



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MAGNÓLIA MARTINS ALVES

**ECOFISIOLOGIA DE *Psychotria colorata* EM UMA FLORESTA SAZONAL
SEMI - ESTACIONAL**

AREIA

2020

MAGNÓLIA MARTINS ALVES

**ECOFISIOLOGIA DE *Psychotria colorata* EM UMA FLORESTA SAZONAL
SEMI - ESTACIONAL**

Sob a orientação do Professor

Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque

Tese submetida como requisito para obtenção do
grau de Doutora em Agronomia, no Programa de
Pós-Graduação em Agronomia.

Área de Concentração: Agricultura tropical

Areia,

2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A474e Alves, Magnólia Martins.

Ecofisiologia de *Psychotria colorata* em uma floresta sazonal semi-estacional / Magnólia Martins Alves. -
Areia:UFPB/CCA, 2020.

73f. : il.

Orientação: Manoel Bandeira de Albuquerque.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Mata Atlântica. 2. Densidade estomática. 3. Trocas gasos. I. Bandeira de Albuquerque, Manoel. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

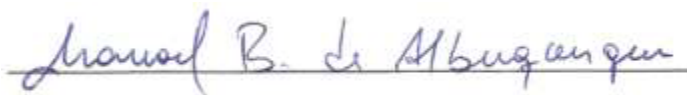
CDU 631/635(043.2)

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

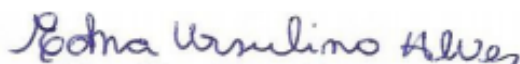
TÍTULO: ECOFISIOLOGIA DE *Psychotria colorata* EM UMA FLORESTA SAZONAL SEMI - ESTACIONAL

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título em DOUTORA em AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela comissão examinadora:

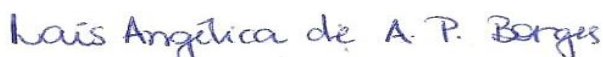
Aprovado em: 18 de Fevereiro de 2020



Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque, UFPB / CCA
(Orientador, Presidente)



Prof. Dra. Edna Ursulino Alves UFPB/ CCA
(Examinador)



Prof. Dra. Laís Angélica de Andrade Pinheiro Borges UFPB/ CCA
(Examinador)



Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias DPAG/ CCHSA
(Examinador)



Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes UEPB/ PPGEC
(Examinador)

Aos meus pais, José Ursulino Alves e Josefa Pereira Martins

Ofereço.

*À minha família, que sempre me apoiou em todos os momentos, principalmente
ao meu pai José Ursulino Alves, e minha mãe Josefa Pereira Martins.*

*Ao meu orientador prof. Manoel Bandeira de Albuquerque pelos ensinamentos e
apoio durante essa formação.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, que me deu o dom da vida e me abençoa todos os dias com o seu amor infinito.

A Universidade Federal da Paraíba, *campus II*, de Areia, (PB) junto com o Programa de Pós-Graduação em Agronomia e professores do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais.

Agradeço ao meu orientador, o professor Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque, pela paciência, orientação, conselhos, apesar da correria diária, sempre se fez presente. Obrigado pela dedicação e confiança depositada em mim. Pelos seus valiosos ensinamentos que contribuíram significativamente em minha formação profissional e pessoal. Obrigada por tudo!

Ao professor Walter Esfrain por ter me ajudado nas análises estatísticas.

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

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem fazer parte desse trabalho e contribuir com os seus conhecimentos.

Agradeço o funcionário do Laboratório de Ecologia e Reprodução Vegetal, (CCA/UFPB) seu Pedro Gadelha Neto pela ajuda nas identificações das plantas.

Aos colegas e funcionários do Laboratório de Ecologia Vegetal (LEV), (CCA/UFPB).

A todos que direta e indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

Obrigada!

RESUMO GERAL

Estudos ecofisiológicos no âmbito de espécies de sub-bosque têm sido amplamente discutidos no intuito de descrever e compreender as respostas ecofisiológicas das plantas sobre diferentes tipos de ambientes. Diante da importância das espécies de sub-bosque, o objetivo foi avaliar a composição do banco de sementes do solo e regeneração natural de uma área em uma Floresta ombrófila aberta. No capítulo 1 foi realizada a avaliação da regeneração natural de plântulas de *P. colorata*, quanto à altura, diâmetro da base e número de folhas. Os resultados indicaram que para as classes de altura, os indivíduos se inseriram em apenas duas classes, com a maior frequência na classe I - de 20 a 40 cm [(138 seguida pela classe II - 40 a 60 cm 92 indivíduos)]. Quanto ao experimento referente ao banco de sementes, foi registrada durante todo o estudo (outubro de 2017 a dezembro de 2018) a germinação de 84 indivíduos pertencentes a 11 famílias. Os resultados obtidos para o banco de sementes a, mas representativa foram a família Fabaceae constatou maior número de espécies, seguida de Asteraceae. No segundo artigo, foram investigadas características morfo-anatômicas com objetivo, de avaliar possíveis alterações no funcionamento trocas gasosas em indivíduos de *P. colorata* no sub-bosque em um remanescente florestal ombrófila aberta na Reserva Ecológica Mata do Pau-Ferro, Areia, Paraíba, Brasil. em função da sazonalidade. Foi mensurada a taxa de fotossíntese (A) condutância estomática (Gs), transpiração (E) e concentração de carbono interno (Ci). A partir dos dados obtidos dessas variáveis, calculou-se a eficiência instantânea do uso de água (EUA, A/E), e eficiência instantânea de carboxilação (EiC, A/Ci). Realizados a densidade estomática na parte basal, mediana e apical, números de tricomas, espessura das superfícies adaxial e abaxial da epiderme. Os resultados obtidos constatarem que a taxa de transpiração (E) foi alta nos meses de maior disponibilidade de água, assim, a condutância estomática (Gs) no mês de abril resultou valor de $0,181 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, com maior precipitação. A densidade estomática nas faces adaxial e abaxial das folhas de *Psychotria colorata* aumentou nos meses de baixa precipitação (média 110 estômatos mm^{-2} , 143 estômatos mm^{-2} , 97 estômatos mm^{-2} , 101 estômatos mm^{-2}). Os efeitos da sazonalidade da *Psychotria colorata* expressam o sucesso regenerativo ou adaptativo da área florestais.

Palavras-chave: Mata Atlântica. Densidade estomática. Trocas gasosas. Regeneração Natural. Banco de sementes.

GENERAL ABSTRACT

Ecophysiological studies in the context of understory species have been widely discussed in order to describe and understand the ecophysiological responses of plants in different types of environment. Given the importance of understory species, evaluate the composition of the soil seed bank and the natural regeneration of an area in an open rainforest. (Article 1) is to evaluate possible changes in gas exchange functioning in individuals of *P. colorata* in the understory in an open ombrophilous forest remnant due to seasonality (Article 2). In chapter 1, the evaluation of natural regeneration of seedlings of *P. colorata* was made, in terms of height, diameter of the base and number of leaves. The results indicated that the height classes, individuals fell into only two height classes, with the highest frequency observed in class I - from 20 to 40 cm [(138 followed by class II - 40 to 60 cm 92 individuals)] . As for the seed bank experiment, the germination of 84 individuals belonging to 11 families was recorded during the entire study (October 2017 to December 2018). The Fabaceae family (3) found the highest number of species, followed by Asteraceae (6), with 2 undetermined rates. In article 2, influence of seasonal variation on the ecophysiology of *Psychotria colorata*). For that, morpho-anatomical characteristics were investigated. It aimed to evaluate possible changes in gas exchange functioning in individuals of *P. colorata* in the understory in an open ombrophilous forest remnant depending on seasonality. At the Mata do Pau-Ferro Ecological Reserve located in the municipality of Areia, Paraíba, Brazil. Photosynthesis rate (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), stomatal conductance (Gs), transpiration (E) and internal carbon concentration (Ci) were measured. From the data obtained from these variables, the instantaneous efficiency of water use (USA, A/E) and instantaneous carboxylation efficiency (EiC, A/Ci) were calculated. Stomatal density was performed in the basal, median and apical part, numbers of trichomes, thickness of the adaxial and abaxial surfaces of the epidermis. The results obtained showed that the transpiration rate (E) was high in the months of greatest water availability, thus, the stomatal conductance (Gs) in April resulted in a value of $0.181 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, with greater precipitation. Stomatal density on the adaxial and abaxial sides of the leaves of *Psychotria colorata* increased in the months of low rainfall (average 110 stoma mm^{-2} , 143 stoma mm^{-2} , 97 stoma mm^{-2} , 101 stoma mm^{-2}). The seasonality effects of *Psychotria colorata* express the regenerative or adaptive success of the forest area.

Key-words: Atlantic Forest. Stomatal density. Gas exchange. Natural regeneration. Seed bank.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estatística descritiva referente à altura (Alt), diâmetro caular (DC) e número de folhas (NF) de <i>Psychotria colorata</i>	24
Tabela 2	Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas no fragmento de Floresta Ombrófila Aberta em 2017.	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ilustração botânica de <i>Psychotria colorata</i>	4
Figura 2	Amostragem do banco de sementes através do gabarito de ferro [25 cm (comprimento) x 16 cm (largura) x 3 cm de profundidade] em uma área de floresta ombrófila aberta, no município de Areia, PB.	22
Figura 3	Instalação das bandejas em casa de vegetação pertencente ao laboratório de Ecologia Vegetal, LEV/CCA/UFPB.	22
Figura 4	Número de indivíduos em relação à altura e número de folhas de <i>Psychotria colorata</i>	25
Figura 5	Número de indivíduos em relação a classe de diâmetro caular de <i>Psychotria colorata</i>	26
Figura 6	Utilização do IRGA para trocas gasosas: de plantas de <i>Psychotria colorata</i> sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.	40
Figura 7	Análise de Componentes Principais (PCA1 e PCA2) entre as variáveis Ambientais e fisiológicas em indivíduos de <i>Psychotria colorata</i>	41
Figura 8	Valores médios da Fotossíntese (A) de plantas de <i>Psychotria colorata</i> sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.	42
Figura 9	Valores médios da Transpiração (E) de plantas de <i>Psychotria colorata</i> sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.	43
Figura 10	Valores médios da Condutância estomática (Gs) de plantas de <i>Psychotria colorata</i> sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.	44

Figura 11 Valores médios da temperatura do ar (°C) circundante as plantas de <i>Psychotria colorata</i> sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.	45
Figura 12 Valores médios de Carbono interno (Ci) de plantas de <i>Psychotria colorata</i> sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.	46
Figura 13 Valores médios de déficit de pressão de vapor de plantas de <i>Psychotria colorata</i> sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.	47
Figura 14 Valores médios de temperatura foliar (°C) de plantas de <i>Psychotria colorata</i> sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.	48
Figura 15 Valores médios de Eficiência do uso da água (EUA) de plantas de <i>Psychotria colorata</i> sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.	49
Figura 16 Valores médios de Eficiência instantânea de carboxilação (EiC), de plantas de <i>Psychotria colorata</i> sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.	50
Figura 17 Estômato paracítico (a) e tricoma glandular (b) em folhas de <i>Psychotria colorata</i>	51
Figura 18 Densidade estomática, basal, mediana e apical (mm ²) de folhas de <i>Psychotria colorata</i> sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.	52
Figura 19 Densidade de tricomas (mm ²) de folhas de <i>Psychotria colorata</i> sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.	53
Figura 20 Espessura adaxial e abaxial (µmm) de folhas de <i>Psychotria colorata</i> sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
ARTIGO I	
REGENERAÇÃO NATURAL E BANCO DE SEMENTES DE <i>Psychotria colorata</i> (RUBIACEAE)	
RESUMO.....	17
ABSTRACT.....	18
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4 CONCLUSÃO.....	30
5 REFERÊNCIAS.....	32
ARTIGO II	
INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO SAZONAL SOBRE A ECOFISIOLOGIA DE <i>Psychotria colorata</i> (RUBIACEAE)	
RESUMO.....	36
ABSTRACT.....	37
1 INTRODUÇÃO.....	38
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4 CONCLUSÃO.....	57
5 REFERÊNCIAS.....	57

INTRODUÇÃO GERAL

As condições sazonais do clima tropical com períodos úmidos e secos, correlacionada com a radiação solar, atuam como fatores determinantes para o crescimento e desenvolvimento da vegetação (MARQUES; OLIVEIRA, 2004; PEREIRA et al., 2008). Em qualquer ambiente, se os recursos necessários para o crescimento das plantas não estiverem disponíveis em uma faixa adequada, as plantas sofrerão estresse. O nível de estresse está relacionado à intensidade de recursos disponíveis e à duração do excesso ou limitação.

O sub-bosque pode ser definido como “a vegetação sub-arbustiva ou rasteira que se encontra no estrato inferior das florestas tropicais, principalmente a atlântica, formando um nicho ecológico de vital importância para o estabelecimento e desenvolvimento das espécies que irão constituir os demais estratos da floresta (JARDIM; HOSOKAWA, 1987; OLIVEIRA e AMARAL, 2005). A vegetação de sub-bosque pode ser influenciada por diversos fatores (LAGE-PINTO et al., 2015), tais como a luminosidade, disponibilidade hídrica e temperatura (MARENCO et al., 2014, LEAL 2016, TAIZ et al., 2017).

