



**FERNANDA DE OLIVEIRA**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOANATÔMICA FOLIAR DE  
*Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet (BURSERACEAE)  
EM DIFERENTES AMBIENTES DO NORTE DE MINAS  
GERAIS, BRASIL**

**LAVRAS – MG**

**2021**

**FERNANDA DE OLIVEIRA**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOANATÔMICA FOLIAR DE *Commiphora leptophloeos*  
(Mart.) J. B. Gillet (BURSERACEAE) EM DIFERENTES AMBIENTES DO NORTE  
DE MINAS GERAIS, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Rubens Manoel dos Santos

**Orientador**

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Marinês Ferreira Pires Lira

**Coorientadora**

**LAVRAS – MG**

**2021**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Oliveira, Fernanda de.

Caracterização morfoanatômica foliar de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet (Burseraceae) em diferentes ambientes do norte de Minas Gerais, Brasil: Foliar morphoanatomic characterization of *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet (Burseraceae) in different environments in northern Minas Gerais, Brazil / Fernanda de Oliveira. - 2021.

50 p.: il.

Orientador(a): Rubens Manoel dos Santos.

Coorientador(a): Marinês Ferreira Pires Lira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Caatinga. 2. Estruturas secretoras. 3. Retenção hídrica. I.

**FERNANDA DE OLIVEIRA**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOANATÔMICA FOLIAR DE *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet (BURSERACEAE) EM DIFERENTES AMBIENTES DO NORTE DE MINAS GERAIS, BRASIL**

**FOLIAR MORPHOANATOMIC CHARACTERIZATION OF *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet (BURSERACEAE) IN DIFFERENT ENVIRONMENTS IN NORTHERN MINAS GERAIS, BRAZIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, área de concentração em Botânica Aplicada, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 4 de maio de 2021.

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Nathalle Cristine Alencar Fagundes - UEMG, MG

Dra. Graciene da Silva Mota – UFSJ, MG

Prof. Dr. Rubens Manoel dos Santos

**Orientador**

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Marinês Ferreira Pires Lira

**Coorientadora**

**LAVRAS – MG**

**2021**

*Á minha mãe, Leny (in memoriam), por me mostrar que através dos estudos eu conseguiria conquistar meus sonhos e desejos; que através de muita leitura e persistência, eu chegaria aonde cheguei; e que tudo é possível quando batalhamos por aquilo que almejamos tanto. Jamais esquecerei dela sentada nas madrugadas em sua poltrona, com seus óculos sobre o nariz, sempre procurando e anotando palavras e seus significados, pois em toda planta há vida, e em toda planta que vejo, principalmente um botão ao despertar, sempre verei o seu sorriso.*

*Aos meus irmãos, Celso e Andreia, por serem a minha base de referência, honestidade, humildade e responsabilidade.*

*Aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado desde o começo dos meus estudos e estarão aqui dentro do meu coração e em minhas orações.*

*E a todos que colaboraram e enriqueceram este trabalho.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por ter me abençoado e dado forças por todas as superações, principalmente nos momentos difíceis nesta pandemia.

À minha mãe Leny (in memoriam), por sempre ter me mostrado que minha vida se tornaria melhor através dos estudos, e realmente está se tornando, e por ela ser meu exemplo de superação e dedicação, e que podemos evoluir sempre, principalmente quando se faz tudo com amor, dedicação e respeito.

Ao meu irmão Celso Augusto, que sempre foi, e é minha referência de honestidade e responsabilidade, é o pai que nunca tive. À minha irmã Andreia Cristiane, por ser sempre meu exemplo de força, superação, e honestidade, e aos meus irmãos Alexandre e Rafael.

Aos amigos e colegas de laboratório, Mariana, Elias, Kaline, Joseline, Jean e em especial ao André e à Fernanda, por toda atenção e colaboração na conclusão do trabalho.

À todos meus amigos de Itajubá-MG, que sempre me apoiaram e torceram por mim mesmo distantes estavam pertos, e que nunca me deixaram sentir sozinha nesse momento de pandemia que ainda estamos vivendo, e estarão sempre na minha memória e no meu coração.

À Águeda, por sua amizade e por sempre me dar forças e belas palavras para seguir nessa caminhada com discernimento.

Ao Wagner, meu grande amigo por estar sempre comigo e dando toda atenção e apoio.

À Todos os amigos que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento pessoal e científico e aqueles que de alguma forma colaboraram em meu trabalho.

À Dr.<sup>a</sup> Paola, à D.<sup>a</sup> Nathalie pela amizade e apoio desde início do mestrado.

Ao meu orientador Dr. Rubens Manoel dos Santos, pela confiança, paciência, apoio, e por ter possibilitado todo meu aprendizado também fora do laboratório de pesquisa.

À minha coorientadora, Dr.<sup>a</sup> Marinês Ferreira Pires Lira, pela amizade e por todo apoio, paciência, confiança, e por toda atenção e carinho em todos os momentos em que precisei.

Aos membros da banca pela disponibilidade e por terem aceitado fazer parte desta avaliação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada da Universidade Federal de Lavras, e a todos os professores que fizeram parte de todo meu conhecimento científico.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Setor de Botânica, ao Laboratório de Anatomia Vegetal, e ao Laboratório de Fitogeografia e Ecologia Evolutiva do Departamento de Ciências Florestais, que permitiu a realização desse trabalho desde a coleta do material até a elaboração e execução final da dissertação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

**MUITO OBRIGADA!**

*“Tudo posso naquele que me fortalece.”*

Filipenses 4:13.

## RESUMO

As florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) possuem grande representação no Domínio das caatingas e possuem uma heterogeneidade ambiental marcante. As espécies vegetais desses ambientes desenvolveram diversas estratégias de sobrevivência diante da heterogeneidade edáfica e das restrições hídricas. Dentre as espécies existentes, *Commiphora leptophloeos* é uma espécie arbórea de ocorrência em diferentes ambientes, que pode contribuir para o entendimento da provável plasticidade para se ajustar às variações edáficas e restrições hídricas em diferentes ambientes. O objetivo deste trabalho foi testar se existe variação morfoanatômica das folhas de *Commiphora leptophloeos*, uma espécie com ocorrências sobrepostas a dois ambientes com diferentes condições edáficas, relacionadas, principalmente, à profundidade e capacidade de retenção hídrica dos solos. As coletas foram realizadas em áreas de Caatinga arbórea (CA) e Furados (FU), no norte de Minas Gerais. Essas áreas possuem caracterizações ambientais diferentes: CA - área de vegetação densa, solos férteis e profundos, enquanto FU - área de vegetação de baixa densidade, solos férteis e rasos sob lajedos de calcário. As amostras de solo foram coletadas seguindo metodologia padrão, para análise e caracterização. Foram coletadas folhas completamente expandidas e dessas foram selecionados os folíolos e fragmentos da raque, fixados em etanol 70%, confeccionadas e fotografadas lâminas histológicas das secções transversais e paradérmicas. A anatomia da raque evidenciou presença de tricomas tectores pluricelulares, drusas e estruturas secretoras na região do floema. A anatomia dos folíolos evidenciou a epiderme da face adaxial unisseriada formada por células justaposta, com cutícula irregular e com presença de uma camada parenquimática subepidérmica, e a epiderme da face adaxial, formada por células justapostas, com cutícula menos espessa; o mesofilo é do tipo isobilateral com parênquima paliádico com células alongadas na face adaxial e células curtas na face abaxial, enquanto o parênquima esponjoso apresenta células irregulares, com presença de espaços intercelulares. Foram observadas drusas no mesofilo e presença de estruturas secretoras inseridas nos feixes vasculares, além de tricomas em ambas as faces. O feixe vascular principal apresenta formato de arco fechado, estruturas secretoras no floema e feixe vascular acessório com xilema invertido. O parênquima fundamental é constituído por células de paredes finas. As folhas são hipostomáticas e os estômatos anomocíticos. A análise quantitativa do solo evidenciou diferenças entre valores de pH, Mg, argila e areia. Na raque, a análise quantitativa evidenciou diferenças entre a área do xilema e das estruturas secretoras do floema. No folíolo, foram evidenciadas diferenças na espessura da cutícula e epiderme adaxial, diâmetro estomático equatorial e polar, densidade de tricomas na face adaxial e abaxial, parênquima paliádico abaxial, índice de vulnerabilidade de Carlquist e área total de esclerênquima. Foi possível observar que as condições dadas pelas variáveis edáficas proporcionam investimentos nas características morfoanatômicas, que se mostram plásticas mediante os fatores ambientais. Portanto, os resultados demonstram que as características morfoanatômicas sofrem modificações devido à influência das variáveis edáficas, garantindo sua capacidade de adaptação e sobrevivência em ambientes xerofíticos.

**Palavras-chave:** Caatinga. Estruturas secretoras. Retenção hídrica. Sazonalidade.



## ABSTRACT

Seasonally dry tropical forests (FTSS) have a large representation in the Domain of caatingas and have a marked environmental heterogeneity. The plant species in these environments have developed several survival strategies in the face of edaphic heterogeneity and water restrictions. Among the existing species, *Commiphora leptophloeos* is an arboreal species occurring in different environments, which can contribute to the understanding of the likely plasticity to adjust to edaphic variations in different environments. The objective of this work was to test whether there is a morphoanatomical variation of the leaves of *Commiphora leptophloeos*, a species with overlapping occurrences in two environments with different edaphic conditions, mainly related to the depth and water retention capacity of the soil. The collections were carried out in Caatinga arbórea (CA) and Furados (FU) areas, in the north of Minas Gerais. They have different environmental characteristics: CA – dense vegetation area, fertile and deep soils, while FU – low density vegetation area, fertile and shallow soils under limestone slabs. The soil samples were collected following standard methodology, for analysis and characterization. Completely expanded leaves were collected and these were selected from the leaflets and rake fragments, fixed in 70% ethanol, made, and photographed histological slides from the transversal and parapermic sections. The anatomy of the rachis showed the presence of pluricellular trichome tracts, druses, and secretory structures in the phloem region. The anatomy of the leaflets showed an uniseriate adaxial epidermis formed by juxtaposed cells, with an irregular cuticle and with the presence of a subepidermal parenchymatic layer, and an uniseriate abaxial epidermis, formed by juxtaposed cells, with a less thick cuticle; the mesophyll is an isobilateral type with a palisade parenchyma with elongated cells on the adaxial face and short cells on the abaxial face, while the spongy parenchyma has irregular cells, with the presence of intercellular spaces. In the mesophyll, druses and the secretory structures inserted in the vascular bundles were observed, in addition to trichomes on both sides. The main vascular bundle has a closed arch shape, secretory structures in the phloem and an accessory vascular bundle with inverted xylem. The fundamental parenchyma is made up of thin-walled cells. The leaves are hypostomatic and the stomata are anomocytic type. The quantitative analysis of the soil showed differences between values of pH, Mg, clay and sand. In the rachis, the quantitative analysis showed differences between the xylem area and the secretory structures of the phloem. In the leaflet, differences in adaxial cuticle thickness and epidermis, equatorial and polar diameter, density of trichomes on the adaxial and abaxial surface, abaxial palisade parenchyma, Carlquist vulnerability index and total sclerenchyma area were evidenced. It was possible to observe that the conditions given by the edaphic variables provide investments in the morphoanatomical characteristics, which are shown to be plastic due to environmental factors. Therefore, the results demonstrate that the morphoanatomical characteristics undergo changes due to the influence of the edaphic variables, guaranteeing their ability to adapt and survive in xerophytic environments.

**Keywords:** Caatinga. Secretory structures. Water retention. Seasonality.

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	<b>11</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>11</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1 Adaptações de sobrevivência</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2 Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS)</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3 Domínio das caatingas e os solos</b> .....	<b>15</b>
<b>2.4 <i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J. B. Gillet</b> .....	<b>18</b>
<b>3 CONCLUSÕES</b> .....	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>20</b>
<b>SEGUNDA PARTE - ARTIGO</b> .....	<b>26</b>
<b>RESUMO:</b> .....	<b>26</b>
<b>ABSTRACT:</b> .....	<b>26</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>29</b>
<b>2.1 Espécie de estudo</b> .....	<b>29</b>
<b>2.3 Coleta das variáveis edáficas</b> .....	<b>31</b>
<b>2.4 Análises anatômicas descritivas e quantitativas</b> .....	<b>31</b>
<b>3 RESULTADOS:</b> .....	<b>32</b>
<b>3.1 Análises do solo</b> .....	<b>32</b>
<b>3.2 Morfoanatomia descritiva da espécie</b> .....	<b>34</b>
<b>3.4 Anatomia quantitativa foliar</b> .....	<b>38</b>
<b>4 DISCUSSÕES</b> .....	<b>40</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>45</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

### **1 INTRODUÇÃO GERAL**

Nos ambientes que apresentam características xerofíticas, as espécies podem apresentar adaptações como a deciduidade e outras adaptações estruturais para sua sobrevivência. Segundo com Maass e Burgos (2011), espécies vegetais em florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) desenvolveram diversas estratégias morfológicas e/ou fisiológicas para lidar com a baixa disponibilidade de água no solo, como órgãos para absorver a umidade atmosférica ou também de chuvas pela turgescência foliar e a deciduidade foliar. As espécies que possuem grande potencial para a plasticidade em caracteres ligados à sobrevivência podem apresentar vantagens adaptativas em ambientes que são considerados instáveis, de transição ou heterogêneos (VIA, 1993; VIA et al., 1995) em vista que as mudanças produzidas podem facilitar na exploração de novos nichos, resultando assim no aumento da tolerância ambiental.

A plasticidade fenotípica em plantas é definida como a mudança no fenótipo expresso por um único genótipo em diferentes ambientes (BRADSHAW, 1965; GRATANI, 2014), podendo se manifestar tanto na morfologia quanto na fisiologia. A plasticidade fenotípica também pode resultar em mudanças anatômicas adaptativas que capacitam as plantas a evitar alguns dos efeitos prejudiciais quando estão sob estresse abiótico (TAIZ et al., 2017). Dentre os órgãos da planta, a folha é considerada o órgão mais plástico em resposta aos fatores ambientais (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Algumas das modificações em respostas a esses fatores são espessura dos parênquimas paliçádico e lacunoso, alteração no número e tamanho das células epidérmicas e na área foliar (CUTLER, 2002).

As florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) possuem formações arbóreas que estão presentes no Domínio Biogeográfico das caatingas, sendo associadas às restrições hídricas e com uma alta heterogeneidade edáfica (APGUA, et al., 2014; PAULA et al., 2018), com destaque na região nordeste do Brasil. A caatinga é apresentada como um mosaico complexo de solos com características que variam mesmo em pequenas distâncias (AGUIAR-CAMPOS et al., 2019; GIANASI et al., 2020; PIRES et al., 2020; SOUZA et al., 2020). Sabe-se também que, diante de variações ambientais, como o caso citado acima, as plantas tendem a apresentar ajustes em sua estrutura quando estão sendo submetidas a limitação dos recursos nutricionais, sendo o solo o principal meio de nutrição é vital para o desenvolvimento vegetal (ARENS, 1958; EPSTEIN; BLOOM., 2006). Dentre as espécies encontradas na região das

caatingas, encontra-se a espécie *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet, uma espécie de comportamento decíduo encontrada em diferentes ambientes. Possui grande importância econômica e medicinal (AGRA, 2007).

Buscando relacionar as características fenotípicas das espécies vegetais, que são expressas através de diferentes variações anatômicas e morfológicas, em resposta da influência dos diversos fatores ambientais que tem ação sobre as espécies, os estudos demonstram que as plantas que possuem ocupação em ambientes heterogêneos podem apresentar um grande potencial plástico em suas características morfológicas ou fisiológicas (FUZETO; LOMÔNACO, 2000). Conforme Schulze et al. (2019) os fatores ambientais interagem e podem promover limitações nos processos que ocorrem nas plantas. Além disso, devemos ressaltar a importância da realização de estudos que contribuam para o entendimento das interações entre as estratégias adaptativas da vegetação com o ambiente, tendo em vista que são poucos os estudos apresentados desse contexto na literatura. Portanto, nesse sentido testamos a hipótese de que existe variação morfoanatômica de *Commiphora leptophloeos* uma espécie endêmica das caatingas a qual sua ocorrência sobrepõe-se a variações edáficas relacionadas principalmente a profundidade e a capacidade de retenção hídrica.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Adaptações de sobrevivência**

As plantas que sobrevivem em regiões semiáridas dependem de combinações de características anatômicas, morfológicas e fisiológicas, para sua adaptação às condições ambientais da região em que vivem (FERRI, 1955), como a disponibilidade de água reduzida, umidade relativa baixa, alta radiação e temperatura. De acordo com Fahn e Cutler (1992) essas características possuem um papel importante na evolução adaptativa à escassez hídrica. Com isso, acabam sendo selecionados caracteres que visam, conforme Singk e Kushwaha (2005), resistir, tolerar ou evitar o estresse hídrico a partir das propriedades estruturais das florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS), como a sazonalidade e a duração do período seco.

Alguns caracteres morfoanatômicos que as plantas utilizam para tolerar, evitar ou resistir ao estresse hídrico são a presença de estômatos protegidos, indumento denso, aumento na deposição de ceras, cutículas e paredes periclinais espessas, presença de parênquima paliçádico bem desenvolvido, tecidos que armazenam água, idioblastos com compostos fenólicos e com cristais, redução foliar (FAHN; CUTLER, 1992; ROTONDI et al., 2003).

Muitos caules e raízes não suculentos conseguem manter a região cortical, mesmo depois do seu crescimento secundário, tendo como função a de manter o tecido do parênquima funcionalmente armazenador, e a presença de órgãos como os xilopódios (SCHWAMBACH; SOBRINHO, 2014) e tubérculos, os quais são caracterizados pela presença de tecidos que armazenam água e atribuem suculência para essas plantas, sendo um dos caracteres xeromórficos mais comuns em ambiente seco (FAHN; CUTLER, 1992).

As plantas crescem e se reproduzem em ambientes adversos, que contêm uma variedade de fatores abióticos, físicos e químicos que variam de acordo com a localização e o tempo; e pelo fato de serem sésseis as plantas não possuem capacidade de se deslocar para outro ambiente mais favorável, então como alternativa elas acabaram desenvolvendo capacidade de compensar as condições de estresse, diante da alteração dos processos de desenvolvimento e fisiológicos para manter o seu crescimento e reprodução (TAIZ et al., 2017). A maioria das plantas da Caatinga são caducifólias, perdem suas folhas durante a estação de seca como estratégia para evitar a perda de água (LIMA et al., 2012). A abscisão foliar que ocorre em ambientes secos, pode ocorrer devido a idade foliar avançada principalmente, pela variação de temperatura ou declínio do fotoperíodo e pelo aumento do estresse hídrico (BOECHERT et al., 2002).

As folhas estão entre os órgãos vegetais que respondem mais efetivamente às condições abióticas (MARTIN et al., 2020). Quando expostas às variações ambientais, as folhas são um dos órgãos mais plásticos, com capacidade de alterar sua própria estrutura externa e interna, assegurando vantagens adaptativas, uma vez que permitem a um único genótipo, através de expressões de diferentes fenótipos a possibilidade de se ajustar a vários ambientes (GRATANI, 2014). Suas funções primordiais são a fotossíntese, a transpiração e as trocas gasosas (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009); também atuam, no armazenamento de água e proteção.

É importante ressaltar que as folhas de angiospermas apresentam grandes variações em suas estruturas devido a disponibilidade de água (MENEZES; SILVA; PINNA, 2013). Com base na capacidade de adaptação à quantidade de água disponível no ambiente cada grupo é caracterizado por uma combinação de adaptações estruturais ao seu ambiente: xerófitas, mesófitas e higrófitas (CAVALCANTE et al., 2009; MENEZES; SILVA; PINNA, 2013).

As plantas xerófitas são características de áreas com escassez de água, como a caatinga e as savanas, esses vegetais apresentam mecanismos de adaptação como presença de cutícula com baixa permeabilidade e o desenvolvimento do sistema radicular profundo. As plantas

mesófitas têm seu crescimento em solos bem drenados e áreas com grande variação de umidade como ocorre em grande parte das plantas tropicais e temperadas, apresentam estômatos que se fecham à noite quando a evaporação aumenta, existem também mesófilas decíduas que perdem suas folhas para reduzir a perda de água, fato que ocorre especialmente no inverno. Já as higrófitas são plantas terrestres que vivem em áreas úmidas, como as hepáticas e musgos (SCHWAMBACH; SOBRINHO, 2014).

As características xeromórficas não são exclusivamente causadas pela restrição hídrica (ARENS, 1958). O solo, em especial a relação com o pH e as concentrações dos macronutrientes, como o nitrogênio e o fósforo, conforme Arens (1958), constituem assim um fator ecológico importante na distribuição das formações vegetais (LÜ et al., 2012).

## **2.2 Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS)**

As florestas tropicais sazonalmente secas (FIGURA 1) são formações que compartilham atributos ecológicos e ambientais associados à sazonalidade climática e as características edáficas (DRYFLOR, 2016; PENNINGTON et al., 2000). Localizam-se desde o México, percorrendo pela América Central, pelo Caribe, pela Costa Pacífica do Peru, Venezuela, regiões periféricas ao domínio do Andes e Chaco, leste da Bolívia, pelo nordeste da Argentina, sudeste do Paraguai, oeste do Mato Grosso do Sul e pelo nordeste brasileiro. Conforme DryFlor (2016) e Linares Palomino et al., (2015), na América do Sul são encontrados os maiores núcleos de distribuição desta formação e em especial no território do Brasil.

DryFlor (2016) trata as Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS) como formações que são ocorrentes em locais que apresentam precipitação média anual que 1800 mm e com o período de 3 a 6 meses recebendo menos que 100 mm mensais, e durante esse período seco ocorre uma perda parcial das folhas pelas plantas. A proporção de deciduidade foliar está diretamente relacionada a um gradiente de precipitação, apesar da existência de plantas sempre-verdes nas regiões mais xéricas (PENNINGTON et al., 2006).

Figura 1- Esquema de distribuição das Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS).



Fonte: DRYFLOR (2016).

Nas Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS) são característicos os solos férteis de pH moderado a alto, com alta concentração de nutrientes e baixos níveis de alumínio (DRYFLOR, 2016; PENNINGTON et al., 2000). Ocorre um acúmulo de serapilheira durante a estação seca, o qual esse evento é explicado pela alta incidência de luz solar no solo da floresta, diminuindo assim a umidade relativa, diminuindo o processo de decomposição. As Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS) variam com formações florestais com alto porte em regiões mais úmidas a formações arbustivas com cactos em regiões de maiores aridez (DRYFLOR, 2016; MURPHY LUGO, 1986). Atualmente, tem ocorrido um aumento das atenções com as Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS), surgindo da extrema necessidade de medidas de conservação e de reconhecimento da sua importância na manutenção da biodiversidade; ambiental nas prestações de serviços ambientais e socioeconômica; além das futuras possibilidades que estão relacionadas com as mudanças globais do clima (ALLEN et al., 2017; DRYFLOR, 2016; SUNDERLAND et al., 2015).

### 2.3 Domínio das caatingas e os solos

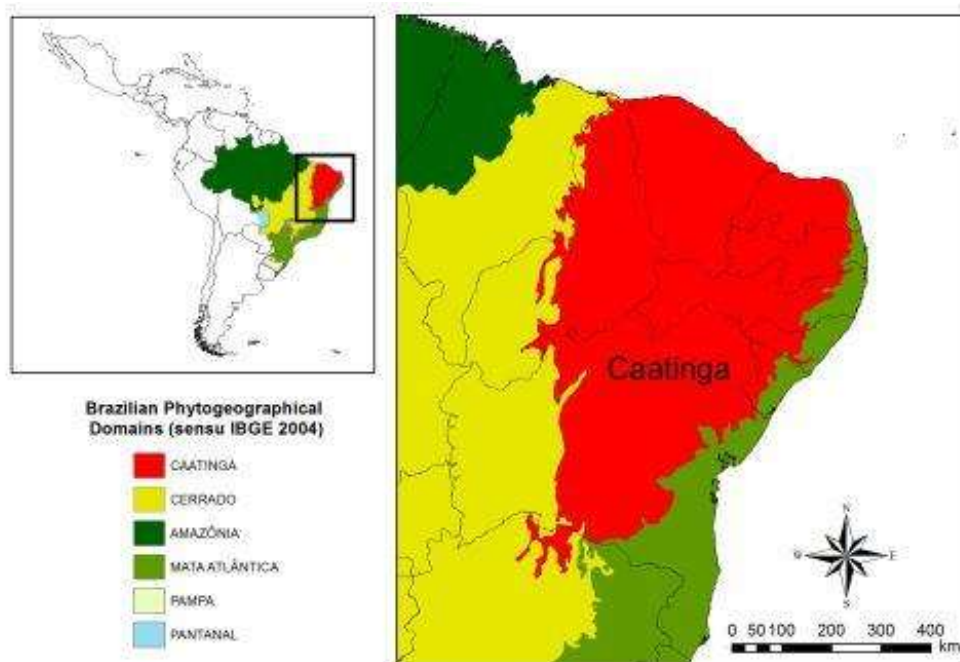
O Domínio das caatingas compreende um espaço semiárido de mais 800.000 km<sup>2</sup>, com localização exclusiva na região nordeste do Brasil (SANTOS et al., 2011); estando presente nos estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Sergipe, Bahia, Alagoas e no norte de Minas Gerais (CARDOSO; QUEIROZ, 2011; SANTOS et al., 2011). Na região do norte de Minas Gerais, a caatinga forma uma faixa ao longo do rio São Francisco, junto ao enclave no vale seco da região média do rio Jequitinhonha (ANDRADE-LIMA, 1982; FERNANDES, 2003).

O Domínio das Caatingas é delimitado a norte pelo Oceano Atlântico, a leste, ao sudeste pelo Domínio Atlântico e a oeste e sudoeste pelo Domínio dos Cerrados, de acordo com Ab’ Saber (2003), (FIGURA 2). É caracterizado pelo clima semiárido estacional marcante, onde tanto a precipitação quanto a duração do período úmido são variáveis espacialmente dentro do domínio, com variação de 1000 a 500 mm anuais de precipitação e de 6 a 3 meses de duração da estação úmida (NIMER, 1972). A região é fortemente exposta à radiação solar, segundo Moro et al. (2014), podendo chegar a atingir máximas de temperatura de 40°C e com evapotranspiração potente de 1500 a 2000 mm (VELOSO et al., 2002).

De acordo com Albuquerque et al. (2012), no Brasil, a palavra Caatinga é usada para a designação de uma grande área geográfica compreendendo uma variedade de diferentes tipos de vegetação, é também utilizado para nomear a região semiárida que abrange maior parte do Nordeste do Brasil, a sua temperatura e precipitação é o que a qualifica sua área como floresta tropical sazonal.

Conforme Ab’Saber (2003), essas condições de aridez e altas temperaturas atuam como agentes ambientais bem restritos que caracterizam o domínio nos contextos ecológicos, econômicos e sociais, e a seca é um fator abiótico que acaba afetando o sucesso das plantas (MANAVALAN et al., 2009; PINHEIRO; CHAVES, 2011).

Figura 2 – Localização geográfica do Domínio Fitogeográfico da Caatinga.



Fonte: MORO et al (2014).



A Caatinga é extremamente heterogênea por possuir paisagens únicas, incluindo uma grande diversidade de fauna e flora (ALBUQUERQUE et al., 2012). De origem Tupi-Guarani, o nome caatinga tem o significado de “mata branca”, caracterizando assim bem a aparência da caatinga no período em que ocorre a seca, quando a vegetação perde suas folhas e alguns arbustos e árvores da caatinga apresentam o tronco esbranquiçado para não absorverem a intensa radiação solar da região (PRADO, 2005). A sua vegetação tem sido alvo da exploração humana por atividade agrícola, extrativismo de lenha e madeira, e pelo uso da pecuária extensiva (GARILLO et al, 2010).

A Caatinga é um núcleo das florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS), (PIRES et al., 2018) e apresenta-se com uma característica peculiar, um mosaico complexo de solos com características variáveis mesmo em pequenas distâncias (CLARK, 2002; PRADO, 2005). Segundo esses autores, quando se trabalha com escalas menores, as variações na distribuição e abundância das espécies vegetais têm sido relacionadas com a variação de fatores edáficos, como o relevo e a composição física e química do solo.

