



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA

CURSO DE AGRONOMIA

Contribuição da condutância estomática de grupos funcionais de plantas lenhosas na condutância do dossel em vegetação de Caatinga

Angela Lucena Nascimento de Jesus

SERRA TALHADA, PE

MAIO DE 2022

Angela Lucena Nascimento de Jesus

Contribuição da condutância estomática de grupos funcionais de plantas lenhosas na condutância do dossel em vegetação de Caatinga

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharelado em Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST, sob a orientação do

Professor Dr. André Luiz Alves de Lima

SERRA TALHADA, PE

MAIO DE 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- J58c Jesus, Angela Lucena Nascimento de
 Contribuição da condutância estomática de grupos funcionais de plantas lenhosas na condutância do dossel em
 vegetação de Caatinga / Angela Lucena Nascimento de Jesus. - 2022.
 55 f. : il.
- Orientador: Andre Luiz Alves de Lima.
 Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
 Agronomia, Serra Talhada, 2022.
1. Anatomia. 2. evapotranspiração. 3. fisiologia. 4. tipos funcionais. 5. umidade relativa do ar. I. Lima, Andre Luiz
 Alves de, orient. II. Título

CDD 630

Angela Lucena Nascimento de Jesus

Contribuição da condutância estomática de grupos funcionais de plantas lenhosas na condutância do dossel em vegetação de Caatinga

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharelado em Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST.

Aprovado em 23/05/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. André Luiz Alves de Lima – UFRPE/UAST (Orientador)

Prof. Dr. Eduardo Sores de Souza – UFRPE/UAST

Prof. Dr. André Laurênio de Melo – UFRPE/UAST

DEDICATORIA

Dedico a minha tia Neta, a minha irmã Angélica, e meu esposo Cleilton, por me ajudarem a vencer todos os desafios.

E ao meu orientador prof. Dr. André Luiz Alves de Lima, que admiro muito.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que em tudo foi minha fortaleza e o meu socorro.

Agradeço de todo o meu coração a minha tia Maria Neta, minha irmã Angelica e meu esposo Cleilton, por todo apoio, ensinamentos, e por estarem sempre ao meu lado.

Sou eternamente grata a todos do grupo de estudo que me acolheram e com muita paciência, e dedicação me auxiliaram em todas as atividades científicas, que possibilitou a realização desse trabalho. Os quais destaco especialmente o meu orientador professor Dr. André Luiz Alves de Lima, pela disponibilidade, pelos conselhos, e orientações, que foram cruciais para o meu amadurecimento no mundo científico, bem como Nielson Brito e Maria Jucicléa (Cléa) que me deram total apoio em todas as atividades realizadas.

Ao dono da fazenda Buenos Aires, Sr. Bonzinho, que disponibilizou a área para realização das atividades.

Aos professores Dr. Eduardo Soares, Dr. André Laurênio por aceitarem participar da banca examinadora, e contribuir para o aperfeiçoamento do trabalho.

Ao Programa de Pós- Graduação em Produção Vegetal (PGPV), também ao Observatório Nacional da Dinâmica da Água e de Carbono no Bioma Caatinga (ONDACBC) e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela disponibilidade dos equipamentos e materiais.

À Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), pela oportunidade e contribuições essenciais no meu processo de formação profissional.

Agradeço a todos os meus professores da graduação pelos valiosos conhecimentos repassados.

Aos meus amigos da turma, destaco especialmente minha melhor amiga, Maria Louize (Malu), por ter estado sempre ao meu lado, me incentivando. Também Pedro, Rafael, Silvano, Davi, Natalia, Jessica e Higor, por sempre estarem comigo nos momentos mais difíceis da graduação, e pelos momentos felizes jamais esquecidos.

Agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para realização desse trabalho.

RESUMO

As espécies arbóreas de regiões semiáridas contribuem de diferentes formas para o resfriamento do dossel, tendo em vista a diversidade de espécies e grupos funcionais de plantas. Embora a relação vegetação-atmosfera seja importante do ponto de vista de mudanças climáticas, trabalhos que avaliam a contribuição de grupos funcionais da caatinga para a condutância do dossel ainda são escassos. O objetivo desse trabalho foi avaliar a relação da condutância estomática de diferentes grupos funcionais de plantas com a condutância do dossel em vegetação de Caatinga. O trabalho foi realizado em uma área da Caatinga, situada na Fazenda Buenos Aires, Serra Talhada- PE. Foram avaliadas duas espécies de alta densidade de madeira (ADM) e duas espécies de baixa densidade de madeira (BDM). Os dados meteorológicos foram obtidos de uma estação micrometeorológica instalada na área de estudo e calculados a condutância do dossel. Avaliou-se a condutância estomática, temperatura foliar e o potencial hídrico do xilema. Foram coletadas amostras do caule e mensuradas estruturas anatômicas do xilema. Foi feita a análise de variância de medidas repetidas, e o teste de *Tukey* com $p < 0,05$. Os grupos funcionais contribuíram de forma distinta para a condutância do dossel. Houve relação positiva da condutância do dossel e condutância estomática (0,761). No período inicial das chuvas a condutância do dossel foi de $0,003 \text{ m s}^{-1}$, sendo que a maior contribuição para condutância do dossel ocorreu pelas espécies ADM ($150 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). No período chuvoso a condutância estomática das espécies aumentou, para as ADM ($100 \text{ a } 300 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e BDM ($200 \text{ a } 300 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). A condutância do dossel também aumentou no período chuvoso ($0,02 \text{ e } 0,05 \text{ m s}^{-1}$). O potencial hídrico foi mais elevado para as espécies do grupo BDM ($-1,2 \text{ MPa}$), e menor nas ADM ($-2,5 \text{ MPa}$). As espécies de ADM apresentaram maior quantidade de vasos xilemáticos (58 mm^{-2}) e espessura da parede ($16 \text{ }\mu\text{m}$), e menor diâmetro do lúmen dos vasos do xilema ($140 \text{ }\mu\text{m}$). As BDM apresentaram parede fina ($9 \text{ }\mu\text{m}$) e menor quantidade dos vasos (5 mm^{-2}). Esses resultados mostram que, as espécies ADM possuem estratégias que favorecem a condutância do dossel, ainda na estação seca, enquanto as BDM são mais conservadoras e contribuem com a condutância do dossel no período chuvoso. Esse estudo esclarece a importância da diversidade funcional para manutenção do equilíbrio hídrico e ambiental em regiões semiáridas, como a Caatinga.

Palavras-chave: Anatomia, evapotranspiração, fisiologia, tipos funcionais, umidade relativa do ar.

ABSTRACT

The arboreal species of semiarid regions contribute in different ways to the cooling of the canopy, considering the diversity of species and functional groups of plants. Although the vegetation-atmosphere relationship is important from the point of view of climate change, studies evaluating the contribution of caatinga functional groups to the canopy conductance are still scarce. The objective of this study was to evaluate the relation of the stomatic conductance of different functional groups of plants with the conductance of the canopy in Caatinga vegetation. The work was carried out in an area of the Caatinga, located in Fazenda Buenos Aires, Serra Talhada- PE. Two species of high wood density (WMD) and two species of low wood density (WDL) were evaluated. The meteorological data were obtained from a micrometeorological station installed in the study area and the canopy conductance was calculated. The stomatic conductance, leaf temperature and hydrous potential of xylem were evaluated. Stem samples were collected and anatomical structures of the xylem were measured. Analysis of variance of repeated measures and Tukey test with $p < 0.05$ were performed. Functional groups contributed differently to the canopy conductance. There was a positive relation of the canopy conductance and stomatal conductance (0.761). In the initial rainy season, the canopy conductance was 0.003 m s^{-1} , with the largest contribution to the canopy conductance occurring by the WMD species ($150 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). In the rainy season the species' stomatal conductance increased for WMD (100 to $300 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) and WDL (200 to $300 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). The canopy conductance also increased during the rainy season (0.02 and 0.05 m s^{-1}). The water potential was higher for WDL (-1.2 MPa) and lower in WMD (-2.5 MPa) species. The WMD species presented greater amount of xylem vessels (58 mm^{-2}) and wall thickness (16μ), and smaller diameter of the lumen of the xylem vessels (140μ). The WDL presented thin wall (9μ) and smaller amount of vessels (5 mm^{-2}). These results show that, WMD species have strategies that favor the canopy conductance, even in the dry season, while WDL are more conservative and contribute to the canopy conductance in the rainy season. This study clarifies the importance of functional diversity for maintaining water and environmental balance in semi-arid regions, such as the Caatinga.

Keywords: Anatomy, evapotranspiration, physiology, functional types, relative air humidity.

TABELAS

Tabela 1- Valores médios e desvio padrão da análise quantitativa das estruturas anatômicas da madeira das quatro espécies arbóreas *Commiphora leptophloeos*, *Amburana cearensis*, *Cenostigma pyramidale* e *Aspydosperma pyrifolium*.....37

Tabela 2- Valores das variáveis mais representativas para cada dimensão, da Analise de Componentes Principais. Div= Diâmetro do lume do vaso; Qv = Quantidade de vasos do caule; Ep= Espessura da parede do elemento de vaso; Cel= Comprimento do elemento de vaso; Qfi= Quantidade de fibras; Cf= Comprimento de fibras; g_s = condutância estomática; W_{xil} = Potencial hídrico do xilema; T_{fol} = temperatura foliar.....40

FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo, Fazenda Buenos Aires, município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. Fonte : Google earth.....24

Figura 2: Estação micrometeorológica na área de estudo, Fazenda Buenos Aires, município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.....24

Figura 3: Valores acumulados de precipitação pluviométrica (P), e temperatura média do ar (T_{ar}), obtidos da estação meteorológica instalada na área de estudo, Fazenda Buenos Aires, município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.....29

Figura 4: Valores médios mensais de condutância do dossel (G_c); umidade relativa do ar (UR ar) e déficit de pressão de vapor (DPV), da Fazenda Buenos Aires, município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.....30

Figura 5: Médias mensais de condutância estomática (g_s) de espécies lenhosas da Caatinga. A e B) grupo de espécies decíduas de baixa densidade de madeira; C e D) grupo de espécies decíduas de alta densidade de madeira. *Letras diferentes indicam diferenças estatísticas.....31

Figura 6: Média mensal do potencial hídrico do xilema (Ψ_{xi}) de quatro espécies lenhosas da Caatinga, A) *Comiphora leptophloeos*; B) *Amburana cearensis*; C) *Aspidosperma pyrifolium*; D) *Cenostigma pyramidale*. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas.....32

Figura 7: Relação entre a condutância estomática e condutância do dossel dos grupos funcionais de plantas da Caatinga. BDM: Baixa Densidade de Madeira, ADM= Alta Densidade de Madeira.....33

Figura 8: Contribuição dos grupos funcionais com a condutância estomática (g_s) para a condutância do dossel (G_c), na Caatinga, Fazenda Buenos Aires. BDM: Baixa Densidade de Madeira, ADM= Alta Densidade de Madeira.....34

Figura 9: Relação entre os valores médios de condutância estomática (g_s) e temperatura foliar ($^{\circ}C$), dos diferentes grupos funcionais da Caatinga. BDM: Baixa Densidade de Madeira, ADM= Alta Densidade de Madeira.....35

Figura 10: Regressão Linear entre os valores médios de condutância estomática (g_s) e Déficit de Pressão de Vapor (DPV), ao longo do tempo.....36

Figura 11: Secções histológicas em plano transversal (A, C) e longitudinal (B, D) da madeira de duas espécies de alta densidade de madeira. A-B) *Cenostigma pyramidale*; C-D) *Aspydosperma piryfolium*. Escala: 100 μm . CRTS=cristais; ELV= elemento de vaso; FIB= fibra; PAX = parênquima axial, PRA= parênquima radial; PTÇ= pontoações.....38

Figura 12: Secções histológicas em plano transversal (A, C) e longitudinal tangencial (B, D) da madeira de duas espécies de baixa densidade de madeira: A-B) *Commiphora leptophloeos*; C-D) *Amburana cearensis*. Escala: 100 μm . CRTS=cristais; ELV= elemento de vaso; FIB= fibra; PAX= parênquima axial, PRA= parênquima radial; PTÇ= pontoações, TIL = tilose.....39

Figura 13: Análise de componentes principais dos diferentes grupos funcionais de alta e baixa densidade de madeira. Div= Diâmetro do lume do vaso; Qv = Quantidade de vasos do caule; Ep= Espessura da parede do elemento de vaso; Cel= Comprimento do elemento

de vaso; Qfi= Quantidade de fibras; Cf= Comprimento de fibras; gs= condutância estomática; Wxil= Potencial hídrico do xilema; Tfol= temperatura foliar.....40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	13
2.1. Domínio Caatinga.....	13
2.2. Grupos funcionais de plantas.....	14
2.3. Condutância estomática.....	16
2.4. Condutância do dossel.....	17
2.5. Potencial hídrico.....	19
2.6. Temperatura foliar.....	20
2.7. Arquitetura hidráulica de plantas.....	21
3. OBJETIVOS.....	22
3.1. Objetivo geral	22
3.2. Objetivo específico	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
4.1. Área de estudo.....	24
4.2. Seleção das espécies.....	24
4.3.Caracterização anatômica do xilema.....	25
4.4. Condutância estomática e potencial hídrico.....	26
4.5. Condutância do dossel e Déficit de Pressão de Vapor.....	26
4.6. Análise estatística.....	28
5. RESULTADOS	28
5.1. Condições meteorológicas.....	28
5.2. Relações fisiológicas e características climáticas.....	30
5.3. Anatomia da madeira.....	36
6.DISSCUSSÃO.....	40
7. CONCLUSÕES.....	43
8. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES.....	44
9. REFERÊNCIAS.....	44

1. INTRODUÇÃO

A umidade atmosférica consiste na quantidade de água existente no ar na forma de vapor (BONAN, 2008), entretanto, a umidade em maior ou menor grau interfere nas temperaturas e no regime de chuvas (HOOPE et al., 2017). Na Caatinga, a contínua exploração e o desmatamento refletem nas condições climáticas, com aumento de temperatura e alterações do ciclo hidrológico (SOUZA et al., 2019). O entendimento do funcionamento de espécies arbóreas possui grande relevância nessas regiões, visto que as árvores contribuem para umidade relativa do ar, e sua conservação favorece a qualidade de vida dos organismos (ALBUQUERQUE et al., 2012). A vegetação influencia na manutenção de umidade em razão da evapotranspiração (FIGUEIREDO, 2018). Portanto, para o estudo das relações hídricas em regiões secas é essencial análises morfofisiológicas das espécies vegetais (TILLESE, 2017). Entretanto, tais análises são limitadas, devido a minuciosidade da coleta dos dados. Uma alternativa é compreender as respostas das árvores por grupos funcionais, que pode envolver um grande número de espécies, a partir de traços que são relativamente mais “fáceis” de medir, como a densidade de madeira e longevidade foliar, bem como pela importância de se compreender a atuação de cada grupo funcional na manutenção das condições ambientais (FIGUEIREDO, 2016).

As árvores de regiões semiáridas, apresentam variações nos aspectos anatômicos, fisiológicos e fenológicos, o que reflete na condução de água pelo sistema na planta (NISHIYAMA et al., 2013; CARVALHO et al., 2016). Existem vários traços funcionais usados para agrupar as plantas (CORNELISSEN et al., 2003). Dentre esses, destacam-se a densidade da madeira, arquitetura hidráulica e longevidade foliar (WANG, 2010). Os traços funcionais podem convergir entre as espécies lenhosas, o que possibilita a formação de grupos funcionais de plantas (LIMA et al., 2012; ROSELL et al., 2014), permitindo um melhor conhecimento do comportamento das espécies vegetais nos diferentes ambientes (CROUS; MALAN; WINGFIELD, 2016), e pode auxiliar no entendimento da contribuição das espécies arbóreas com a demanda atmosférica (RÜGER et al., 2012).

A condutância estomática indica a capacidade das plantas em transmitir água para a atmosfera (SILVERE et al., 2017). Entretanto, diferentes tipos funcionais de plantas contribuem substancialmente no ambiente com a condutância estomática (FLEXAS et al., 2008). A indisponibilidade hídrica no solo e alta radiação solar, influenciam na dinâmica de trocas gasosas das plantas, induzindo o fechamento parcial dos estômatos, limitando a

condutância, e reduzindo a transpiração e taxa fotossintética (HOFFMAN, 2012). As espécies de Alta Densidade de Madeira (ADM) são mais propícias a variações em sua condutância estomática e potencial hídrico ao longo do dia, ao contrário das que tem Baixa Densidade de Madeira (BDM) (FU et al., 2019). Esse comportamento, interfere nos aspectos de fluxo de água pelas espécies, podendo influenciar na condutância do dossel (MEINZER et al., 2016; MARQUES et al., 2020).