Sob condições naturais de baixa luminosidade em ambiente florestal, as plantas apresentam mudanças morfológicas e fisiológicas para aumentar a eficiência de utilização da luz, de forma a manter a fotossíntese necessária para o crescimento (VALLADARES; NIINEMETS, 2008). No entanto, um excesso de luminosidade no sub-bosque pode ocorrer em decorrência da abertura repentina do dossel da floresta primária, geralmente ocasionada pela queda natural de folhas e/ou árvores, expondo as plantas do estrato inferior à irradiância plena, podendo levar ao aumento da temperatura da folha, com possibilidades de promover a fotoinibição da fotossíntese (HOUTER; PONS, 2005; KERBAUY, 2012). Nestas condições algumas respostas fisiológicas podem ocorrer como a redução do número de folhas provocando alterações morfológicas e anatômicas nas plantas a ponto de desbalancear a absorção de água e a taxa transpiratória (DIAZ - LÓPEZ et al., 2012).

Neste contexto, a estrutura do solo e sua capacidade de armazenamento de água também participam como elemento importante na inter-relação entre a umidade da vegetação e a temperatura de superfície. As principais variáveis que influenciam o conteúdo de água no solo são a capacidade de infiltração, as formas de manejo, os tipos de cobertura vegetal e a dinâmica climática (LIER; LIBARDI, 1999; TEIXEIRA, 2010; SOUZA et al., 2019).

A evolução dos ecossistemas naturais consiste em transformações crescentes e constantes que propiciam complexidade nas interações dos organismos ao longo do tempo (CHAFAS, 2018). O processo de sucessão ecológica é também um fator de grande importância no contexto ecológico (MAGGI et al. 2011), assim como a regeneração natural,

que é definida como uma área desmatada que anteriormente continha floresta é um processo de sucessão secundária, que apresenta um enriquecimento gradual de espécies e um aumento na complexidade estrutural e funcional com o progresso dos estágios (CHAZDON 2012).

A regeneração pode ser interpretada como um dos extratos da floresta, formado pelos indivíduos jovens que compõem o banco de plântulas, e também como o processo em que as florestas se regeneram após distúrbios, como a regeneração em clareiras, em campos de cultivo abandonados e outros (MARTINS et al., 2014), a regeneração natural e nos processos ecológicos é uma ferramenta essencial para alcançar o sucesso da restauração ecológica.

Comunidades ou plantas com diferentes características funcionais podem ser usadas em projetos de restauração para avaliar os efeitos das espécies nos processos ecológicos (CADOTTE et al., 2011; LAUGHLIN, 2014; OSTERTAG et al., 2015). Os atributos funcionais nas plantas foram selecionados ao longo do tempo evolutivo em resposta à variação de inúmeras pressões ambientais (GRATANI 2014), tendo como exemplo a disponibilidade de água, luz e nutrientes, temperatura, herbivoria, competição e outras interações bióticas e abióticas (VIOLE 2007).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Mata Atlântica

A Mata Atlântica é considerada um dos maiores domínios fitogeográficos do Brasil. Mas desde o século XX vêm sofrido agressões, principalmente pela ação humana resultando em perdas de espécies nativas e introduções de novas espécies exóticas impactando negativamente a sua biodiversidade (BARBOSA; MANSANO 2018). Ela é caracterizada por abrigar uma biota diversificada de espécies de plantas por unidade de área maior que a da maioria das florestas da Amazônia, decorrentes de seus níveis excepcionais de endemismo (JOLY et al., 2014). Assim, junto com outras 34 regiões biogeográficas no planeta, foram consideradas um dos *hotspots* mundiais, ou seja, áreas com altas concentrações de espécies endêmicas, portanto, prioritárias para a conservação da biodiversidade (MYERS et al. 2000, MITTERMEIER et al. 2011).

Entretanto, um estudo mais preciso aponta que a Floresta Atlântica está representada por de cerca de 12% de sua área original (RIBEIRO et al., 2009). A expansão industrial e urbana, o desmatamento, a conversão das paisagens naturais em reflorestamentos, pastagens tem reduzido essa vegetação por todo país (MITTERMEIER et al. 2005). No período de 2015 a 2016, nos 17 estados brasileiros onde a Mata Atlântica ocorre (delimitada pela Lei 11.428/2006), foram desmatados 29.075 ha de floresta nativa.

2.2 *Psychotria colorata*

A família Rubiaceae abrange aproximadamente 125 gêneros e 1.392 espécies nativas, sendo presente em diversos estratos de vegetação (BARBOSA et al., 2015; BFG, 2015), destaca-se principalmente devido sua diversidade em termos de características morfológicas. A maior riqueza de espécies da família está na Amazônia e Mata Atlântica, com 741 e 578 espécies respectivamente (BARBOSA 2018), apresentando diferentes hábitos como árvore ou arbusto, erva e liana (DELPRETE; JARDIM, 2012; FERREIRA JUNIOR; VIEIRA, 2015). A maioria das espécies de Rubiaceae são árvores de pequeno porte ou arbustos muito frequentes no sub-bosque, que possui grande variação nas formas, tamanhos e cores das flores o que atrai muitos polinizadores e os seus frutos carnosos são dispersos por pássaros, morcegos e pequenos mamíferos (TAYLOR et al., 2007). De acordo com Gadza (2004), a família Rubiaceae possui uma diversidade de metabólitos secundários como iridoides, alcaloides indólicos, antraquinonas e flavonoides, além de derivados fenólicos e terpenoides.

O gênero *Psychotria*, por sua vez, é o maior dessa família, com cerca de 1.600 espécies (ALMEIDA; ALVES 2000), as plantas do gênero *Psychotria* produzem extratos bioativos que são utilizados na medicina popular como eméticos, amebicida, anti-inflamatório, antipirético e analgésico. Adicionalmente, algumas espécies apresentam alta atividade citotóxica, inibição da agregação plaquetária, efeitos antidepressivo, ansiolítico e antipsicótico, e atividade antioxidante e antimutagênica (BENEVIDES et al., 2005; BOTH et al., 2002; BOTH et al., 2005; ELISABETSKY et al., 1995; FRAGOSO et al., 2008; NASCIMENTO et al., 2007; ROTH et al., 1986; VEROTTA et al., 2002), dentre as quais, encontra-se *Psychotria colorata* a qual destacando-se por ter distribuição desde a Costa Rica até a Argentina, sendo que no Brasil ocorre do Norte ao Rio Grande do Sul (DELPRETE et al., 2005), nos domínios fitogeográficas Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (BFG. 2015).

Psychotria colorata (Figura 1) é popularmente conhecida como perpétua-do-mato, erva de rato, é um arbusto de folhas simples, filotaxia oposta cruzada, inflorescência terminal de coloração roxa com brácteas agudas, flores 5-meras, sésseis e infundibuliforme. Frutos elipsoides do tipo baga de coloração azulada. É uma espécie nativa, não endêmica do Brasil de ocorrência nos estados do Pará, Amazonas, Maranhão, Paraíba, Sergipe, Bahia, Pernambuco, Goiás e Distrito Federal (TAYLOR, 2012a).

P. colorata é utilizada na medicina popular para tratar dores de ouvido e dores abdominais. Para o uso, as flores são divididas em pedaços, cobertas com folha de bananeira e aquecidas, em seguida, as flores são misturadas com leite, filtradas em coador de pano e

aplicadas topicamente no ouvido. As raízes e os frutos são submetidos à decocção e administrados por via oral (ELISABETSKY; CASTILHOS; 1990).



Figura 1. Ilustração botânica de *Psychotria colorata*.

2.2 Regeneração Natural e Banco de Semente

Com o aumento das atividades humanas, principalmente para o uso da pecuária e a agricultura, continuam a converter paisagens dominadas por florestas nativas em paisagens antrópicas ou fragmentadas (TABARELLI et al. 2012). As modificações na paisagem produzidas pela fragmentação florestal afetam a estrutura e a dinâmica dos ecossistemas. Tal conversão rompe a continuidade estrutural das florestas e deixa fragmentos florestais imersos em uma matriz de vegetação aberta (TABARELLI et al. 2010). Como consequência da fragmentação, a perda de habitat resulta em perda de diversidade biológica, redução das cadeias alimentares (LÔBO et al. 2011, MELITO et al. 2017).

Existem modelos para recuperar áreas degradadas, uns dos modelos é a regeneração natural, que consiste no processo pelo qual espécies florestais nativas se estabelecem em áreas alteradas ou degradadas a serem recuperadas, sem que esse processo tenha ocorrido deliberadamente por meio de intervenção humana (BRASIL, 2017).

A regeneração natural é o resultado de processos ecológicos tal como, a chuva de sementes, banco de sementes, rebrota de raízes e estirpes (BALESTRIN et. al. 2019). O estudo da regeneração natural permite a realização de previsões sobre o comportamento e desenvolvimento futuro da floresta, pois fornece a relação e a quantidade de espécies que constitui o seu estoque, bem como suas dimensões e distribuição na área (GAMA et al., 2002), dessa forma, desenvolve a resiliência do ecossistema em recuperação. Entretanto, de

um ponto de vista dinâmico significa quantificar o equilíbrio entre os processos de recrutamento (ou ingresso), mortalidade e crescimento (SILVEIRA, 2019).

Outra relevante abordagem na pesquisa é o banco de sementes no solo, que de acordo com Rabelo (2018) é a similaridade entre a formação vegetal acima do solo (vegetação estabelecida) e abaixo dele (sementes depositadas no banco), que fornece informações sobre a dinâmica da comunidade vegetal.

Dessa forma, o banco de sementes possui grande importância para a renovação da população e estruturação das comunidades vegetais e a riqueza de espécies e densidade de sementes, que constituem um mosaico de variações que ocorrem no espaço, como micro habitat, principalmente por causa das variações climáticas (SANTOS et al. 2013; SILVA et al. 2013).

2.3 Os estômatos

O termo estômato vem do latim que significa orifício ou poro e refere-se, no seu sentido mais amplo, ao espaço denominado poro estomático, formado pelo par de células que o constitui, chamadas de células-guarda (CAMARGO 2009). Os estômatos possuem ainda um conjunto de células adjacentes às células-guarda, que se diferem ou não das demais células da epiderme. Quando as células na linha mais próxima das células-guarda (adjacentes) não se diferem das demais células da epiderme, elas são chamadas de células vizinhas, mas quando estas células diferenciam-se em textura, tamanho ou até mesmo em forma, são denominadas subsidiárias.

O desenvolvimento dos estômatos na folha é um processo que ocorre durante o crescimento foliar, pode se localizar entre as células comuns da epiderme ou entre as células subsidiárias, cujo número e disposição são variáveis. São denominadas células subsidiárias somente aquelas que circundam o estômato e que são claramente diferentes das demais células epidérmicas (SANTOS et al. 2016). Assim, os estômatos são classificados como anomocíticos, paracíticos, anisocíticos, ou tetracíticos quando há ausência, duas, três ou quatro células subsidiárias, respectivamente, temos também os estômatos diacíticos e halteres. Essa estrutura apresenta um comportamento dinâmico, sendo capaz de aumentar ou diminuir a resistência à passagem dos gases através do controle do potencial hídrico (Ψ_w) das células-guarda (ROELFSEMA; HEDRICH, 2005).

Os estômatos controlam a assimilação do CO_2 e a liberação de umidade do interior da folha para a atmosfera, por meio de mecanismos que permitem a sua abertura ou fechamento (AL AFAS et al., 2006), como também o CO_2 que é indispensável na realização dos processos fotossintéticos é também dependente do comportamento estomatal. Entretanto, são regulados

por estímulos que maximizam a absorção de CO_2 e minimizam as perdas de vapor de água pela transpiração, em um processo de interação entre diversos fatores endógenos e exógenos. Através dos estômatos, 90% da água é perdida pela transpiração e os 10% restantes são atribuídos à transpiração cuticular e epidérmica (MARENCO; LOPES, 2009).

O conjunto formado pelo estômato, mais as células vizinhas ou subsidiárias, constitui o complexo estomático ou aparato estomático (SACK, 1994; RUDALL et al., 2017, CAINE et al., 2019). As diferenças morfológicas incluem forma da célula de guarda e presença ou ausência de células subsidiárias, esses parâmetros têm o potencial de influenciar o movimento estomático e, conseqüentemente, as plantas a transpiração, condutância estomática. Ao longo do tempo evolutivo, várias características estomáticas foram alteradas, potencialmente ajudando na adaptação de espécies vegetais a novos ambientes (TAYLOR et al., 2012; DRAKE et al., 2013; HAWORTH et al., 2018).

2.4. Efeitos da radiação na Fotossíntese

A fotossíntese corresponde à forma pela qual os organismos autotróficos fixam o CO_2 através da energia proveniente da luz solar, produzindo carboidratos, que permitem a manutenção da vida e o desenvolvimento dos vegetais (SIMÕES, et al. 2019). Os fatores internos e externos têm influência na capacidade fotossintética da planta. Os fatores externos incluem disponibilidade de água e nutrientes, temperatura, irradiância e concentração de CO_2 . Já os fatores internos incluem fatores genéticos propriamente ditos, espessura da lâmina foliar e teor de clorofila (MARENCO et al., 2014).

O ambiente de luz sob a copa da vegetação varia em intensidade e qualidade. A intensidade da radiação é alterada pela passagem da luz através da folhagem, pela refletância da superfície e pelos efeitos de penumbra em razão de pequenos buracos no dossel (ARAGÃO et al. 2014). Dentre os diversos fatores que influenciam a organização da comunidade, merecem destaque as condições de luminosidade, as propriedades do solo e a disponibilidade de nutrientes. O crescimento das plantas está condicionado primariamente à obtenção de energia proveniente da radiação solar, que deve ser interceptada pela área foliar do dossel e utilizada nos processos fotossintéticos (NABINGER; PONTES, 2001).

