9,54	8
I5	12	600	1,08	7,37	2	13	6,75	4,61	3	23,46	10,2	7,56	18
I6	11	550	0,99	5,29	1,5	14	6,59	3,73	4,5	20,12	9,73	5,52	14
I7	16	800	1,44	7,99	3	15	5,5	3,54	3	33	8,34	7,84	16
I8	16	800	1,44	10,9	2	15	6,5	3,78	3	27	10,57	8,12	19
I9	29	1450	2,61	16,02	2	15	6,1	3,61	3	39	9,1	7,74	30
I10	20	1000	1,8	5,3	2	16	5,15	3,05	3	24	6,38	5,32	20
I11	20	1000	1,8	6,02	2	15	7	3,43	3	16,13	7,86	3,96	23
I12	20	1000	1,8	13,64	4	8	5,65	1,18	3	30	10,5	8,17	23
I13	1	50	0,09	2,17	15	15	15	-	23,5	23,5	23,5	-	1
I14	16	800	1,44	11,99	2	15	6,88	3,3	3	25	11,63	7,7	19
I15	15	750	1,35	17,05	2	18	7,8	5,67	3	34,5	14	10,02	19
I16	14	700	1,26	14,88	3	15	8,43	4,27	3	28	14,47	8,12	16
I17	18	900	1,62	19,38	3	16	6,33	3,2	4,5	42,5	13,28	10,18	20
I18	17	850	1,53	10,25	2	10	5	2,26	3	33,5	9,93	7,65	19
I19	18	900	1,62	13,38	1	15	4,83	3,62	3,5	39,71	10,14	9,57	21
I20	20	1000	1,8	10,81	3	17	5,2	2,98	3,5	39,5	8,93	7,8	22
I21	14	700	1,26	8,24	2	17	6,36	4,01	3,5	25,93	9,95	7,4	18
I22	13	650	1,17	14,65	2	17	6,77	4,6	3	35	14	9,93	16
I23	23	1150	2,07	10,01	2	18	4,57	4,48	3	25	8,54	6,29	23
I24	27	1350	2,43	11,25	2	13	4,22	2,81	3	22,74	8,48	5,95	41

I25	26	1300	2,34	16,42	2	18	5	3,76	3,5	45	9,24	8,86	34
E26	16	800	1,44	4,39	2	3	2,13	0,29	3	14,32	7,6	3,61	38
E27	23	1150	2,07	7,41	1,5	6	3,09	1,25	3,5	16,28	8,3	3,7	56
E28	39	1950	3,52	6,1	1	12	2,76	1,87	3	12,76	5,67	2,8	48
E29	33	1650	2,98	9,37	2	10	3,39	1,56	3,5	21	7,79	3,47	42
E30	30	1500	2,71	7,03	1	6	3,23	1,41	4	21,5	6,92	3,49	40
E31	37	1850	3,34	8,13	2	7	3,51	1,63	3	17	6,87	2,99	45
E32	29	1450	2,61	10,59	2	10	3,59	1,84	3	32	7,35	6,35	34
E33	32	1600	2,89	6,25	2	10	2,75	1,65	3	23	5,95	3,84	32
E34	19	950	1,71	7,95	1	5	2,84	1,07	4	20,32	9,36	4,47	29
E35	26	1300	2,34	6,91	2	7	3,88	1,63	3	20	7,05	4,33	32
E36	37	1850	3,34	14,45	2	12	3,35	1,87	3	50	6,5	7,67	43
E37	47	2350	4,24	14,39	1,6	8	3,78	1,56	3	31,5	7,02	5,41	59
E38	25	1250	2,25	3,96	1,5	6	3,58	1,26	3	13	5,82	2,59	25
E39	28	1400	2,52	8,17	2	7	3,61	1,34	3	22	7,15	4,91	31
E40	31	1550	2,8	10,23	2	6	3,55	1,29	3	23,71	7,92	4,69	40
E41	32	1600	2,89	14,27	2	11	4,91	2,39	3	33	8,4	6,66	44
E42	22	1100	1,98	22,58	3	12	5,45	3	3	42	11,95	11,14	23
E43	20	1000	1,8	17,58	2	16	4,45	3,1	3	48	9,88	11,53	28
E44	20	1000	1,8	11,33	1,5	12	4,22	2,62	3	29,84	10,01	6,81	26
E45	19	950	1,71	5,97	2	6	4,11	0,88	3	17,02	8,25	3,56	35
E46	15	750	1,35	15,05	3	10	4,53	1,96	3,5	54,14	10,4	12,57	25
E47	13	650	1,17	4	2	8	3,77	1,69	3	19	7,42	5,02	16
E48	26	1300	2,34	4,41	2	5	2,77	0,82	3	11	6,06	2,58	41
E49	21	1050	1,89	6,84	2	5	3,14	0,96	3	20	7,85	4,73	46
E50	21	1050	1,89	2,83	2	4	2,43	0,68	3	12,32	5,31	2,52	38