A condutância do dossel se refere a uma medida da facilidade de transferência da água das folhas das plantas para a atmosfera (AGUIAR et al., 2013). Segundo Pazzetti et al. (1993), a condutância do dossel e a temperatura foliar são ferramentas de grande importância para umidade relativa do ar, levando em consideração que a água transpirada pela folha, ao evaporar-se, produz o resfriamento do dossel. Dessa forma, análises dos atributos fisiológicos podem auxiliar no entendimento do funcionamento das plantas, e facilitar a compreensão das relações vegetação-atmosfera em um ecossistema (MARQUES, 2020; SILVA et al., 2013).

Outro importante mecanismo, trata-se da arquitetura hidráulica, que é um mediador do desempenho hidráulico das plantas (SCHUMANN et al., 2019), está diretamente relacionado a condutância estomática e fenologia e pode explicar o funcionamento dos grupos vegetais no ambiente (BRITO et al., 2022). Diferenças na arquitetura hidráulica de espécies da Caatinga podem afetar diretamente na eficiência de condutividade hídrica da planta e as respostas das mesmas às diferentes condições ambientais (BRITO et al., 2022; APARECIDO, 2014). Normalmente, espécies de ADM apresentam estruturas anatômicas que conferem maior resistência ao fluxo de água, e espécies de BDM apresentam estruturas que possibilita maior eficiência no armazenamento de água (BRITO et al., 2022).

Estudos sobre a contribuição das populações de espécies para a umidade do dossel, é fundamental, para a escolha correta de plantas para fins de reflorestamento, e manejo agroflorestal (MENDES et al., 2017; CARVALHO, 2016). Dessa forma, buscou-se no presente estudo avaliar a relação de variáveis fisiológicas com a condutância do dossel de diferentes grupos funcionais. Tem-se como hipótese que os grupos funcionais de plantas desempenham diferentes contribuições para a condutância do dossel, e que as espécies BDM apresentem mecanismos fisiológicos que permita esse grupo contribuir com a condutância do dossel, especialmente no período chuvoso, enquanto as ADM

apresentem mecanismos mais aquisitivos em relação ao uso e condução de água, contribuindo com a maior atividade fisiológica no início das chuvas (LIMA et al., 2021).

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. Domínio Caatinga

A Caatinga, também caracterizada como um tipo de Floresta Tropical Sazonalmente Seca (FTSS), é um ecossistema constituído por uma vegetação xerófila, que apresenta inúmeros conjuntos florísticos e fisionomias (DANTAS et al., 2014; MORO et al., 2014, MARANGON et al., 2016). O termo “Caatinga” originou-se do tupi-gurani, que se refere a “mata-branca”, em decorrência do comportamento caducifólio das espécies vegetais, ou seja, no período de seca em função das condições climáticas e baixa disponibilidade hídrica, as plantas da Caatinga perdem suas folhas (LOIOLA et al., 2012). De forma geral, a Caatinga representa um mosaico de grande riqueza e importância, no entanto, ainda é pouco valorizado (GIULIETTI et al., 2004).

Na Caatinga as condições edafoclimáticas apresentam grande variabilidade (SOUZA et al. 2019). Os solos geralmente são rasos, pouco férteis, pedregosos, com alto teor de sais e com baixa capacidade de retenção de água (FARIAS et al., 2016). O clima é semiárido, caracterizado por apresentar altas temperaturas, entre 25° e 30° C, elevadas taxas de evapotranspiração potencial (2.000 mm/ano) e precipitação pluvial baixa, em torno de 400 a 600 mm anuais, sendo muito variável no tempo e no espaço (MARENGO et al., 2011; MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012).

A sazonalidade climáticas que prevalecem nas áreas de Caatinga são responsáveis pelas condições de estresses para os vegetais, especialmente os térmicos e hídricos (GALETTI et al., 2003). Porém, as espécies de plantas dessas regiões, são em maior parte, especializadas para suportar o estresse, sendo que algumas podem resistir à desidratação (TAIZ & ZEIGER, 2009). Além disso, as plantas mais jovens podem apresentar maior susceptibilidade aos fatores estressantes do ambiente, principalmente em uma área de regeneração (LEAL et al., 2003).

Estudos indicam que cerca de 80% da Caatinga foi degradada em função de atividades antropogênicas, tais como, o desmatamento e queimadas, sendo essas submetidas em sua maior parte as atividades de sobrepastejo (SOUZA, ARTIGAS e

LIMA, 2015). Tais atividades, impactam diretamente as propriedades atmosféricas do ambiente, dentre as quais: a precipitação (FIGUEIREDO et al., 2019), o aumento no déficit de pressão de vapor e da temperatura da superfície (SOUZA, ARTIGAS e LIMA, 2015), prolongamento da duração da estação seca, afetando também a regulação biológica (ROCHA, ESPARZA E FERRARI, 2018).

Dessa forma, a Caatinga está entre um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta (SOUZA, ARTIGAS E LIMA, 2015), devido ao uso inadequado e insustentável dos recursos naturais (FRANCA ROCHA, 2008). O pouco conhecimento acerca de sua biodiversidade, também proporciona uma maior degradação, e diminuição da preservação da vegetação da Caatinga (LEAL et al., 2003). Portanto, para tais consequências deve-se levar em consideração inúmeros fatores que andam em conjunto, que são oriundos da expansão da agricultura, incêndios e ações ligadas às mudanças climáticas (DANTAS et al., 2014). Contudo, é de grande importância o conhecimento acerca dos seus organismos e comunidades (DANTAS et al., 2014), bem como, estudo que envolvam os processos fisiológicos de espécies nativas da Caatinga (SILVA et al., 2014), tendo em vista a sua grande diversidade de espécies, sendo muitas endêmicas (DANTAS et al., 2014).

2.2. Grupos funcionais de plantas

As características adaptativas das espécies vegetais foram selecionadas ao longo do tempo, proporcionando sobrevivência as condições variáveis em diferentes ecossistemas (FAGUNDES et al., 2020). Características fenológicas, anatômicas, fisiológicas, são traços funcionais de extrema importância, pois permitem a compreensão das questões ecológicas e de funcionamento do ecossistema (DING et al., 2017; LAVOREL & GARNIER, 2002). A análise dos traços permite determinar grupos funcionais de plantas, que correspondem aos agrupamentos formados por espécies com respostas similares a um ou mais fatores do ambiente (VIOLLE, 2007; CHATURVEDI et al., 2011). Esta classificação independe de relações taxonômicas e/ou filogenéticas (CORNELISSEN et al., 2003).

A classificação funcional de plantas foi determinada primeiramente por Theophrastus, cerca de 300 a. C, no seu trabalho “*Historie Plantarum*”, que observou o hábito da planta e a presença do lenho, para que pudessem ser agrupadas, e separadas em árvores, arbustos e ervas (WEIHER et al., 1999). Por outro lado, as características

funcionais das plantas foram inicialmente agrupadas por Grime (1977), tendo como base aspectos morfológicos. Os autores propuseram que as espécies submetidas a uma mesma pressão ambiental apresentariam funcionalidade semelhante, mesmo em diferentes regiões. Assim, foram sistematizadas as estratégias funcionais das plantas baseadas especialmente em suas respostas funcionais ao estresse (PIERCE et al., 2013). Em um dos estudos de Pierce et al. (2013), foi analisado os mecanismos de estratégias funcionais, os quais concluem que esses mecanismos persistem não somente entre distintos grupos de plantas, como herbáceas e lenhosas, mas também em diferentes ecossistemas (PIERCE et al., 2013; CERABOLINI et al., 2010). Portanto, as estratégias podem ser baseadas em economia foliar (relação dos custos e benefícios), à aquisição hídrica e nutrientes, como a raiz, madeira e casca (CHAVE et al., 2009; ROSELL et al., 2014).

A compreensão dos traços funcionais é de suma importância, pois permitem o melhor entendimento das diferentes estratégias, que interferem no funcionamento das plantas e no seu papel no ambiente (DIAZ et al., 2016). Borchert et al. (2002) observou em um mesmo ecossistema a distinção funcional das espécies, e propôs dividi-las em quatro grupos distintos, que respondem de maneira diferente as condições ambientais, como: espécies decíduas que mudam as folhas; espécies decíduas que ficam um breve período sem folhas (brevidecíduas); espécies perenes e espécies decíduas de caule suculento. Por outro lado, Lima e Rodal (2010) realizaram a separação das árvores da caatinga em três tipos funcionais: decíduas de baixa densidade de madeira ($< 0,5 \text{ g cm}^{-3}$); decíduas de alta densidade de madeira ($\geq 0,5 \text{ g cm}^{-3}$); e sempre-verdes (espécies de alta densidade de madeira que mantêm as folhas em ambas as estações (seca e chuvosa). Desta forma, observa-se que a longevidade foliar e a densidade da madeira ainda continuam sendo os componentes mais importantes para a distinção de grupos funcionais (LIMA et al., 2012).

Estudos mostram que as espécies de plantas, sempre verdes e decíduas, ocorrem simultaneamente no ecossistema, devido as diferentes estratégias funcionais em resposta ao déficit hídrico e a forma de uso da água (EAMUS, 2000; SOUZA et al., 2015; FU et al., 2012).

As estratégias funcionais de espécies são selecionadas e respondem aos diferentes tipos de ambientes, assim como, podem causar mudanças ambientais (SOLIVERES et al., 2014). A taxa em que as espécies adquirem nutrientes, água e produzem e perdem folhas, afeta diretamente as condições e recursos do ambiente. Tais efeitos, podem

estruturar comunidades ambientais (SOLIVERES et al., 2014), além de afetar sua produtividade (TOBNER et al., 2016) e mediar interações entre plantas (SCHÖB et al., 2013; ROLHAUSER & PUCHETA, 2016). Neste sentido, o estudo dos grupos funcionais de plantas permite não só a compreensão de como comunidades naturais são formadas e mantidas ao longo do tempo, mas também quais características devem ser manipuladas para reconstruir e restaurar ativamente e efetivamente comunidades com alta produtividade e funcionamento (ROLHAUSER & PUCHETA, 2016).

2.3. Condutância estomática

A capacidade da planta em transmitir água para a atmosfera, pode ser expressa pela condutância estomática (g_s) (SILVERE et al., 2017). A transferência do vapor de água das folhas para a atmosfera é regulada justamente pela abertura e fechamento parcial dos estômatos presentes nas folhas, buscando manter o máximo de absorção de dióxido de carbono (CO_2) com o mínimo de perda de água para a atmosfera (KUMAGAI et al., 2004; DOHENY-ADAMS et al., 2012). O processo de abertura e fechamento dos estômatos, também está relacionado com a intensidade luminosa e o estado de hidratação da folha (GAO et al., 2015). Por tanto, a condutância estomática, é um importante mecanismo fisiológico de controle biótico e abiótico (KELLIHER et al., 1995).

Alguns trabalhos destacam uma relação inversa da condutância estomática com o Déficit de Pressão de Vapor de água (DPV), na qual a condutância estomática varia exponencialmente com o DPV aumentando ou diminuindo (RODRIGUES et al., 2011; ZHU et al., 2015). Outra questão importante, diz respeito a variação da condutância estomática em relação ao DPV em estações distintas ao longo do ano, apresentando grande variação ao longo do tempo (RODRIGUES et al., 2011). Estudos indicam que a condutância da folha tende a aumentar à medida em que o ar se torna mais seco. Dessa forma existe uma relação linear entre a condutância estomática e o déficit de pressão de vapor (ALMEIDA & SOARES, 2003). Contudo, o déficit de pressão de vapor (DPV) é um importante fator que possui relação direta com a atividade estomática (RODRIGUES et al., 2011). Trabalhos mostram que o DPV juntamente com outros fatores (radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e propriedades físicas do solo) controlam a evapotranspiração ET (ROCHA et al., 2015).

A variação de água no xilema das plantas, provoca variação da atividade estomática, por meio de um mecanismo de retroalimentação, ou seja, quando o potencial do xilema é reduzido, a abertura estomática também diminui, reduzindo assim, a transpiração, para proporcionar condições ideais de potencial hídrico (RODRIGUES et al., 2011).

Alguns autores ao estudarem a influência do clima em espécies vegetais, notaram que as árvores exibem um comportamento de atividade estomática diferente de acordo com a região em que estão inseridas (HÉROULT et al. 2013). Ou em outros casos observa-se variação da atividade estomática das espécies em diferentes estações do ano (BOURNE et al. 2015). Nos trabalhos de Shumathi et al. (2018), foi observado que para as angiospermas a taxa de crescimento é determinada pela condutância estomática, estando relacionado também com a taxa fotossintética e a transpiração.

Os biomas terrestres desempenham um papel muito importante no ciclo global do carbono e são importantes na elaboração de estratégias de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas (OLIVEIRA et al., 2011). A constante interação entre a atmosfera e os ecossistemas terrestres desempenha um papel fundamental no sistema climático (CRAMER et al. 2001). Diante desse contexto, torna-se importante investigar as trocas de vapor de água dos mais variados ecossistemas terrestres, a fim de gerar conhecimento suficiente para uma melhor compreensão dos mecanismos que controlam o ciclo do carbono e outros processos dos ecossistemas (PECH, 2020).

2.4. Condutância do dossel

A condutância do dossel é resultado da expansão da condutância estomática, podendo, portanto, ser representada pela condutância de superfície (C_s) (POLHAMUS et al., 2013). Para um melhor entendimento sobre a condutância do dossel, estudos sugerem atenção para uma definição matemática clara, a fim de descrever o método de expandir a condutância estomática na folha até o nível superior do dossel (ORGAZ, 2007).

Em geral, a condutância do dossel se refere a uma medida da facilidade com que a água pode se mover para fora das folhas das plantas para a atmosfera (TAKAGI et al., 1998). Quando ela é baixa, a resistência à difusão de vapor de água é alta. Em contrapartida, quando ela é elevada, a resistência é baixa e as taxas de transpiração serão

altas (TAKAGI et al., 1998), portanto, para esse processo é necessário que haja energia solar disponível para realizar a evaporação e, também, uma grande quantidade de água no solo (PEREIRA et al., 2002). Estudos detalhados sobre os fluxos de água entre a vegetação e atmosfera são fundamentais em regiões secas, por serem regiões onde o clima e a biodiversidade sofrem diversos impactos (MARENGO e BERNASCONI, 2015). A condutância do dossel é um componente hidrológico de grande importância na determinação do balanço hídrico em áreas da Caatinga, devido aos volumes significativos envolvidos (MALHI et al., 2002; KUME et al., 2011).

A condutância do dossel pode ser obtida pela condutância de superfície (C_s) (FRAGA et al., 2014). A (C_s) destaca-se por ser um parâmetro que determina as medidas de Evapotranspiração (ET) e outros elementos meteorológicos que agem sobre a vegetação, como exemplo (radiação, temperatura, vento, precipitação) (FRAGA et al., 2014). De acordo com alguns estudos, a condutância do dossel tende a ser mais elevada durante os horários iniciais do dia, reduzindo a tarde, devido ao fechamento estomático pela alta demanda evaporativa (ROCHA et al., 2004; FRAGA et al., 2014; MARQUES, 2020). Os padrões da precipitação são fortemente influenciados pela vegetação, assim como, os eventos pluviométricos interferem na atividade e comportamento da vegetação (ROCHA et al., 2004). No trabalho de Souza Filho et al. (2015), verificaram variações de condutância do dossel nas diferentes estações do ano, sendo que para a estação chuvosa os valores de condutância foram maiores. Dessa forma, a condutância do dossel pode ser influenciada pela variação de atividade e respostas das plantas as variações ambientais (OREM et al., 2002). Esses estudos concluem, que os diferentes fatores biofísicos controlam a transferência de vapor de água para a atmosfera. Dentre estes, podemos destacar a disponibilidade de energia, a demanda atmosférica por vapor de água e fatores fisiológicos da vegetação, entre outros (AGUIAR et al., 2013).

A condutância do dossel varia com a disponibilidade de água no solo para as plantas (MARENGO e BERNASCONI, 2014). Dessa forma, tende a ser muito baixa quando o conteúdo de água no solo é baixo. Por outro lado, com excesso de água e luz, a condutância passa a ser alta. Essa regulação ocorre para economizar água, que é de suma importância para o funcionamento do vegetal (EAMUS, 2009, CABRAL et al., 2015). No entanto, ao analisar a variação da quantidade de folhas que uma árvore apresenta ao longo das estações do ano, por estar diretamente ligada a perda de água, a quantidade de

folhas está diretamente relacionada à condutância quando se observa um indivíduo (WRIGHT et al., 1995).