A copa da espécie florestal deve permitir a passagem de radiação suficiente para não limitar o crescimento e desenvolvimento da espécie que será implantada no sub-bosque, a radiação transmitida, é aquela disponível para as plantas no interior do dossel vegetativo, podendo ser em sua forma direta ou difusa (SCHMIDT et al. 2017).

A luminosidade no sub-bosque pode ser alterada em decorrência da abertura repentina do dossel da floresta primária, geralmente ocasionada pela queda natural de folhas e/ou árvores, expondo as plantas à irradiação plena, podendo levar ao aumento da temperatura da folha, com possibilidades de promover a fotoinibição da fotossíntese (HOUTER; PONS, 2005; KERBAUY, 2012).

Alguns fatores são essenciais para vegetais, assim como a luminosidade e temperatura que são os principais fatores que afetam o crescimento e desenvolvimento da comunidade vegetal. Tanto a falta, quanto o excesso de luz podem influenciar negativamente no crescimento. O aumento excessivo da luz acima da capacidade de utilização pela fotossíntese pode resultar em uma condição de estresse denominado como fotoinibição (LARCHER, 2006).

No processo da fotoinibição observam-se alterações na atividade do fotossistema II que podem levar a uma diminuição do rendimento quântico da fotossíntese. A fotoinibição pode ser intensificada durante a estação seca, uma vez que o fechamento dos estômatos acarreta em reduções na concentração de carbono no interior do mesófilo, diminuindo assim a eficiência fotossintética (LEMOS-FILHO, 2000).

2.5 Transpiração

A transpiração pode ser considerada como um processo físico de difusão, ou seja, é proporcional a diferença entre a concentração de vapor d'água nas superfícies evaporantes e o conteúdo de vapor d'água da atmosfera (LARCHER, 2006). Assim, as plantas perdem água na forma de vapor, por meio da transpiração e ocasionalmente e em pequenas quantidades também na forma líquida por gutação. A água e os nutrientes são absorvidos pelas raízes e transportados através da planta (SEIXAS, 2009). A transpiração decorre da vaporização da água que ocorre no interior da folha, nos espaços intercelulares, e a troca deste vapor de água com a atmosfera é controlada pela abertura dos estômatos. A maioria da água absorvida é perdida pela transpiração, sendo utilizada uma pequena fração no interior da planta (REICHARDT; TIMM, 2004). Através do processo de transpiração, as plantas dissipam o calor proveniente da radiação solar para a atmosfera, mantendo a temperatura dos tecidos em padrões apropriados ao metabolismo das plantas (TAIZ, et al. 2017).

2.6 Condutância estomática

A luminosidade ambiental é ofertada aos vegetais diariamente, a água ganha importância na fotossíntese, visto que é recurso abundante, mas também o mais limitante a assimilação de carbono. A condutância estomática (G_s) é uma medida do grau de abertura

estomática e pode ser usada como um indicador do status da água da planta. A redução da condutância estomática é influenciada pelo fechamento dos estômatos para evitar a perda de água o que leva a uma diminuição na concentração interna de CO_2 (C_i) e na transpiração (E) que, como consequência, limita a quantidade de gás carbônico CO_2 requerida para a fotossíntese (OLIVEIRA et al., 2005).

Esse parâmetro é importante, pois permite identificar se a fotossíntese está sendo limitada por meio de restrições estomáticas ou por alterações quanto à morfologia dos estômatos e do mesófilo que podem atingir, inclusive, os cloroplastos. Essas alterações denotam que há pouca disponibilidade de gás carbônico para o processo fotossintético, havendo limitação bioquímica da fotossíntese (CHAVES et al., 2009).

A resposta estomática é uma ação vegetal necessária para impedir maiores perdas de água, evitando grandes danos na atividade enzimática, respiração, permeabilidade de membranas, metabolismo lipídico e síntese de elementos (FILIPPOU et al., 2014). O fechamento estomático é a principal causa de redução na atividade fotossintética em situações de déficit hídrico devido à limitação estomática para a fotossíntese (MUMM et al., 2011) que conduz a baixos níveis de CO_2 na câmara subestomática e consequentemente no mesófilo.

2.7 Carbono interno

A radiação luminosa em conjunto com a concentração de CO_2 está entre os elementos que interferem no desempenho da fotossíntese e, por conseguinte, implicam o desenvolvimento das mudas (PIEREZAN et al., 2012).

A concentração de CO_2 na atmosfera interfere diretamente em um importante processo fisiológico nos vegetais, a fotossíntese, processo em que as plantas transformam a energia luminosa em energia química, sintetizando compostos carbonados, que serão utilizados em diversos processos do metabolismo vegetal, além de ser fonte de energia para as demais formas de vida (TAIZ, et al., 2017).

O aumento da taxa fotossintética em função da maior concentração de CO_2 na atmosfera é um efeito direto da atividade fisiológica das plantas em resposta ao ambiente. Entretanto, o incremento da fotossíntese não é constante ao longo do período de exposição e pode não ser permanente, ou seja, a intensidade da resposta das plantas é variável em função da espécie e da concentração de CO_2 (WALTER et al., 2015).

REFERÊNCIAS

AL AFAS, N.; MARRON, N.; CEULEMANS, R. Clonal variation in stomatal characteristics related to biomass production of 12 poplar (*Populus*) clones in a short rotation coppice culture. **Environmental and Experimental Botany**, v. 58, n. 1-3, p. 279-286, 2006.

ALMEIDA, E. M.; ALVES, M. A. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica no sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 14, n. 3. p. 335-346, 2000.

ARAGÃO, D. S.; LUNZ, A. M. P.; OLIVEIRA, L. C.; RAPOSO, A.; FERMINO JUNIOR, P. C. P. Efeito do sombreamento na anatomia foliar de plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.). **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 631-639, 2014.

BFG - The Brazil Flora Group Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1085-1113, 2015.

BALESTRIN, D.; MARTINS, S. V.; FONSECA, W.; COSIMO, L. H. E. Relationship between soil seed bank and canopy coverage in a mined area. **Revista Árvore**, v. 43, n. 4, p. 2019.

BARBOSA, M. R. V. Check-list das Rubiaceae do estado Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v. 73, n. p. 335-341, 2018.

BARBOSA, M. R. V.; ZAPPI, D.; TAYLOR, C.; CABRAL, E.; JARDIM, J. G.; PEREIRA, M. S.; CALIÓ, M.F.; PESSOA, M. C. R.; SALAS, R.; SOUZA, E. B.; DI MAIO, F. R.; MACIAS, L.; ANUNCIAÇÃO, E. A.; GERMANO FILHO, P.; OLIVEIRA, J. A.; BRUNIERA, C. P.; GOMES, M.; TONI, K.; FIRENS, M. **Rubiaceae In Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015.

BENEVIDES, P.J.C.; YOUNG, M.C.M.; BOLZANI, V.D. Biological activities of constituents from *Psychotria spectabilis*. **Pharmaceutical Biology**, v. 42, n. 8, p. 565-569, 2005.

BOTH, F.L.; FARIAS, F.M.; NICOLÃO, L.L.; MISTURINI, J.; HENRIQUES, A.T.; ELISABETSKY, E. Avaliação da atividade analgésica de extratos alcaloídicos de espécies de *Psychotria*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.5, n.1, p. 41-45, 2002.

BOTH, F. L.; MENECHINI, L.; KERBER, V. A.; HENRIQUES, A. T.; ELISABETSKY, E. Psychopharmacological profile of the alkaloid psychollatine as a 5HT_{2A/C} serotonin modulator. **Journal of Natural Products**, v. 68, p. 374-380, 2005.

BÜSSIS, DIRK.; VON GROLL, U.; FISAHN, J.; ALTMANN, T. Stomatal aperture can compensate altered stomatal density in *Arabidopsis thaliana* at growth light conditions. Functional. **Plant Biology**, v. 33, n. 11, p. 1037-1043, 2006.

CADOTTE, M. W, CARSCADDEN, K, MIROTECHNICK, N. Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. **Journal of Applied Ecology**. v. 48, n. 5, p. 1079-1087, 2011.

CAINE, R. S., YIN, X.; SLOAN, J., HARRISON, E. L.; MOHAMMED, U.; FULTON, T., BISWAL, A. K.; DIONORA, J.; CHATER, C.C.; COE, R. A. Bandyopadhyay, A. Rice with reduced stomatal density conserves water and has improved drought tolerance under future climate conditions. **New Phytologist**. v. 221, n. 1, p. 371- 384, 2019.

CAMARGO, M. A. B. **Características estomáticas em espécies arbóreas da amazonia central**. 2009. 52 f. Dissertação (Ciências Biológicas). Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 2009.

CHAFAS, K. P. T. Diversidade genética e modelagem preditiva de distribuição de *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret. 2018. 95 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba-RN, 2018.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, n. 4, p. 551-560, 2009.

CHAZDON, R. L. Regeneração de florestas tropicais. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Ciências Naturais**, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.

DELPRETE, P. G.; JARDIM, J. G. Systematics, taxonomy and floristics of Brazilian Rubiaceae: an overview about the current status and challenges. **Rodriguésia**. v. 63, n. 1, p. 101-128, 2012.

- DELPRETE, P.G.; NEE, M.; KOEK-NOORMAN, J. Resurrection and revision of *Patima* (Rubiaceae-Cinchonoideae-Hamelieae). **Annals of the Missouri Botanical Garden**, 92, p. 103-112, 2005.
- DIAZ - LÓPEZ, L. D.; GIMENO, V.; LIDÓN, V.; SIMÓN, I.; MARTÍNEZ, V.; SÁNCHEZ, F. G. The tolerance of *Jatropha curcas* seedlings to NaCl: An ecophysiological analysis. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 54, n. 2, p. 34-42, 2012.
- DRAKE, P. L., FROEND, R. H., AND FRANKS, P. J. Smaller, faster stomata: scaling of stomatal size, rate of response, and stomatal conductance. **Journal of experimental botany**. v. 64, n. 2, p. 495-505, 2013.
- ELISABETSKY, E.; CASTILHOS, Z.C. Plants used as analgesic by Amazonian caboclos, as a basis for selecting plants for investigation. **International Journal of Crude Drug Research**, v. 28, p. 49-60, 1990.
- ELISABETSKY, E.; AMADOR, T.A.; ALBUQUERQUE, R. R.; NUNES, D. S.; CARVALHO, A. C. T. Analgesic activity of *Psychotria colorata* (Willd. Ex R. & S.) Muell.Arg. Alkaloids. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 48, n. 2, p.77-83, 1995.
- FERREIRA JUNIOR, M.; VIEIRA, A. O. S. Espécies arbóreo-arbustivas da família Rubiaceae Juss. na bacia do rio Tibagi, PR, Brasil. **Hoehnea**, v. 42, n. 2, p. 289-336, 2015.
- FILIPPOU, P.; BOUCHAGIER, P.; SKOTTI, E.; FOTOPOULOS, V. Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive plant species *Ailanthus altissima* to drought and salinity. **Environmental and Experimental Botany**, v. 97, p. 1-10, 2014.
- FRAGOSO, V.; NASCIMENTO, N.C.; MOURA, D.; SILVA, A.C.R.; RICHTER, M.F.; SAFFI, J.; FETT-NETO, A.G. Antioxidant and antimutagenic properties of the monoterpene indole alkaloid psychollatine and the crude foliar extract of *Psychotria umbellata* Vell. **Toxicology in vitro**, v. 22, n. 3, p. 559-566, 2008.
- FUNDAÇÃO SOS Mata Atlântica: **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, INPE 2017.
- JOLY, C, A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, p. 459-473, 2014.

GAZDA, V. E. **Abordagem química e estudo da atividade biológica das raízes de *Chiococca alba* (L.) Hitchc. (Rubiaceae)** Rio de Janeiro, UFRJ, 2004. 141f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTESGAMA, M. M. Composição florística e Estrutura da regeneração natural de floresta secundária de Várzea Baixa no Estuário Amazônico. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 559-566, 2002.

GRATANI, L. **Plant Phenotypic Plasticity in Response to Environmental Factors**. Advances in Botany, 17, 2014.

HAWORTH, M.; SCUTT, C. P.; DOUTHE, C.; MARINO, G.; GOMES, M. T. G.; LORETO, F.; CENTRITTO, M. Allocation of the epidermis to stomata relates to stomatal physiological control: stomatal factors involved in the evolutionary diversification of the angiosperms and development of amphistomaty. **Environmental and experimental botany**, v. 151, p. 55-63, 2018.

HOUTER, N. C.; PONS, T. L. Gap size effects on photoinhibition in understory saplings in tropical rainforest. **Plant Ecology**, v. 179, p. 43-51, 2005.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 431 p

LAGE-PINTO, F.; BERNINI, E.; OLIVEIRA, J. G.; NASCIMENTO, M. T.; VITÓRIA, A. P. Ecofisiologia de duas espécies tropicais em uma plantação de eucalipto abandonada: efeito da remoção de serapilheira e sazonalidade. **Biomas**, v. 28, p. 27-37, 2015.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 531p.

LAUGHLIN, D. C. Applying trait-based models to achieve functional targets for theory-driven ecological restoration. **Ecology Letters**. v. 17, n. 7, p. 771-784, 2014.

LEAL, R. O. **Aspectos ecofisiológicos de espécies arbustivas-arbóreas em condições contrastantes de luminosidade**. 2016. 42 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016.