Nestas regiões, os solos são geralmente de pH pouco ácido, e com pequenas concentrações de alumínio, além de elevados teores de nutrientes, atributos estes que são essenciais junto aos atributos do clima para sua diferenciação em relação à outras formações (DRYFLOR, 2016; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 1995; PENNINGTON et al., 2009). O solo da caatinga também apresenta uma relativa fertilidade, fator esse que contribui muito para o aumento do interesse pela agricultura na região (PIRES, 2012). Os tipos de substrato e as variações de relevo também podem influenciar a fertilidade e capacidade de retenção de água no solo (SAMPAIO; GAMARRA-ROJAS, 2003). A Caatinga apresenta longas estiagens promovendo assim um dos maiores estresse para as plantas, o déficit hídrico no solo, que acarreta a alteração da composição física e química, assim promovendo alterações nos processos fisiológicos das plantas (LARCHER, 2000).

Segundo Araújo et al. (2005), o solo é um dos fatores que são determinantes para a distribuição lenhosa da caatinga. A relação da flora, do solo e atmosfera da Caatinga aparenta uma relação de simbiose, de forma que o regime de economia de água mantém as funções biológicas do Domínio das caatingas em equilíbrio (DUQUE, 2004). A combinação de fatores como presença de água, relevo e do tipo de solo são alguns dos fatores responsáveis pela formação de micro-habitats em áreas de caatinga (PIRES et al., 2018). Ribeiro et al. (2007) descrevem que a quantidade de micro-habitats e a presença de um gradiente ambiental podem criar oportunidades para o estabelecimento de uma flora diversificada da vegetação. Dentro do

Domínio das caatingas existem áreas de Caatinga arbórea e Furados, os quais são ambientes deste estudo.

#### **2.4 *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet**

A espécie *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillet, conhecida popularmente como imburana, imburana de cambão, umburana, imburana-brava (ALVES; NASCIMENTO, 2010; CABRAL, 2014; TRENTINI et al., 2011), pertence à família Burseraceae, possui uma distribuição ampla no Brasil, ocorrendo no Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Tocantins, Goiás, Mato Grosso do Sul (PRADO, 2015), Bolívia, Colômbia e Venezuela. O gênero *Commiphora* compreende mais de 150 espécies, em que grande parte está inserida na África Ocidental (ABDEL-DAIM et al., 2015).

A distribuição de *Commiphora leptophloeos* em áreas de Caatinga pode ser observada em estudos realizados em Pernambuco (BARBOSA et al., 2012; FERRAZ et al., 2014; PINHEIRO et al., 2010), na Paraíba (GUEDES et al., 2012; SOUZA, 2012), no Ceará (ARAÚJO et al., 1998; LIMA et al., 2009), no Rio Grande do Norte (AMORIM; SAMPAIO; ARAÚJO, 2005) em Piauí ( MENDES; CASTRO, 2010), na Bahia (LIMA; LIMA, 1998), em Sergipe (FERRAZ et al., 2013) e no Estado de Minas Gerais (SANTOS et al., 2008).

De comportamento decíduo, apresenta hábito arbóreo com árvores com até 12 m de altura, troncos tortuoso, ramos enrijecidos, ramificação cimosa e copa ampla e irregular (FIGURA 3A-B-D), apresenta casca com medição de 0,63 cm de espessura, a casca externa ou ritidoma é lisa, lustrosa, desprendendo-se em lâminas delgadas, revolutas, muitos irregulares e bem características. Conforme a idade da casca, a cor varia do verde, laranja-avermelhada (FIGURA 3B) e plúmbea nos momentos de maior rigor das secas ou em árvores tendentes a morrer (CARVALHO, 2009; LIMA, 1982; MAIA, 2012).

*Commiphora leptophloeos* apresenta folhas alternas, de coloração verde-clara-rosadas quando jovens, compostas, imparipinadas (FIGURA 3C) com 3 a 9 folíolos ovais, com cheiro de resina quando machucadas. Apresenta inflorescência em panículas axilares, flores pequenas, de coloração verde bem clara, isoladas ou reunidas em pequenos grupos e com frutos drupoide do tipo filotrimídio de cor verde (FIGURA 4A), sua semente é rígida e rugosa, de coloração negra com arilo avermelhado (CARVALHO, 2009; MAIA, 2012).

Figura 3 – Espécime de *Commiphora leptophloeos* em ambiente de Caatinga.



Legenda: A-B = Vista geral da árvore de *Commiphora leptophloeos*; C = Detalhe das folhas; D = detalhe do tronco tortuoso.

Foto: Da autora (2019/2020).

Figura 4 – Detalhe dos frutos e do tronco de um espécime de *Commiphora leptophloeos*.



Legenda: A = detalhe dos frutos; B = detalhe do tronco, evidenciando as cascas verdes e revolutas.

Fonte: Da autora (2020).

Com relação a fenologia, floresce nos meses de novembro-dezembro junto com o surgimento de novas folhagens, seus frutos amadurecem nos meses de março-abril com o início das quedas das folhas. O vetor de polinização são essencialmente as abelhas silvestres sem

ferrão, que geralmente fazem seus ninhos em ocos de imburana-de-espinho, e a dispersão dos frutos e sementes são zoocórica, principalmente por avifauna (CARVALHO, 2009; MAIA, 2012).

*Commiphora leptophloeos* possui grande importância econômica, sua madeira é empregada em marcenaria (AGRA et al., 2007) e construções (LUCENA et al., 2008), e no artesanato de esculturas religiosas (LEITE et al., (2009). Possui também importância na medicina popular para o tratamento de tosse, gripe, bronquite, doenças urinárias e no fígado (AGRA et al., 2007; TRENTINI et al., 2011).

### 3 CONCLUSÕES

Espera-se, com esse trabalho, contribuir para o conhecimento da espécie e da região, mostrando suas características morfoanatômicas e suas variações em cada ambiente, relacionando-as com as variáveis edáficas, buscando o desenvolvimento de novas pesquisas para uma maior identificação das estratégias e estruturas apresentadas pelas plantas para sua sobrevivência e colaborando na conservação da espécie e dos ambientes de ocorrência.

### REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 153p.
- ABDEL-DAIM, M. M.; GHAZY, E. W; FAYEZ, M. Papel protetor sinérgico de mirazida (*Commiphora molmol*) e ácido ascórbico contra cardiotoxicidade induzida por tilmicosina em camundongos. **Can. J. Physiol. Pharmacol**, v. 93, p. 45–51. 2015.
- AGUIAR-CAMPOS, N. *et al.* Can one-scale habitats of limestone outcrops be considered litho-refugia for dry forest tree lineages?. **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 3, p. 1009-1026. 2020.
- AGRA, M. F.; FREITAS, P.F.; BARBOSA-FILHO, J. M. Sinopse das plantas conhecidas como medicinais e venenosas no Nordeste do Brasil. **Rev Bras Farmacogn**, v. 17, p. 114-140. 2007.
- ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Botânica**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 148-163. 1982.
- ALBUQUERQUE, U. P. *et al.* Caatinga revisited: ecology and consevation of an important seasonal dry forest. **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 205182. 2012.
- ALLEN, K. *et al.* Will seasonally dry tropical forests be sensitive or resistant to future changes in rainfall regimes? **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 2, p. 023001. 2017.
- ALVES, J. J. A.; NASCIMENTO, S. S. Levantamento fitogeográfico das plantas medicinais nativas do cariri paraibano. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 4, n. 2, p. 7. 2010.

- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, SP, v. 19, n. 3, p. 615-623. 2010.
- APGAUA, D. M. G. *et al.* Tree community structure in a seasonally dry tropical forest remnant, Brazil. **Cerne**, v. 20, n. 2, p. 173-182. 2014.
- ARAÚJO, E. L. *et al.* Diversidade de herbáceas em micro-habitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru, PE- Brasil, **Acta Botânica Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 285-294. 2005.
- ARAÚJO, F. S. *et al.* Composição florística da vegetação de carrasco, Novo Oriente, CE. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, SP, v. 21, n. 2, p. 1-19. 1998.
- ARENS, K. Considerações sobre as causas do xeromorfismo foliar. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, v. 15, p. 25-56. 1958.
- BARBOSA, M. D. *et al.* Florística e fitossociologia de espécies arbóreas e arbustivas em uma área de caatinga em Arcoverde, PE, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, n.5, p.851-858. 2012.
- BOECHERT, R.; RIVERA, G.; HAUGNAUER, W. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. **Biotropica**, v. 34, n. 1, p. 27-39. 2002.
- BRADSHAW, A. D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. **Advances in Genetics**, Nova York, v. 13, p.115- 155. 1965.
- CABRAL, D. L. V. **Potencial antimicrobiano de plantas da caatinga utilizadas na medicina tradicional como anti-inflamatórias**. Tese de Doutorado (Ciências Farmacêuticas), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014. 77p.
- CARDOSO, D. B. O. S.; QUEIROZ, L.P. Caatinga no contexto de uma metacomunidade: evidências da biogeografia, padrões filogenéticos e abundância de espécies em Leguminosas. In: CARVALHO C.J.B.; ALMEIDA E.A.B. **Biogeografia da América do Sul: padrões e processos**. São Paulo: Roca, 2011. p. 241-260.
- CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2009. 234 p.
- CAVALCANTE, A. C. R.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. R. C. B. Estresse por déficit hídrico em plantas forrageiras. **Embrapa Caprinos e Ovinos**. 2009. 47p. *E-Book*. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPC-2010/23051/1/doc89.pdf>. Acesso: 19/02/2021.
- CARVALHO, P.E.R. Imburana-de-Espinho: *Commiphora leptophloeos*. Colombo (PR): Embrapa Florestas. **Comunicado Técnico 228**. 2009. 8p.
- CLARK., D. B. Los factores edáficos y la distribución de las plantas. In: GUARIGUATA, M. KATTAN, G.H. **Ecología y conservación de Bosques Neotropicales**. Cartago, Costa Rica: Libro Universitario Regional, 2002. p. 193-221.
- CRAINE, J. M.; DYBZINSKI, R. Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. **Functional Ecology**, v. 27, p. 833-840. 2013.

- CUTTER, E. G. **Anatomia vegetal: órgãos**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2002. 304 p.
- DAVIDAR, P. *et al.* The effect of climatic gradients, topographic variation and species traits on the beta diversity of rain forests trees. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, p. 510-518. 2007.
- DUIVENVOORDEN, J. F.; SVENNING, J.C.; WRIGHT, S. J. Beta Diversity in Tropical Forests. **Science**, v. 295, p. 636-637. 2002.
- DUQUE, J. G. **Solo e água no polígono das secas**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 273p.
- DRYFLOR, *et al.* Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. **Science**, v. 33, n. 6306, p. 1383-1387. 2016.
- EPSTEIN, E; BLOOM, A. J. O meio de Nutrição das Plantas. In: EPSTEIN, E; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. p. 17-40.
- FAHN, A.; CUTLER, D. **Xerophytes**. Berlin: Gebruder Borntraeger, 1992. 176p.
- FERNANDES, A. **Conexões florísticas do Brasil**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2003. 134 p.
- FERRAZ, R. C. *et al.* Levantamento fitossociológico em área de caatinga no monumento natural Grota do Angico, Sergipe, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 3, p. 89-98. 2013.
- FERRAZ, J. S. F. *et al.* Estrutura do componente arbustivo-arbóreo da vegetação em duas áreas de caatinga, no município de Floresta, Pernambuco. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 6, p. 1055-1064. 2014.
- FERRI, M. G. Contribuição ao conhecimento da ecologia do cerrado e da caatinga. Estudo comparativo da economia d'água de sua vegetação. **Boletim da Faculdade de Filosofia e Ciências da Universidade de São Paulo**, v. 12, p. 1-170. 1955.
- FUZETO, A. P.; LOMÔNACO, C. Potencial plástico de *Cabraela canjerana* subsp. *Polytricha* (Adr. Juss.) Penn. (Meliaceae) e seu papel na formação de ecótipos em área de cerrado e vereda. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, p. 169-176. 2000.
- GARILLO, M. A. *et al.* **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília, DF: Serviço Florestal Bralheiro-SFB. 2010.
- GIANASI, F. M. *et al.* A filtragem ambiental indireta e diretamente direciona a composição e a composição funcional das espécies da Floresta Tropical Seca. **Ecological Research**, v. 36, p. 107-118. 2020.
- GUEDES, R. S. *et al.* Caracterização florístico-fitossociológica do componente lenhoso de um trecho de caatinga no Semiárido Paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 99-108. 2012.
- GRATANI, L. Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. **Advances in Botany**, v. 2014, p. 1-17. 2014.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000. 529p.

- LEITE, A. A. M.; FRAGA NETO, A. F.; PALOMINO, R. C. Conhecimento, inovação e sustentabilidade no setor tradicional: o caso dos artesãos de Petrolina - PE. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 5, p. 158-171. 2009.
- LEPS, J. Diversity and ecosystem function. In: Van der Maarel E.; Franklin, J. **Vegetation Ecology**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2013. p. 199-237.
- LIMA, J. L. S. de. **Reconhecimentos de trinta espécies arbóreas e arbustivas da Caatinga, através da morfologia da casca**. Dissertação de Mestrado (Botânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1982. 144p
- LIMA, P. C. F.; LIMA, J. L. S. Composição florística e fitossociologia de uma área de Caatinga em contendas do Sincorá, Bahia, Microrregião homogênea da chapada Diamantina. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, SP, v. 12, n. 3, p. 441-450. 1998.
- LIMA, J. R. *et al.* Composição florística da floresta estacional decídua montana de Serra das Almas, CE, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, SP, v. 23, n. 3, p. 756-763. 2009.
- LIMA, A. L. A. *et al.* Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? **Trees**, v. 26, n. 5, p. 1605-1616. 2012.
- LUCENA, R. F. P. *et al.* Local uses of native plants in na área of caatinga vegetation (Pernambuco, NE Brasil). **Ethnobotany Research & Applications**, v. 6, p. 3-13. 2008.
- LÜ, X.T. *et al.* Plasticity in leaf and stem nutrient resorption proficiency potentially reinforces plant–soil feedbacks and microscale heterogeneity in a semi-arid grassland. **Journal of Ecology**, v. 100, p. 144-150. 2012.
- MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 2. ed. Fortaleza: Printicolor Gráfica e Editores, 2012. 413p.
- MANAVALAN, L. P. *et al.* Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. **Plant & Cell Physiology**, v. 50, p. 1260–1276. 2009.
- MARTIN, R. *et al.* Covariance of Sun and Shade Leaf Traits Along a Tropical Forest Elevation Gradient. **Front Plant Sci**, v. 10, n. 1810. 2020.
- MASS, M.; BURGOS, A. Water dynamics at the ecosystem level. In: DIRZO, R. *et al.* **Seasonally dry tropical forests: ecology and conservation**. Washington: Island, 2011. p 141-156.
- MENEZES, L. N.; SILVA, C. D.; PINNA, G. F. A. M. Folha. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: Editora UFV, 2013. 404p.
- MENDES, M. R. A.; CASTRO, A. A. J. F. Vascular flora of semi-arid region, São José do Piauí, state of Piauí, Brazil. **Check List. Journal of species listes and distribution**, v. 6, n.1, p. 39-44. 2010.
- MORO, M. F. *et al.* A catalogue of the vascular plants of the Caatinga Phytogeographical Domain: a synthesis of floristic and phytosociological surveys. **Phytotaxa**, v. 160, n. 1, p. 1-118. 2014.



- MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, n. 1, p. 67-88. 1986.
- NIMER, E. Climatologia da Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira Geografia**, v. 34, n. 2, p. 3-136. 1972.
- PAREYN, F. G. C. A importância da produção não-madeireira na caatinga. In: GARIGLIO, M. A. *et al.* **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 131-144.
- PAULA, G.G.P. *et al.* Influence of environmental variations on the formation of microhabitats within a fragment of Seasonally Dry Tropical Forest - SDTF, Brazil. **Rev. Árvore**, v. 42, n. 2, e420211. 2018.
- PENNINGTON, R.; PRADO, D. E.; PENDRY, C. A. Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography**, v. 27, n. 2, p. 261-273. 2000.
- PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. **Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation**. Boca Raton: CRC Press. 2006. 508p.
- PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M.; OLIVEIRA-FILHO, A. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 40, p. 437-457. 2009.
- PINHEIRO, K. *et al.* Floristic composition of different soil types in a semi-arid region of Brazil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 68-77. 2010.
- PINHEIRO, C.; CHAVES, M.M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 869-882. 2011.
- PIRES, G.G. **Estudos ecológicos de microambientes em áreas de Florestas Tropicais Sazonalmente Secas (FTSS)**. Dissertação de Mestrado (Ciências Florestais), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. 131p.
- PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da caatinga**. 2. ed. Recife: Editora da Universidade Federal de Pernambuco, 2005. p. 3-74.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 52, n. 2, p. 141-194. 1995.
- RIBEIRO, K. T.; MEDINA, B. M. O.; SCARANO, F.R. Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE- **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, p. 623-639. 2007.
- ROTONDI A. *et al.* Leaf xeromorphic adaptations of some plants of a coastal Mediterranean macchia ecosystem. **Journal of Mediterranean Ecology**, v. 4, p. 25-35. 2003.
- SANTOS, R. M. *et al.* Estrutura e florística de um remanescente florestal na fazenda ribeirão, município de Juvenília, MG, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 4, p. 154-162. 2008.



SANTOS, R. M. *et al.* Estrutura e florística de um remanescente de Caatinga Arbórea em Juvenília, Norte de Minas Gerais, Brasil. **Cerne**, v. 17, n. 2, p. 247- 258. 2011.

SAMPAIO, E. V. S.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. A. A vegetação lenhosa das ecorregiões da Caatinga. In: JARDIN, E.; BASTOS, M. C. C.; SANTOS, J. U. M. **Desafios da botânica brasileira no novo milênio**: inventário, sistematização e conservação da diversidade vegetal. Belém: Sociedade Brasileira de Botânica, 2003. p. 85-90.

SINGH, K. P.; KUSHWAHA, C. P. Emerging paradigms of the tree phenology in dry tropics. **Current Science India**, v. 89, n. 6, p. 964-974. 2005.

SILVA, S. R. S. **Adaptações morfoanatômicas de herbáceas em resposta a condições xéricas**. Dissertação de Mestrado (Biologia Vegetal), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016. 74p.

SOUZA, P. F. **Estudos fitossociológicos e dendrométricos em um fragmento de caatinga, São José de Espinharas - PB Patos**. Dissertação de Mestrado (Ciências Florestais), Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2012. 99p.

SOUZA C. R. *et al.* Small-scale edaphic heterogeneity as a floristic–structural complexity driver in Seasonally Dry Tropical Forests tree communities. **Journal of Forestry Research**, v. 31, p. 2347:57. 2020.

SCHWAMBACH, CORNÉLIO; SOBRINHO, G.C. **Fisiologia vegetal**: introdução às características, funcionamento e estruturas das plantas e interação com a natureza. São Paulo: Érica, 2014. 192p.

SCHULZE, E. F.; BECK, E.; MULLER-HOHENSTEIN, K. **Plant Ecology**. Berlin: Springer, 2019. 928p.

SUNDERLAND, T. *et al.* Global dry forests: a prologue. **International Forestry Review**, v. 17, n. S2, p. 1–9. 2015.

TAIZ, L. *et al.* Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. 6. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2017. 888p.

TRENTINI, D.S. *et al.* Potential of medicinal plants from the Brazilian semi-arid region (Caatinga) against *Staphylococcus epidermidis* planktonic and biofilm lifestyles. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 137, p. 327-335. 2011.

VALLADARES, F. *et al.* The effects of phenotypic plasticity and local adaptation on forecasts of species range shifts under climate change. **Ecology letters**, v. 17, p. 1351-1364. 2014.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões**: Propostas para o bioma Caatinga. Recife: Associação Plantas do Nordeste, Instituto de Conservação Ambiental, 2002. 80p.

VIA, S. Adaptive phenotypic plasticity: target or byproduct of selection in a variable environment. **The American Naturalist**, v. 142, p. 352-365. 1993.

VIA, S. *et al.* Adaptive phenotypic plasticity: consensus and controversy. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 19, p. 212-217. 1995

## SEGUNDA PARTE - ARTIGO

### **Caracterização morfoanatômica foliar de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet (Burseraceae) em diferentes ambientes do norte de Minas Gerais, Brasil**

Fernanda de Oliveira<sup>1</sup>, Fernanda Moreira Gianasi<sup>1</sup>, André Maciel da Silva<sup>1</sup>, Lidiany Carolina Arantes da Silva<sup>1</sup>, Marinês Ferreira Pires Lira<sup>1</sup>, Rubens Manoel dos Santos<sup>2</sup>.

#### **RESUMO:**

A caatinga se configura como um ambiente heterogêneo, no qual as espécies necessitam desenvolver diferentes estratégias para sua sobrevivência. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a anatomia foliar em espécimes de *Commiphora leptophloeos* que se desenvolvem em dois ambientes de caatinga (Caatinga Arbórea – CA e Furados – FU), localizados no norte de Minas Gerais. O ambiente CA apresenta solos férteis e profundos, enquanto FU apresenta solos férteis, rasos e situados sobre lajedos de calcário. Inicialmente, foram coletadas amostras de solo, seguindo metodologia padrão, para análise e caracterização. Para as avaliações anatômicas, foram coletadas folhas, selecionados folíolos e fragmentos de raque, que foram fixados em etanol 70%; em seguida foram confeccionadas e fotografadas lâminas histológicas. Os estudos anatômicos qualitativos evidenciaram a presença de estruturas comuns ao gênero, tanto na raque quanto nos folíolos, como a organização isobilateral do mesófilo, presença de tricomas tectores, drusas, canais secretores, camada parenquimática subepidérmica na face adaxial, estômatos do tipo anomocítico localizados na epiderme abaxial dos folíolos e a presença de feixes vasculares acessórios com xilema invertido na região da nervura central. Na análise quantitativa, observou-se diferenças entre a área do xilema e de estruturas secretoras na raque. No folíolo, observou-se diferenças entre a espessura da cutícula e epiderme abaxial, densidade de tricomas, espessura do parênquima paliçádico abaxial e índice de vulnerabilidade de Carlquist, provavelmente relacionadas às variações edáficas. Os resultados demonstram que as características morfoanatômicas sofrem modificações devido à influência das variáveis edáficas, de forma a se adaptar e sobreviver em ambientes xerofíticos.

**Palavras-chave:** Caatinga arbórea; Condições edáficas; Furados; Heterogeneidade ambiental.

#### **ABSTRACT:**

The caatinga is configured as a heterogeneous environment, in which species need to develop different strategies for their survival. In this sense, the objective was to evaluate the anatomy in specimens of *Commiphora leptophloeos* that develop in two caatinga environments (Arboreal Caatinga - CA and Furados - FU), located in the north of Minas Gerais. The CA environment presents fertile and deep soils, while FU presents fertile, shallow soils and located on limestone slabs. Initially, soil samples were collected, following standard methodology, for analysis and characterization. For anatomical evaluations, leaves were collected, selected leaflets and rake fragments, which were fixed in 70% ethanol; then histological slides were made and photographed. Qualitative anatomical studies showed the presence of structures common to the genus, both in the rachis and in the leaflets, such as the isobilateral organization of the mesophyll, the presence of trichomes, drusen, secretory channels, subepidermal parenchymatic

layer on the adaxial surface, stomata of the anomocytic type located in the abaxial epidermis of the leaflets and the presence of accessory vascular bundles with inverted xylem in the region of the central vein. In the quantitative analysis, differences were observed between the area of the xylem and secretory structures in the rachis. In the leaflet, differences between cuticle and abaxial epidermis thickness, density of trichomes, abaxial palisade parenchyma thickness and Carlquist vulnerability index were observed, probably related to edaphic variations. The results demonstrate that the morphoanatomical characteristics undergo modifications due to the influence of the edaphic variables, in order to adapt and survive in xerophytic environments.

**Keywords:** Arboreal caatinga; Edaphic conditions; Furados; Environmental heterogeneity.

## 1 INTRODUÇÃO

As plantas possuem diferentes estratégias de sobrevivência nos ambientes em que estão distribuídas. Estes organismos tendem a se adaptar às diversas formações, criando, conforme Melo Jr e Boeger (2015), estratégias de sobrevivência por meio de alterações nas estruturas morfoanatômicas e fisiológicas. As espécies vegetais são capazes de responder às diferentes condições ambientais, o que é um fenômeno importante em sua capacidade de colonização em diferentes habitats (LEPS, 2013).

De acordo com Vleminckx et al. (2015), os padrões mundiais de vegetação associados diretamente à fatores ambientais determinam, em conjunto, características de habitat para espécies após a colonização. Diversos estudos relacionam a composição das espécies aos fatores biológicos e físicos como as condições edáficas, climáticas e topográficas, remetendo a distribuição das espécies à heterogeneidade das variáveis ambientais (DAVIDAR et al., 2007; DUINVENVOORDEN et al., 2002). Dentre os ambientes que possuem uma heterogeneidade ambiental marcante, estão as florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS), que possuem uma grande representação no Domínio das caatingas, destacando a região nordeste do Brasil.

O Domínio das caatingas compreende um espaço semiárido de mais 800.000 Km<sup>2</sup>, localizado na região nordeste do Brasil (SANTOS et al., 2011); presente nos estados do Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Sergipe, Bahia, Alagoas e no norte de Minas Gerais (CARDOSO; QUEIROZ, 2011; SANTOS et al., 2011). Caracterizado pelo clima semiárido marcadamente estacional, a região é fortemente exposta à radiação solar, segundo Moro et al. (2014), podendo chegar a atingir máximas de temperatura de 40°C e com evapotranspiração de 1500 a 2000 mm (VELOSO et al., 2002). Conforme Ab'Saber (2003), essas condições de aridez e altas temperaturas atuam como agentes ambientais restritivos que caracterizam o domínio nos contextos ecológicos, econômicos e sociais, e a seca é um fator

abiótico que acaba afetando o sucesso das plantas (MANAVALAN et al., 2009; PINHEIRO; CHAVES 2011).

A Caatinga apresenta-se como um mosaico de complexos solos com características variáveis mesmo em pequenas distâncias (AGUIAR-CAMPOS et al., 2019; GIANASI et al., 2020; PIRES et al., 2018; SOUZA et al., 2020). Quando se trabalha com escalas menores, as variações na distribuição e abundância das espécies vegetais estão relacionadas com a variação de fatores edáficos, como o relevo, a composição física e química do solo. A combinação de fatores como disponibilidade de água, relevo e do tipo de solo são alguns dos fatores responsáveis pela formação de micro-habitats em áreas de Caatinga (PIRES et al., 2018). A disponibilidade hídrica da caatinga está relacionada com a profundidade, textura e fertilidade do solo. O estudo dos fatores edáficos é importante, principalmente, por estarem associados à disponibilidade hídrica, influenciando, diretamente, nos padrões de crescimento e sobrevivência das plantas (GIANASI et al., 2020; SOUZA, 2020).

Nestes ambientes, que possuem características xerofíticas, existem espécies que podem apresentar adaptações como a deciduidade foliar e outras adaptações estruturais para sua sobrevivência. De acordo com Maass e Burgos (2011), espécies vegetais em florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) desenvolveram diversas estratégias morfológicas e/ou fisiológicas para lidar com a baixa disponibilidade de água no solo, como órgãos para absorver a umidade atmosférica ou de chuvas, turgescência e deciduidade foliar. Para as espécies vegetais, a disponibilidade hídrica é o principal fator limitante em ambientes semiáridos. Uma associação de características pode ter contribuição para a economia hídrica, dentre elas, as anatômicas. Assim, é importante relacionar as diferentes variações anatômicas e morfológicas, como resposta à influência dos diversos fatores ambientais que tem ação sobre as espécies, conforme ressaltam Fuzeto e Lemônaco (2000), dizendo que as plantas que ocupam ambientes heterogêneos podem apresentar um grande potencial plástico em suas características morfológicas, anatômicas ou fisiológicas (FUZETO; LOMÔNACO, 2000).