2.5. Potencial hídrico

A estabilidade do potencial hídrico tem total influência nas estratégias fisiológicas e fenológicas de plantas lenhosas (HOFFMANN et al., 2011). Em condições de estresse para as plantas, ocorre um aumento à resistência a perda de água pelas folhas, através do fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de CO₂ para a fotossíntese, reduzindo o potencial hídrico (SHTEIN et al., 2011). O potencial hídrico das plantas, pode, por sua vez, ser alterado em função da transpiração, e afetar negativamente a produtividade e comprometer a sobrevivência das espécies vegetais (COSTA et al., 2007).

As variações no potencial hídrico interferem na assimilação do carbono da planta (HSIAO, 1973). Visto que, quando a planta perde água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte, o potencial hídrico do xilema diminui, ocasionando o fechamento dos estômatos e, conseqüentemente, redução da fotossíntese (OREN et al., 1999). Geralmente, a condutância estomática diminui para evitar que o potencial hídrico, nos horários mais quentes, fique abaixo de níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água (OREN et al., 1999). Na situação que há baixa disponibilidade de água no solo, as plantas reduzem a perda de água ao reduzir a condutância estomática (SILVA et al., 2004).

A variação de volume do armazenamento de água no caule das plantas desempenha um papel fundamental na manutenção de água na folha e reduz desequilíbrios temporais entre a oferta e demanda de água (COSTA et al., 2013). Os caules das plantas desempenham variadas funções de grande importância, dentre as quais, destacam-se, o suporte mecânico de brotos, transporte de água e solutos a longa distância no xilema e floema, e o armazenamento de água (COSTA et al., 2013). Com relação ao armazenamento de água, o caule funciona como reservatórios, e que aumentam ou reduzem o teor de água em relação à variação diurna do potencial hídrico entre os vasos do xilema e os tecidos de armazenamento (TYREE; EWERS, 1991).

Alguns estudos, como o de Rawitscher et al. (1943), destacaram que a água contida nos solos do Cerrado seria suficiente para manter a vegetação por pelo menos três anos, mesmo na ausência total de chuvas. Já nos estudos de Warming (1892), contradisse, considerando que a escassez de água é o principal fator limitante para esse tipo de bioma, especialmente onde há irregularidade das chuvas. Rawitscher (1948) realizou vários experimentos, constatando que os estômatos das plantas lenhosas ficavam abertos durante o dia todo e que o curso diário da transpiração acompanhava o da umidade relativa do ar, e os valores de potencial hídrico tinham grande variação durante o dia. Por outro lado, Franco (2000), estudou uma espécie sempre-verde do Cerrado, *Roupala montana*, e constatou uma redução considerável da abertura estomática na época seca, mas os valores de potencial hídrico foliar medidos ao amanhecer sofreram pouca variação, diminuindo de - 0,2 MPa na estação chuvosa para -0,4 MPa na estação seca.

Nas plantas é comum que haja um declínio no potencial hídrico da raiz até as folhas, principalmente em árvores de maiores estaturas, contudo no processo de transpiração as folhas ficam sujeitas a potenciais hidráulicos mais negativos do que as raízes (PASSOS et al., 2005). Dessa forma, o potencial hídrico é relevante uma vez que reflete o estado fisiológico dos vegetais, sua estabilidade ou eficiência no uso da água, possibilitando explicar os padrões fenológicos e até mesmo o desenvolvimento das plantas (COSTA et al., 2013).

2.6- Temperatura foliar

A temperatura foliar pode influenciar substancialmente no balanço de energia na superfície atmosférica (HESKEL et al., 2015). Visto que, se a transpiração decresce, mas o balanço de radiação e a estrutura do vento se mantêm os mesmos, resultará no aumento da temperatura da folha (HESKEL et al., 2015). Dessa forma, a temperatura da folha tem sido utilizada como indicador de estresse hídrico (GONZALEZ-DUGO et al., 2014; TAGHVAEIAN et al., 2012), além de ser utilizada para avaliação do monitoramento do estresse (DUFFKOVÁ, 2006). Quando o déficit de água no solo induz o fechamento dos estômatos, a radiação interceptada pela folha tende a promover um aquecimento foliar, podendo chegar a níveis prejudiciais ao metabolismo da planta (TAIZ & ZEIGER, 2004). Trabalhos mostram que a temperatura da folha possui relação com a condutância estomática (OLIVEIRA et al., 2011; HESKEL et al., 2015).

A transpiração das plantas tende a aumentar quando o gradiente de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico se eleva. Esse gradiente é calculado em função da temperatura e da umidade relativa do ar (HOPKINS, 1995). A transpiração trata-se de um mecanismo que proporciona a força de tensão (teoria da tensão-coesão), que faz com que a água seja levada das raízes até as folhas. No entanto, é necessário que a planta disponha de um sistema condutor de água resistente que suporte a forte tensão na coluna de água (OLIVEIRA et al., 2011).

A forma como as características morfológicas e fisiológicas das plantas conseguem controlar o balanço de energia absorvida, o fluxo de calor latente, resulta na temperatura foliar (GATES, 1964). Pequenas diferenças de temperatura dos órgãos podem fazer grandes diferenças sobre taxas fotossintéticas, respiratórias e outras atividades bioquímica da folha da planta, podendo significar a preservação ou a extinção das espécies (BAZZAZ, 1998).

A associação de fatores como altas temperaturas foliares e estresse hídrico podem reduzir drasticamente o desenvolvimento das plantas, uma vez que, a assimilação de CO₂ está vinculada com uma alta demanda de água e as mesmas requererem abastecimento de água suficiente para o seu crescimento (HELDT; PIECHULLA, 2011; QADERI; KUREPIN; REID, 2012), além de tornarem mais difícil o sucesso no estabelecimento das plantas na fase juvenil (GONÇALVES et al., 2009; LIBERATO et al., 2006). O estudo da associação de altas temperaturas e estresse hídrico é necessário para o entendimento das alterações das propriedades fisiológicas de plantas (SANTOS et al., 2013).

2.7. Arquitetura hidráulica de plantas

A arquitetura hidráulica de plantas tem sido bastante estudada, devido à grande relação com atributos evolutivos das espécies vegetais, como por exemplo: taxa de crescimento e altura máxima, controle de uso de água, deciduidade e vulnerabilidade à cavitação (TYREE & EWERS 1991). A água vai da raiz até as folhas devido ao gradiente de tensão, causado pela transpiração (SPERRY; MEINZER; MCCULLOH, 2008). Essa tensão nos vasos do xilema, pode ser forte o bastante para provocar o rompimento da coluna de água, dos vasos xilemáticos, pelo processo de cavitação, quando não há disponibilidade de água no solo (SPERRY; MEINZER; MCCULLOH, 2008). Nas espécies arbóreas, a estrutura hidráulica desempenha papel fundamental na condução de

água. As diferenças existentes nas estruturas hidráulicas produzem diferentes consequências para cada espécie, estabelecendo variadas estratégias (SPERRY; MEINZER; MCCULLOH, 2008). Sendo assim, o estudo da arquitetura hidráulica é fundamental para se entender os aspectos funcionais das espécies arbóreas (AWAD et al., 2010).

Espécies vegetais que dispõem de diferenças na estrutura hidráulica, realizam o transporte de água de forma distinta (MENDES et al., 2009). O transporte de água em plantas vasculares ocorre pelo lúmen dos elementos de vaso e através das pontoações (JACOBSEN et al., 2008). Dependendo da espécie vegetal, os vasos podem ser bastantes compridos, além de ser conectados uns aos outros, facilitando o fluxo longitudinal. Os vasos do xilema que apresentam lúmen largos tem maior eficiência com aumentos de vazões hídrica, no entanto são normalmente mais vulneráveis (JACOBSEN et al., 2008). Por outro lado, vasos de menor diâmetro, apresentam menor vazão e maior segurança, visto que, com o aumento na frequência dos vasos condutores, apresenta maior possibilidade de caminhos alternativos para o fluxo hídrico, eleva a tolerância à embolia e mantém o fluxo de água, distribuindo de forma mais homogenia a tensão da coluna de água (SPERRY, 2008). O tamanho, número, distribuição, das pontoações nos elementos de condução do caules, também determinam a eficiência na condução hidráulica pelos elementos dos vasos do caule (MENCUCCINI et al., 2019). Assim, as mudanças na arquitetura hidráulica de plantas, podem ser uma resposta tanto a fatores bióticos quanto abióticos (MENCUCCINI et al., 2019)

Dessa forma, a anatomia dos vasos do xilema da madeira de espécies lenhosas, pode explicar de forma mais clara o funcionamento das espécies vegetais (BEECKMAN, 2016), visto que as espécies de BDM geralmente apresentam vasos largos com uma alta eficiência hidráulica, ao contrário das de ADM na qual possuem vasos mais estreitos, com poder mais aquisitivo de água (SCHUMANN; LEUSCHNER; SCHULDT, 2019).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Avaliar a contribuição da condutância estomática de diferentes grupos funcionais de plantas lenhosas na condutância do dossel em área de Caatinga

3.2. Objetivos específicos

- Avaliar se há correlação da condutância estomática dos grupos funcionais de plantas e condutância do dossel da vegetação da Caatinga;
- Relacionar aspectos fisiológicos com a demanda evaporativa;
- Verificar e correlacionar as características anatômicas do xilema do caule dos grupos funcionais com aspectos fisiológicos;
- Analisar a contribuição de cada grupo funcional para a variação sazonal da condutância do dossel em uma área de caatinga.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O trabalho foi conduzido em uma área de Caatinga, situada na Fazenda Buenos Aires ($07^{\circ} 56'50''\text{S}$ e $38^{\circ} 23'29''\text{W}$), município de Serra Talhada, PE (Figura 1). Conforme a classificação de Köppen-Geiger o clima local é do tipo Bsh' (clima semiárido quente), que caracteriza-se pela irregularidade na distribuição de chuvas, onde a precipitação pluviométrica inicia-se nos meses de novembro, concentrando o período mais chuvoso nos meses de janeiro a abril com precipitação pluvial inferior a 700 mm (SACRAMENTO et al., 2013) e a temperatura do ar em média de 23,6 e 27,7 °C variando ao longo do ano (SILVA, ALMEIDA, 2013).

Os dados meteorológicos foram obtidos de uma estação micrometeorológica instalada na área de estudo (Figura 2), no período de novembro/2021 a fevereiro/2022. Foram obtidos dados em escala horária (a cada 20 minutos). As variáveis obtidas foram: precipitação pluviométrica, temperatura do ar, umidade relativa do ar, fluxo de calor do solo, fluxo de calor latente e velocidade do vento.



Figura 1: Localização da área de estudo, Fazenda Buenos Aires, município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. Fonte : Google earth.



Figura 2: Estação micrometeorológica na área de estudo, Fazenda Buenos Aires, município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.

4.2. Seleção das espécies

Foram avaliadas duas espécies lenhosas de cada grupo funcional, conforme Lima et al. (2012), espécies decíduas de Alta Densidade de Madeira (ADM): *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P. Lewis da família Leguminosae, e *Aspidosperma pyrifolium* Mart. pertencente à família Apocynaceae. E espécies decíduas de Baixa Densidade de Madeira (BDM): *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillet da família Burceraceae, e a *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Sm. da família Leguminosae.

De cada espécie, foram monitorados cinco indivíduos adultos, presentes no entorno da torre micrometeorológica, sendo as espécies escolhidas dentro de uma área em torno de 1.000 m². Cada planta foi marcada com etiqueta e enumerados para facilitar o acompanhamento ao longo do tempo.

4.3. Caracterização anatômica do xilema

A caracterização anatômica do xilema foi determinada a partir de coletas de três amostras do caule de cada espécie, com o auxílio de um trado de incremento (VIEIRA & LISI, 2019). O trado foi posicionado abaixo da primeira bifurcação do caule para obtenção da amostra contendo casca, albúrnio e cerne do caule principal (VIEIRA; LISI, 2019). As amostras do caule foram armazenadas em microtubos de *Eppendorf* com solução de FAA 50% durante 72 horas, e logo em seguida, estocadas em solução alcoólica a 70% (JOHANSEN, 1940) e, posteriormente, levadas ao laboratório.

O processamento das mostras foi realizado no Laboratório do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). As amostras estocadas foram submetidas ao processo de desidratação etílica de 80%, 85% 90% e 95% (JOHANSEN, 1940). Em seguida, realizada a pré-infiltração, que consiste em preparar as amostras para a infiltração da resina, as quais foram colocadas em um agitador magnético com resina base e o pó ativador para fixação, e em seguida armazenadas em um dessecador para a ação do pó ativador.

Na fase da polimerização, para o endurecimento do produto, a resina foi adicionada novamente em um agitador magnético e adicionado o endurecedor na mistura, que posteriormente foi depositada em *Histomold* de polietileno para inclusão de amostras em resina plástica, seguindo o protocolo kit Historesina - hidroxietilmetacrilato, Leica,

Heidelberg (MEIRA; MARTINS, 2003). Cada *Histomolds* contém nove inclusões com dimensões de 6 por 8 mm por placa. Após esse processo os moldes foram guardados em estufa com circulação de ar para secagem por 24h a (103°C). Os blocos de historesina foram presos em bases de madeira e seccionados em micrótomo semiautomático (CUT-5062), e realizados os cortes à 6 µm de espessura.

Logo após, os cortes obtidos foram corados com azul de toluidina para análise estrutural e fixados com “Entellan” *meio montagem MERCK* (HASKINS, 1982; JOHANSEN, 1940) e confeccionando lâminas permanentes (HASKINS, 1982). Foram mensurados o diâmetro dos vasos, comprimento do elemento de vaso e frequência dos vasos condutores. As amostras foram fotografadas, utilizando uma câmara digital acoplada a um microscópio óptico (LX 50), e as imagens foram avaliadas com auxílio do software *Image-pro Plus 4.5.0.29* (DANUSER, 1999).

4.4. Condutância estomática e potencial hídrico

As medidas de condutância estomática e potencial hídrico foram realizadas no período de transição (seca e chuvosa) e durante a estação chuvosa, tendo em vista que durante o período de seca algumas espécies não apresentam folhas para medir a condutância. As medidas foram obtidas entre os horários compreendidos entre 8 e 12h (SILVA et al., 2003). A condutância estomática e temperatura foliar foram avaliadas por intermédio de um porômetro portátil (*SC-1 Leaf Porometer*), sendo medidas três folhas expostas ao sol totalmente expandidas, em cinco indivíduos de cada espécie. O potencial hídrico do xilema foi medido utilizando uma câmara de pressão tipo Scholander, modelo 1505D-EXP. Para isto, um segmento de 10 cm do ramo foi coletado de cada planta e imediatamente realizada a medição do potencial hídrico (BORCHERT, 1994).

4.5. Condutância do dossel e Déficit de Pressão de Vapor

A condutância do dossel (G_c) se refere a condutância de superfície ao transporte de vapor de água, obtido com a equação inversa de Penman-Monteith (Equação 1), que é utilizada para cálculo de condutância de superfície ao transporte de vapor d'água, apresentada também por RUBERT, 2017; FRAGA et al., 2014 e MARQUES et al., 2020. As variáveis para o cálculo de Condutância do dossel e DPV, foram obtidos da estação micrometeorológica instalada na área de estudo.

(1)

$$G_c = \frac{\gamma LE g_a}{\Delta(R_n - G) + \rho \cdot C_p DPV - LE(\Delta + \gamma)}$$

Em que: G_c é a condutância do dossel (m s^{-1}); Δ a declividade da curva de pressão de vapor de água à temperatura do ar ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); R_n a radiação líquida (W m^{-2}); G o fluxo de calor no solo (W m^{-2}); ρ é a densidade do ar (Kg m^{-3}); C_p é o calor específico do ar ($\text{J kg}^{-1}.\text{J}^{-1}$); DPV o déficit de pressão de vapor (kPa) definido pela diferença entre a pressão de saturação de vapor (e_s) e a pressão parcial de vapor (e_a) (kPa); LE é o fluxo de calor latente (W m^{-2}); γ a constante psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); g_a é a condutância aerodinâmica (m s^{-1}).

O déficit de pressão e vapor (DPV) também foi calculado para avaliar sua influência nas variáveis biológicas coletadas (SILVA et al, 2013).

(2)

$$DPV = e_s - e_a$$

Em que, DPV é o Déficit de Pressão de Vapor (kPa); e_s é a pressão de saturação de vapor d'água (kPa) e e_a é a pressão atual do vapor d'água (kPa).

A pressão de saturação do vapor d'água (e_s) foi obtida pela equação de Murray, descrita por Fraga et al. (2014) como:

(3)

$$e_s(\text{kPa}) = 0.6108 \cdot e^{\left(\frac{7,5 \cdot T}{T+237,3}\right)}$$

Em que T é a temperatura do ar ($^\circ\text{C}$).

A pressão atual do vapor d'água (e_a) foi obtida por:

(4)

$$e_a(\text{kPa}) = e_s \cdot \frac{UR}{100}$$

Sendo UR a umidade relativa do ar (%).