LEMOS-FILHO, J. P. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 45-50, 2000.

LIER, Q. J. V.; LIBARDI, P. L. Variabilidade dos parâmetros da equação que relaciona a condutividade hidráulica com a umidade do solo no método do perfil instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p.1005-1014, 1999.

LÔBO, D; LEÃO, T; MELO, F. P. L; SANTOS, A. M. M; TABARELLI, M. Forest fragmentation drives Atlantic forest of northeastern Brazil to biotic homogenization. **Diversity and Distributions**, v. 17, p. 287-296, 2011.

MAGGI, I.; BERTOCCI, S.; VASELLI, L.; BENEDETTI-CECCHI, L. Models of succession in the biodiversity era. **Ecology**, v. 92, n. 7, p. 1399-1406, 2011.

MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA, P. A. M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p.713-723, 2004.

MARENCO, R. A; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, P. R. S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F.; SANTOS, J. K. S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, v. 61, p. 786-799, 2014.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3. ed. Editora UFV, Viçosa. 486p. 2009.

MELITO, M. METZGER, J. P. OLIVEIRA, A. A. Landscape-level effects on aboveground biomass of tropical forests: A conceptual framework. **Global Change Biology**, v. 24, p. 597-607, 2017.

MITTERMEIER, C.G., TURNER, W.R., LARSEN, F.W., BROOKS, T.M., GASCON, C. **Global biodiversity conservation**: the critical role of hotspots. In: Zachos, F.E., Habel, J.C. (Eds.), **Biodiversity Hotspots**: Distribution and Protection of Priority Conservation Areas. Springer-Verlag, p. 3-22, 2011.

MITTERMEIER, R. A.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. A brief history of biodiversity conservation in Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 601-611, 2005.

MORETTI, A. P.; OLGUIN, F. Y.; PINAZO, M. A.; GRACIANO, C. Water and light stresses drive acclimation during the establishment of a timber tree under different intensities of rainforest canopy coverage. **Cerne**, v. 25, n. 1, p. 93-104, 2019.

MUMM, P. WOLF, T.; FROMM, J.; ROELFSEMA, M. R. G.; MARTEN, I. Cell type-specific regulation of ion channels within the maize stomatal complex. **Plant and Cell Physiology**, v. 52, n. 8, p. 1365–1375, 2011.

MYERS, N. R. A.; MITTERMEIER, C. G.; MITTERMEIER, G. A. B.; FONSECA, J. KENT. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NABINGER, C.; PONTES, L. S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. **Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia**, v. 38, p. 755-771, 2001.

NASCIMENTO, N.C.; FRAGOSO, V.; MOURA, D.J.; SILVA, A.C.R.; FETT-NETO, A.G.; SAFFI, J. Antioxidant and antimutagenic effects of the crude foliar extract and the alkaloid brachycerine of *Psychotria brachyceras*. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v. 48, p. 728-734, 2007.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 86-95, 2005.

OSTERTAG, R.; WARMAN, L.; CORDEL, S.; VITOUSEK, P. M. Using plant functional traits to restore Hawaiian rainforest. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 4, p. 805-809. 2015.

PEREIRA, T. S. COSTA, M. L. M. N.; MORAES, L. F. D.; LUCHIARI, C. Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **IHERINGIA, Série Botânica**, v. 63, n. 2, p. 329-339, 2008.

PIEREZAN, L.; SCALON, S. P. Q.; PEREIRA, Z. V. Emergência de plântulas e crescimento de mudas de jatobá com uso de bioestimulante e sombreamento. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 127-133, 2012.

RABELO, B. S. **O papel do banco de sementes e de espécies nativas na recuperação da flora da Ilha da Trindade – Brasil**. 2018. 91 f. Tese (Doutorado em Botânica) Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

- RAISSIG, M. T.; MATOS, J. L.; GIL, M. X. A.; KORNFIELD, A.; BETTADAPUR, A.; ABRASH, E.; BERGMANN, D. C. Mobile MUTE specifies subsidiary cells to build physiologically improved grass stomata. **Science**, v. 355, n. 6330, p. 1215-1218, 2017.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. São Paulo, Manole, 2004. 478p.
- ROELFSEMA, M. R. HEDRICH, R. In the light of stomatal opening: New insights into 'the Watergate'. **New Phytologist**, v. 167, n. 3, p. 665-691, 2005.
- ROTH, A.; KUBALLA, B.; BOUNTHANH, C.; CABALLION, P.; SÉVENET, T.; BECK, J.P.; ANTON, R. Cytotoxic activity of polyindoline alkaloids of *Psychotria forsteriana* (Rubiaceae). **Planta Medica**, v.5, p. 450-453, 1986.
- RUDALL, P. J.; ELISABETH D. C.; CULLEN, E. "Evolution and development of monocot stomata. **American Journal of Botany**, v. 104, n. 8 p. 1122-1141, 2017.
- SACK, F. D. Structure of the stomatal complex of the monocot *Flagellaria indica*. **American Journal of Botany**, 81, n. 3, p. 339-344, 1994.
- SANTOS, K. A.; RIBEIRO, G. P. S.; MELO M. B. Aspectos anatômicos da folha de **tradescantia zebrina** hort. ex bosse (*Zebrina pendula* Schum.) e *Cymbopogon citratus* (dc) stapf. **Ciências Biológicas e de Saúde Unit**, v. 3 n. 3 p. 221-230, 2016.
- SANTOS, D. M.; SILVA, K. A.; ALBUQUERQUE, U. P.; SANTOS, J. M. F. F.; LOPES, C. G. R.; ARAÚJO, E. L. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soilseed bank in a tropical dry forest in northeastern Brazil? **Flora**, v. 208, p. 445-452. 2013.
- SCHMIDT, D.; CARON, B. O.; PILAU, J.; NARDINO, M.; ELLI, E. F. Morfoanatomia foliar de azevém no sub-bosque de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais. **Ceres**, v. 64, n. 4, p. 368-375, 2017.
- SEIXAS, G. B. **Determinação da transpiração em plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) utilizando métodos de estimativa de fluxo de seiva**. 2009. 71f. Dissertação (Mestrado) em Física Ambiental. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

SILVEIRA, A. S. **Regeneração natural de espécies comerciais em áreas submetidas ao sistema silvicultural policíclico na Amazônia Central**. 2019. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

SILVA, K.A.; SANTOS, D.M.; SANTOS, J.F.F.; ALBUQUERQUE, U.P.; FERRAZ, E.M.N.; ARAÚJO, E.L. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. **Acta Oecologica**, v. 46, p. 25-32. 2013.

SIMÕES, V. J. L. P.; LEITE, M. L. de M. V.; IZIDRO, J. L. P. S.; ARAÚJO JÚNIOR, G.N.; TEIXEIRA, V. I.; Assimilação de carbono em plantas forrageiras. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 12, n. 1, p.125-134, 2019.

SOUZA, J. C.; LOPES, E. R. N.; SOUSA, J. A. P.; PADOVANNI, N. G.; LOURENÇO, R. W. Dinâmica Espacial e Sazonal da Temperatura, Umidade e Estresse Hídrico em Diferentes Tipos de Cobertura Vegetal. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 37, p. 80-94, 2019.

TABARELLI, M.; AGUIAR A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P. A conversão da floresta Atlântica em paisagens antrópicas: lições para a conservação da diversidade biológica das florestas tropicais. **Interciencia**, v. 37, n. 2, p. 88-92, 2012.

TABARELLI M.; AGUIAR A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; PERES, C. A. Prospects for biodiversity conservation in the atlantic forest: lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, v. 143, n. 10, p. 2328-2340, 2010.

TAIZ, L. ZEIGER, E. MØLLER, I. M. MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TAYLOR, S. H.; FRANKS, P. J.; HULME, S. P.; SPRIGGS, E.; CHRISTIN, P. A.; EDWARDS, E. J.; OSBORNE, C. P. Photosynthetic pathway and ecological adaptation explain stomatal trait diversity amongst grasses. **New Phytologist**, v. 193, n. 2, p. 387-396, 2012.

TAYLOR, C. **Psychotria** In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2012a.

TAYLOR, C. M.; CAMPOS, M. T. V. A.; ZAPPI, D. C. Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil: Rubiaceae. **Rodriguésia**, v. 58, p. 549-616, 2007.

TEIXEIRA, R. F. B. **Inferência do estado geral da umidade de superfície do solo pelo Índice de Seca Temperatura-vegetação e por imagens do satélite NOAA-17: Aplicações no Semiárido do Ceará.** 2010. 120 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, Ü. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. **Annual Review of Ecology.** Evolution and Systematics, n. 39, p. 237-257, 2008.

VEROTTA, L.; PILATI, T.; TATÒ, M.; ELISABETSKY, E.; AMADOR, T. A.; NUNES, D. S. Pyrrolidinoindoline alkaloids from *Psychotria colorata*. **Journal of Natural Products**, v. 61, n. 3, p. 392-396, 1998.

WALTER, L. C.; ROSA, H. T.; STRECK, N. A. Mecanismos de aclimação das plantas à elevada concentração de CO₂. **Ciência Rural**, v. 45, n. 9, p.1564-1571, 2015.

REGENERAÇÃO NATURAL E BANCO DE SEMENTES EM UMA FLORESTA SEMI DECIDUAL

RESUMO

A regeneração natural e banco de sementes do solo são mecanismos indispensáveis para o entendimento dos mecanismos de dispersão e regeneração das espécies vegetais. Na ecologia permite conhecer as espécies que ocorrem em determinadas locais, como também fornecer subsídios para elaboração de projetos de recuperação da vegetação. Diante da importância ecológica, o objetivo da pesquisa foi avaliar a regeneração natural e composição do banco de sementes do solo de uma área de Floresta ombrófila aberta. Para avaliação de regeneração natural, foram instaladas 20 parcelas de 10 m x 10 m, distribuídas de forma sistemática, com distância de cinco metros uma da outra, onde foi avaliada as plântulas de *Psychotria colorata*, quanto a altura: $5\text{cm} \leq \text{altura (h)} \leq 55\text{cm}$; diâmetro, e número de folhas. A altura, a medida desde o solo até o ponto de separação da “folha flecha” e a primeira folha aberta, com régua milimétrica, diâmetro da base - obtido pela média de duas medidas feitas com paquímetro (uma medida sendo perpendicular à outra) no nível do solo; número de folhas - obtido pela contagem do total de folhas completamente expandidas. Para o banco de sementes do solo, foram coletadas aleatoriamente 40 amostras de solo em cada área alocada na Reserva Ecológica Mata do Pau ferro, Areia, Paraíba, totalizando 100 amostras de solo coletadas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, pertencente ao Laboratório de Ecologia Vegetal, da Universidade Federal da Paraíba. A concentração de plantas nas duas classes de menor altura e número de folhas indica a presença de indivíduos jovens e seus estágios iniciais de desenvolvimento. A população de plântulas de *P. colorata*, demonstrou variação em sua abundância e estrutura de tamanho, diâmetro e números de folhas. Durante todo o estudo verificou-se a emergência de 84 indivíduos pertencentes a 11 famílias. Fabaceae (3) sendo a com maior número de espécie, seguida de Asteraceae (6), com dois taxa não determinadas. Assim a regeneração e o banco de sementes no solo é uma importante fonte de propágulos para a regeneração de ambientes naturais, reestruturando a comunidade após perturbações.

Palavras-chave: Conservação. espécie de sub-bosque. Mata Atlântica.

NATURAL REGENERATION AND SEED BANK IN SEMI-DECIDUAL FOREST

ABSTRACT

Soil seed bank and natural regeneration is an indispensable mechanism for understanding the mechanisms of dispersion and regeneration of plant species. In ecological terms, it allows to know the species that occur in certain places, as well as to provide support for the elaboration of vegetation recovery projects. Thus, the objective of the work was to evaluate the natural regeneration and composition of the soil seed bank in an area in an open ombrophilous forest. To assess natural regeneration, 20 plots of 10 mx 10 m were installed, distributed systematically, with a distance of 5 meters from each other, where the seedlings of *Psychotria colorata* were evaluated, the height Seedling bank: $5\text{cm} \leq \text{height (h)} \leq 55\text{cm}$; diameter, and number of leaves. The diameter at ground level individuals of *P. colorata* have less amplitude when compared to the height and number of leaves, however, they have greater variability. For the soil seed bank, 40 soil samples were randomly collected in each allocated area, totaling 100 soil samples collected in each period. The experiment was conducted in a greenhouse, belonging to the plant Ecology Laboratory, at the Federal University of Paraíba. The concentration of plants in the two classes with the lowest height and number of leaves indicates the presence of young individuals and their early stages of development. The population of seedlings of *P. colorata*, showed variation in its abundance and structure of size, diameter and number of leaves. During the entire study, the emergence of 84 individuals belonging to 11 families was registered. The Fabaceae family (3) found the highest number of species, followed by Asteraceae (6), with 2 undetermined rates. Thus, regeneration and the seed bank in the soil is an important source of propagules for the regeneration of natural environments, restructuring the community after disturbances.

Key-words: Conservation. understory species. Atlantic Forest.

1 INTRODUÇÃO

A pressão gerada pelo desenvolvimento dos grandes centros urbanos, e com a crescente degradação devido à exploração para fins agropecuário e demais tipos de utilização da terra (CRUZ et al. 2018) resultaram na diminuição da Mata Atlântica brasileira, que antes ocupava uma extensão da costa litorânea, restando, atualmente, de sua área original, apenas fragmentos de floresta (MARCUIZZO et al., 2013).