Segundo Schulze et al. (2019) os fatores ambientais interagem e podem promover limitações nos processos que ocorrem nas plantas, implicando na sua sobrevivência em determinado local. Nesse sentido, testamos a hipótese em que existe variação morfoanatômica das folhas de *Commiphora leptophloeos* uma espécie com ocorrências sobrepostas a dois ambientes com diferentes condições edáficas, relacionadas, principalmente, a profundidade e capacidade de retenção hídrica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

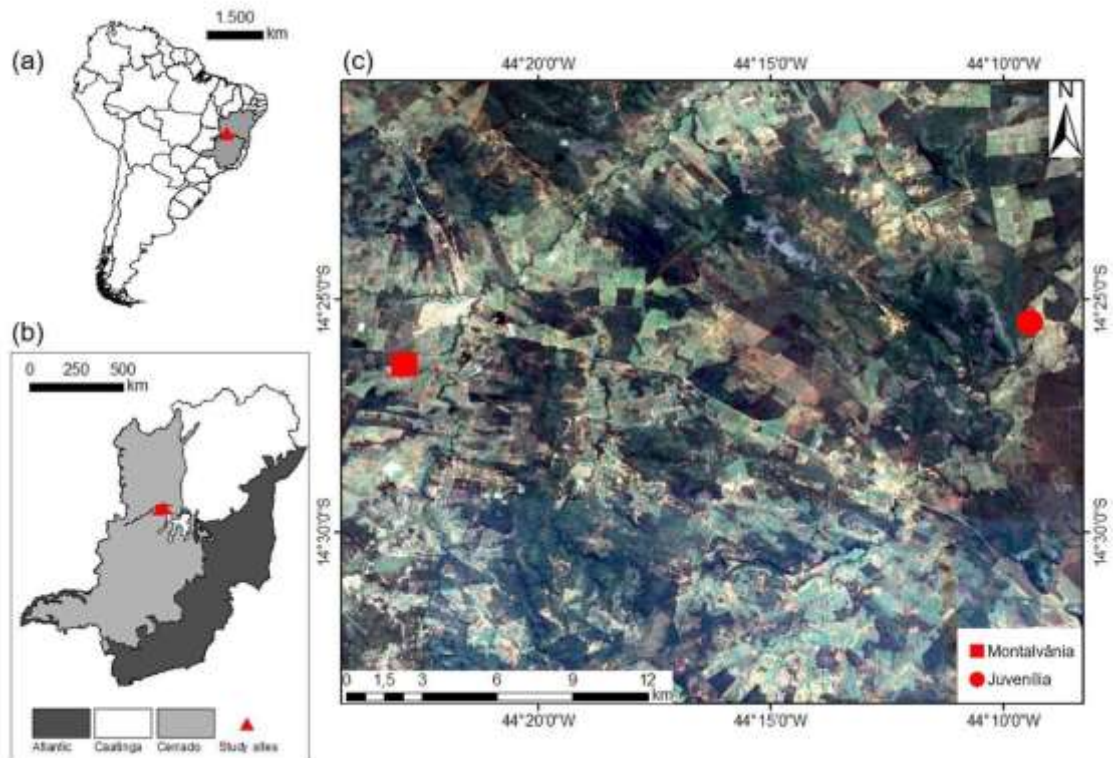
### 2.1 Espécie de estudo

Algumas espécies se adaptaram a esses tipos de áreas de Caatinga, dentre elas, a espécie *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet, conhecida popularmente como “imburana”. A espécie pertence à família Burseraceae, e ao gênero *Commiphora*, que compreende mais de 150 espécies, encontradas principalmente na África Oriental, e geralmente utilizadas na medicina tradicional (ABDEL-DAIM et al., 2015). De acordo com Pena- Claros et al. (2012), a espécie é encontrada no Brasil, em vegetação com exposição a condições adversas do solo e clima, sendo típicas da fisionomia do Sertão. De comportamento decíduo, apresenta hábito arbóreo com árvores com até 12 m de altura e troncos tortuosos. Possui grande importância econômica, sendo sua madeira empregada em marcenaria, construção civil e artesanato (CARVALHO, 2009).

### 2.2 Áreas de coletas e estudos

As coletas do material botânico foram realizadas nas áreas Caatinga arbórea (CA) e Furados (FU). Foram selecionados 5 indivíduos de cada área, localizados nos municípios de Juvenília e Montalvânia, no norte de Minas Gerais (FIGURA 1). As amostras foram coletadas entre os meses de janeiro a fevereiro de 2020, sendo confeccionada uma exsicata que foi depositada no herbário ESAL da Universidade Federal de Lavras UFLA, Lavras, MG, nº 32576. A área Caatinga arbórea (CA) está localizada no município de Juvenília, nas coordenadas 14° 25' 27.34" S e 44° 09' 24.10" W. De acordo com a classificação Köppen, o clima é considerado tropical com inverno seco (Aw/As), com média pluviométrica anual de aproximadamente 868 mm, tendo ocorrência de estações bem definidas entre maio e setembro, com períodos de transição entre estas estações, e com a temperatura média anual a 23 °C (SANTOS et al., 2012). Apresenta uma área de vegetação com uma comunidade arbórea densa, em área baixa entremeando pelos afloramentos de calcário, com relevo plano e pouco sinuoso, os solos são férteis e profundos (SANTOS et al.,2012) (FUGURA 2A).

Figura 1 - Localização geográfica das áreas de estudo nos municípios de Montalvânia e Juvenília no norte de Minas Gerais- Brasil.



Legenda: A = Mapa representando a posição geográfica dos estados de Minas Gerais e Bahia em relação à América do Sul; B = localização das áreas de coletas no extremo norte de Minas Gerais em relação aos domínios dos locais de estudos; C = localização dos Municípios de Montalvânia e Juvenília.

Fonte: Da autora (2021).

A área Furados (FU) está localizada no município de Montalvânia, nas coordenadas geográficas  $14^{\circ} 26' 22.39''$  S e  $44^{\circ} 22' 51.94''$  W, com uma altitude média de 490m, pluviosidade anual média de 935 mm e temperatura média de  $23.3^{\circ}\text{C}$ . De acordo com a classificação de Köppen, o tipo de clima é o tropical semiárido (Bsh), com verões quentes e secos, concentrações de chuvas nos meses de novembro a janeiro (EMBRAPA 2012). Apresenta uma área com uma vegetação de baixa densidade que se encontra sob lajedos de calcário que acumulam água durante o período de chuva, possui relevo plano e regular, os solos são rasos e férteis, sendo conhecido localmente por “furados” (PAULA et al., 2018) (FIGURA 2B).

Figura 2 - Áreas de coleta e estudo de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillet, no norte de Minas Gerais.



Legenda: A = Área Caatinga Arbórea; B = Área Furados.

Fontes: Da autora (2020).

### 2.3 Coleta das variáveis edáficas

Foram coletadas amostras de 0,5 L de superfície (10 cm de profundidade) em 20 pontos na área Caatinga arbórea e 25 pontos na área Furados para a análise do solo, e posteriormente foram feitas as médias desses dados. As análises foram feitas pelo Laboratório de Análises de Solo, Departamento de Ciências do Solo, da Universidade Federal de Lavras - UFLA. Foram feitas análises conforme o protocolo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006) para a obtenção das variáveis de textura e fertilidade: pH, teores de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al); acidez potencial (H+AL); soma de bases (Sb); CTC efetiva (t); CTC em pH 7,0 (T); saturação por bases (V); saturação por alumínio (m); matéria orgânica (MO); fósforo remanescente em (P-Rem) e proporções de argila, silte e areia. A profundidade do solo foi obtida com uma barra de ferro de 1,5m, conforme protocolo realizado por Paula et al. (2018).

### 2.4 Análises anatômicas descritivas e quantitativas

Foram coletadas folhas saudáveis, completamente expandidas, a pleno sol, evitando as herbivoradas, e dessas folhas foram selecionados os folíolos e fragmentos da raque para avaliação das características anatômicas. O estudo anatômico foi realizado no material fresco e fixado, conservado em etanol 70° GL. As secções histológicas transversais foram realizadas à mão livre na região mediana dos folíolos e das raques, com auxílio de lâmina de aço. A coloração das lâminas de folíolos e raques foram feitas com solução de azul de astra e safranina, ambos a 1%, com proporção de 9:1, segundo Kraus e Arduin (1997). As secções paradérmicas foram realizadas por dissociação da epiderme com hipoclorito de sódio (BERSIER E

BOCQUET, 1960); em seguida foram separadas a mão, com auxílio de pincéis, as faces abaxial e adaxial da epiderme, que foram coradas com Safranina 1% para serem montadas lâminas histológicas em glicerina 50% (KRAUS E ARDUIN, 1997), no laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Federal de Lavras.

Todas as lâminas foram observadas e fotomicrografadas no microscópio de luz Nikon Eclipse E100 (Nikon Corporation, Tokyo, Japan) com câmera digital Infinity 1 acoplada (Lumenera Corporation, Ottawa, Ontario, Canadá). As características anatômicas quantitativas foram obtidas com auxílio do software de análise de imagens ImageJ. Nas análises biométricas, as folhas foram escaneadas no Scanner Multifuncional Epson, e as imagens foram utilizadas para o cálculo da área foliar, comprimento e largura. Os dados obtidos das análises foram testados quanto a normalidade e submetidos à análise de variância e as médias obtidas foram comparadas pelo teste Tukey para  $p < 0,05$ , realizados no software estatístico SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2011).

### **3 RESULTADOS:**

#### **3.1 Análises do solo**

Entre as áreas observou-se uma diferença estatística significativa entre os valores do teor do (pH) com variação de 8,37%, apresentando-se maior na área Caatinga arbórea. Já a concentração de magnésio (Mg) apresentou-se maior na área Furados com variação de 36,06%. Em relação à fertilidade, não houve diferenças significativas entre as áreas. Em relação a textura do solo os valores das proporções de argila e areia apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as áreas, sendo a área Furados maior com variação de 23,46% e 28,48%, respectivamente. Entretanto, nos valores de silte foram observados uma diferença estatística significativa, sendo a Caatinga arbórea maior do que Furados com variação de 46,34% (TABELA 1). Entre as áreas observou-se solos com maior profundidade na área Caatinga arbórea (mais de 1 metro de profundidade), e a área Furados apresentou-se com solos rasos (menos de um metro de profundidade).



Tabela 1 – Variáveis edáficas nas áreas Caatinga arbórea e Furados ocupadas pela espécie de *Commiphora leptophloeos* (Burseraceae) em diferentes áreas do norte de Minas Gerais.

<b>Variáveis edáficas</b>	<b>Caatinga arbórea</b>	<b>Furados</b>
<b>pH</b>	6.405 ± 0.154 a	5.869 ± 0.542 b
<b>Potássio (K)</b>	138.100 ± 11.229 a	145.550 ± 39.779 a
<b>Fósforo (P)</b>	2.240 ± 0.185 a	2.145 ± 1.291 a
<b>Cálcio (Ca)</b>	11.155 ± 2.126 a	12.478 ± 4.546 a
<b>Magnésio (Mg)</b>	1.665 ± 0.198 b	2.604 ± 1.957 a
<b>Alumínio (Al)</b>	0.000 ± 0.022 a	0.005 ± 0.000 a
<b>Acidez potencial (H+Al)</b>	2.540 ± 0.423 a	2.185 ± 0.883 a
<b>Soma de bases (Sb)</b>	13.174 ± 2.216 a	15.477 ± 5.905 a
<b>Capacidade de troca efetiva (t)</b>	13.179 ± 2.210 a	15.477 ± 5.905 a
<b>Capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T)</b>	15.714 ± 2.078 a	17.657 ± 5.593 a
<b>Saturação por bases (V)</b>	83.477 ± 4.011 a	86.170 ± 7.498 a
<b>Saturação por alumínio (m)</b>	0.000 ± 0.206 a	0.046 ± 0.000 a
<b>Matéria orgânica (M.O.)</b>	4.532 ± 0.687 a	3.960 ± 1.201 a
<b>Fósforo remanescente (P-Rem)</b>	33.916 ± 2.367 a	31.880 ± 5.611 a
<b>Argila %</b>	29.700 ± 2.055 b	38.800 ± 6.420 a
<b>Silte %</b>	43.050 ± 5.094 a	23.100 ± 5.160 b
<b>Areia %</b>	27.250 ± 5.379 b	38.100 ± 9.722 a

Legenda: Médias (± desvio padrão) seguidas por letras diferentes dentro de cada linha indicam diferenças significativas entre as áreas ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: Da autora (2021).

### 3.2 Morfoanatomia descritiva da espécie

As folhas de *Commiphora leptophloeos* são compostas pinadas, com 4 a 11 folíolos ovais, imparipinadas, alternas, com nervuras salientes em ambas as faces e presença de tricomas tectores acastanhados nas raques (FIGURA 3).

Figura 3 – Folhas de *C. leptophloeos* evidenciando as faces adaxial e abaxial em diferentes áreas de coletas no norte de Minas Gerais.



Legenda: Nas setas, nervuras salientes, e nas raques presença de tricomas tectores acastanhados.

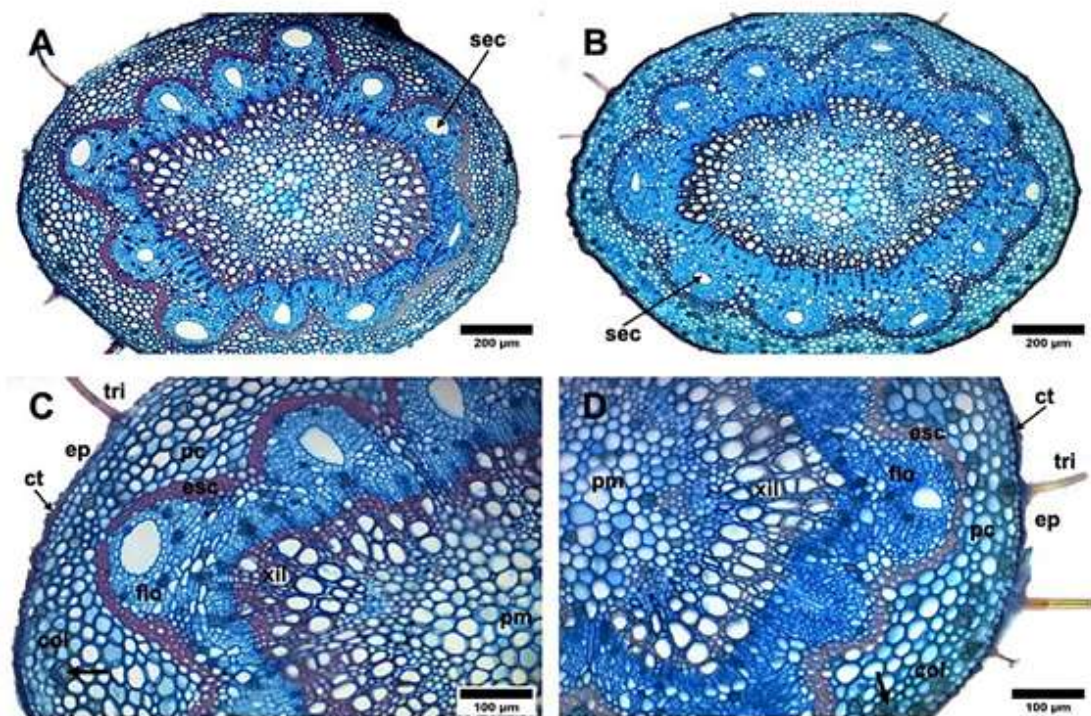
Fonte: Da autora (2020).