4.6. Análises estatística

Assumindo-se que as espécies selecionadas estão sob as mesmas condições ambientais, foi adotado para a análise estatística o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x2x3, sendo dois grupos de densidade de madeira, duas espécies representando cada grupo e três meses de avaliação. Os dados anatômicos e de fisiologia foram submetidos ao teste de normalidade e caso apresentem distribuição normal foi realizada a análise de variância de medidas repetidas (ANOVA), e o teste de *Tukey* com $p < 0,05$. Foi feita uma análise de correlação de *Spearman*, e de regressão linear, para análise da relação entre as variáveis. Também foi feita uma análise de componentes principais (ACP) para analisar inter-relações entre a distribuição de grupos funcionais e definir variáveis importantes (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2014). Foi utilizado o *software R*, na plataforma do *RStudio* v. 4 .1. 2 – 2021, e os gráficos produzidos utilizando o *SigmaPlot versão 14.5*.

5. RESULTADOS

Houve variação dos componentes meteorológicos ao longo dos meses de estudo, assim como das variáveis biológicas analisadas. As espécies ADM contribuíram significativamente com a condutância do dossel no início das chuvas, bem como apresentaram grande variação do potencial hídrico ao longo do tempo, enquanto as BDM tiveram uma maior contribuição no período chuvoso, evidenciada pela alta condutância estomática nesse período e potencial hídrico elevado. Comparativamente, o grupo de espécies ADM possui vasos condutores com lúmen estreitos, numerosos e com paredes mais espessas, fibras mais estreita e em maior quantidade e sem tiloses. Por outro lado, as espécies BDM apresentaram vasos com lúmen mais largo, poucos numerosos, com paredes finas e fibras em pouca quantidade e presença de tiloses nos vasos.

5.1- Condições meteorológicas

Verificou-se variação das condições meteorológicas ao longo do tempo (Figura 3 e 4). A precipitação pluviométrica acumulada foi de 268 mm durante todo o período de estudo. Sendo 8% no mês de novembro/2021, caracterizando a estação de transição (seca para a chuvosa), e 85% ocorrendo em dezembro/2021 e janeiro/2022, início de estação chuvosa (Figura 3). Em fevereiro/2022 ocorreu baixa precipitação (7%), entretanto, o solo acumulou bastante umidade dos meses anteriores. A temperatura do ar apresentou

comportamento inverso ao da precipitação, ou seja, nos meses com menores índices pluviométricos, a temperatura do ar tendeu a ser maior. Em novembro/2021 a temperatura do ar chegou a alcançar valores médios de aproximadamente 29°C, enquanto em dezembro/2021 e janeiro/2022, a temperatura foi de 27 e 25°C, respectivamente (Figura 3).

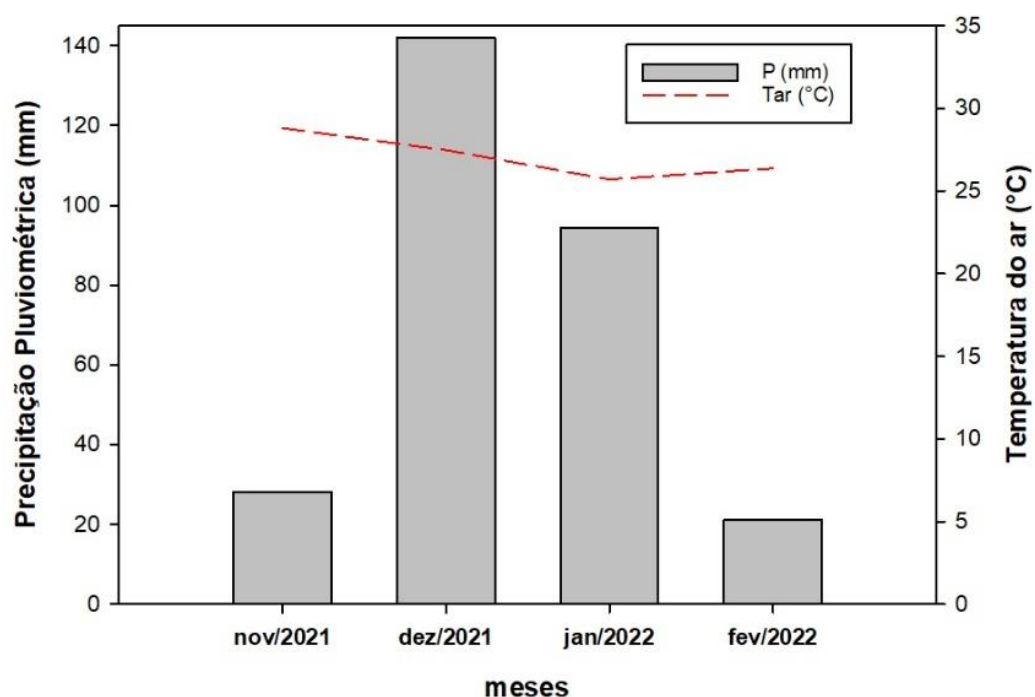


Figura 3: Valores acumulados de precipitação pluviométrica (P), e temperatura média do ar (Tar), obtidos da estação meteorológica instalada na área de estudo, Fazenda Buenos Aires, município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.

Para a condutância do dossel, observa-se que os maiores valores estão compreendidos entre os meses de dezembro/2021 e janeiro/2022 ($0,04 \text{ m s}^{-1}$ e $0,05 \text{ m s}^{-1}$), especialmente nos períodos com maiores ocorrências de chuvas (Figura 4). Os meses em que houve redução de condutância do dossel coincidiu com os meses de menor precipitação pluviométrica, assim como coincidiu com a baixa umidade relativa do ar, que foi menor no período de transição (45%), e alcançou valores elevados no período chuvoso com 70% (Figura 4). O déficit de pressão de vapor apresentou um valor de 2,0 kPa em novembro/2021, período de transição da estação seca para chuvosa (Figura 4). Nos meses seguintes (dezembro/2021 e janeiro/2022) o DPV reduziu 45%, voltando a

aumentar no mês de fevereiro (9,09%), período em que houve redução de precipitação pluvial, umidade relativa e condutância do dossel (Figuras 3 e 4).

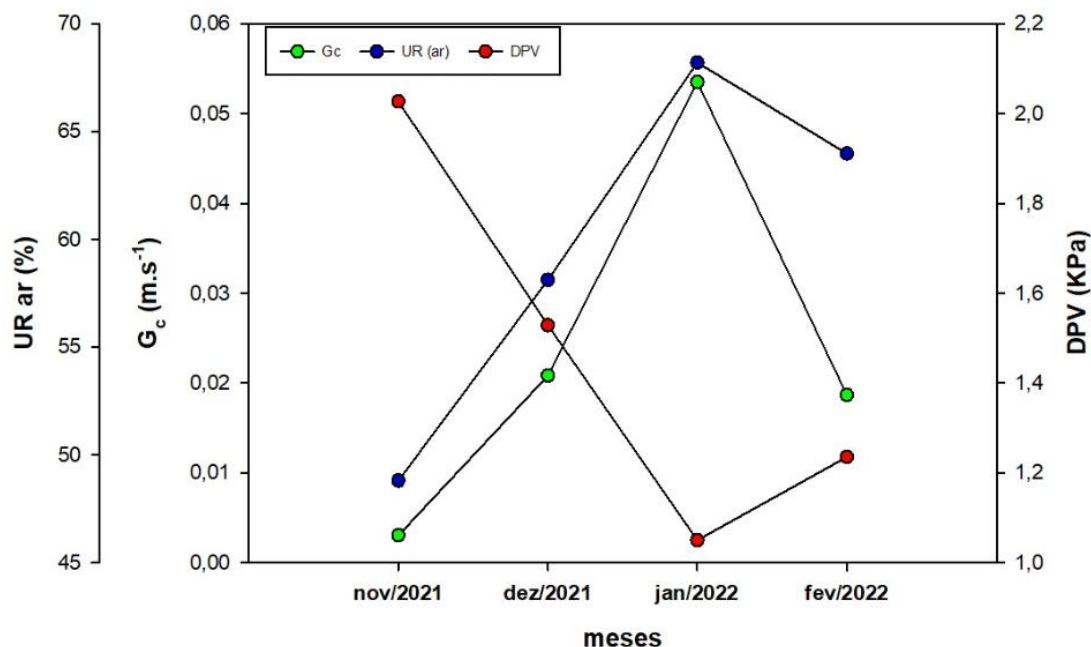


Figura 4: Valores médios mensais de condutância do dossel (G_c); umidade relativa do ar (UR ar) e déficit de pressão de vapor (DPV), na Fazenda Buenos Aires, município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.

5.2. Relações fisiológicas e características climáticas

Houve diferença estatisticamente significativa de condutância estomática ao longo do tempo (Figura 5). Observou-se que as espécies de diferentes densidades de madeira apresentaram diferentes atividades de condutância estomática (Figura 5). Na estação de transição (seca para chuvosa), as espécies BDM tiveram menores valores de condutância ($50 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), por outro lado, nesse mesmo mês, as espécies ADM apresentaram valores elevados de condutância estomática ($150 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a $200 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Figura 5).

Nos meses de janeiro e fevereiro de 2022, período chuvoso, observou-se que houve diferenças estatísticas de condutância entre os meses analisados $P < 0,001$. Em janeiro, as espécies dos diferentes grupos vegetais apresentaram condutância elevada, no entanto, em fevereiro, a condutância reduziu em 50%. As espécies BDM tiveram um

aumento significativo de condutância estomática da estação de transição para a chuvosa, variando de 33,3% a 50%, sendo os maiores valores de condutância observado para o mês de janeiro/2022. Esses resultados também se assemelharam ao das espécies ADM, no entanto, para esse grupo observou-se que a condutância foi um pouco maior no mês de janeiro/2022 ($330 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), em relação às BDM ($300 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Figura 5).

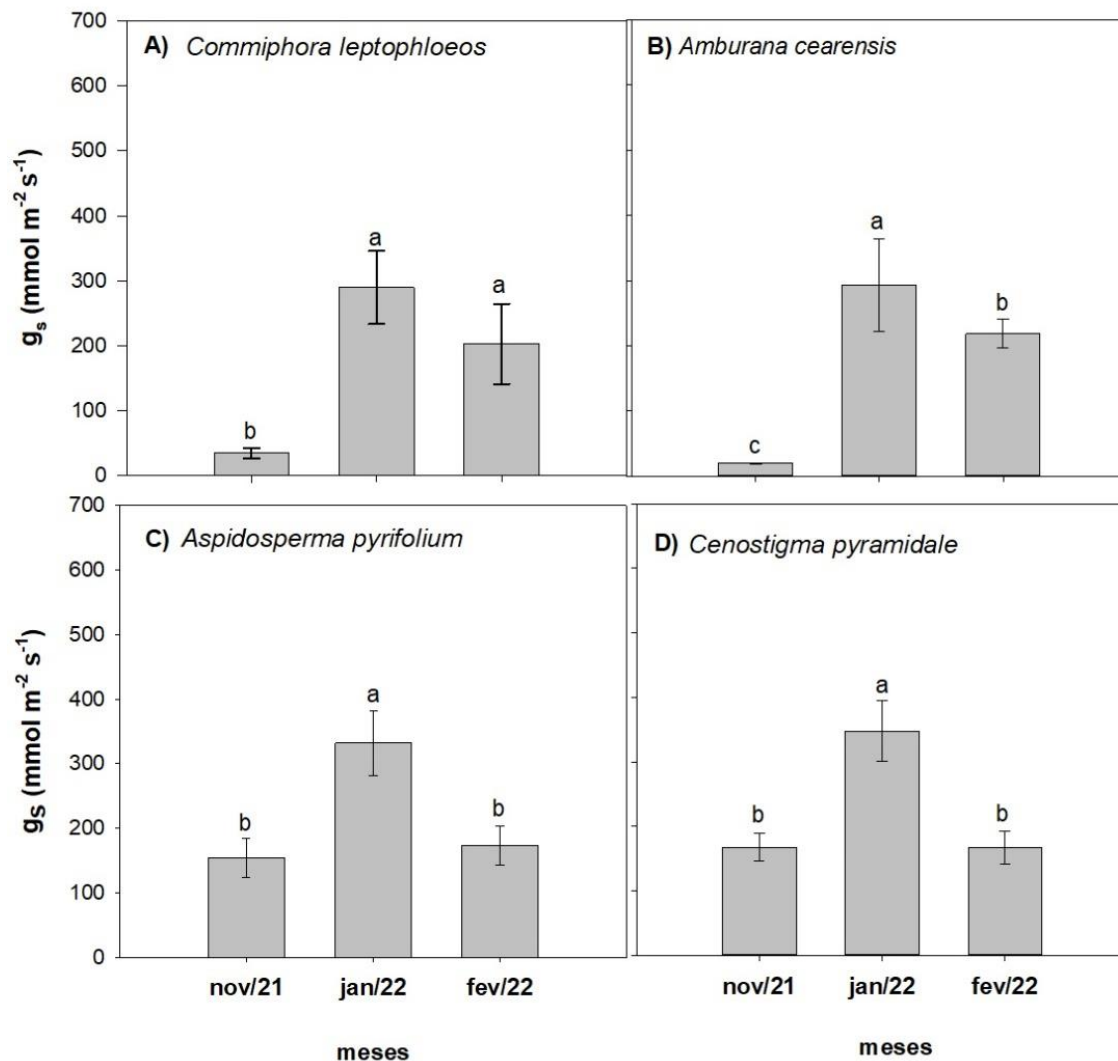


Figura 5: Médias mensais de condutância estomática (g_s) de espécies lenhosas da Caatinga. A e B) grupo de espécies decíduas de baixa densidade de madeira; C e D) grupo de espécies decíduas de alta densidade de madeira. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas.

O potencial hídrico das espécies também diferiu ao longo do tempo (Figura 6). Em geral, os valores de potencial hídrico de todas as espécies, diminuíram significativamente no mês de janeiro/2022 (60%), vindo a aumentar no mês posterior

(Figura 6). Verifica-se que os maiores valores foram constatados para o grupo BDM, apresentando em novembro/2021 valores bem elevados (-0,2 a -0,6 MPa), e mantendo-se assim ao longo do tempo, chegando ao valor mínimo de -1,6 MPa (Figura 6). Por outro lado, as espécies ADM se destacaram com maior variação de potencial hídrico ao longo do tempo, e mais negativo (-1 a -3 MPa). (Figura 6).

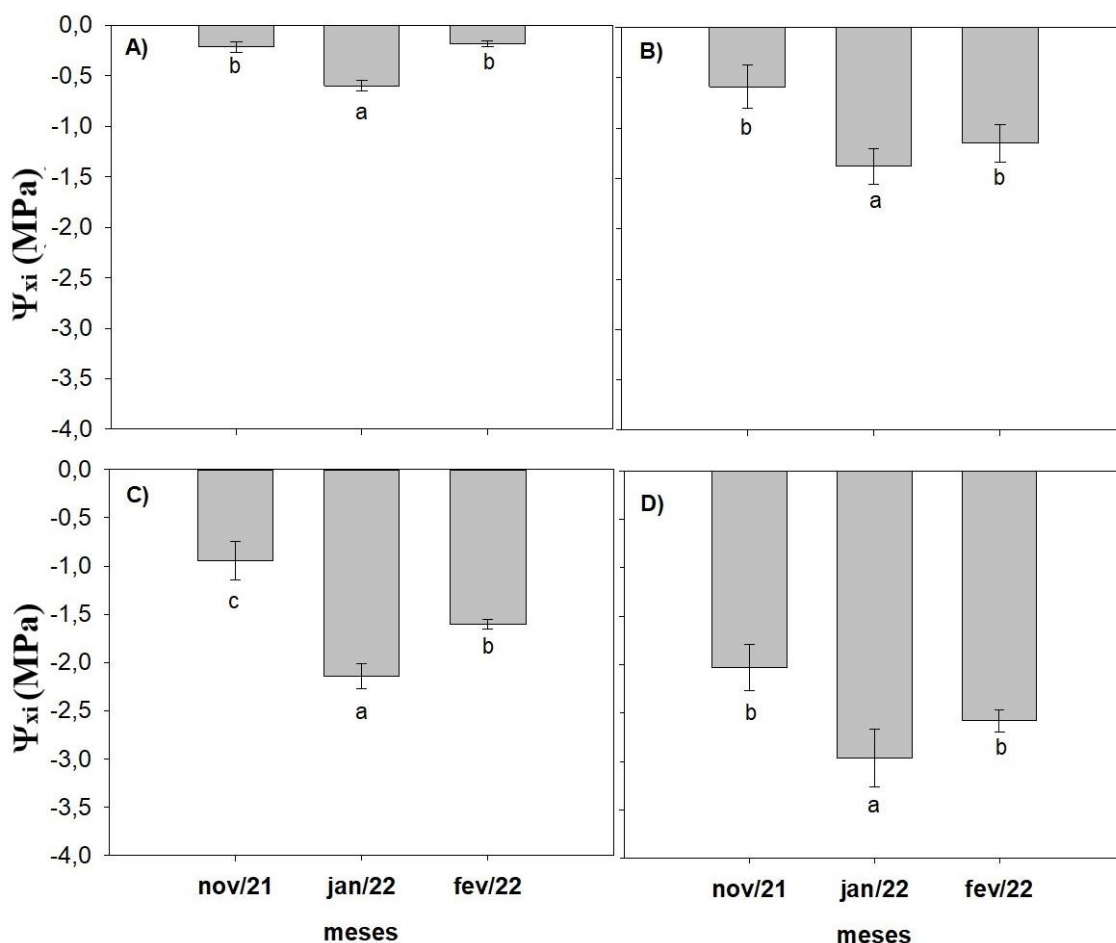


Figura 6: Média mensal do potencial hídrico do xilema (Ψ_{xi}) de quatro espécies lenhosas da Caatinga, A) *Comiphora leptopholeos*; B) *Amburana cearensis*; C) *Aspidosperma pyrifolium*; D) *Cenostigma pyramidale*. Letras diferentes indicam diferenças estatísticas.