A composição florística e estrutural da Mata Atlântica foram modificadas em decorrência da fragmentação, muitas vezes comprometendo sua estabilidade, diminuindo sua resiliência e a resistência a distúrbios (ARROYO-RODRIGUEZ et al., 2013; BAYNES et al., 2016). Estudar a composição, estrutura e dinâmica da regeneração natural em floresta Atlântica, é importante para entender o comportamento ecológico da vegetação natural, o que se torna essencial em ações de controle, de restauração ecológica de ambientes e de conscientização ambiental (KATAHIRA; MELO 2011).

Podendo ser entendido como característica essencial para o restabelecimento natural de uma comunidade vegetal, o banco de sementes do solo representa o conjunto de todas as sementes viáveis no solo ou associadas à serapilheira em uma determinada área (MARTINS, 2013; SEUBERT et al., 2016) e espera-se que contenha tanto as sementes das espécies presentes na vegetação local, como de espécies que não estejam presentes na área, mas que chegam através da chuva de sementes, representando grande potencial de regeneração de florestas (SANT'ANNA, et. al., 2011). Dessa forma, está envolvido no estabelecimento de populações e de grupos ecológicos, na manutenção da diversidade de espécies, e na restauração da riqueza de espécies durante a regeneração, sejam eles por distúrbios naturais ou antrópicos (MARTINS, 2014; CORREIA; MARTINS, 2015).

A regeneração natural é um processo caracterizado como o mecanismo pelo qual a floresta, quando perturbada, se restabelece, portanto, relacionado diretamente à sucessão ecológica e capacidade de resiliência de um habitat. Esses mecanismos de regeneração caracterizam-se, basicamente, por meio do banco de sementes, chuva de sementes e banco de plântulas (SCOOTI, et al., 2011, WENDLER; LONGH, 2011).

Assim, o banco de sementes inclui todas as sementes viáveis não germinadas que estão enterradas ou na superfície do solo. Quando a semente cai na superfície do solo, ela pode germinar imediatamente ou persistir no solo ou na sua superfície por curtos ou longos períodos (THOMPSON, 2000). A permanência do banco de sementes no solo é variável podendo ser determinada por suas propriedades físicas e fisiológicas, como velocidade de germinação, dormência e viabilidade (GARWOOD, 2011).

Psychotria colorata é um arbusto com aproximadamente 1,6 m de altura, pertencente à família Rubiaceae, com ramos cilíndrico, verde-amarronzado, suas folhas apresentam tricomas na face abaxial, nervura central proeminente, nervuras secundárias 10-13 pares, filotaxia oposta cruzada, inflorescência terminal, pedúnculo 1,5-3 cm de comprimento, coloração roxa, brácteas agudas e frutos elipsoides do tipo baga de coloração arroxeada (MENDONÇA, 2012).

Espécie nativa, não endêmica do Brasil, com ocorrência nos estados do Pará, Amazonas, Maranhão, Paraíba, Sergipe, Bahia, Pernambuco, Goiás e Distrito Federal (TAYLOR, 2012b). As suas raízes são usadas por nativos da Amazônia no tratamento de dores de ouvido e abdominais (MOURA; MARUO, 2014). As folhas foram bastante estudadas, devido, principalmente, à presença de alcalóides com ação biológica analgésica (BOTH et al, 2005). Contudo, Simões et al (2017) aponta que os componentes químicos da planta podem ocorrer de diferentes formas e concentrações devido fatores edafoclimáticos, sendo assim importante avaliar especialmente nos estudos de regeneração natural, de sucessão e de dinâmica de populações de plantas.

Considerando-se a necessidade e importância de averiguar a regeneração natural, o objetivo da pesquisa foi avaliar a regeneração natural e composição do banco de sementes do solo de uma área de Floresta semi decidual.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, localizada no município de Areia, Paraíba, Brasil Esta reserva ocupa uma área de aproximadamente 600 ha, temperatura média anual de 22 °C, umidade relativa de 70% e a precipitação anual varia em torno de 1.400 mm.

Está georreferenciada entre as coordenadas 06° 57' 50'' S; 35°45'03'' W, com altitude de 637m, localizada acerca de 7 km a oeste da sede do município de Areia, PB.

2.2 Caracterização da regeneração natural

Os mecanismos de regeneração natural de plântulas de *P. colorata*, foram avaliados a partir da demarcação de 20 parcelas fixas de 10 x 10 metros (2000 m²), distribuídas sistematicamente em 4 linhas e separados pela distância 5 m entre as parcelas e entre linhas, num período trimestral com período de Julho de 2017 a julho de 2018.

Os pontos amostrais foram marcados com uma estaca de madeira e identificados de forma a permitir o acompanhamento contínuo, por meio da contagem de todas as plântulas

existentes em todas as parcelas. Os indivíduos foram etiquetados com numeração e colocados fitas para o acompanhamento.

Em cada parcela foram avaliadas todas as plântulas entre 5 e 55 cm (altura) com a presença de duas folhas, seguindo a metodologia de Turchetto 2015, avaliando o potencial do banco de plântulas como estratégia para restauração florestal no extremo sul do bioma mata atlântica.

Como altura, a medida desde o solo até o ponto de separação da “folha flecha” e a primeira folha aberta, com régua milimétrica, diâmetro da base - obtido pela média de duas medidas feitas com paquímetro (uma medida sendo perpendicular à outra) no nível do solo; número de folhas - obtido pela contagem do total de folhas completamente expandidas, com mais de 50% de aparência saudável, isto é, sem evidências de patogenias.

2.4 Caracterização do banco de sementes

Nos ambientes selecionados foi realizado um levantamento florístico e fitossociológico utilizando o método de amostragem por pontos - Método dos Quadrantes (COTTAM; CURTIS, 1956; MUELLER-DOMBOIS; ELLEMBERG, 1974).

A amostragem do banco de sementes do solo (BSS) foi realizada em 40 parcelas de 3 m × 3 m. As parcelas foram alocadas de forma sistemática a dez metros uma da outra.

Com auxílio de gabaritos de ferro medindo 25 cm (comprimento) x 16 cm (largura) x 3 cm (profundidade), distribuídas sistematicamente em quatro linhas de 10 parcelas, com distância de 10 metros entre parcelas e linhas. Esse gabarito foi introduzido no solo e em seguida coletado todo material delimitado pelo perímetro interno do mesmo até a profundidade de 3 cm (Figura 3).



Figura 2. Amostragem do banco de sementes através do gabarito de ferro [25 cm (comprimento) x 16 cm (largura) x 3 cm de profundidade] em uma área de floresta ombrófila aberta, no município de Areia, PB.

Conforme eram procedidas as coletas, as amostras foram sendo acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas. Ao fim da coleta, as amostras foram transportadas para Casa de Vegetação do Laboratório de Ecologia Vegetal (LEV) do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais (DFCA) do Centro de Ciências Agrárias (CCA) - *Campus II* - Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, PB, onde foram uniformizadas e colocadas para emergir em bandejas de 27,5 cm x 18 cm x 5,5 cm (comprimento, largura e altura, respectivamente) (Figura 4) e com pequenos furos para evitar o acúmulo excessivo de água (LAZZARI et. al., 2015; LOUSADA; ESTEVES, 2017).



Figura 3. Instalação das bandejas em casa de vegetação pertencente ao laboratório de Ecologia Vegetal, LEV/CCA/UFPB.

Embora o ambiente do experimento tenha sido protegido, foram colocadas duas bandejas com areia lavada e esterilizada em autoclavada, como amostras controle, no intuito de identificar possíveis contaminações com sementes externas. As bandejas contendo as amostra foram irrigadas quando necessário, de modo a manter as condições de umidade. Quinzenalmente, durante um período de seis meses (dezembro 2017 a junho de 2018), foi realizada a contagem e identificação das plantas, sendo que as plântulas permaneceram nas bandejas ou sacos plásticos (repicagem) quando atingiam tamanhos que permitissem identificá-las.

Ao final desse período, a irrigação foi suspensa por 30 dias, com a finalidade de simular o déficit hídrico. Após esse período, o solo foi revolvido e novamente irrigado a fim de promover a germinação de sementes que eventualmente tivessem ficado sem condições de germinar. O solo das bandejas (ou sacos) era revolvido quando não havia recrutamento por 3

meses. O ensaio permaneceu montado no período de agosto de 2017 a dezembro de 2018 (17 meses).

Por meio da confecção de exsicatas foi determinado o número de famílias, gêneros e espécies identificadas no trabalho. Nesse caso o auxílio à identificação das espécies foi feita por consulta à bibliografia específica, por comparação com o material do Herbário Prof. Jayme Coelho de Moraes (EAN, da Universidade Federal da Paraíba) e com auxílio de especialista. A lista florística foi organizada de acordo com o Sistema APG III (2009) disponível na base de dados Tropicos® (2014) do Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org>).

2.4 Estrutura Fitossociológica

A estrutura fitossociológica foi avaliada através dos valores nome vulgar, síndrome de dispersão, absolutos e relativos de Densidade e Frequência e o índice de Valor de Importância de Cobertura de Herbáceas (VICH). O VICH foi determinado somando a Densidade Relativa (DR) mais a Frequência Relativa (FR) (CIEN TEC, 2002).

2.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à estatística descritiva e plotados histogramas de frequência utilizando o *software* R Development Core Team® 3.1.3 (2017).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas vinte parcelas da regeneração natural, foram amostrados 229 indivíduos de *P. colorata*, cujos valores médios de altura, diâmetro ao nível do solo e número de folhas estão na Tabela 1. Para a altura, diâmetro e número de folhas foram observados valores médios de 36, 65 cm, 18,00 mm e oito folhas, respectivamente, com a maior amplitude entre os dados obtidos para altura de plantas.

Tabela 1 - Estatística descritiva referente à altura (Alt), diâmetro caulinar (DC) e número de folhas (NF) de *Psychotria colorata*.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Amplitude	CV(%)
Altura (cm)	11,00	62,33	36,65	51,33	36,28
Diâmetro caulinar (mm)	6,00	30,00	18,00	24,00	41,67
NF	2,00	13,00	8,00	11,00	42,61

Em termos da regeneração por classe de altura, as porcentagens estão assim distribuídas por classe. A população em regeneração natural de *P. colorata* teve diferença

entre altura de classe, no período monitorado. Considerando as classes de altura Figura 5A, os indivíduos se inseriram em apenas duas classes de altura, com a maior frequência constatada na classe I - de [(20 a 40 cm 138 seguida pela classe e II - 40 a 60 cm 92 indivíduos)]. A frequência de um menor percentual de indivíduos na maior classe (60 a 80) pode ser um indicativo de que as plantas de *P. colorata* têm maior suscetibilidade à mortalidade nas fases iniciais de crescimento, bem como a possível predação de sementes e de plântulas.

A regeneração de plântulas pode ser limitada por fatores ambientais (luz, água, nutrientes), assim como herbivoria por animais, competição intra e interespecíficas, e por ação antrópica os quais, podem afetar significativamente seu desenvolvimento e o recrutamento dessas plântulas (LIEBERMAN, 1996). O monitoramento do comportamento e evolução dos regenerantes dessa e de outras espécies é importância, para ações direcionadas à conservação da floresta natural.

O número de folhas de *P. colorata* foi maior em indivíduos na classe de altura de 3 a 6 variando com 119 (NF), seguido da classe entre 6 a 9 com 109 (Figura 5B). *P. colorata* caracteriza-se por denotar uma grande quantidade de folhas, as quais são grandes e bem distribuídas por toda a parte aérea da planta. A determinação do número de folhas é uma variável que se torna importante na expressão do vigor das plantas que crescem em seu ambiente de ocorrência natural.

Dessa forma, o processo de regeneração ecológica é de suma relevância para que se possa auxiliar de maneira positiva a dinâmica do desenvolvimento da vegetação, seja aumentando a velocidade da recomposição da vegetação ou contornando as perturbações ambientais (ANDRADE et al., 2018).

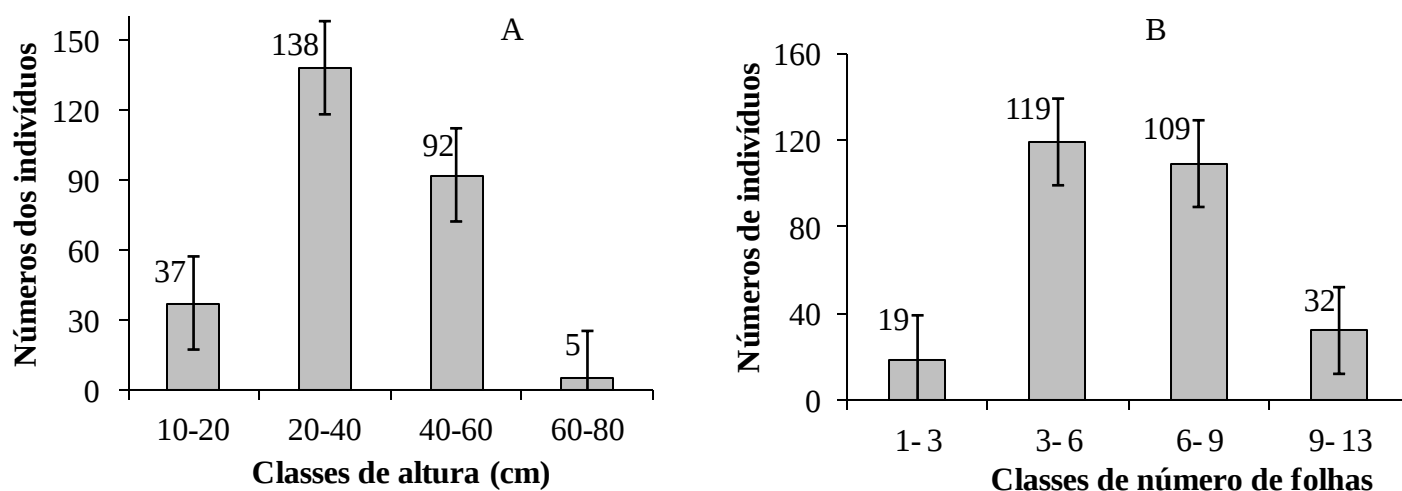


Figura 4 Número de indivíduos em relação à altura e número de folhas de classe de *Psychotria colorata*.