Amostras	TotRam(+f)	MinNRam	MaxNRam	MinRam	MaxRam	Vol	AbsVol	RelVol	MinVol	MaxVol	MédVol	dpVol	NSpp	AreaBas
I1	29	1	2	3	32	1,16	58,14	1,36	0,003	0,64	0,048	0,133	7	0,19
I2	37	1	3	3	36	2,94	146,84	3,43	0,001	0,81	0,095	0,186	10	0,42
I3	28	1	6	3	49	4,13	206,6	4,82	0,002	1,32	0,217	0,45	5	0,61
I4	8	1	1	3	32	0,78	39,08	0,91	0,003	0,64	0,098	0,221	5	0,11
I5	18	1	4	3	22	1,61	80,49	1,88	0,001	0,49	0,134	0,179	7	0,15
I6	14	1	2	3	18	0,89	44,26	1,03	0,003	0,45	0,08	0,129	6	0,11
I7	16	1	1	3	33	1,75	87,42	2,04	0,002	1,03	0,109	0,273	9	0,16
I8	19	1	3	3	27	2,28	113,88	2,66	0,001	0,86	0,142	0,24	7	0,22
I9	30	1	2	3	39	3,43	171,45	4	0,001	1,79	0,118	0,339	8	0,32
I10	20	1	1	3	24	1,07	53,41	1,25	0,001	0,72	0,053	0,162	6	0,11
I11	23	1	3	3	13,5	1,12	55,87	1,3	0,001	0,31	0,056	0,077	9	0,12
I12	23	1	2	3	30	1,72	85,9	2	0,003	0,49	0,086	0,139	6	0,27
I13	1	1	1	23,5	23,5	0,65	32,53	0,76	0,651	0,65	0,651	-	1	0,04
I14	19	1	4	3	25	2,38	118,94	2,78	0,001	0,71	0,149	0,225	6	0,24
I15	19	1	4	3	34,5	4,18	209,22	4,88	0,002	1,4	0,279	0,427	7	0,34
I16	16	1	2	3	28	3,41	170,6	3,98	0,002	0,92	0,244	0,286	11	0,3
I17	20	1	3	4,5	42,5	4,05	202,63	4,73	0,005	2,27	0,225	0,529	9	0,39
I18	19	1	3	3	33,5	1,61	80,25	1,87	0,002	0,88	0,094	0,215	8	0,21
I19	21	1	3	3,5	29	2,66	133,15	3,11	0,002	1,24	0,148	0,356	6	0,27
I20	22	1	2	3,5	39,5	2,55	127,64	2,98	0,004	2,08	0,128	0,461	8	0,22
I21	18	1	3	3,5	20	1,81	90,29	2,11	0,003	0,9	0,129	0,248	7	0,16
I22	16	1	3	3	35	3,17	158,58	3,7	0,001	1,64	0,244	0,439	7	0,29
I23	23	1	1	3	25	2,01	100,52	2,35	0,001	0,75	0,087	0,206	10	0,2
I24	41	1	3	3	19	1,63	81,56	1,9	0,002	0,53	0,06	0,118	5	0,22
I25	34	1	3	3	45	4,03	201,39	4,7	0,002	2,86	0,155	0,557	7	0,33
E26	38	1	8	3	11,5	0,2	9,95	0,23	0,001	0,04	0,012	0,012	3	0,09

E27	56	1	8	3	12	0,56	27,94	0,65	0,001	0,08	0,024	0,027	4	0,15
E28	48	1	5	3	12	0,38	18,92	0,44	0,001	0,07	0,01	0,013	6	0,12
E29	42	1	4	3	21	0,9	44,86	1,05	0,002	0,35	0,027	0,059	6	0,19
E30	40	1	3	3	21,5	0,59	29,45	0,69	0,002	0,22	0,02	0,04	6	0,14
E31	45	1	4	3	17	0,72	36,19	0,84	0,001	0,11	0,02	0,027	11	0,16
E32	34	1	3	3	32	1,47	73,48	1,71	0,001	0,8	0,051	0,161	9	0,21
E33	32	1	1	3	23	0,68	34,24	0,8	0,001	0,42	0,021	0,073	9	0,12
E34	29	1	3	3	16	0,49	24,28	0,57	0,001	0,1	0,026	0,028	4	0,16
E35	32	1	2	3	20	0,7	34,83	0,81	0,001	0,19	0,027	0,045	8	0,14
E36	43	1	5	3	50	2,72	136,09	3,18	0,001	2,36	0,074	0,386	7	0,29
E37	59	1	4	3	31,5	1,57	78,47	1,83	0,001	0,55	0,033	0,09	13	0,29
E38	25	1	1	3	13	0,34	17,23	0,4	0,001	0,07	0,014	0,016	7	0,08
E39	31	1	2	3	22	0,78	39,03	0,91	0,001	0,21	0,028	0,051	5	0,16
E40	40	1	3	3	21	0,88	44,23	1,03	0,001	0,22	0,029	0,048	6	0,2
E41	44	1	5	3	33	2,08	103,85	2,42	0,001	0,77	0,065	0,144	6	0,29
E42	23	1	2	3	42	4	199,96	4,67	0,002	1,66	0,182	0,381	6	0,45
E43	28	1	8	3	48	3,85	192,48	4,49	0,001	2,9	0,192	0,646	4	0,35
E44	26	1	4	3	21	1,29	64,33	1,5	0,001	0,4	0,064	0,113	7	0,23
E45	35	1	8	3	10,5	0,55	27,35	0,64	0,001	0,14	0,029	0,032	4	0,12
E46	25	1	3	3	37	2,65	132,56	3,09	0,003	2,3	0,177	0,589	5	0,3
E47	16	1	4	3	16	0,45	22,72	0,53	0,001	0,23	0,035	0,066	6	0,08
E48	41	1	4	3	11	0,26	13,05	0,3	0,001	0,04	0,01	0,01	5	0,09
E49	46	1	9	3	20	0,42	21,12	0,49	0,001	0,06	0,02	0,02	7	0,14
E50	38	1	8	3	8	0,17	8,28	0,19	0,001	0,05	0,008	0,011	3	0,06