Ao correlacionar a condutância do dossel com a condutância estomática, observou-se que houve uma correlação linear positiva e significativa, mostrado pelo coeficiente de correção de Spearman ($\rho = 0,917$; $P < 0,001$) (Figura 7). A medida em que teve um aumento de condutância estomática, a condutância do dossel também aumentou. No período inicial das chuvas, as espécies ADM contribuíram para a condutância do dossel, com maior condutância estomática ($150 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Figura 8). Observou-se que todos os grupos funcionais contribuíram com a condutância do dossel em janeiro,

período chuvoso, entretanto, as espécies ADM se destacaram com valores mais elevados ($350 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), seguido das espécies BDM ($300 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Por outro lado, em fevereiro, quando a condutância estomática das espécies reduziu, bem como a condutância do dossel, verificou-se que o grupo BDM apresentou uma maior contribuição de condutância estomática ($200 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), quando comparada com o outro grupo para esse período (Figura 8).

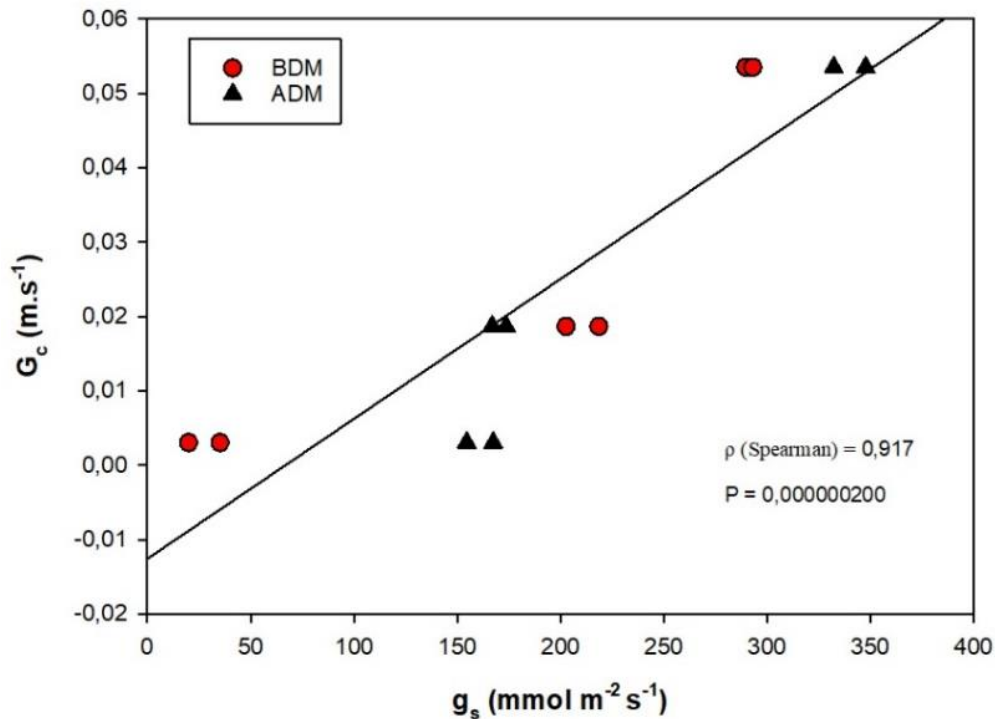


Figura 7: Relação entre a condutância estomática e a condutância do dossel de grupos funcionais de plantas da Caatinga. BDM: Baixa Densidade de Madeira, ADM= Alta Densidade de Madeira.

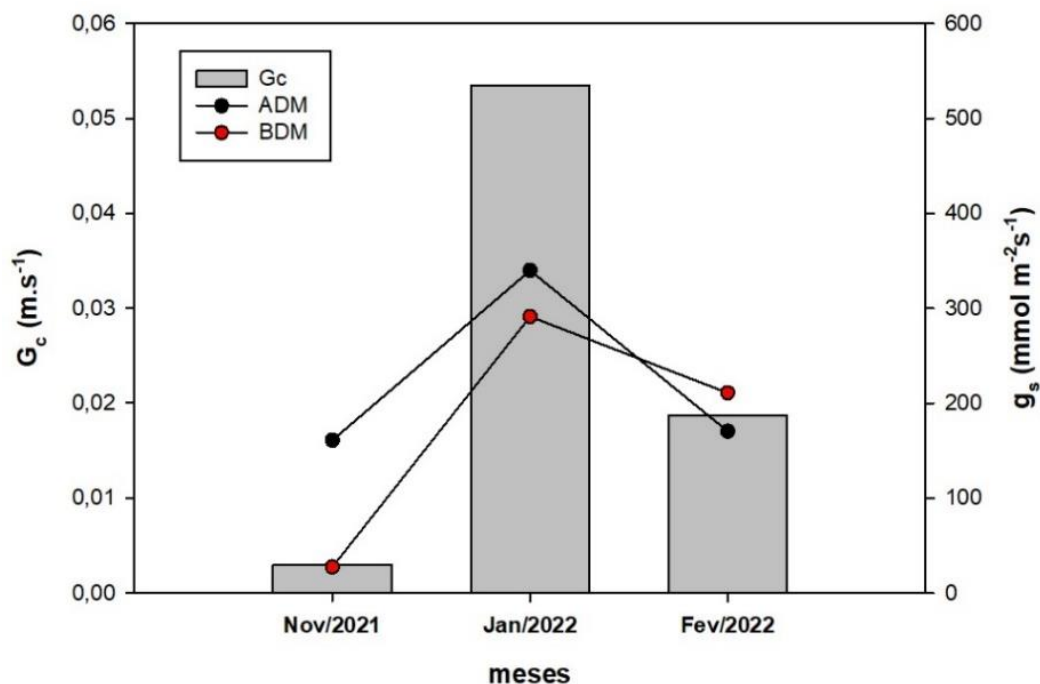


Figura 8: Contribuição dos grupos funcionais com a condutância estomática (g_s) para a condutância do dossel (G_c), na Caatinga. BDM: Baixa Densidade de Madeira, ADM= Alta Densidade de Madeira.

Os valores de temperatura foliar variaram em função da condutância estomática das espécies (Figura 9). A condutância estomática foi negativamente correlacionada com a temperatura ($\rho = -0,886$; $P < 0,001$). Portanto, verificou-se que as espécies dos grupos BDM alcançaram valores de temperaturas foliares significativamente maiores ($39^\circ C$), quando comparado com o grupo das ADM ($35,7^\circ C$).

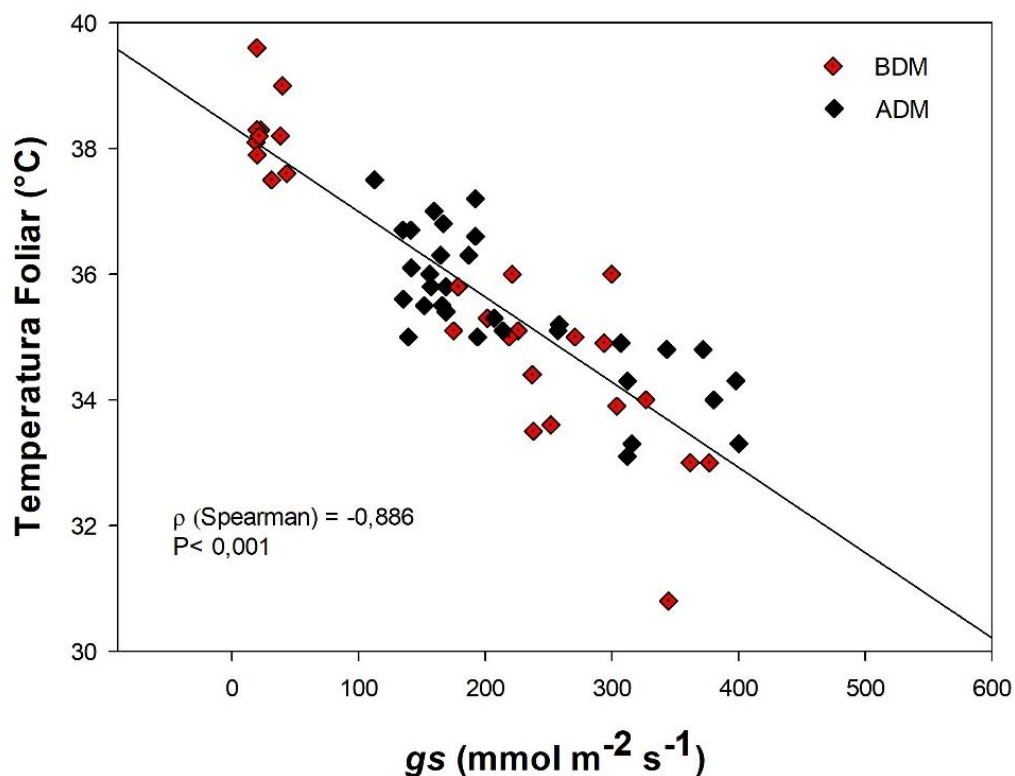


Figura 9: Relação entre os valores médios de condutância estomática (g_s) e temperatura foliar (°C), dos diferentes grupos funcionais da Caatinga. BDM: Baixa Densidade de Madeira, ADM= Alta Densidade de Madeira.

Houve diferença significativa negativa entre as variáveis de DPV e condutância estomática ($P < 0,001$). Verificou-se uma correlação linear indicado pelo fator de determinação ($R^2 = 0,680$) (Figura 10). Observou-se que a condutância estomática das espécies responde inversamente ao DPV. Quando o DPV foi elevado (2,0 KPa), no período inicial de chuvas, a condutância estomática foi baixa. Por outro lado, quando o DPV reduziu, no período chuvoso, a condutância estomática das espécies aumentou significativamente (Figura 10).

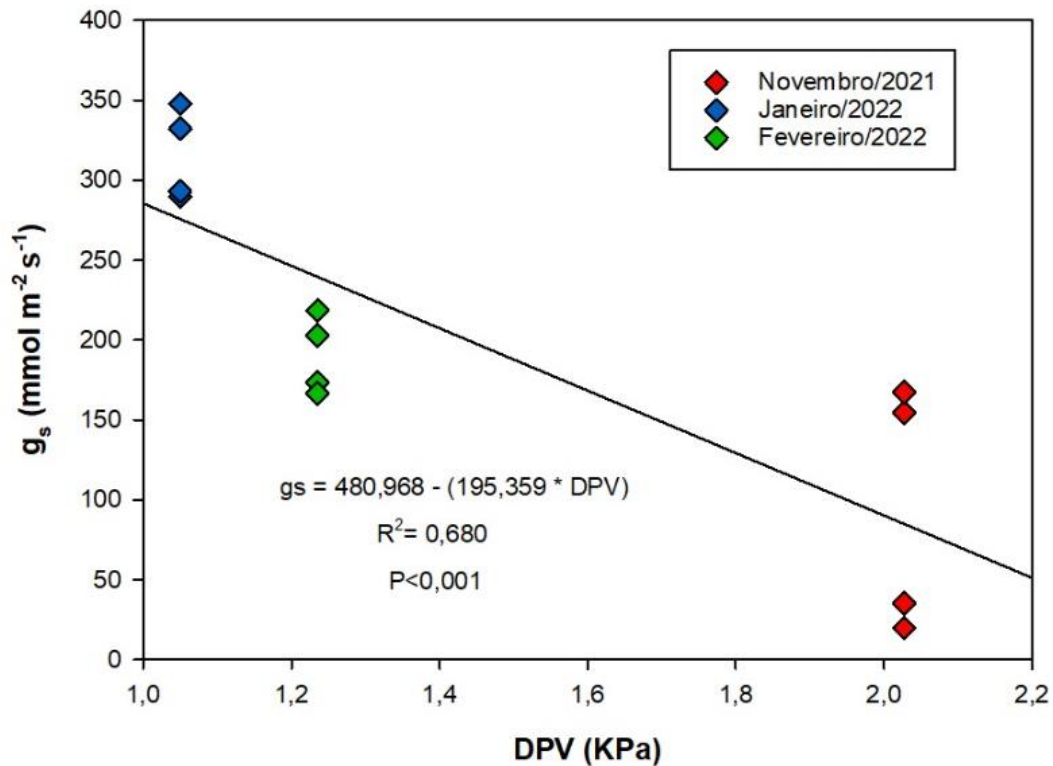


Figura 10: Regressão Linear entre os valores médios de condutância estomática (g_s) e Déficit de Pressão de Vapor (DPV), ao longo do tempo na Caatinga.

5.3. Anatomia da madeira

Quanto aos parâmetros anatômicos, foram observadas diferenças significativas entre os grupos de diferentes densidades de madeira ($P < 0,05$) (Tabela 2). Espécies ADM apresentaram maior espessura da parede dos vasos do xilema (41,17%) sendo muito espessa. Bem como, maior quantidade de vasos (89,47%), sendo caracterizada como espécies de numerosos vasos (Figura 11 A, C), e de fibras (36,17%) (Tabela 2). Todas as classificações estão de acordo com a metodologia de Aparecido, (2014). Verificou-se ainda a presença de parênquima radial unisseriado em *A. pyrifolium* ou multisseriado de até duas células em *C. pyramidale*, sendo esses muito finos e numerosos, com presença de cristais em seu interior (Figura 11 A, D).

Nas espécies BDM o diâmetro dos vasos foi maior (17,70%) (Tabela 2) e os vasos são solitários (12 A, C) e agrupados radialmente com obstrução por tiloses (Figura 12 B). O comprimento dos vasos também foi maior nesse grupo (48,57%) e comprimento de

fibras (4,91%). Verificou-se parênquima radial, geralmente multisseriados de 2-3 células, e parênquima axial do tipo paratraqueal (Figura 12 A, D).

Tabela 2- Valores médios e desvio padrão da análise quantitativa das estruturas anatômicas da madeira das quatro espécies arbóreas *Commiphora leptophloeos*, *Amburana cearensis*, *Cenostigma pyramidale* e *Aspydosperma pyrifolium*.

Variáveis	Espécies			
	BDM		ADM	
	<i>C. leptophloeos</i>	<i>A. cearensis</i>	<i>C. pyramidale</i>	<i>A. pyrifolium</i>
VASOS				
Diâmetro lúmen (μm)	340,95 $\pm$ 63,5 a	370 $\pm$ 27 a	193,85 $\pm$ 7,9 b	134,98 $\pm$ 21 b
Espessura da parede (μm)	10,01 $\pm$ 0,9 b	9 $\pm$ 1,0 b	16,86 $\pm$ 0,4 a	14,65 $\pm$ 2,0 a
Quantidade (mm^2)	5,18 $\pm$ 2,5 c	5,92 $\pm$ 1,2 c	15,55 $\pm$ 2,2 b	57,7 $\pm$ 2,2 a
Comprimento do elemento de vaso (μm)	1183 $\pm$ 6,2 a	957 $\pm$ 1,0 b	612,74 $\pm$ 79 c	463,32 $\pm$ 91 c
FIBRAS				
Comprimento (μm)	1152,02 $\pm$ 83,0 a	1078,07 $\pm$ 58 ab	1025,10 $\pm$ 20 b	969,38 $\pm$ 36 b
Quantidade (mm^2)	28 $\pm$ 0,94 b	29,66 $\pm$ 2,5 b	43,81 $\pm$ 0,7 a	47,66 $\pm$ 2,5 a

*Letras iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa entre as espécies.