A região mediana da raque em secção transversal apresenta a face adaxial côncava e a face abaxial convexa, com presença de tricomas tectores pluricelulares, e drusas na região do floema (FIGURA 4A-B). Apresenta epiderme unisseriada revestida por cutícula espessa, colênquima e parênquima na região cortical, com algumas células colenquimáticas parcialmente lignificadas, e presença de drusas. O sistema vascular é envolto por uma bainha esclerenquimática e a região central é preenchida por parênquima medular constituído por células de tamanhos diferentes (FIGURA 4C-D).

A epiderme da lâmina foliar da face adaxial evidenciou células justapostas com formato poligonal e irregulares quanto ao seu tamanho e distribuição, com parede espessa e sem a presença de espaços intercelulares, sendo recobertas por uma camada de cutícula irregular (FIGURA 5C-D; FIGURA 6A-B). Apresenta uma camada parenquimática subepidérmica com células de formato tabular e tamanhos irregulares, (FIGURA 5B-C-E). Segundo MetCalfe e Chalk (1957), essa camada é característica de alguns gêneros da família Burseraceae, inclusive, em algumas espécies do gênero *Commiphora*. Porém, pelo fato de não terem sido feitos estudos ontogenéticos, que determinam qual é o meristema de origem para esse tecido, não é possível fazer sua caracterização como hipoderme.

A epiderme na face abaxial também é composta por uma camada de células poligonais e justapostas sem espaços intercelulares, seguido por uma cutícula menos espessa, presença de tricomas tectores em ambas as faces (FIGURA 5C-D). A folha de *C. leptophloeos* é classificada como hipoestomática, e os estômatos possuem células guarda de formato reniforme, sendo classificados como anomocíticos.

Figura 4 - Secções transversais da raque de *C. leptophloeos* evidenciando o aspecto geral e a região do sistema vascular central em diferentes áreas de coletas no norte de Minas Gerais.



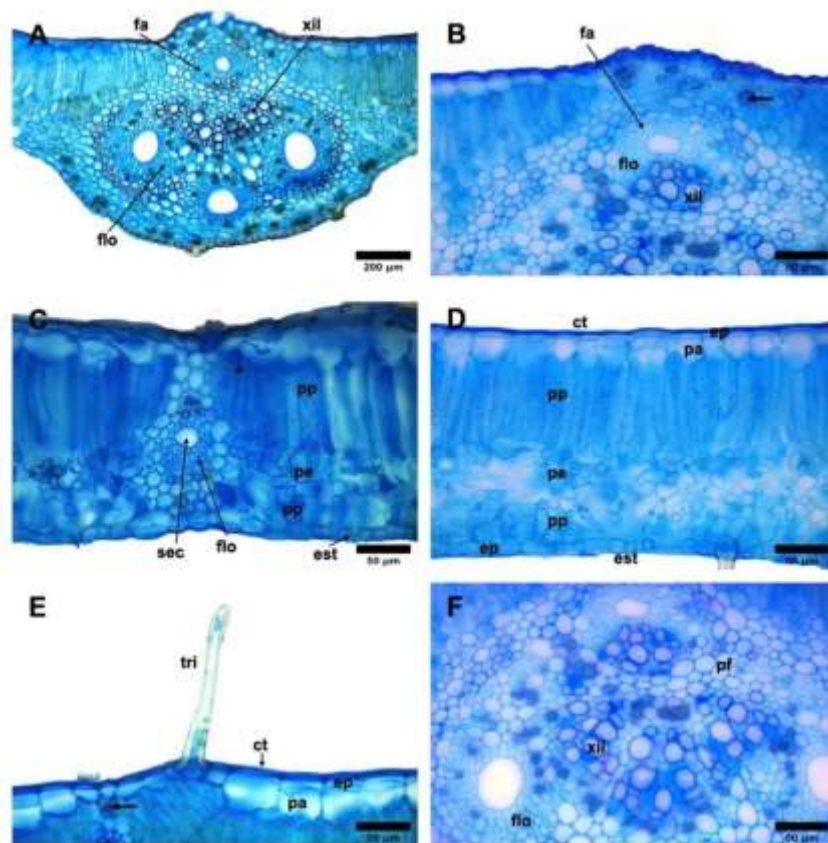
Legenda: A = aspecto geral da raque nas áreas de Caatinga arborea; B = aspecto geral da raque nas áreas de Furados; C e D = Detalhe da organização estrutural da raque. Siglas: ct: cutícula; ep: epiderme; esc: fibras esclerenquimáticas; flo: floema; xil: xilema; pc: parênquima cortical; pm: parênquima medular; col: colênquima; tri: tricomas tectores; sec: estruturas secretoras.

Fonte: Da autora (2021).

O mesofilo apresenta uma organização isobilateral. O parênquima paliçádico é constituído por uma camada de células alongadas verticalmente, havendo pouco espaço intercelular na face adaxial, apresentando-se também na face abaxial por uma camada de células esparsas e curtas, ocorrendo pequenos espaços intercelulares. O parênquima esponjoso é composto por células irregulares com espaços intercelulares evidenciados e de tamanhos variados, com duas a três camadas de células. Foi possível perceber também a presença de estruturas secretoras inseridas nos feixes vasculares de menor calibre (FIGURA 5A-C), com presença de drusas.

A nervura central apresenta parênquima fundamental ocorrendo na região central com células de diferentes tamanhos e presença de colênquima do tipo angular externamente ao feixe vascular (FIGURA 4B-D), além de idioblastos cristalíferos. O feixe vascular principal é do tipo colateral em formato de arco fechado, ocorrendo o floema externamente ao xilema. Apresenta estruturas secretoras no tecido floemático e feixe vascular acessório com xilema invertido (FIGURA 5B-D), e fibras esclerenquimáticas no feixe vascular. O sistema vascular é semelhante ao descrito da raque, a partir da região mediana, até a região apical, formando uma estrutura semi-circular, externamente ao floema, por uma bainha de fibras esclerenquimáticas (FIGURA 4B-D). O parênquima fundamental é constituído por células de paredes finas e de formatos irregulares.

Figura 5 - Secções transversais dos folíolos de *Commiphora leptophloeos* coletados em diferentes áreas no norte de Minas Gerais.

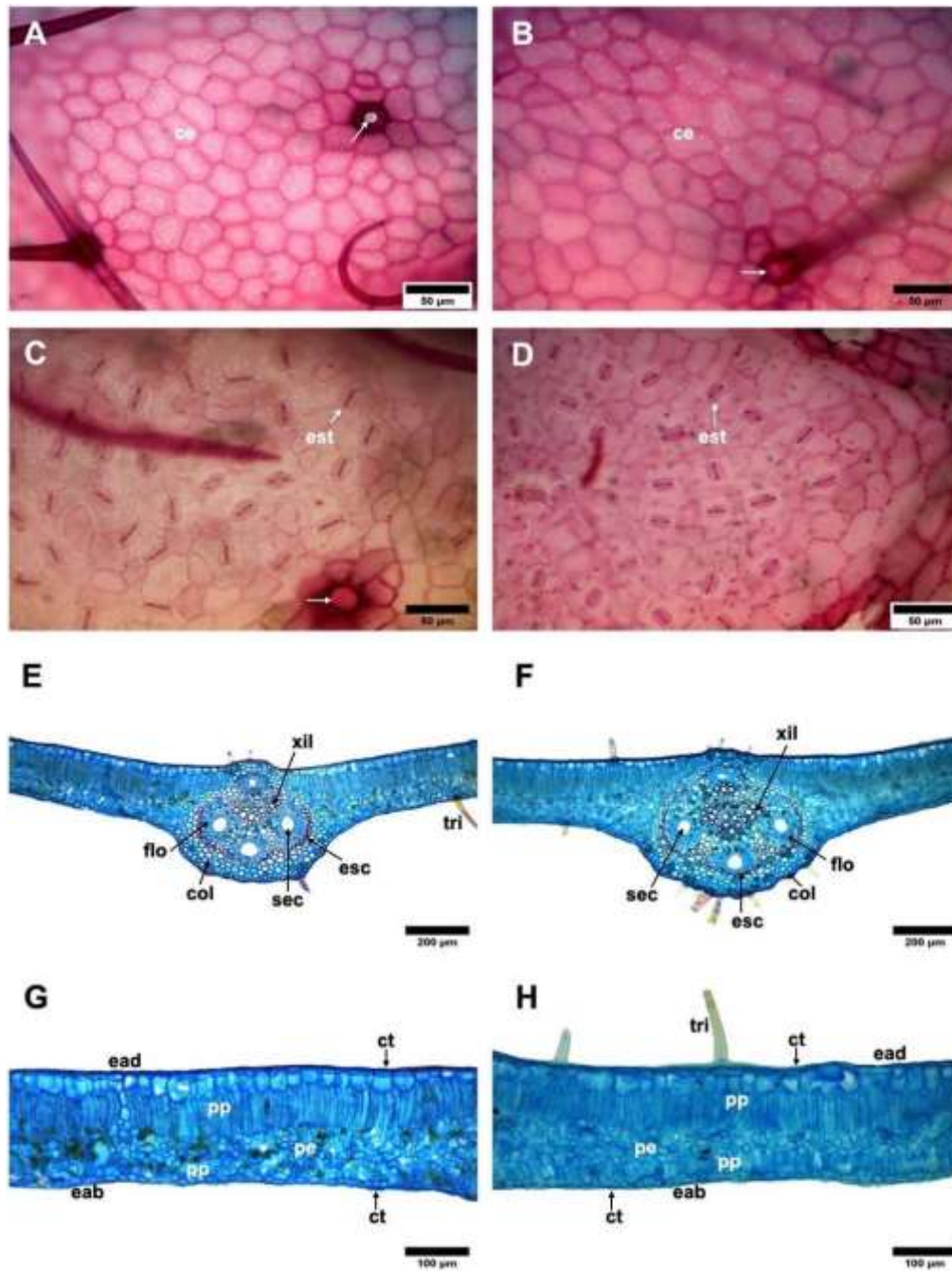


Legenda: A, C e E = secções anatómicas de folíolos de *C. leptophloeos* da área Caatinga arbórea; B, D e F = secções anatómicas de folíolos de *C. leptophloeos* da região Furados. Siglas: fa = feixes vasculares acessórios com xilema invertido; xil = xilema; flo = floema; pp = parênquima paliçádico; pe = parênquima esponjoso, pf = parênquima fundamental; pa = parênquima; sec = estruturas secretoras; est = estômatos; tri = tricomas pluricelulares; ep = epiderme; ct = cutículas.

Fonte: (Da autora 2021).



Figura 6 - Secções paradérmicas e transversais dos folíolos de *C. leptophloeos* evidenciando o limbo foliar e a nervura central em diferentes áreas de coletas no norte de Minas Gerais.



Legenda: A, C, E e G = secções anatômicas da área Caatinga arbórea; B, D, F e H = secções anatômicas da área Furados. Siglas: ead = epiderme da face adaxial; eab = epiderme da face abaxial; ct = cutícula; pp = parênquima paliçádico; pe = parênquima esponjoso; pf = parênquima fundamental; esc = fibras esclerenquimáticas; co = colênquima; flo = floema; xil = xilema; sec = estruturas secretoras; tri = tricomas.

Fonte: (Da autora 2021).

### 3.4 Anatomia quantitativa foliar

Foram observadas modificações em algumas das variáveis quantitativas das estruturas internas da raque (TABELA 2) e das unidades foliares (TABELA 3), o que é esperado quando uma mesma espécie ocorre em áreas com diferentes características.

Tabela 2: Características morfoanatômicas da raque de *Commiphora leptophloeos* em diferentes áreas no norte de Minas Gerais.

<b>Características</b>	<b>Caatinga arbórea</b>	<b>Furados</b>
Área do floema (mm <sup>2</sup> )	368,97 ± 83,70 a	316,02 ± 80,94 a
Área do xilema (mm <sup>2</sup> )	341,28 ± 146,14 a	206,78 ± 45,72 b
Área do feixe vascular (mm <sup>2</sup> )	939,96 ± 290,30 a	703,87 ± 156,30 a
Área do esclerênquima (mm <sup>2</sup> )	132,20 ± 41,55 a	182,20 ± 153,35 a
Estruturas secretoras no floema (n°)	11,06 ± 2,31 a	8,06 ± 1,55 b

Legenda :Médias (± desvio padrão) seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as áreas ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: Da autora (2021).

Observou-se diferenças estatísticas significativas entre os valores da área do xilema e das estruturas secretoras no floema da raque com variação de 39,41% e 27,13% respectivamente, onde a maior média entre as áreas foi encontrada na Caatinga arbórea (FIGURA 2; TABELA 2). Quanto às outras variáveis anatômicas da raque estudadas, não foram possíveis observar diferenças significativas.

Tabela 3 - Características morfoanatômicas dos folíolos de *Commiphora leptophloeos* em diferentes áreas no norte de Minas Gerais.