Na Figura 5 é possível observar a média do diâmetro caulinar em cada classe, cujo valores médios obtidos foram numericamente próximos nas classes de altura de 10 a 15 cm e 5 a 10 e 15 a 20 cm não deferindo estatisticamente, correspondendo a 52 e 54 mm, respectivamente.

Pode-se observar que sete dos indivíduos *P. colorata* tiveram diâmetro caulinar entre 1 a 5 cm. Provavelmente esses dados com menor percentual de plantas com diâmetro do caule menor, pode ser um indicativo de uma maior vulnerabilidade a injúrias físicas e suscetíveis a predação, como também pode está fortemente influenciada pela sazonalidade. Os demais valores para a variável em questão se distribuíram na classe de 25 a 30 cm restantes, as quais corresponderam a 11 indivíduos das plantas avaliadas.

O parque Estadual Mata do Pau-Ferro ainda sofre forte ação antrópica, cuja cobertura vegetal encontra-se como um mosaico em diferentes estágios sucessionais, com vastas extensões desmatadas e exploradas com agricultura, extração de madeira, criação de animais, principalmente as áreas situadas nas várzeas. Essas áreas desmatadas quando expostas, formando capoeiras, algumas delas ocupadas por gramíneas que dificultam o processo de regeneração natural. Vale resaltar que a Reserva é relativamente jovem, por isso ainda temos esse mosaico de paisagens para em pouco tempo termos o processo de regeneração natural.

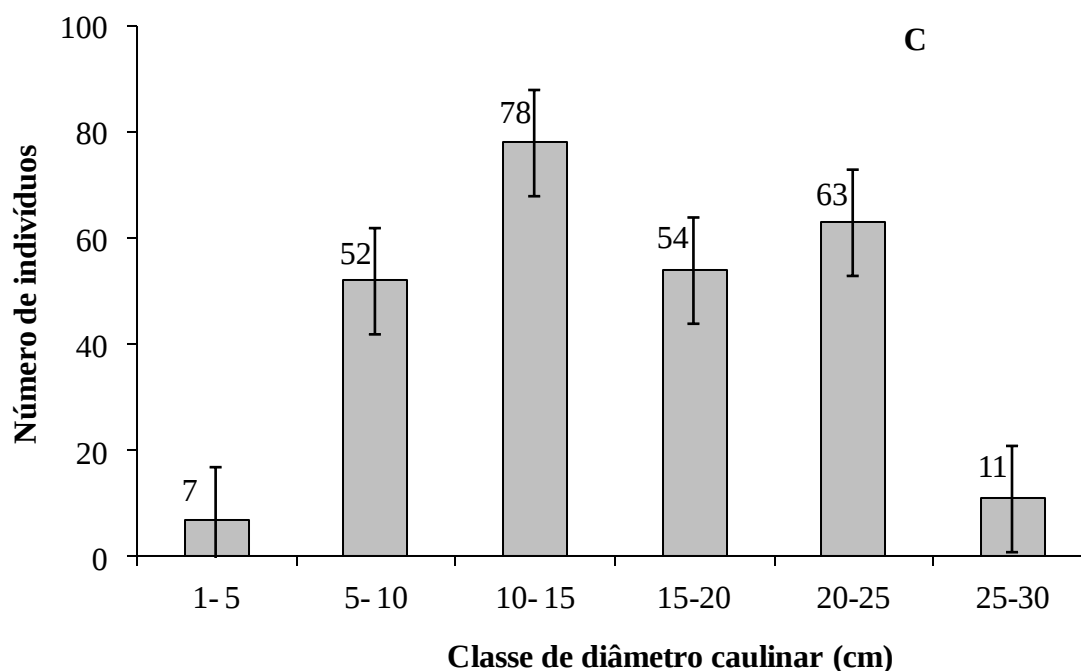


Figura 5 Número de indivíduos em relação a classe de diâmetro caulinar de *Psychotria colorata*.

Composição Florística do Banco de Sementes do Solo

Neste levantamento foram inventariados, considerando os estádios ontogenéticos, 84 indivíduos pertencentes a 11 famílias, com a Fabaceae (3) tendo o maior número de espécies, seguida de Asteraceae (6), com dois taxa não determinadas.

Foi observada uma elevada riqueza florística das famílias Asteraceae e Fabaceae. Esse resultado é coerente com o fato destas famílias serem consideradas a maior e a terceira maior, respectivamente, entre as Angiospermas (DI STASI; HIRUMA-LIMA 2002, WATSON; DALLWITZ 2009; SILVA; HONORÉ 2019). Em relação às espécies encontradas em outras pesquisas, Piaia et al. (2019), analisando a composição florística da transposição do solo em uma floresta sazonal no Rio Grande do Sul, as famílias mais representativas foram Asteraceae e Solanaceae. As famílias botânicas Myrtaceae (148), Fabaceae (100), Sapotaceae (77), Burseraceae (74), Moraceae (70), Boraginaceae (60) e Rubiaceae (61) representaram 51% da abundância de espécies inventariadas (GOMES, 2019), em regeneração natural e banco de sementes do solo sob efeito de borda em um fragmento de floresta ombrófila densa. Oliveira et al. (2006) estudando comparações florísticas e estruturais entre comunidades de Floresta Ombrófila Aberta com diferentes idades. As famílias que apresentaram maior número de espécies por ordem decrescente foram: Myrtaceae (9) Anacardiaceae e Leguminosae Papilionoideae, (7) Leguminosae Mimosoideae, (6) Sapindaceae, (5) e Solanaceae, (4). Barbosa et al. (2004) listam a diversidade Florística na Mata do Pau-Ferro, Areia, Paraíba As famílias mais importantes com relação ao número de espécies foram: Rubiaceae (24), Malvaceae (21), Solanaceae (16), Asteraceae (14), Convolvulaceae (12) e Fabaceae (12). O banco de sementes do solo, associado à elevada representatividade de espécies arbustiva.

<i>Solanum asperum</i> Rich	1	jurubeba	Arbustivo	Zoocórica	0,5	2,5	1,19	6	7,14
<i>Solanum paniculatum</i> L.	3	jurubeba verdadeira,	Arbustivo	Zoocórica	1,5	7,5	3,57	18	21,43

N: número de indivíduos; DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa; DoA: dominância absoluta; DoR: dominância relativa; FA: frequência absoluta; FR: frequência relativa; VC: valor de cobertura; VI: valor de importância.

4 CONCLUSÃO

O banco de plântulas de *P. colorata* no sub-bosque mostrou-se que a altura, tem maior amplitude, quando comparadas com o diâmetro caular e número de folhas. A concentração de plântulas nas classes de menores indica a presença de indivíduos jovens e nos estágios iniciais de desenvolvimento, provavelmente os fatores podem limitar o estabelecimento dessas plântulas.

O banco de sementes do solo, esta associado à elevada representatividade de espécies arbustiva.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, G. K. O. FERREIRA, R. A.; FERNANDES, M. M.; SILVA, T. R.; SOUZA, I. B. A.; MAGALHÃES, J. S. Regeneração natural em área de reflorestamento misto com espécies nativas no município de Laranjeiras, SE. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1-9, 2018.

ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; RÖS, M.; ESCOBAR, F.; MELO, F. P. L.; SANTOS, B. A.; TABARELLI, M.; CHAZDON, R. Plant diversity in fragmented rain forests: testing floristic homogenisation and differentiation hypotheses. **Journal Ecology**, n. 101, n. 6, p. 1449-1458, 2013.

BAYNES, J.; HERBOHN, J., CHAZDON, R. L.; NGUYEN, H.; FIRN, J.; GREGORIO, N.; LAMB, D. Effects of fragmentation and landscape variation on tree diversity in post-logging regrowth forests of the Southern Philippines. **Biodiversity and Conservation**, n. 25, p. 923, 2016.

BOTH, F. L. **Avaliação do perfil farmacológico de psiclatina isolada de *Psychotria umbellata* (Rubiaceae)**. Porto Alegre, UFRGS, 2005. 133f. Tese (Doutorado) em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas Ltda - Cientec. **Mata Nativa**: Sistema para análise fitossociológica e elaboração de planos de manejo de florestas nativas. São Paulo: Cientec, 2002. 126p.

CORREIA, G. G. S.; MARTINS, S. V. Banco de sementes do solo de floresta restaurada, Reserva Natural Vale, ES. **Floresta e Ambiente**, n. 22, v. 1, p. 79-87, 2015.

COTTAM, G.; CURTIS, J. T. The use of distance measures in phytosociological sampling. **Ecology**, v. 37, n. 3, p. 451-460, 1956.

CRUZ, M. P.; CAMPOS, J. B.; TOREZAN, J. M. D. Influência da topografia e da abertura do dossel na estrutura do componente herbáceo-arbustivo em dois fragmentos florestais na planície de inundação do alto Rio Paraná. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 191-205, 2018.

DI STASI, L. C. HIRUMA-LIMA, C. A. **Plantas medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica**. 2 ed. revista e ampliada, São Paulo. 2002.

GARWOOD, L. Seasonal patterns in the seed bank of a grassland in northwestern Patagonia. **Journal of Arid Environments**, v. 35, p. 215-224, 2011.

GOMES, L. P. **Regeneração natural e banco de sementes do solo sob efeito de borda em um fragmento de floresta ombrófila densa das terras baixas**. 2019. 128f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.

IBGE. **Manual técnica da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE 2012.pag. 91.

JARDIM, F. C. da S.; HOSOKAWA, R. T. Estrutura da floresta equatorial úmida da estação experimental de silvicultura tropical do INPA. *Acta Amazonica*, v. 16/17 p. 411-508, 1987.

KATAHIRA, R. K.; MELO, M. M. R. F. Estrutura do componente arbóreo sob plantação de *Pinus elliottii* Engelm. No parque estadual da Cantareira, Núcleo Cabuçu, Guarulhos, SP, Brasil. **Revista Instituto Florestal**, v. 23, n. 2, p. 231-253, 2011.

LAZZARI, L.; GEORGIN, J.; BORBA, W.F. Análise do banco de sementes do solo na floresta estacional decidual do Alto Uruguai - RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, n.2, p.1462-1471, 2015.

LIEBERMAN, D. **Demography of tropical tree seedlings**: A review. In: Swaine, M.D. (Ed.) *The ecology of tropical forest tree seedlings*. Paris: UNESCO and Parthenon Publishing Group. p.131-138, 1996.

LOUSADA, L. L.; ESTEVES, B. S. Banco de sementes de plantas daninhas em áreas de canade-açúcar no norte Fluminense. **Revista FIMCA**, v.4, n.1, p.49-58, 2017.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D. **Determinação do ano hidrológico e geoespacialização das chuvas dos períodos úmido e seco da sub-bacia**. p. 63, 2013.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. 2.ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2013. 207 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**. Editora UFV. Universidade Federal de Viçosa, 2014.

MENDONÇA, A. C. A. M. M. **Rubiaceae na Floresta Nacional Araripe-Apodi, Crato, CE**. 2012. 103p. Dissertação (Mestrado) Universidade Regional do Cariri, Crato, 2012.

MOURA, L. T.; MARUO, V. M. Aspectos farmacológicos e toxicológicos de *Psychotria colorata* – revisão. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, n. 23, p. 1679-7353, 2014.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation Ecology**. New York, John Wiley & Sons, 1974. 547 p.

OLIVEIRA, F. X.; ANDRADE, L. A.; FÉLIX, L. P. Comparações florísticas e estruturais entre comunidades de Floresta Ombrófila Aberta com diferentes idades, no Município de Areia, PB, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 20, n. 4, p. 861-873, 2006.

PIAIA, B. B.; ROVEDDER, A. P. M.; PIAZZA, E. M.; STEFANELLO, M. M.; FELKER R. M. COSTA, E. A. Floristic composition analysis of soil transposition in a seasonal forest in Rio Grande do Sul, Brazil. **Floresta e Ambiente**; v. 26, n. 2, 2019.

SANT'ANNA, C. S.; TRES, D. R.; REIS, A. **Restauração ecológica**: sistemas de nucleação. 1.ed. São Paulo: SMA, 2011.

SCOOTI, A. V. S. M.; WENDLER, F. C.; LONGH, J. S. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Estacional Decidual. **Ciência Florestal**, v. 21, n.3, p. 459- 472, 2011.

SEUBERT, R. C.; MAÇANEIRO J. P.; BUDAG J. J.; FENILLI T. A. B.; SCHORN, L. A. Banco de sementes do solo sob plantios de *Eucalyptus grandis* no município de Brusque, Santa Catarina. **Floresta**, v. 46, n. 2, p. 165-172, 2016.