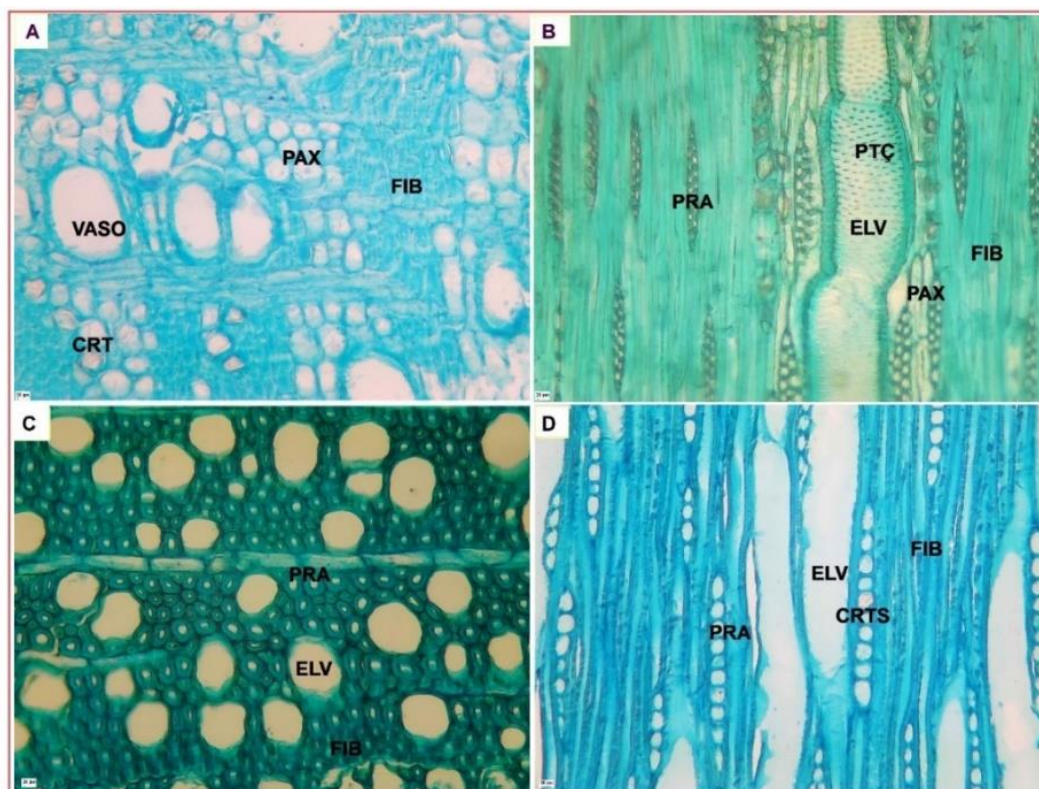


Figura 11: Secções histológicas em plano transversal (A, C) e longitudinal (B, D) da madeira de duas espécies de alta densidade de madeira. A-B) *Cenostigma pyramidale* e C-D) *Aspydosperma piryfolium*, situadas na Fazenda Buenos Aires, em Serra Talhada, Pernambuco. Escala: 100 μ m. CRTS=cristais; ELV= elemento de vaso; FIB= fibra; PAX = parênquima axial, PRA= parênquima radial; PTÇ= pontoações.

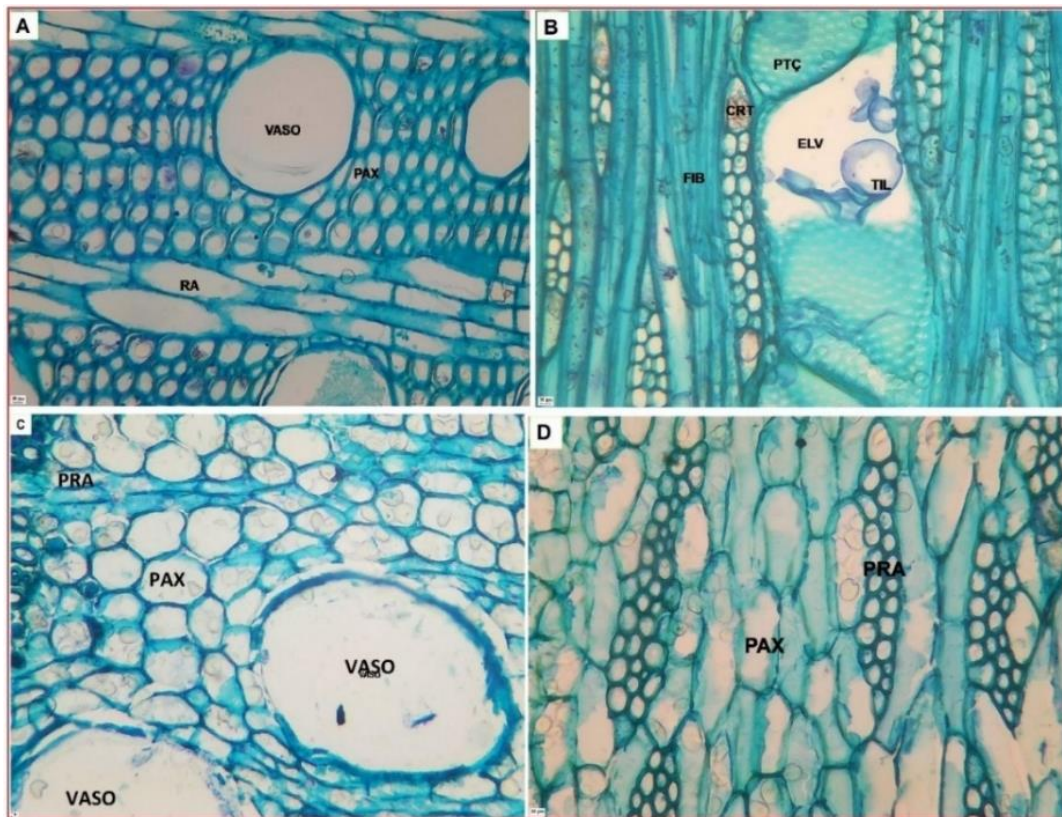


Figura 12: Secções histológicas em plano transversal (A, C) e longitudinal tangencial (B, D) da madeira de duas espécies de baixa densidade de madeira: A-B) *Commiphora leptophloeos*; C-D) *Amburana cearensis*. Escala: 100 μ m. CRTS=cristais; ELV= elemento de vaso; FIB= fibra; PAX= parênquima axial, PRA= parênquima radial; PTC= pontoações, TIL = tilose.

A análise de componentes principais indicou que as características anatômicas e fisiológicas são determinantes na separação dos grupos funcionais (Figura 13). O eixo 1 explicou 55% da variância dos dados, enquanto o eixo 2 explicou 22,1%. Sendo que para cada eixo ou dimensão os maiores valores indicam as variáveis mais representativas (Tabela 3). Verificou-se, portanto, que as variáveis do eixo 1 se mostraram fortemente relacionadas com as espécies ADM: quantidade dos vasos, frequência de fibras, espessura da parede do vaso e condutância estomática. Enquanto as variáveis do eixo 2 estão mais relacionadas com o grupo de BDM: diâmetro do vaso, comprimento do elemento de vaso, potencial hídrico e temperatura foliar (Figura 13).

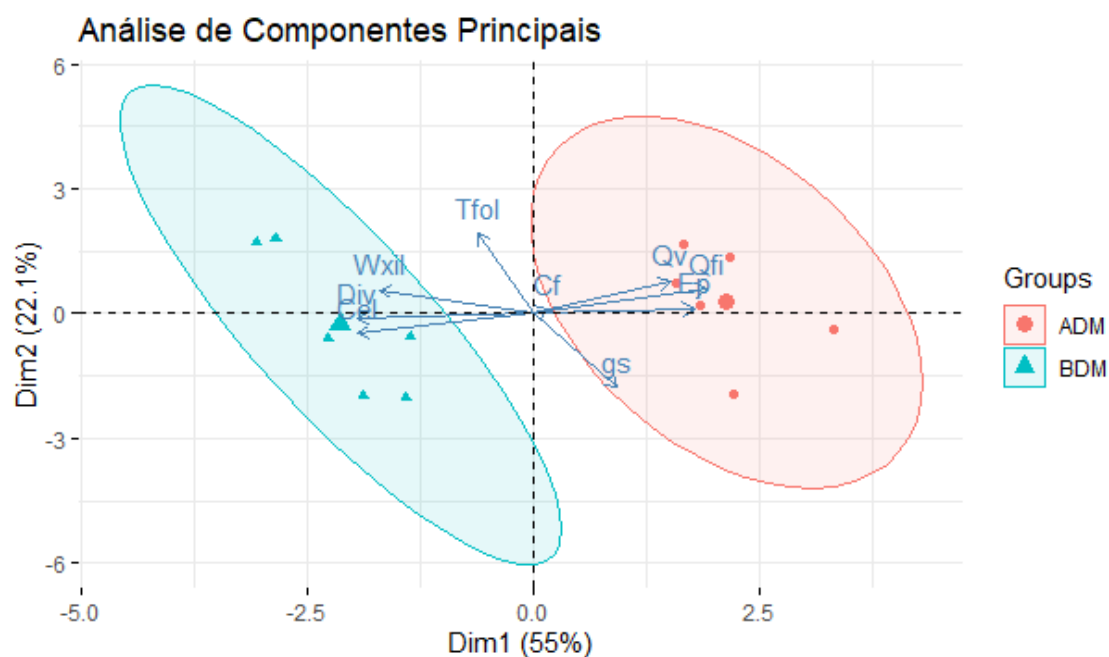


Figura 13: Análise de componentes principais dos diferentes grupos funcionais das espécies BDM: Baixa Densidade de Madeira, ADM= Alta Densidade de Madeira; Div= Diâmetro do lume do vaso; Qv = quantidade de vasos do caule; Ep= Espessura da parede do elemento de vaso; Cel= Comprimento do elemento de vaso; Qfi= Quantidade de fibras; Cf= Comprimento de fibras; g_s = condutância estomática; Wxil= Potencial hídrico do xilema; Tfol= temperatura foliar.

Tabela 3- Valores das variáveis mais representativas para cada dimensão, da Análise de Componentes Principais. Div= Diâmetro do lume do vaso; Qv = quantidade de vasos do caule; Ep= Espessura da parede do elemento de vaso; Cel= Comprimento do elemento de vaso; Qfi= Quantidade de fibras; Cf= Comprimento de fibras; g_s = condutância estomática; Wxil= Potencial hídrico do xilema; Tfol = temperatura foliar.

DIMENSÃO	VARIÁVEIS								
	Div	Qv	Ep	Cel	Qfi	Cf	g_s	Wxil	Tfol
DIM 1	-0,95	0,74	0,87	-0,94	0,94	-0,08	0,45	-0,83	-0,30
DIM 2	-0,06	0,38	0,06	-0,24	0,29	-0,05	-0,96	0,28	0,93

6. DISCUSSÃO

As espécies arbóreas contribuíram consideravelmente com a condutância do dossel (COSTA et al., 2013). No presente estudo, observou-se que diferentes grupos

funcionais de plantas contribuíram de formas distintas para a condutância do dossel em diferentes estações do ano. Os resultados obtidos mostraram que as espécies vegetais de um mesmo habitat desenvolvem diferentes estratégias de uso da água e que influenciam diretamente na umidade relativa do ar, podendo ser explicada pela arquitetura hidráulica, comportamento fenológico e mecanismos fisiológicos (COSTA et al., 2013; JANSEN et al., 2003).

A condutância do dossel mostrou uma relação positiva com a condutância estomática das espécies arbóreas, portanto, variando ao longo do tempo, com aumento de precipitação, déficit de pressão de vapor, e umidade relativa do ar. Esses resultados indicam que a condutância do dossel é controlada por diferentes fatores biofísicos (AGUIAR et al., 2013), incluindo os fisiológicos e climáticos (MARQUES et al., 2020).

Foi visto que o grupo ADM apresentou uma maior contribuição para umidade do dossel no período inicial das chuvas, evidenciado pela maior condutância estomática. As espécies ADM apresentaram características anatômicas que auxiliam em uma maior segurança hídrica, com menor diâmetro dos vasos xilemáticos e comprimento de fibras, e numerosos vasos condutores (SCHUMANN; LEUSCHNER; SCHULDT, 2019). Dessa forma, tais características promovem uma baixa capacidade de armazenamento de água, fazendo com que esse grupo responda de forma rápida na disponibilidade hídrica (LIMA et al., 2021). Vale ressaltar que as espécies que compõem esse grupo perdem suas folhas durante a estação seca e iniciam a brotação de folhas no início da estação chuvosa (LIMA et al., 2021). Dessa forma, para suprir a demanda de carbono necessária para a produção de folhas, as árvores maximizam a absorção de água e assim conseguem transportar um grande volume de água, e eleva a condutância estomática, permitindo uma maior transpiração (GEBAUER et al., 2008). Portanto, verifica-se que a arquitetura hidráulica é um importante mecanismo que está relacionada com a densidade de madeira e auxilia no entendimento do funcionamento e contribuição dos grupos funcionais no ecossistema (BRITO et al., 2022).

As espécies BDM contribuíram significativamente com a condutância do dossel no período chuvoso, enquanto no período de menor precipitação foi baixa, época que coincide com maiores valores de déficit de pressão de vapor e temperatura do ar. Esses resultados mostram que as espécies que compõem esse grupo respondem bem ao DPV, com o fechamento estomático nos períodos de maior demanda evaporativa (GLEASON et al., 2016). Esse grupo apresentou vasos mais largos e poucos numerosos, além de

pontoações intravasculares maiores. De acordo com Hacke et al. (2006) vasos largos têm potencial de conduzir e armazenar um maior volume de água e por não investirem em numerosos vasos são hidraulicamente mais eficientes (POORTER et al., 2010). Apesar disso, se tornam menos seguros ao transporte hídrico, devido à menor possibilidade de caminhos disponíveis para o fluxo de água, pois a densidade de vasos é menor, sendo esse grupo mais susceptível a cavitação dos vasos (CARLQUIST, 2012). Portanto, a baixa condutância estomática desse grupo no início das chuvas pode estar relacionada com a necessidade de diminuir a tensão hídrica no xilema para evitar o processo de embolismo ou dano ao sistema hidráulico (GLEASON et al., 2016). As espécies BDM brotam e florescem no período seco (LIMA e RODAL, 2010), por isso necessitam realizar as atividades fisiológicas perante a disponibilidade de água (BORCHERT et al. 2002). De acordo com Lima e Rodal (2010) para que esse grupo tenha água durante o período seco, perdem suas folhas no final da estação chuvosa para evitar a perda de água, portanto, reduzindo o período de exposição das folhas. Por outro lado, no período chuvoso, as espécies decíduas BDM tendem a apresentar elevada condutância estomática a fim de maximizarem a aquisição de recursos para superarem o período de seca (GLEASON et al., 2016), portanto, intensificando as atividades fisiológicas enquanto estão com folhas.

As espécies BDM tiveram maiores valores de potencial hídrico no período inicial das chuvas e no período chuvoso. Esse comportamento é indicativo de capacidade de armazenamento de água que as mantém bem hidratadas, além da disponibilidade de água no solo (BORCHERT, 2002; LIMA, RODAL, 2010). Por outro lado, o potencial hídrico de espécies ADM foi bem menor e com grande variação durante todo o período analisado. De acordo com Chave et al. (2006), essas espécies perdem muita água para atmosfera para realizar suas atividades fisiológicas, mais do que sua capacidade de armazenamento, o que reduz drasticamente seu potencial hídrico.

Estudos mostram que o déficit de pressão de vapor reduz significativamente o potencial hídrico do xilema, tanto na estação seca quanto chuvosa (MARQUES et al., 2020). Nesse trabalho observou-se que o DPV influenciou significativamente na condutância estomática e, conseqüentemente, no potencial hídrico. Os valores elevados de condutância estomática ocorreram quando houve valores mais baixos do VPD, indicando um aumento na abertura dos estômatos como resposta ao gradiente de transporte de vapor de água (SILVA et al., 2017). Estes diferentes valores encontrados

mostraram que a condutância estomática é controlada não somente pela disponibilidade de água nos solo, mas por variáveis meteorológicas (CHAVE et al., 2006).

Verificou-se que a medida em que a condutância estomática dos grupos funcionais aumenta ao longo do tempo, a temperatura foliar diminui. A transpiração tem efeitos importantes tanto na umidade quanto no resfriamento da folha, com capacidade de reduzir a temperatura foliar em 2 a 3°C (MEDEIROS, 2019). A maior temperatura foliar foi observada no período inicial das chuvas, bem como, menor condutância estomática. Esse resultado auxilia no entendimento da indisponibilidade de água para as espécies vegetais, já que a temperatura foliar é indicativo de estresse para as plantas (DUFFKOVÁ, 2006). De acordo com Jackson (1982), quando o ambiente está sob condições de temperatura elevada, baixo índice de precipitação e umidade relativa, as condições edafoclimáticas também não estarão favoráveis para as plantas, dessa forma, a condutância estomática é reduzida, elevando assim a temperatura foliar. Dessa forma, quanto menor a quantidade de água que sai pelo processo de transpiração pelas folhas, maior o aquecimento foliar.