<b>Características</b>	<b>Caatinga arbórea</b>	<b>Furados</b>
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	4,29 ± 1,75 a	4,23 ± 1,03 a
Comprimento foliar (cm)	3,26 ± 0,77 a	3,16 ± 0,35 a
Largura foliar (cm)	1,65 ± 0,35 a	1,74 ± 0,26 a
Espessura da cutícula adaxial (µm)	4,05 ± 0,86 a	3,90 ± 1,37 a
Espessura da cutícula abaxial (µm)	2,83 ± 0,72 a	2,41 ± 0,84 b
Espessura da epiderme adaxial (µm)	10,36 ± 2,58 a	9,63 ± 2,32 a
Espessura da epiderme abaxial (µm)	6,10 ± 1,37 a	5,44 ± 1,03 b
Diâmetro polar estomático (µm)	18,24 ± 2,18 a	16,86 ± 2,09 b
Diâmetro equatorial estomático (µm)	9,82 ± 1,59 a	8,49 ± 1,18 b
Densidade estomática (mm <sup>2</sup> )	0,32 ± 0,10 a	0,33 ± 0,08 a
Densidade de tricomas adaxial (mm <sup>2</sup> )	0,02 ± 0,01 b	0,03 ± 0,01 a
Densidade de tricomas abaxial (mm <sup>2</sup> )	0,01 ± 0,10 b	0,02 ± 0,01 a
Espessura do parênquima paliçádico adaxial (mm <sup>2</sup> )	76,37 ± 14,3 a	75,64 ± 11,6 a
Espessura da camada sub epidérmica	28,99 ± 7,73 a	27,78 ± 5,97a
Espessura do parênquima paliçádico abaxial (mm <sup>2</sup> )	19,67 ± 3,56 b	24,44 ± 5,48 a
Espessura do parênquima esponjoso (mm <sup>2</sup> )	60,56 ± 14,2 a	59,41 ± 15,6 a
Espessura total do limbo foliar (mm <sup>2</sup> )	221,1 ± 24,5 a	230,9 ± 22,1 a
Índice de Vulnerabilidade de Carlquist (µm)	0,77 ± 0,34 a	0,57 ± 0,19 b
Área total do esclerênquima (mm <sup>2</sup> )	8,22 ± 5,23 b	11,36 ± 4,37 a

Legenda: Médias (± desvio padrão) seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as áreas ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: Da autora (2021).

Observou-se diferenças significativas na espessura da cutícula e da epiderme na face abaxial, sendo maiores na área Caatinga arbórea, com variação de 14,84% e 10,90% entre as áreas. Observou-se uma diferença estatística significativa entre os valores dos diâmetros estomáticos equatorial e polar, sendo de 13,54% e 7,69% entre as áreas, respectivamente, com maior média também na área Caatinga arbórea (TABELA 3). As densidades de tricomas na face adaxial e abaxial, apresentaram diferenças significativas de 33,33 % e 50% entre as áreas,

com média maior na área Furados. Foi observado no parênquima paliçádico abaxial diferenças significativas, havendo variação de 19,52% entre as áreas, sendo maior na área Furados (TABELA 3). Observou-se no índice de vulnerabilidade de Carlquist diferenças estatísticas significativas com variação de 25,98% entre as áreas, sendo observada maior média na área Caatinga arbórea e a área total do esclerênquima apresentou diferenças estatísticas significativas com variação de 72,35%, com maior média na área Furados.

Com relação às dimensões foliares morfométricas, espessura da cutícula adaxial, espessura da epiderme adaxial, parênquima paliçádico adaxial, parênquima esponjoso e a espessura total do limbo foliar não foram observadas diferenças significativas (TABELA 3).

#### 4 DISCUSSÕES

Com relação aos dados edáficos, foi possível perceber diferenças com relação à profundidade do solo, pH, teor de magnésio e textura, o que, provavelmente, reflete nas características de retenção hídrica do solo (PAULA., 2018). Na área Furados, essas características, aliadas à impermeabilização do solo devido aos lajedos de calcário, ocasionam o acúmulo de água nas épocas chuvosas. A análise da morfoanatomia de *Commiphora leptophloeos* apresentou folhas com características mesomórficas, mesmo sendo uma planta de ambiente xerofítico com comportamento decíduo, perdendo suas folhas na época da seca, que é um comportamento típico das plantas da Caatinga.

Os vegetais possuem vários mecanismos que permitem sua sobrevivência com uma frequência, conseguindo desenvolver-se em ambientes complexos (TAIZ; ZEIGER, 2017). As folhas de *C. leptophloeos* apresentaram-se compostas pinadas, e conforme Cronk (2001) as folhas pinadas (compostas) podem ter evoluído de folhas simples, por partição foliar, para ocorrer um contato maior com o ar circundante da lâmina foliar e assim ocorrendo diminuição da temperatura interna dos tecidos que são responsáveis pela fotossíntese.

Nos aspectos anatômicos qualitativos de *C. leptophloeos* os folíolos apresentam epiderme adaxial e abaxial com células justapostas, sem a presença de espaços intercelulares, podendo estar relacionado com uma maior proteção contra a perda de água, corroborando com Alquini et al. (2006), quando evidencia que a disposição compacta das células restringe a perda de água, assim podendo ser justificado pelo fato de *C. leptophloeos* se encontrar em ambiente com alta intensidade luminosa.



Com relação à cutícula, foi possível observar maior espessura da cutícula, da epiderme adaxial em relação à epiderme abaxial, apresentando assim características xerofíticas (CASTRO et al., 2009; ESAÚ, 2000), contribuindo para a redução da transpiração cuticular, o que pode elevar a eficiência no uso de água nas plantas (FERREIRA et al., 2015).

Os tricomas tectores de *C. leptophloeos* são apresentados em grandes quantidades em ambas as faces, o que é característico de ambientes xerofíticos; segundo Espindola Junior et al. (2009) as folhas das espécies estabelecidas em regiões com alta intensidade luminosa de modo geral apresentam maiores quantidades de tricomas. Podem desempenhar funções de defesa contra ataques de patógenos (VALKAMA, 2005) e a herbivoria (WOODMAN; FERNANDES, 1991), em alguns casos podem auxiliar no aumento da reflexão dos raios solares, assim diminuindo a temperatura no interior e superfície da folha, e na redução a perda de água (BOEGER, 2008; LARCHER, 2004).

Os folíolos de *C. leptophloeos* são hipoestomáticos e apresentam grandes quantidades de estômatos. Estudos apontaram que uma maior quantidade de estômatos na face abaxial indica a existência de mecanismos de prevenção contra a excessiva perda de água através da transpiração, sabendo que a temperatura na face adaxial tende a ser mais alta, devido a maior exposição a intensidade solar (BOEGER; GLUZEZAK, 2006).

As modificações que foram encontradas nos tecidos foliares do mesofilo e nervura central nos mostram as diferentes adaptações ecológicas que ocorrem nas folhas. Observou-se a presença de mesofilo isobilateral em *C. leptophloeos*, o que é característico do gênero *Commiphora* (METCALFE; CHALK., 1957). Essa observação indica o investimento em tecido fotossintético das folhas, o que, segundo Fanh e Cutler (1992) e Metcalfe (1983), são característicos de plantas expostas a altas intensidades de luz solar, que atinge as duas faces da folha (TAIZ; ZEIGER., 2017) diretamente sobre a epiderme adaxial e indiretamente, por reflexão no solo, sobre a epiderme abaxial; também pelo fato de serem folhas de períodos chuvosos, elas poderiam ter se ajustado para uma resposta fotossintética mais rápida.

A nervura central, por sua vez, apresentou feixe vascular do tipo colateral fechado, com a presença de feixe acessório e estruturas secretoras anexas, sendo que essas últimas também apareceram no mesofilo. Segundo Metcalfe e Chalk (1957) essas informações também são características da família. As estruturas secretoras podem estar relacionadas a diversas funções importantes para as plantas, como é o caso dos idioblastos secretores, cristalíferos e de reserva,

que dependendo da substância, podem exercer função de proteção contra a herbivoria, potencializar o acúmulo de água, redução na transpiração e também proteção contra a radiação solar (PIMENTEL et al., 2011).

Com relação aos aspectos quantitativos, a raque de *C. leptophloeos* apresentou diferenças estatísticas significativas entre as áreas. A área do xilema e a quantidade de estruturas secretoras presentes no floema apresentaram-se maiores na área Caatinga arbórea. Quanto às outras variáveis não foram possíveis observar diferenças estatísticas significativas. Segundo Cavalcanti (2017) e MetCalfe e Chalk (1850), a raque é uma estrutura semelhante ao pecíolo e que, portanto, também apresenta organização semelhante. Dentre suas principais funções estão: proporcionar resistência mecânica para os folíolos, arranjar os folíolos para a interceptação da luz solar e transporte de água para os folíolos. Ainda segundo os autores, uma maior área ocupada pelo feixe indica maior vascularização da raque e, conseqüentemente, melhor fluxo hídrico e nutricional. Nesse sentido, entende-se que a maior área ocupada pelo xilema nas raques, indica uma estratégia à baixa retenção hídrica na área Caatinga arbórea, otimizando o transporte da água quando disponível e, conseqüentemente, otimizando também a produtividade fotossintética da planta.

Em relação a espessura da cutícula da face adaxial de *C. leptophloeos* não apresentou variação significativa entre as áreas. Já na cutícula da face abaxial, foi possível observar diferença significativa entre as áreas, em que a espessura foi maior na área Caatinga arbórea em relação à área Furados. A mesma situação foi observada para a espessura da epiderme. De acordo com Dardengo et al. (2017), essas estruturas funcionam como protetoras e atenuadoras dos raios solares, evitando o superaquecimento e mau-funcionamento das estruturas internas à folha. Além disso, a cutícula tem importante papel na resistência à perda de água pela lâmina foliar, contribuindo para a redução da transpiração e levando à eficiência no uso da água nas plantas (FERREIRA et al., 2015), o que está diretamente relacionado com a luminosidade e radiação incidente. Nesse sentido, como foi possível observar diferenças significativas na espessura desses tecidos apenas na face abaxial, podemos entender que a radiação direta incidente na superfície adaxial é semelhante nas duas áreas.

A área Furados apresenta áreas de mata aberta e esparsa, sobre lajedos de calcário com solo raso (PAULA et al., 2018), que, teoricamente, reflete maior quantidade de luz solar para a superfície abaxial da folha, o que ocasionaria no maior desenvolvimento das estruturas supracitadas. Porém, ainda segundo os autores, essa área tem a capacidade de acumular água

durante o período da chuva. Nesse sentido, entende-se que o acúmulo de água no período chuvoso, que é justamente o período no qual essas plantas investem em folhas, pode estar condicionando esse ajuste na espessura da cutícula e da epiderme abaxial pois conseguiram se adaptar a esse ambiente devido à maior umidade ocasionada pelo acúmulo de água nos lajedos de calcário nesse período.

O diâmetro polar e equatorial de *C. leptophloeos*, apresentaram maiores médias na área Caatinga arbórea, mostrando que os estômatos são menores na área Furados. Isso ocorre porque Furados é uma área com restrição hídrica, altas temperaturas e incidência solar direta e por reflexão, por ser uma área aberta, com árvores esparsas, necessitando assim de um melhor controle de abertura e fechamento dos estômatos. De acordo com Castro, Pereira e Paiva (2009) e Taiz e Zeiger (2017), estômatos menores apresentam maior controle de abertura e fechamento, justamente por conta de seu menor tamanho, permitindo que esse processo ocorra mais rapidamente, evitando a perda de água em excesso.

A densidade de tricomas apresentou maiores médias, tanto na face adaxial quanto na abaxial na área Furados. Em plantas de ambientes áridos, a presença de tricomas é muito comum (FAHN; CUTLER, 1992). Essa variável se relaciona com a conservação de água das folhas, sendo considerada uma estratégia para plantas que se desenvolvem em condições xéricas (KÖRNER et al., 1986). O maior número de tricomas proporciona maior reflexão dos raios solares, evitando a danificação do aparato fotossintético pela alta radiação ultra-violeta (SMITH et al., 1997). Outra questão interessante, é que os tricomas podem criar um microclima na superfície foliar, formando uma camada de ar retida sobre a superfície das folhas, que funciona como uma barreira à perda de água (EHLERINGER, 1983) e controlando a temperatura interna das folhas durante o dia (WOODMAN; FERNANDES, 1991). Dessa forma, os tricomas auxiliam na conservação da funcionalidade das folhas (WOODMAN; FERNANDES, 1991). Essas informações explicam a maior densidade de tricomas na área Furados, uma vez que, como já foi dito, se trata de uma área aberta, com alta incidência solar e que apresenta essa característica retenção hídrica nos solos devido à textura dos solos e os lajedos calcários, em épocas chuvosas, e que também apresenta longos períodos de seca (PAULA et al., 2018).

Em relação à espessura do parênquima paliçádico na face adaxial não foi significativo entre as áreas, reforçando a ideia de que a luminosidade direta incidente sobre as folhas das plantas nas duas áreas é semelhante. Já na espessura do parênquima paliçádico da face abaxial houve diferenças significativas. É interessante ressaltar que, conforme já mencionado

anteriormente, a luz solar, normalmente, atinge as duas faces da folha, diretamente sobre a face adaxial e indiretamente, por reflexão, a face abaxial (TAIZ; ZEIGER, 2017). Nesse sentido, como a área Furados é representado por uma área aberta, com mata esparsa e com a presença de lajedos de calcário (PAULA et al., 2018), entende-se que essa luz solar indireta é refletida pelo solo de maneira mais efetiva. Nesse sentido, pode-se considerar que é interessante para as plantas dessas áreas desenvolverem maior espessura de parênquima paliçádico, o que segundo Taiz e Zeiger (2017), garante o maior aproveitamento da luminosidade indireta nos processos fotossintéticos, por meio da transmissão direta e efetiva dos raios solares no interior dos folíolos. Além dessa questão, é importante ressaltar também que a área Furados possui alta capacidade de retenção hídrica no período chuvoso. A água é um dos componentes principais da decomposição da matéria orgânica e liberação de nutrientes orgânicos para o solo, assim como nos processos metabólicos de fotossíntese e produção de biomassa (RONQUIM, 2010). Nesse sentido, é ainda mais interessante o maior desenvolvimento do parênquima paliçádico das folhas, pois além de alta intensidade luminosa, a área também apresenta grande quantidade de água, sendo essas duas das matérias-primas para o processo fotossintético.