SIMÕES, C.; SCHEKEL, E.; MELLO, J.; MENTZ, L.; PETROVICK, P. **Farmacognosia do Produto natural ao Fármaco**. Porto Alegre: Artmed, 2017, 486 p.

SILVA, O. B.; HONORÉ, E. A. D. Ocorrência da família Asteraceae e sua relação com a acidez do solo no município de mirante da serra – RO. **Biodiversidade**, n. 18, v. 2, p. 73-78, 2019.

TAYLOR, C. **Psychotria** In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2012a.

TAYLOR, C. **Psychotria** In Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2012b.

THOMPSON, K.; GRIME, J. P. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. **Journal of Ecology**, v. 67, p. 893-921, 2000.

TURCHETTO, F. **Potencial do banco de plântulas como estratégia para restauração florestal no extremo sul do bioma Mata Atlântica**. 2015. 138f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria. 2015.

WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. **The families of flowering plants**: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. 2009.

INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO SAZONAL SOBRE A ECOFISIOLOGIA DE *Psychotria colorata* (RUBIACEAE)

RESUMO

A luminosidade e temperatura são os principais fatores que regulam o processo de abertura estomática. A fotossíntese, condutância e transpiração, junto com as variações climáticas, permitem compreender como determinada espécie interage com os recursos ambientais disponíveis, para o desenvolvimento das plantas. Assim, diante da importância, a pesquisa teve como objetivo avaliar possíveis alterações no funcionamento de trocas gasosas em indivíduos de *Psychotria E colorata* no sub-bosque em um remanescente florestal de Mata Atlântica em função da sazonalidade. A pesquisa foi realizada na Reserva Ecológica Mata do Pau-Ferro localizada no município de Areia, Paraíba, Brasil. Foram mensurados a taxa de fotossíntese (A), condutância estomática (Gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), e concentração de carbono interno (Ci) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), DPV (Kpa), temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$) utilizando um analisador portátil de gás no infravermelho – IRGA. A partir dos dados obtidos dessas variáveis, calculou-se a eficiência instantânea do uso de água (EUA, A/E) e eficiência instantânea de carboxilação. Em relação a anatomia foliar foi avaliado densidade de estômatos (basal, mediana, apical mm^2), densidade de tricomas (mm^2) e espessura adaxial e abaxial (μmm). Os maiores valores da taxa fotossíntese (A) foram encontrados nos meses de baixa precipitação, para a taxa de transpiração (E) foi alta nos meses de maior disponibilidade de água, assim, a condutância estomática (Gs) no mês de abril resultou valor de $0,181 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, com maior precipitação. A densidade estomática nas faces adaxial e abaxial das folhas de *P. colorata* aumentou nos meses de baixa precipitação (média 110 estômatos mm^{-2} , 143 estômatos mm^{-2} , 97 estômatos mm^{-2} , 101 estômatos mm^{-2}). A sazonalidade é potencialmente mais eficiente na redução da fotossíntese, transpiração, condutância estomática, em condições de estresse hídrico, sendo mais favorável no período de inverno, que apresenta maiores disponibilidade de água.

Palavras-chave: Sub-bosque. Densidade estomática. Mata Althântica.

ABSTRACT

Understory species are an important component of the richness and diversity of the plant community. Understory can be defined as “the sub-shrub or undergrowth vegetation that is found inside tropical forests, mainly the Atlantic, which forms an ecological niche of vital importance in the forest ecosystem to which it belongs. Thus, given the importance of the research, it aimed to assess possible changes in gas exchange functioning in individuals of *P. colorata* in the understory in an open ombrophilous forest remnant due to seasonality. The research was carried out at the Mata do Pau-Ferro Ecological Reserve located in the municipality of Areia, Paraíba, Brazil. The photosynthesis rate (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), stomatal conductance (Gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) were measured using a portable infrared gas analyzer - IRGA (model LCI, ADC BioScientific, England) transpiration (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), air temperature ($^{\circ}\text{C}$), and internal carbon concentration (Ci) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), DPV (Kpa), leaf temperature ($^{\circ}\text{C}$). From the data obtained from these variables, it was calculated the instantaneous efficiency of water use (USA, A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$], [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] and instant carboxylation efficiency (EiC, A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$]. Regarding leaf anatomy, stomata density (basal, median, apical mm^2), trichome density (mm^2) and adaxial and abaxial thickness (μmm) were evaluated. The results obtained, the highest values of the photosynthesis rate (A) were found in the months of low precipitation, for the transpiration rate (E) was high in the months of greater availability of water, thus, the stomatal conductance (Gs) in the month of April resulted in a value of $0.181 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, with greater precipitation. Stomatal density on the adaxial and abaxial surfaces of the leaves of *Psychotria colorata* increased in the months of low precipitation (average 110 stoma mm^{-2} , 143 stoma mm^{-2} , 97 stoma mm^{-2} , 101 stoma mm^{-2}). Seasonality is potentially more efficient in reducing photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, in conditions of water stress, being more favorable in the winter period, which has greater water availability.

Key-words: Understorey. stomatal density. Althântica forest.

1 INTRODUÇÃO

As espécies de sub-bosque são importantes pela sua diversidade e riquezas nas florestas tropicais (GUILLIAM, 2007; CARDOSO et al.; 2009; SILVA-FILHO et al.; 2013). O sub-bosque é composto pelo estabelecimento de indivíduos herbáceo, subarbustivas e arbustivas, e desenvolvimento das espécies que irão constituir os demais estratos da floresta, pela eliminação progressiva de espécies invasoras e concorrentes que podem estar presentes na área (GANDOLFI, 2017).

Os efeitos sazonais podem propiciar condições peculiares em espécies de sub-bosque, uma vez que estas são de pequeno porte, sobrevivem abaixo da copa de outras árvores, e têm limitações quanto à disponibilidade de luz (SILVA, 2018). Assim, como a instabilidade climática pode modificar as taxas fotossintéticas e ocasionar mudanças fisiológicas, morfológicas e anatômicas nas espécies podendo comprometer seu desenvolvimento e sobrevivência.

As plantas sob condições ambientais desfavoráveis, sendo que precipitação, temperatura e disponibilidade de água no solo seriam, dentre os fatores observados, os que mais influenciam no crescimento que estas, podem causar modificações nos níveis de fotossínteses, pouco estudado a sob os efeitos sazonais em espécies de sub-bosque (KANIESKI et al., 2017). As plantas apresentam mudanças morfológicas e fisiológicas, para aumentar a eficiência de utilização da luz, de forma a manter a fotossíntese necessária para o crescimento e desenvolvimento (VALLADARES; NIINEMETS, 2008). Além disso, muitas peculiares anatômicas são influenciadas pela disponibilidade de luminosidade, que temos como exemplo a densidade estomática, número e tamanho das células epidérmicas, número de tricomas, tamanho dos espaços intercelulares e esclerificação de tecidos (NERY et al., 2007).

Alterações quantitativas de diferentes parâmetros anatômicos observadas em células e tecidos vegetais são consideradas importantes, seja para otimização de suas funções devido a uma baixa disponibilidade de luminosidade em plantas que requerem altas taxas de radiação. Dessa forma, a integração de estudos anatômicos e fisiológicos é fundamental para investigações que visam o estudo de fatores ambientais influenciando o desenvolvimento das plantas (ARAÚJO et al., 2019).

Psychotria colorata (Willd. ex Schult.) Müll. Arg. pertence a família Rubiaceae conhecida popularmente como erva de rato, perpétua-do-mato ou repolho, é uma espécie de sub-bosque que possui distribuições nas Guianas, Venezuela e no Brasil é encontrada nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste do Brasil Possui hábito arbustivo ou subarbustivo com aproximadamente um metro de altura. As flores apresentam coloração purpúrea (TAYLOR, et al. 2007).

Estudos referentes à ecofisiologia de espécie de sub-bosque diante dos eventos ambientais, e suas respostas aos efeitos da sazonalidade climática, solo e precipitação, assim, para ter conhecimento sobre o comportamento ecofisiológico da planta em nível de local, no intuito de fornecer informações que serão importantes para a conservação da espécie.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações no funcionamento da trocas gasosas em indivíduos de *P. colorata* no sub-bosque em um remanescente florestal ombrófila aberta em função da sazonalidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro com coordenadas geográfica (06° 57' 50'' S; 35°45'03'' W), localizado a 7 km a oeste do município de Areia, Paraíba, Nordeste do Brasil. A área de estudo tem cerca de 600 ha, a qual constitui uma unidade de conservação de domínio estadual (BARBOSA et al., 2004). O clima da região é tropical, com temperatura média anual de 23°C, sendo classificado como quente e úmido com chuvas de outono-inverno (BARBOSA et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2006; RIBEIRO et al., 2018).

A precipitação anual varia em torno de 800 e 1.600 mm, e seu relevo é caracterizado como ondulado a forte ondulado (SILVA et al., 2006). De acordo com a classificação fitogeográfica brasileira, constitui-se em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2012). A área de estudo é caracterizada como um fragmento florestal denominado Brejo de Altitude, sendo um dos mais representativos em extensão, na região Nordeste do Brasil.

2.3 Umidade do solo (*U*)

Para a determinação utilizou-se o método das pesagens, proposto por Klar et al., (1966), em que coletou amostras simples de solo na profundidade de 0-20 cm, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade Federal da Paraíba, *Campus II*, para a realização da pesagem e secagem, respectivamente. A umidade relativa do solo (*U*) baseia-se na relação do peso saturado de uma amostra e o seu peso seco, calculada pela seguinte equação:

$$U = \frac{P - P_s}{P_s - m} 100$$

Onde: U = teor de umidade do solo (%); P = peso da amostra (corresponde à massa do recipiente mais a massa da amostra de solo úmido); P_s = peso da amostra (corresponde massa do recipiente mais a massa da amostra de solo seco); m = massa do recipiente.

Com as mesmas amostras foi analisadas a composição química do solo, as amostras tomadas apresentaram a seguinte composição química:

pH: 4,4 mg/dm³; **P:** 1,70 mg/dm³; **Na:** 0,09 cmolc/dm³, **H+Al³⁺:** 14,65 cmolc/dm³, **Al:** 1,83 cmolc/dm³, **Ca⁺²:** 0,27 cmolc/dm³; **Mg⁺²:** 0,01 cmolc/dm³; **SB:** 0,44; **CTC:** 15,09; **M.O:** 39,54 g.kg⁻¹.

2.4 Trocas gasosas

Para a coleta dos dados ambientais e ecofisiológicos, foram selecionados aleatoriamente dez indivíduos adultos, sendo marcados e devidamente georreferenciados 06° 57' 54'' S, 35° 45' 03'' W. As avaliações ocorreram durante os meses de novembro (2017) à outubro (2018).

Selecionados dez indivíduos de forma aleatória para medições das trocas gasosas, onde foram medidas em folhas com bom aspecto fitossanitário, localizadas no terço mediano de cada planta, no período das medições seriam realizadas no horário compreendido entre 10 e 11 h da manhã, com um analisador de gás infravermelho- IRGA (LI-6400XT LI-COR®, Nebraska, USA). (Figura 7).

Foi mensurado a taxa de fotossíntese (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (G_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), concentração de carbono interno (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), DPV (Deficit de pressão de vapor KPa), temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$).

A partir dos dados obtidos dessas variáveis, calculou-se a eficiência instantânea do uso de água ($EUA, A/E$) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$], e eficiência instantânea de carboxilação ($EiC, A/C_i$) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$] (MACHADO et al., 2005; MELO et al., 2009; BRITO et al., 2012).

Além disso foram analisadas parte anatômica como a densidade estomática (mm^2), densidade de tricomas (mm^2), espessura da epiderme (adaxial e abaxial μmm).



Figura 6 Utilização do IRGA para trocas gasosas: de plantas de *Psychotria colorata* sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.

2. 5 Análise histológica

Para o estudo anatômico foram coletadas folhas maduras (10 folhas por tratamento) completamente expandidas do quarto nó de ramos do terço superior das plantas, fixadas em F.A.A.₇₀, por 72 horas e após esse período, conservadas em etanol 70% para posteriores análises no Laboratório de Ecologia e Reprodução Vegetal, do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. Foram realizadas secções transversais em três regiões da folha, denominadas de apical, mediana e basal.

Os cortes anatômicos foram efetuados a mão livre com um auxílio de lâminas cortante posteriormente, sucedeu-se a clarificação em solução de hipoclorito de sódio 20% (v/v do produto comercial), por um período de cinco minutos, após esse período lavagens por três minutos em água destilada.

Para quantificar o número de estômatos e tricomas, foi realizada também com auxílio de projeção em campo de dimensão conhecida, onde os tricomas projetados foram contados, técnica esta adaptada de Labouriau et al. (1961), que a utilizaram para contagem de estômatos, evitando-se a região da nervura central e das margens da folha.

2. 6 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise multivariada por meio da análise de componentes principais (ACP), para verificar associações entre o grupo I [(A/T, A/Cond, Vpdl, Tfoliar-Tar,) e grupo II (A/Ci, A, Uar, Cond, Transp. Ci).