A avaliação de relações fisiológicas entre grupos vegetais permite uma melhor compreensão do funcionamento das espécies vegetais em um ecossistema (TILLESSE, 2017; ROSELL e OLSON 2014). Com esses resultados, é possível estimar a transpiração de um povoamento florestal e mostrar a significância do armazenamento de água na planta, e a eficiência de estratégias relacionadas (OLSON 2014; TILLESSE, 2017; ROSELL). Os resultados obtidos nesse estudo confirmam a hipótese desse trabalho, que as espécies ADM possuem características hidráulicas que conferem maior segurança na condução de água, permitindo maior condutância estomática no início das chuvas. Para o grupo das BDM verificou-se que a arquitetura hidráulica das espécies contribuiu para um melhor armazenamento da água, mantendo os seus tecidos hidratados, e uma melhor regulação estomática, contribuindo para a umidade do ar, especialmente no período chuvoso. Esses dados reforçam a ideia de que a arquitetura hidráulica reflete diretamente nas respostas fisiológicas frente as variações climáticas.

7. CONCLUSÕES

Os resultados desse estudo mostraram que as espécies de diferentes densidades de madeira contribuem para a condutância do dossel, de forma distinta, e que as inter-relações dos traços funcionais dessas espécies determinam o funcionamento dos grupos vegetais no ecossistema. Observou-se que a arquitetura hidráulica é um mecanismo que

facilita a compreensão do funcionamento das espécies. Dessa forma, nota-se que espécies ADM apresentam estratégias que permitem a aquisição de água ainda nos períodos de menor precipitação, contribuindo eficientemente para a umidade do dossel, enquanto que as espécies BDM apresentam estratégias mais conservadoras de uso da água, e contribuem substancialmente com a umidade do dossel, especialmente no período chuvoso. Dessa forma, considerando as condições sazonais de precipitação, altas temperaturas e variações no déficit de pressão de vapor ao longo do ano, esses resultados são de grande importância para a escolha correta de espécies arbóreas para fins de reflorestamento, e até mesmo para manejo agroflorestal. Esclarece ainda aspectos importantes para a conservação de espécies arbóreas em regiões semiáridas.

8. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Atividades	2021				2022				
	S	O	N	D	J	F	M	A	M
Revisão Bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	x	
Seleção e marcação das plantas		x	x						
Coleta de dados biológicos			x	x	x	x	x		
Processamento de dados meteorológicos						x	x		
Elaboração da monografia							x		
Correção da Monografia								x	
Defesa da Monografia									x

9. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, D. R.; *et al.* Mecanismos de controle para fluxo de vapor d'água na flona Tapajós para o ano de 2002. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, ISSN: 2179-460X Edição Esp. p. 142 – 147, 2013. <http://dx.doi.org/10.5902/2179-460X11583>
- ALBUQUERQUE, F. N. B; COSTA, J. S. Interceptação de chuva em diferentes fisionomias de caatinga (Coreaú, CE). **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 16, n. 3, p. 63-75, 2012.
- ALMEIDA, A. C.; SOARES, J. V. Comparação entre uso de água em plantações de Eucalyptus e Floresta Ombrofila Densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 2, p.159-170, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000200006>
- APARECIDO, L. M. T. **Padrões da área do xilema ativo em espécies florestais amazônicas na região de Manaus (am)**. 2014. 120p. Dissertação (Mestrado) Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA. Manaus. <https://www.researchgate.net/publication/344774510>

- AWAD, H.; BARIGAH, T.; BADEL, E.; COCHARD, H., HERBETTE, S. Condutividade Hidráulica e vulnerabilidade à cavitação do xilema se aclimata a condições de solo mais secas. **Physiol Plant**, v. 139, p. 280–288, 2010.
- BAZZAZ, F. A. Tropical forest in future climate: changes in biological diversity and impact on the global carbon cycle. **Climatic Change**, v.39, p. 317-336, 1998. DOI: 10.1007/978-94-017-2730-3_7
- BEECKMAN, H. Wood anatomy and trait-based ecology. **IAWA Journal**, v. 37, n. 2, p. 127–151, 2016. <https://doi.org/10.1163/22941932-20160127>
- BORCHERT, R.; RIVERA, G.; HAGNAUER, W. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. **Biotropica**, v. 34, p. 27-39, 2002. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00239.x>
- BONAN, G. B. **Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests**. Science. 320. 2008. [DOI: 10.1126/science.1155121].
- BOURNE, A. E.; HAIGH, A. M.; ELLSWORTH, D. S. Stomatal sensitivity to vapor pressure deficit relates to climate of origin in Eucalyptus species. **Tree Physiology**, v.35, p.266-278, 2015.
- BRITO, N. D. S.; MEDEIROS, M. J. S.; SOUZA, E. S.; LIMA, A. L.; Drought response strategies for deciduous species in the semiarid Caatinga derived from the interdependence of anatomical, phenological and bio-hydraulic attributes. **Journal homepage**. 11p. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2022.152009>
- CABRAL, O. M. R. *et al.* Water and energy fluxes from a woodland savana (Cerrado) in southeast Brazil. **Journal os Hydrology: Regional Studies**, v. 4, p. 22-40, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.04.010>.
- CARLQUIST, S. **Comparative wood anatomy: systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood**. 2nd Edn. Berlin: Springer Verlag., 448p, 2001.
- CARVALHO, E. C. D.; MARTINS, F. R.; OLIVEIRA, R. S.; SOARES, A. A.; ARAÚJO, F. S. Why is liana abundance low in semiarid climates? **Austral Ecology**, Alice Springs, v. 41, n. 5, p. 559-571, 2016.
- CARVALHO, J. N. **Espécies nativas da caatinga para recuperação de áreas degradadas: Prospecção, ecofisiologia da germinação e crescimento de plantas**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina, 95p. 2016.
- CERABOLINI, B. E. L.; BRUSA, G.; CERIANI, R. M.; DE ANDREIS, R.; LUZZARO, A.; PIERCE, S. Can CSR classification be generally applied outside Britain? **Plant Ecology**, v. 210, n. 2, 253–261, 2010 <https://doi.org/10.1007/s11258-010-9753-6>
- CHATURVEDI, R. K.; RAGHUBANSHI, A. S.; SINGH, J. S. Plant functional traits with particular reference to tropical deciduous forests: A review. **Journal Bioscience** v. 36, n. 6, p. 1-19, 2011. <https://doi.org/10.1007/s12038-011-9159-1>
- CHAVE, J.; MULLER-LANDAU, H.C.; BAKER, T. R.; EASDALE,.; TER STEEGE, H.; e WEBB, C. O. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. **Ecological Applications**, New York, v. 16, n. 6, p. 2356-2367, 2006.
- CHAVE, J.; COOMES, D.; JANSEN, S.; LEWIS, S. L.; SWENSON, N. G.; ZANNE, A. E. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, v. 12, n. 4, p. 7351–366, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01285>

- COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**. v. 37, n. 2, p. 229 – 23, 2007.
- COSTA, C. A. G.; LOPES, J. W. B.; PINHEIRO, E. A. R.; ARAÚJO, J. C.; GOMES FILHO, R. R. Spatial behaviour of soil moisture in the root zone of the Caatinga biome. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 685-694, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000400004>
- CORNELISSEN, J. H. C.; *et al.* A Handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany** v. 51, p. 335-380, 2003.
- CRAMER, W. *et al.* Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO₂ and climate change: results from six dynamic global vegetation models. **Global change biology**, v. 7, n. 4, p. 357-373, 2001. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2001.00383.x>
- CROUS, C. J.; MALAN, F. S.; WINGFIELD, M. J. Securing African forests for future drier climates: applying ecophysiology in tree improvement. *Southern Forests*, v. 78, n. 4, p. 241–254, 2016.
- DANTAS, B. F.; RIBEIRO, R. C.; MATIAS, J. R.; ARAÚJO, G. G. L. Germinative metabolism of Caatinga forest species in biosaline agriculture. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 2, p. 194-203, 2014. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v32n2927>.
- DANUSER, G. Photogrammetric calibration of a stereo light microscope. **Journal of Microscopy**, v. 193, n. 1, p. 62–83, 1999. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2818.1999.00425.x>
- DIAZ, S.; KATTGE, J.; CORNELISSEN, J. H.; WRIGHT, I. J.; LAVOREL, S.; DRAY, S.; GORNE, L. D. The global spectrum of plant form and function. **Nature**, v. 529, n. 7585, p. 167–171, 2016. <https://doi.org/10.1038/nature1648>
- DING, N.; YANG, W.; ZHOU, Y.; GONZÁLEZ-BERGONZONI, I.; ZHANG, J.; CHEN, K.; WANG, B. Different responses of functional traits and diversity of stream macroinvertebrates to environmental and spatial factors in the Xishuangbanna watershed of the upper Mekong River Basin, China. **Science of the Total Environment**, v. 574, p. 288–299, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv>
- DOHENY-ADAMS, T. *et al.* Genetic manipulation of stomatal density influences stomatal size, plant growth and tolerances to restricted water supply across a growth carbon dioxide gradient. **Philosophical transactions of the royal Society**. v. 367, p. 547-555, 2012.
- DUFFKOVÁ, R. Difference in Canopy and Air Temperature as an Indicator of Grassland Water Stress. **Soil and Water Res.**, v. 1, n. 4, p. 127–138, 2006.
- EAMUS, D.; O'GRADY, A.P.; HUTLEY, L. Dry season conditions determine wet season water use in the wet-dry tropical savannas of northern Australia. **Tree Physiology**. V. 20, p. 1219–1226, 2000.
- FAGUNDES, M. V. **Atributos funcionais de caatinga, uma floresta sazonalmente seca: estratégias, distribuição espacial, interações entre plantas e restauração de comunidades**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Programa de Pós-graduação em Ecologia. Natal, 155p, 2020.
- FARIAS, S. G. G.; RODAL, M. J. N.; MELO, A. L.; SILVA, M.; LIMA, A. Fisionomia e estrutura de vegetação de caatinga em diferentes ambientes em SERRA TALHADA – PERNAMBUCO. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 435-448, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509822745>
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. **Applied Mathematics**, v. 05, n. 19, p. 2952– 2958, 2014.

FIGUEIREDO, J. V. **Iniciação do escoamento em microbacia hidrográfica e relações hídricas no sistema solo-planta-atmosfera no bioma caatinga**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 171p, 2018.

FIGUEIREDO, J. M.; ARAÚJO, J. M.; LÚCIO, A. M. F. N.; BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A. Herb recovery in degraded caatinga sites enriched with native trees. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1143-1156, 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509830292>

FIGUEIREDO, K. V. **Ecofisiologia de duas espécies lenhosas, sempre-verde e decídua: estudo de caso com *Cynophalla flexuosa* e *Annonaleptopetala* em Floresta Tropical Sazonal Seca**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal. Centro de Biociências. Biologia Vegetal. 2016.

FLEXAS, J.; RIBAS-CARBÓ, M.; DIAZ-ESPEJO, A.; GALMÉS, J.; MEDRANO, H. Mesophyll conductance to CO₂: current knowledge and future prospects. **Plant, Cell & Environment**, v. 31, p. 602- 621, 2008.

FRAGA, C. I. M.; SANCHES, L.; JUNIOR, O. B. P.; CURADO, L. F. A.; GAIO, D. C. Condutância do dossel, condutância aerodinâmica e fator de desacoplamento em floresta de *Vochysia divergens* pohl (vochysiaceae) no pantanal brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 3, 275 - 284, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130102>

FRANCA-ROCHA, W. **Cobertura vegetal e do uso do solo no bioma das Caatingas**. In: Queiroz, L. P.; RAPINI, A.; GIULIETTI, A.M. (Eds). Rumo ao amplo conhecimento da biodiversidade do semi-árido brasileiro, 141p. 2008.

FRANCO, A. C. **Water and light use strategies by Cerrado woody plants**. 51º. Congresso Nacional de Botânica - Tópicos atuais em Botânica (Palestras), Brasília, DF. p. 292-298, 2000

FRASER, L. H. *et al.* Adaptive phenotypic plasticity of *Pseudoroegneria spicata*: response of stomatal density, leaf area and biomass to changes in water supply and increased temperature. **Annals of Botany**. v. 103, p. 769-775, 2009.

FU, X. *et al.* Coordination and trade-offs between leaf and stem hydraulic traits and stomatal regulation along a spectrum of isohydry to anisohydry. **Plant Cell and Environment**, v. 42, n. 7, p. 2245–2258, 2019. <https://doi.org/10.1111/pce.13543>

FU, P.L.; JIANG, Y.J.; WANG, A.Y.; BRODRIBB, T.J.; ZHANG, J.L.; ZHU, S.D.; CAO, K.F. Stem hydraulic traits and leaf water-stress tolerance are co-ordinated with the leaf phenology of angiosperm trees in an Asian tropical dry karst forest. **Annals of Botany**. V. 110, p. 189-199, 2012.

GALETTI, M.; ALVES, C. C. P.; CAZETTA, E. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. **Biological Conservation**, v. 111, p. 269-273, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00299-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00299-9)

GAO, J. G. *et al.* Biophysical limits to responses of water flux to vapor pressure deficit in seven tree species with contrasting land use regimes. **Agric, For. Meteorol.**, v. 200, p. 258- 269, 2015.

GATES, D. M. Leaf temperature and transpiration. **Agronomy Journal**, v. 56, p.273-277, 1954. <https://doi.org/10.2134/agronj1964.00021962005600030007x>

GEBAUER, T.; HORNA, V.; LEUSCHNER, C. Variability in radial sap flux density patterns and sapwood area among seven co-occurring temperate broad-leaved tree species. **Tree Physiology**. Victoria: Canada. v. 28. p. 1821-1830. 2008.

GIULIETTI, A. M. *et al.* **Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga**. In: SILVA, J. M. C., TABARELLI, M., FONSECA, M. T., LINS, L. V. (Orgs.). Biodiversidade da Caatinga:

áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, p. 47-90, 2004.

GLEASON, S. M. *et al.* Weak tradeoff between xylem safety and xylem-specific hydraulic efficiency across the world's woody plant species. **New Phytologist**, v. 209, n. 1, p. 123–136, 2016.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E. M.; GUIMARÃES, D. G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 8-14, 2009.

GONZALEZ-DUGO, V.; ZARCO-TEJADA, P. J.; FERERES, E. Applicability and limitations of using the crop water stress index as an indicator of water deficits in citrus orchards. **Agricultural and Forest Meteorology**, p.198–199, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.08.003>

GRIME, J. P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**. 1977.

HACKE, U.G.; SPERRY, J.S.; POCKAMAN, W.T.; DAVIS, S.D. & MCCULLOH, K.A.. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. **Oecologia**, v. 126, p. 457-446, 2001.

HASKINS, E. F. Toluidine Blue: A Simple, Effective Stain for Plant Tissues. **The American Biology Teacher**, v. 44, n. 8, p. 487–489, 1982. <https://doi.org/10.2307/4447575>

HELDT, H. W.; PIECHULLA, B. **Photosynthesis implies the consumption of water**. In: Plant Biochemistry. 4th. (ed). Amsterdam: Elsevier, 2011. p. 211-239. **Intergovernmental Panel On Climate Change. Climate Change: the physical science basis-working Group I Contribution to the IPCC Fourth Assessment Report**. Brussels: IPCC, 2007.

HÉROULT, A. *et al.* Optimal stomatal conductance in relation to photosynthesis in climatically contrasting Eucalyptus species under drought. **Plan, Cell and Environment**, v. 36, p. 262-274, 2013.

HESKEL, M. A *et al.*, Convergence in the temperature response of leaf respiration across biomes and plant functional types. **PNAS**. v. 113, n. 14. 2016. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1520282113

HOFFMANN, W. A. *et al.* Hydraulic failure and tree dieback are associated with high wood density in a temperate forest under extreme drought. **Global Change Biology**, v. 17, n. 8, p. 2731–2742, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02401.x>

HOFFMAN, A. Estimating tree transpiration accurately depends on wood type and species: a study of four southern appalachian tree species. The Oculus: **The Virginia Journal of Undergraduate Research** v. 11, n. 1. p. 30-34, 2012.

HOOPE; I. L.; WOLLMANN; C. A.; COSTA; L. T.; SILVA; A. N. **Análise da umidade relativa do ar no entorno próximo ao reservatório da usina hidrelétrica de dona francisca, em agudos em período de verão e inverno**: Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento. Instituto de Geociência – Unicamp. Campinas – SP. 28 de Junho/02 de Julho de 2017. DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.2400 - ISBN 978-85-85369-16-3.