O Índice de vulnerabilidade de Calrquist apresentou diferenças significativas entre as áreas, onde na área Caatinga arbórea foi maior. Esse índice indica uma relação entre a condição xeromórfica da área e a vulnerabilidade do sistema de condução hídrica das plantas. Segundo Castro et al. (2009), quanto maior o valor do índice, menores são as condições xeromórficas e maior é a vulnerabilidade do sistema de condução hidráulica, aumentando o risco de embolia. Essa relação se configura como um *trade-off* entre segurança e eficiência hidráulica, pois levam à redução da resistência ao fluxo de água em detrimento à diminuição da segurança de transporte, podendo levar à embolia (SPERRY et al., 2007; POORTER et al., 2010). Dessa forma, as plantas sob estresse hídrico tendem a otimizar o transporte de água no interior dos vasos, visto que esta, na maioria das vezes, é pouco disponível. Esse tipo de estratégia é importante também nas folhas, facilitando a chegada de água nas mesmas (CUTTER, 1987; CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009), uma vez que esta é uma importante matéria-prima para o processo fotossintético. Nesse sentido, considerando que as condições dos solos da Caatinga Arbórea levam a baixa taxa de retenção hídrica, é interessante que as plantas desse local invistam nesse tipo de estratégia, de forma a otimizar o transporte de água quando ela está disponível, na época chuvosa, mesmo que isso leve à menor segurança o transporte.

A área total do esclerênquima da área Furados foi maior do que a da área Caatinga arbórea. A presença de esclerênquima em torno dos feixes vasculares da nervura central pode

estar relacionada à sua estratégia de proteção contra a herbívora e, segundo MetCalfe e Chalk (1950), esse tecido está normalmente presente ao redor dos feixes vasculares. Porém, além dessa questão, Choong et al. (1992) observaram que a resistência foliar é maior em folhas que apresentam bainhas esclerenquimáticas. Nesse sentido, em ambientes com características xerofíticas, onde a incidência luminosa, a temperatura e conseqüentemente a perda de água são altas, pode ocorrer o murchamento e danos na estrutura foliar (BARROS, 2010). Ainda segundo a autora e Choong (1992), esses tipos de danos tendem a ser minimizados quando existem fibras esclerenquimáticas circundando os feixes vasculares, que podem desempenhar a função de manter a integridade da estrutura foliar. Partindo desse pressuposto, e levando em consideração as características já citadas sobre a área Furados, principalmente em questão de se tratar de uma área aberta, sobre lajedos de calcário, e que, portanto, apresenta maior incidência de radiação, direta e indireta, sobre as folhas de *C. leptophloeos*, torna-se necessário que, para a sobrevivência e integridade das folhas dessas plantas, haja investimento em tecido esclerenquimático ao redor dos feixes. Sendo assim, essas folhas apresentam suporte mais robusto para suportar a intensidade luminosa e manter-se sempre íntegras para realizar os processos necessários à sobrevivência da planta.

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos pela análise das características morfoanatômicas das folhas de *C. leptophloeos*, pode-se concluir que houve variações anatômicas em suas estruturas foliares devido às influências das variações edáficas, demonstrando apresentar capacidade plástica para se adaptar e sobreviver a ambientes xerofíticos.

## REFERÊNCIAS

- ABDEL-DAIM, M. M.; GHAZY, E. W.; FAYEZ, M. Papel protetor sinérgico de mirazida (*Commiphora molmol*) e ácido ascórbico contra cardiotoxicidade induzida por tilmicosina em camundongos. **Can. J. Physiol. Pharmacol**, v.93, p. 45–51. 2015
- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 160p.
- AGUIAR-CAMPOS, N. *et al.* Can one-scale habitats of limestone outcrops be considered litho-refugia for dry forest tree lineages? **Biodiversity and Conservation**, v. 29, n. 3, p. 1009– 1026. 2020
- ALQUINI, Y. *et al.* Epiderme. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: Editora UFV, 2013. p. 85-104.
- ARAÚJO, E. L. *et al.* Diversidade de herbáceas em micro-habitats rochoso, plano e ciliar em

uma área de caatinga, Caruaru, PE- Brasil, **Acta Botânica Brasílica**, Brasília, v. 19, n.2, p. 285-294. 2005.

BARROS, I.O. **Anatomia ecológica foliar da caatinga**. Dissertação de Mestrado (Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010. 69p.

BARROS, I. O.; SOARES, A. A. Adaptações anatômicas em folhas de marmeleiro e velame da caatinga brasileira. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 44, p. 192-198. 2013.

BERSIER, J. D., e BOCQUET, G. Les méthodes d'éclaircissement en vascularization et en morphogénie végétales comparées. **Arch. Sci., Geneve**, v. 13, p. 555-566. 1960.

BOEGER, M.R.T.; GLUZEZAK, R.M. Adaptações estruturais de sete espécies de plantas para as condições ambientais da área de dunas de Santa Catarina, Brasil. **Iheringia**, v. 61, p. 73-82. 2006.

BOEGER, M. R. T. *et al.* Variabilidade morfológica foliar de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 3, p. 443-452. 2008.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: Editora UFLA, 2009. 234 p.

CARDOSO, D. B. O. S.; QUEIROZ, L. P. Caatinga no contexto de uma metacomunidade: evidências da biogeografia, padrão filogenéticos e abundância de espécies em Leguminosas. In: CARVALHO, C. J B.; ALMEIDA, E. A. B. **Biogeografia da América do Sul: Padrões e processos**. São Paulo: Editora Roca, 2011. p. 241-260.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2003. 292p.

CARVALHO, P.E.R. Imburana-de-Espinho: *Commiphora leptophloeos*. Colombo (PR): Embrapa Florestas. **Comunicado Técnico 228**. 2009. 8p.

CHOONG, M. F. *et al.* Leaf fracture toughness and sclerophylly: their correlations and ecological implications. **New Phytol.**, v. 121, p. 597-610. 1992.

CLARK., D. B. Los factores edáficos y la distribución de las plantas. In: GUARIGUATA, M. KATTAN, G.H. **Ecologia y conservacion de Bosques Neotropicales**. Cartago, Costa Rica: Libro Universitario Regional, 2002. p. 193-221.

CRONK, Q. C. Plant evolution and development in a post-genomic context. **Nat. Rev. Genet.**, v. 2, p. 607-619. 2001.

CUTTER, E. G. **Anatomia vegetal: parte II – órgãos - experimentos e interpretação**. São Paulo: Roca, 1987. 336p.

DARDENGO, J. F. E. *et al.* Análise da influência luminosa nos aspectos anatômicos de folhas de *Theobroma speciosum* Willd ex Spreng (Malvaceae). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 843-851. 2017.

- DAVIDAR, P. *et al.* The effect of climatic gradients, topographic variation and species traits on the beta diversity of rain forests trees. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, p. 510-518. 2007.
- SOUZA C. R. *et al.* Small-scale edaphic heterogeneity as a floristic–structural complexity driver in Seasonally Dry Tropical Forests tree communities. **Journal of Forestry Research**, v. 31, p. 2347:57, 2020.
- DICKISON, W. C. **Integrative plant anatomy**. New York: Academic Press, 2000. 533p.
- DUIVENVOORDEN, J. F.; SVENNING, J. C.; E WRIGHT, S. J. Beta Diversity in Tropical Forests. **Science**, v. 295, p. 636-637. 2002.
- DUQUE, J. G. **Solo e água no polígono das secas**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 273p.
- ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Edgard Blücher, 1974. 293p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 353p.
- EHLERINGER, J. R. Ecology and ecophysiology of leaf pubescence in North American desert plants. In: RODRIGUEZ, E.; HEALEY, P. L.; MEHTA, I. **Biology and chemistry of plant trichomes**. Plenum: New York, 1983. p. 113-132.
- FAHN, A.; CUTLER, D. **Xerophytes**. Berlin: Gebruder Borntraeger, 1992. 176p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042. 2011.
- FUZETO, A. P.; LOMÔNACO, C. Potencial plástico de *Cabraela canjerana* subsp. *Polytricha* (Adr. Juss.) Penn. (Meliaceae) e seu papel na formação de ecótipos em área de cerrado e vereda. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, p. 169-176. 2000.
- ESPINDOLA JUNIOR, A. *et al.* Variação na estrutura foliar de *Mikania glomerata* Spreng. (Asteraceae) sob diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasil. Bot.**, v. 32, n. 4, p. 749-758. 2009.
- FERREIRA, C. S. *et al.* Anatomia da lâmina foliar de onze espécies lenhosas dominantes nas savanas de Roraima. **Acta Amaz.**, Manaus, v. 45, n. 4, p. 337-346. 2015.
- GIANASI, F. M. *et al.* A filtragem ambiental indireta e diretamente direciona a composição e a composição funcional das espécies da Floresta Tropical Seca. **Ecological Research**, v. 36, p. 107 - 118. 2020.
- KÖRNER, C.; BANNISTER, P.; MARK, A. F. Altitudinal variation in stomatal conductance, nitrogen content and leaf anatomy in different plant life forms in New Zealand. **Oecologia**, v. 69, p. 557-588.1986.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de

Janeiro, RJ: Seropédica, 1997. 198 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531p.

LEPS, J. Diversity and ecosystem function. In: Van der Maarel E.; Franklin, J. **Vegetation Ecology**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2013. p. 199-237.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 2. ed. Fortaleza: Printicolor Gráfica e Editores, 2012. 413p.

MASS, M.; BURGOS, A. Water dynamics at the ecosystem level. In: DIRZO, R. *et al.* **Seasonally dry tropical forests: ecology and conservation**. Washington: Island, 2011. p. 141-156.

MELO, JR., J. C. F.; BOEGER, M. R.T. Leaf traits and plastic potential of plant species in a lightedaphic gradient from restinga in southern brazil. **Acta Biológica Colombiana**, v. 21, p. 51-62. 2015.

MANAVALAN, L. P. *et al.* Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. **Plant & Cell Physiology**, v. 50, p. 1260–1276. 2009.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. Oxford: Clarendon Press, v. 1, 1950. 806 p.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons: leaves, stem and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses**. Oxford: Clarendon Press. v. 1, 1957. 1500p.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons: wood structure and conclusion of the general introduction**. New York: Oxford University, 1983. 330p.

MORO, M. F. *et al.* A catalogue of the vascular plants of the Caatinga Phytogeographical Domain: a synthesis of floristic and phytosociological surveys. **Phytotaxa**, v. 160, n. 1, p. 1-118. 2014.

NIMER, E. Climatologia da Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira Geografia**, v. 34, n. 2, p. 3–136. 1972.

PAULA, G.G.P. *et al.* Influence of environmental variations on the formation of microhabitats within a fragment of Seasonally Dry Tropical Forest - SDTF, Brazil. **Rev. Árvore**, v. 42, n. 2, e420211. 2018.

PEÑA-CLAROS, M., *et al.* Efeitos do solo na estrutura e diversidade da floresta em uma floresta tropical úmida e seca. **Biotropica**, v.44, p. 276–283. 2012.

PINHEIRO, C.; CHAVES, M. M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? **Journal of Experimental Botany**. v. 62, p. 869–882. 2011.

PIMENTEL, R. R.; MACHADO, S. R.; ROCHA, J. F. Estruturas secretoras de Pavonia



alnifolia (Malvaceae), uma espécie ameaçada de extinção. **Rodriguésia**, v. 62, n. 2, p. 253-262. 2011.

POORTER, L. *et al.* The importance of wood traits and hydraulic conductance for the performance and life history strategies of 42 rainforest tree species. **New Phytologist**, v. 185, p. 481-492. 2010.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da caatinga**. 2. ed. Recife: Editora da Universidade Federal de Pernambuco, 2005. p. 3-74.

RIBEIRO, K. T.; MEDINA, B. M. O.; SCARANO, F.R. Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE- **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, p. 623-639. 2007.

Ronquim, C.S. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: EMBRAPA, 2010. 34p.

SAKITA, H. Y.; KOLB, R.M. Por dentro das folhas de plantas do cerrado. **Aprendendo Ciência**, v. 3, p. 6-9. 2014.

SANTOS, R. M. *et al.* Estrutura e florística de um remanescente de Caatinga Arbórea em Juvenília, Norte de Minas Gerais, Brasil. **Cerne**, v. 17, n. 2, p. 247- 258. 2011.

SANTOS, R. M. *et al.* Identity and relationships of the Arboreal Caatinga among other floristic units of seasonally dry tropical forests (SDTFs) of north-eastern and Central Brazil. **Ecology and Evolution**, v. 2, n. 2, p. 409-428. 2012.

SCHULZE, E. F.; BECK, E.; MULLER-HOHENSTEIN, K. **Plant Ecology**. Berlin: Springer, 2019. 928p.

SMITH, W. K. *et al.* Leaf form and photosynthesis: do leaf structure and orientation interact to regulate internal light and carbon dioxide? **Bioscience**, v. 47, p. 785-793. 1997.

SNYDER, K. A.; TARTOWSKI, S. L. Multi-scale temporal variation in water availability: Implications for vegetation dynamics in arid and semi-arid ecosystems. **Journal of Arid Environments**, v. 65, n. 2, p.219-234. 2006.

SPERRY, J. S.; MEINZER, F. C.; MCCULLOH, K, A. Safety and efficiency conflicts in hydraulic architecture: scaling from tissues to trees. **Plant, Cell & Environment**, v. 31, p. 632-645. 2008.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2017. 888p.

VALKAMA, E. *et al.* Leaf surface traits: overlooked determinants of birch resistance to herbivores and foliar microfungi? **Trees**, v. 19, p. 191-197. 2005.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões: Propostas para**

**o bioma Caatinga.** Recife: Associação Plantas do Nordeste, Instituto de Conservação Ambiental, 2002. 80p.

VLEMINCKX, J. *et al.* Impact of fine-scale edaphic heterogeneity on tree species assembly in a central African rainforest. **Journal of vegetation science**, v. 26, n. 1, p. 134-144. 2015.

WOODMAN, R.L.; FERNANDES, G.W. Differential mechanical defense: herbivory, evapotranspiration, and leaf-hairs. **OIKOS**, v. 60, p. 11-19. 1991.

ZINI, A. S. *et al.* Anatomia foliar de Rubiaceae ocorrentes em fragmento florestal urbano de Mata Atlântica, PR, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 173-182. 2016.