HOPKINS, W. G. 1995. **Introduction to Plant Physiology** John Wiley & Sons, Inc., New York. https://dspace.agu.edu.vn:8080/handle/agu_library/12841

HSIAO, T. C. **Plant responses to water stress**. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1973, v. 24, p. 519-570. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.24.060173.002511>

- JACOBSEN, A. L. *et al.* Comparative community physiology: Nonconvergence in water relations among three semi-arid shrub communities. **New Phytologist**, v. 180, n. 1, p. 100–113, 2008.
- JANSEN, S.; BAAS, P.; GASSON, P.; SMETS, E. Vested pits: do they promote safer water transport? **International journal of plant sciences**, v. 164, p. 405–413, 2003.
- JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. p. 523, 1940.
- KELLIHER, F. M.; LEUNING, R.; RAUPACH, M. R.; SCHULZE, E. D. Maximum conductances for evaporation from global vegetation types. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 73, p. 1-16, 1995. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(94\)02178-M](https://doi.org/10.1016/0168-1923(94)02178-M)
- KUMAGAI, T., *et al.* Transpiration, canopy conductance and the decoupling coefficient of a lowland mixed dipterocarp forest in Sarawak, Borneo: dry spell effects. **Journal of Hydrology**, v. 287, p. 237-251, fevereiro, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.10.002>
- KUME, T., *et al.* Ten-year evapotranspiration estimates in a Bornean tropical rainforest. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 151, p. 1183– 1192, 2011
- LAVOREL, S., GARNIER, E. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. **Functional Ecology**, (Essay Review), p. 545–556, 2002. <https://doi.org/10.1046/J.1365-2435.2002.00664.X>.
- LEAL, I. R.; TABARELLI, M., SILVA, J. M. C. (eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**, p.625-656, 2003.
- LIBERATO, M. A. R. *et al.* Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll a fluorescence in acariquara seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 18, p. 315-323, 2006.
- LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 1363 - 1373, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.05.009>
- LIMA, A. L. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CASTRO, C. C.; RODAL, M. J. N.; ANTONINO, A. C. D.; MELO, A. L. 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, p. 1605–1616, 2012.
- LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N.; CASTRO, C. C.; ANTONINO, A. C. D.; MELO, A. L.; SOUZA, T.; SAMPAIO, E.V.S.B. Phenology of high- and low-density wood deciduous species responds differently to water supply in tropical semiarid regions. **J. Arid Environ.** v. 193, p. 104-594, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104594>
- LOIOLA, M. I. B.; ROQUE, A. A.; OLIVEIRA, A. C. P. Caatinga: vegetação do semiárido brasileiro. **Revista Online da Sociedade Portuguesa de Ecologia**. n. 4, p. 14-19, 2012.
- MALAVASI, U. C.; DAVIS, A. S.; MALAVASI, M. de M.; Estimating water in living woody stems – a review. **CERNE**, Lavras, v. 22 n. 4, p. 415-422, 2016.
- MALHI, Y. *et al.* Energy band water dynamics of a central Amazonian rain forest. **Journal of Geophysical Research**, v. 107, p. 8061–8078, 2002
- MARANGON, G. P.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SCHNEIDER, P. R.; LOUREIRO, G. H. Modelagem da distribuição diamétrica de espécies lenhosas da Caatinga, semiárido Pernambucano. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 863-874, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509824214>

- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. In: SILVA *et al.* Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas Campina Grande, PB: INSA, 470p. 2011.
- MARENGO, J. A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: presente state and future projections. **Climatic Change**, v. 129, n. 1-2, p.103–115, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1310-1>
- MARQUES, T. V. **Mecanismos biofísicos de controle da evapotranspiração da Caatinga em anos de seca extrema**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de PósGraduação em Ciências Climáticas. Natal, 109p, 2020.
- MEDEIROS, E. C. **Ecofisiologia de duas espécies lenhosas da caatinga ocorrentes em inselbergs**. Dissertação (Mestrado) – UFPB/CCA. 42p, 2019.
- MEINZER, F. C. *et al.* Mapping ‘hydroscales’ along the iso- to anisohydric continuum of stomatal regulation of plant water status. **Ecology Letters**, v. 19, n. 11, p. 1343–1352, 2016. <https://doi.org/10.1111/ele.12670>
- MEIRA, R. M. S. A.; MARTINS, F. M. Inclusão de material herborizado em metacrilato para estudos de anatomia vegetal. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 109–112, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000100015>
- MENDES, Keila R. *et al.* Croton blanchetianus modulates its morphophysiological responses to tolerate drought in a tropical dry forest. **Functional plant biology**, v. 44, n. 10, p. 1039-1051, 2017.
- MENDES, L. M. *et al.* Anatomia e características físico-químicas da madeira de Zanthoxylum tingoassuiba St. Hil. de ocorrência na região de Lavras/MG. **Cerne, Lavras**, v. 5, n. 1, p.15-23, 2002.
- MENCUCCINI, M. *et al.* Leaf economics and plant hydraulics drive leaf : wood area ratios. **New Phytologist**, v. 224, n. 4, p. 1544–1556, 2019.
- MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. **Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. In: MONTENEGRO, A. A. A *et al.* Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações. 1.(ed). Campina Grande: INSA, Cruz das Almas: UFRB, 258p. 2012.
- MORO, M. F.; NIC, L. E.; FILER, D.L.; ARAÚJO, F.S.; MARTINS F. R. A catalogue of the vascular plants of the Caatinga phytogeographical domain: a synthesis of floristic and phytosociological surveys. **Phytotaxa**, v. 160, p. 1-118, 2014.
- NISHIYAMA, R. *et al.* **Arabidopsis AHP2, AHP3, and AHP5 histidine phosphotransfer proteins function as redundant negative regulators of drought stress response**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 110, n. 12, p. 4840–5, 2013.
- ORGAZ, F. *et al.* A model of daily mean canopy conductance for calculating transpiration of olive canopies. **Functional Plant Biology**, v. 34, p. 178-188, 2007.
- OLIVEIRA, V. I. S. *et al.* **Avaliação de Condutância Estomática e Temperatura Foliar em Variedades de Mamão Submetidas a Déficit Hídrico**. 2011. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/909948>
- OREN, R.; SPERRY, J. S. *et al.* Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. **Plant, Cell and Environment**, v. 22, n. 12, p. 1515-1526, 1999. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.1999.00513.x>

- PASSOS, C. D.; PASSOS, E. E. M.; PRADO, C. H. B. A. Comportamento sazonal do potencial hídrico e das trocas gasosas de quatro variedades de coqueiro-anão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 248-254, 2005.
- PAZZETTI, G. A.; OLIVA, M. A.; LOPES, N. F. Aplicação da termometria ao infravermelho à irrigação do feijoeiro: Crescimento e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 12, p. 1371-1377, 1993.
- PECH, T. M. **Genética e gradiente climático como determinantes de variações estomáticas em clones de Eucalyptus**. Dissertação (mestrado)- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 58p, 2020.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 478p. 2002.
- PIERCE, S., BRUSA, G., VAGGE, I., & CERABOLINI, B. E. L. Allocating CSR plant functional types: the use of leaf economics and size traits to classify woody and herbaceous vascular plants. **Functional Ecology**, v. 27, n. 4, p. 1002–1010, 2013. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12095>
- POLHAMUS, A.; FISHER, J. B.; TU, K. P. What controls the error structure in evapotranspiration models?. **Agricultural Forest Meteorology**, v. 169, p. 12-24, 2013.
- 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.
- QADERI, M. M.; KUREPIN, L. V.; REID, D. M. Effects of temperature and watering regime on growth, gas exchange and abscisic acid content of canola (*Brassica napus*) seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 75, p. 107-113, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.09.003>
- RAWITCHER, F.; FERRI, M. G.; RACHID, M. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional. *An. Acad. Bras. de Ciências*, n. 4, p. 267-294, 1943. <https://www.jstor.org/stable/43596542>
- ROCHA, A. E. Q.; SOUZA, J. L. Fluxos de energia, água e CO₂ em cultivo de cana-de-açúcar por método micrometeorológicos. 82p, 2015.
- ROCHA PA, ESPARZA JR, FERRARI SF. 2018. Differences in the structure of the bat community between a cloud forester fuge and a surrounding semi-arid Caatinga scrubland in the northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**. v. 151, p. 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.11.005>
- RODRIGUES, T. R.; CURADO, L. F. A.; NOVAIS, J. W. Z.; DE OLIVEIRA, A. G.; DE PAULO, S. R.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S. Distribuição dos componentes do balanço de energia Do pantanal Mato-Grossense. **Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta**, v. 9, n. 2, p. 165 - 175, 2011.
- ROLHAUSER, A. G.; PUCHETA, E. Annual plant functional traits explain shrub facilitation in a desert community. **Journal of Vegetation Science**, v. 27, n. 1, p. 60–68, 2016. <https://doi.org/10.1111/jvs.1233>
- ROSELL, J. A.; GLEASON, S.; MÉNDEZ-ALONZO, R.; CHANG, Y.; WESTOBY, M. Bark functional ecology: Evidence for tradeoffs, functional coordination, and environment producing bark diversity. **New Phytologist**, v. 201, n. 2, p. 486–497, 2014. <https://doi.org/10.1111/nph.1254>

- RUBERT, G. C., *et al.* **Variabilidade sazonal e controle biofísico da evapotranspiração na vegetação do bioma Pampa**. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciencias Naturais e Exatas, programa de Pós-Graduação em Meteorologia, RS, 98p, 2017.
- RÜGER, N.; WIRTH, C.; WRIGHT S.J.; CONDIT, R. Functional traits explain light and size response of growth rates in tropical tree species. **Ecology**, v. 93, n. 12, p. 2626-2636, 2012.
- SACRAMENTO, A. C. *et al.* **Parque Estadual Mata da Pimenteira: Plano de Manejo**. Serra Talhada-PE. Recife: A Secretaria. 90p. 2013
- SANTOS, C. M. *et al.* Seasonal variations of photosynthesis, gas exchange, quantum efficiency of photosystem II and biochemical responses of *Jatropha curcas* L. grown in semi-humid and semi-arid areas subject to water stress. **Industrial Crops and Products**, **Amsterdam**, n. 41, p. 203-213, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.003>
- SCHUMANN, K.; LEUSCHNER, C.; SCHULDT, B. Xylem hydraulic safety and efficiency in relation to leaf and wood traits in three temperate *Acer* species differing in habitat preferences. **Trees - Structure and Function**, v. 33, n. 5, p. 1475–1490, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00468-019-01874-x>
- SHTEIN, I. *et al.* Interconnection of seasonal temperature, vascular traits, leaf anatomy and hydraulic performance in cut *Dodonaea* “Dana” branches. **Postharvest Biology and Technology**, v. 61, p. 184-192, 2011.
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; NETO, A. D. A.; BRITO, J. Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. *Iheringia*, **Série Botânica**, v. 59, n. 2, p. 201-205, 2004. <https://isb.emnuvens.com.br/iheringia/article/view/218>
- SILVA, T. G. F.; ALMEIDA, A. Q. **Climatologia e Características Geomorfológicas** (Capítulo 2). In: SANTOS, E. M. *et al.* **Parque Estadual Mata da Pimenteira: Riqueza Natural e Conservação da Caatinga**. Recife: EDUFRRPE, 257p. 2013.
- SILVA, M. W.; BARBOSA, L. G.; SILVA, J. E. S. B.; GUIRRA, K. S.; GAMA, D. R. S.; OLIVEIRA, G. M.; DANTAS, B. F. Characterization of seed germination of *Zephyranthes sylvatica* (Mart.) Baker (Amarilidaceae). **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 2, p.178-185, 2014.
- SILVERE, R. M. *et al.* Temporal dynamics of stomatal behavior: modeling and implications for photosynthesis and water use. **Plant Physiology**, v. 174, p. 603-613, 2017.
- SOLIVERES, S.; MAESTRE, F. T.; BOWKER, M. A.; TORICES, R.; QUERO, J. L.; GARCÍA-GÓMEZ, M.; NOUMI, Z. Functional traits determine plant co-occurrence more than environment or evolutionary relatedness in global drylands. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, v. 16, n. 4, p. 164–173, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2014.05.001>
- SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. 2015. **Caatinga e Desertificação**, v. 14, n. 1, p. 131-150. <https://doi:10.4215/ RM2015.1401.0009>.
- SOUZA, B. C.; OLIVEIRA, S. R.; ARAÚJO, F. S.; LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Divergências funcionais e estratégias de resistência à seca entre espécies decíduas e sempre verdes tropicais. *Rodriguésia*, v. 66, p. 021-032, 2015.
- SOUZA, D.; SFAIR, J.; PAULA, A.; BARROS, M.; RITO, K.; TABARELLI, M. Multiple drivers of aboveground biomass in a human modified landscapes of the Caatinga dry forest. **Forest Ecology And Management**, v. 435, p. 57–65, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.042>.
- SOUZA, B. C., *et al.* Drought response strategies of deciduous and evergreen woody species in a seasonally dry neotropical forest. **Oecologia**, v. 194, n. 1–2, p. 221–236, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04760-3>

- SPERRY, J. S.; MEINZER, F. C.; MCCULLOH, K. A. Safety and efficiency conflicts in hydraulic architecture: Scaling from tissues to trees. **Plant, Cell and Environment**, v. 31, n. 5, p. 632–645, 2008.
- SUMATHI, M. *et al.* Quantitative trait loci mapping for stomatal traits in interspecific hybrids of Eucalyptus. *Journal of Genetics*, v. 97, p.323-329, 2018.
- TAGHVAEIAN, S.; CHÁVEZ, J. L.; HANSEN, N. C. Infrared Thermometry to Estimate Crop Water Stress Index and Water Use of Irrigated Maize in Northeastern Colorado. **Remote Sens.** n. 4, p. 3619-3637, 2012. <https://doi.org/10.3390/rs4113619>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, p. 719, 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4th (ed). Porto Alegre: Artmed; 2009
- TAKAGI, K.; TSUBOYA, T.; TAKAHASHI, H. Diurnal hystereses of stomatal and bulk surface conductances in relation to vapor pressure deficit in a cool temperate wetland. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 91, p. 177-191, junho, 1998. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(98\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(98)00078-1)
- TILLESSE, F. E. A. **Potencial de Armazenamento de Água no Caule de Plantas do Bioma Caatinga**. Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Ceará: Manejo de Bacias Hidrográficas no semiárido. Fortaleza. 2017.
- TOBNER, C. M.; PAQUETTE, A.; GRAVEL, D.; REICH, P. B.; WILLIAMS, L. J.; MESSIER, C. Functional identity is the main driver of diversity effects in young tree communities. **Ecology Letters**, v. 19, n. 6, p. 638–647, 2016. <https://doi.org/10.1111/ele.12600>.
- TYREE, M. T.; EWERS, F. W. A arquitetura hidráulica de árvores e outras plantas lenhosas. **Novo Fitologista**, v. 119, p. 345–360, 1991.
- VIEIRA, A. J. R.; LISI, C. S. Caatinga Tree Wood Anatomy: Perspectives on Use and Conservation. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 2, 2019. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.099717>
- VIOLLE, C.; NAVAS, M. L.; VILE, D.; KAZAKOU, E.; FORTUNEL, C.; HUMMEL, I.; GARNIER, E. **Let the concept of trait be functional!** *Oikos*, v. 116, n. 5, p. 882–892. 269, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0030-1299.15559.x>
- WANG, X-H. Plant functional group classifications and a generalized hierarchical framework of plant functional traits. **African Journal of Biotechnology**, v.9, n.54, p. 9208-9213, 2010.
- WARMING, J. E. B. Lagoa Santa - **Contribuição para a Geographia Phytobiologica. Belo Horizonte, Imprensa Oficial do Estado de Minas Gerais**, 1908. In: WARMING, J. E. B.; FERRI, M. G. Lagoa Santa e a Vegetação dos Cerrados Brasileiros. São Paulo, EDUSP (reprodução), 1973.
- WEIHWE, E.; VAN DER WERF, A.; TOMPSON, K.; RODERICK, M.; GARNIER, E. & ERIKSSON, O. Challenging Theophrastus: A Common Core List of Plant Traits for Functional Ecology. **Journal of Vegetation Science**, n.10. p. 609-620, 1999.
- WRIGHT, I. R.; MANZI, A. O.; da ROCHA, H. R. Surface conductance of Amazonian pasture: model application and calibration for canopy climate. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 75, p. 51-70, junho, 1995. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(94\)02203-V](https://doi.org/10.1016/0168-1923(94)02203-V)
- ZHU, L. W. Stomatal and hydraulic conductance and water use in a eucalypt plantation in Guangxi, southern China. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 202, p. 61-68, 2015.