Para a análise das diferenças entre as variáveis ecofisiológicas ao longo dos meses, foi utilizada a análise de variância, e posteriormente o teste de Tukey para comparação das médias. A análise estatística foi realizada utilizando o software S[®] (Cody, 2015).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de componentes principais (ACP) realizada para os atributos ecofisiológicos de *P. colorata*, concentrou 75% da variabilidade total dos dados nos dois primeiros eixos, com 56% (eixo 1) e 19,01% (eixo 2) (Figura 7). No eixo 1 (eixo principal), os autovetores de temperatura foliar-Tar, eficiência do uso da água (EUA) e eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) estão agrupados na posição mais extrema à direita com valores positivos, enquanto que carbono interno (Ci), transpiração (T), condutância estomática (Gs) estão agrupados na posição mais extrema à esquerda com valores negativos, demonstrando, dessa forma, a distinção entre essas variáveis ambientais e as demais variáveis ecofisiológicas.

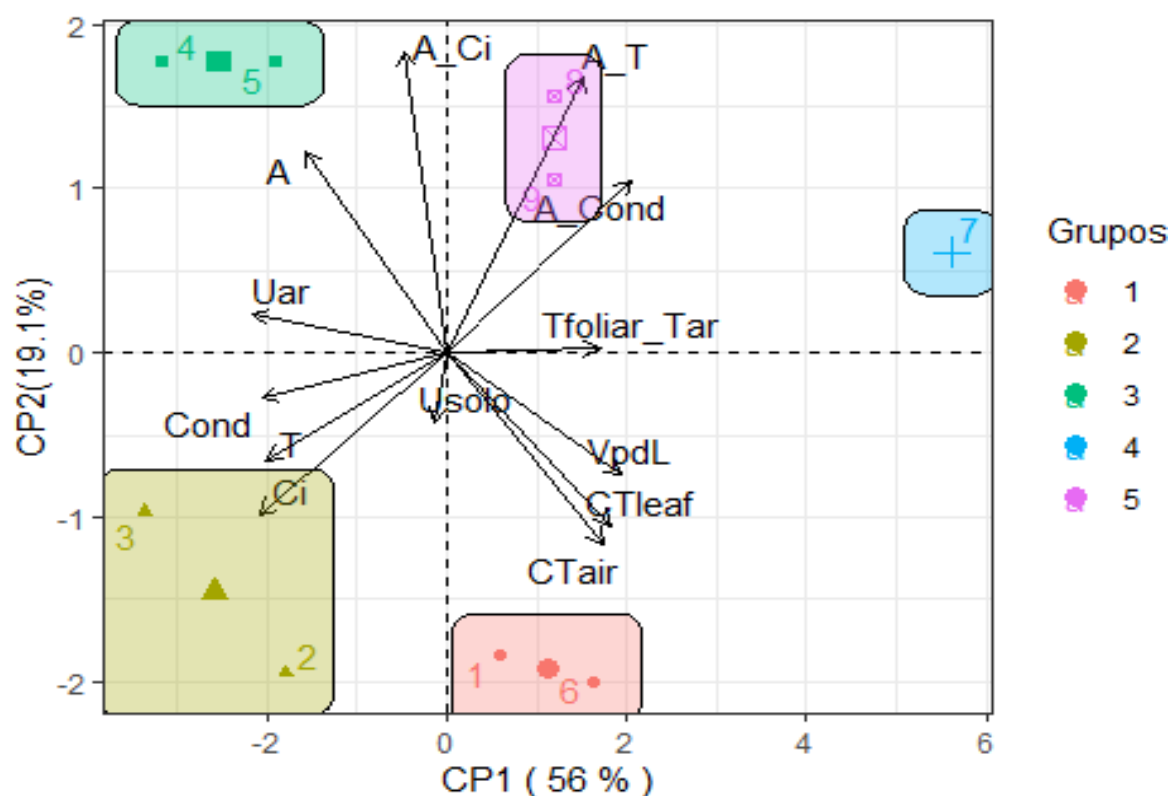


Figura 7 Análise de Componentes Principais (PCA1 e PCA2) entre as variáveis Ambientais e fisiológicas em indivíduos de *Psychotria colorata*.

3.1 Parâmetros ecofisiológicos

Dentre as variáveis analisadas, apresentaram diferenças significativas ($p < 0,01$), evidenciando que para as variáveis de trocas gasosas, foram influenciadas pelos fatores ambientais (precipitação e umidade do solo).

Os maiores valores da taxa de fotossíntese foram encontrados nos meses de baixa precipitação (Figura 6), ($4,04 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no mês de agosto e menor taxa fotossintética ($1,12 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no mês de abril), não sendo detectadas variações significativas entre os meses de

janeiro e fevereiro (Figura 8). Considerando que durante os meses mais secos o dossel da vegetação encontrada na REMPF evidencia a caducifolia em muitas espécies arbóreas, o que gera uma maior abertura de dossel (*gap fraction*), e por consequência aumentando o fluxo radiativo para a camada de sub-bosque. Provavelmente, os resultados de *P. colorata*, aproveita essa maior incidência de radiação luminosa, de forma a manter a fotossíntese necessária para o crescimento e desenvolvimento.

As espécies vegetais ao longo da sua evolução tiveram várias respostas de aclimação para enfrentar o estresse causado pela seca. O estresse hídrico do solo induz várias adaptações morfo-fisiológicas e bioquímicas que, subsequentemente, inibem o crescimento, diminuem a fotossíntese, reduzem a condutância e a transpiração estomáticas (CORNIC, 2000; REDDY et al. 2004; WIJEWARDANA et al. 2017).

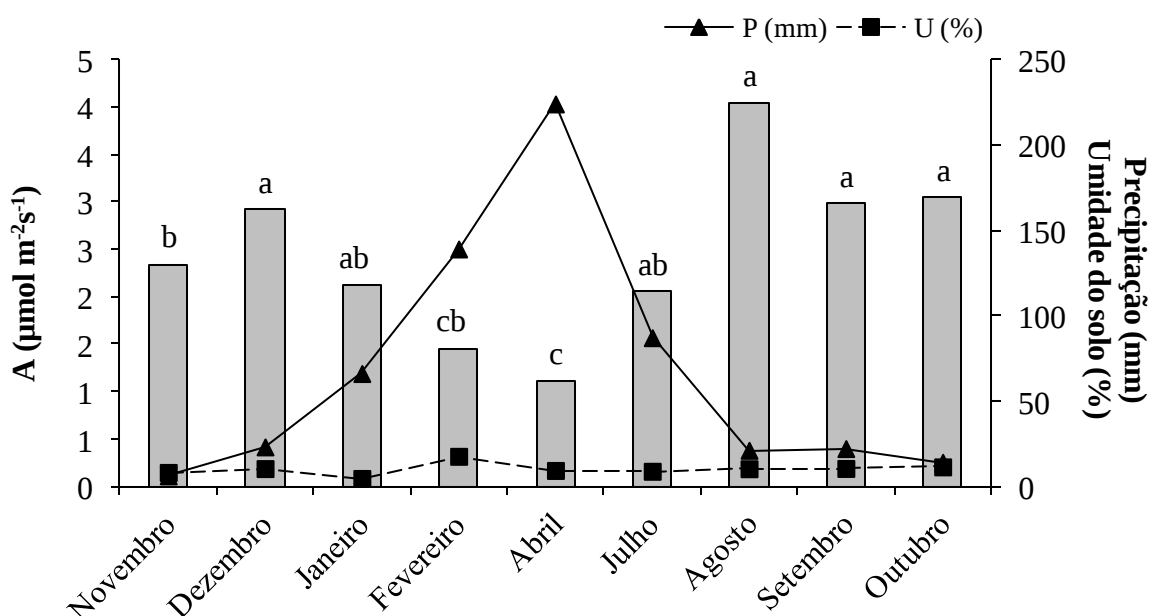


Figura 8 Valores médios da Fotossíntese (A) de plantas de *Psychotria colorata* sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.

Foram observadas variações nas taxas de transpiração (E) ao longo dos meses avaliados, entre 3,787 mmol m⁻² s⁻¹ (fevereiro) à 0,673 mmol m⁻² s⁻¹ (novembro) (Figura 9). A redução da transpiração ocorrem nos meses com menor disponibilidade de água, o que pode ser explicado em decorrência do fechamento parcial dos estômatos, como sendo uma resposta da planta a redução hídrica disponível e maior radiação solar (ALVES et al., 2017), que é uma das primeiras respostas da planta à redução da disponibilidade de água. De acordo com Larcher (2006), em condições normais, a taxa de transpiração nas folhas é determinada especialmente pela radiação, déficit de saturação e pela condutância estomática. Esses

resultados estão de acordo com os obtidos por Ribeiro et al. (2018), estudando *Erythroxylum simonis* em que a transpiração (E) foi 73% maior na estação chuvosa do que na estação seca.

Analisando o conjunto, observa-se que a condutância e a transpiração estomáticas diminuíram no período de menor incidência de precipitação, indicando umas das primeiras respostas das plantas à seca é o fechamento estomático, restringindo as trocas gasosas entre a atmosfera e o interior da folha. Que pode ser visto como uma resposta positiva da planta para a manutenção de água (TAIZ; ZEIGER, 2017). Por outro lado, a variação sazonal nas trocas gasosas pode ser modulada por fatores edáficos, principalmente a disponibilidade de água no solo (CAMPELO et al., 2015), esse fato não ocorreu no presente estudo, onde a umidade do solo não apresentou variação ao período estudado.

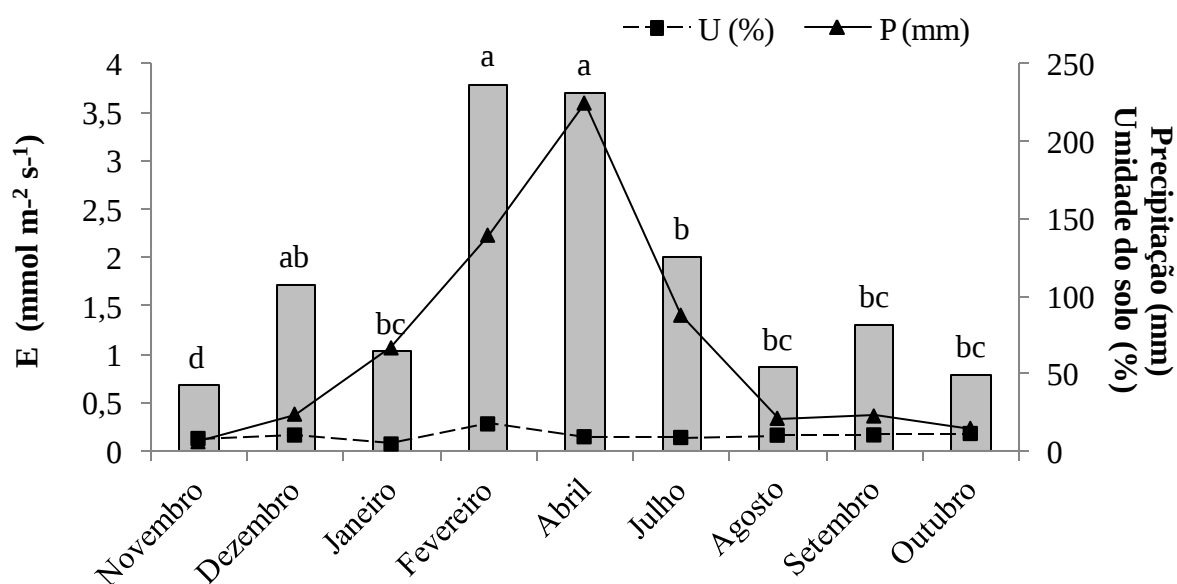


Figura 9 Valores médios da transpiração (E) de plantas de *Psychotria colorata* sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.

Quanto à condutância estomática (G_s), verificou-se variação ao longo do período de avaliação, em que no mês de abril resultou valor de $0,181 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Em seguida, decresceu ao longo dos meses avaliados, acompanhando com a baixa precipitação. No mês de fevereiro a condutância estomática constatou padrão similar ao mês de junho, assim com baixos valores nos meses de novembro e outubro ($0,019$ e $0,007 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente) Figura 10. Esse resultado demonstra forte influência da disponibilidade de água do substrato, como também a temperatura, umidade relativa do ar e concentração interna de CO_2 , que são fatores que influenciam no comportamento da abertura estomático.

Comparando os resultados obtidos pelas trocas gasosas, especificamente, fechamento parcial dos estômatos, observado através da diminuição da condutância estomática e a queda

na taxa de transpiração, associado a uma maior taxa fotossintética, sugerem a ativação de mecanismos de adaptação de *P. colorata*, no intuito de diminuir as perdas de água, quando sob condição onde a baixa disponibilidade de água e manter o desenvolvimento vegetal.

Observando num conjunto, as variações da condutância estomática foram mais intensas quando comparadas com os dados da taxa de fotossíntese e transpiração. As respostas das plantas às mudanças nas condições de disponibilidade de água são altamente complexas e abrangem muitos aspectos, incluindo mudanças nos processos bioquímicos e fisiológicos (GALEANO et al.; 2019). Nossos resultados estão de acordo com o estudo realizado por Coelho 2019, em que observou que *Palicourea racemosa* (Aubl.) obteve menores valores de condutância estomática (G_s) foi menor nos meses com menor disponibilidade hídrica (COELHO, 2019). Entretanto, a variação sazonal nas trocas gasosas é observada também em espécies florestais, segundo Rodrigues et al. (2011) ao investigarem o efeito da sazonalidade climática em *Jatropha curcas* nas condições do semiárido, constataram decréscimo da G_s nas épocas de menor precipitação pluviométrica, como outros fatores, tais como, a temperatura do ar, radiação fotossinteticamente ativa e déficit de pressão de vapor do ar.

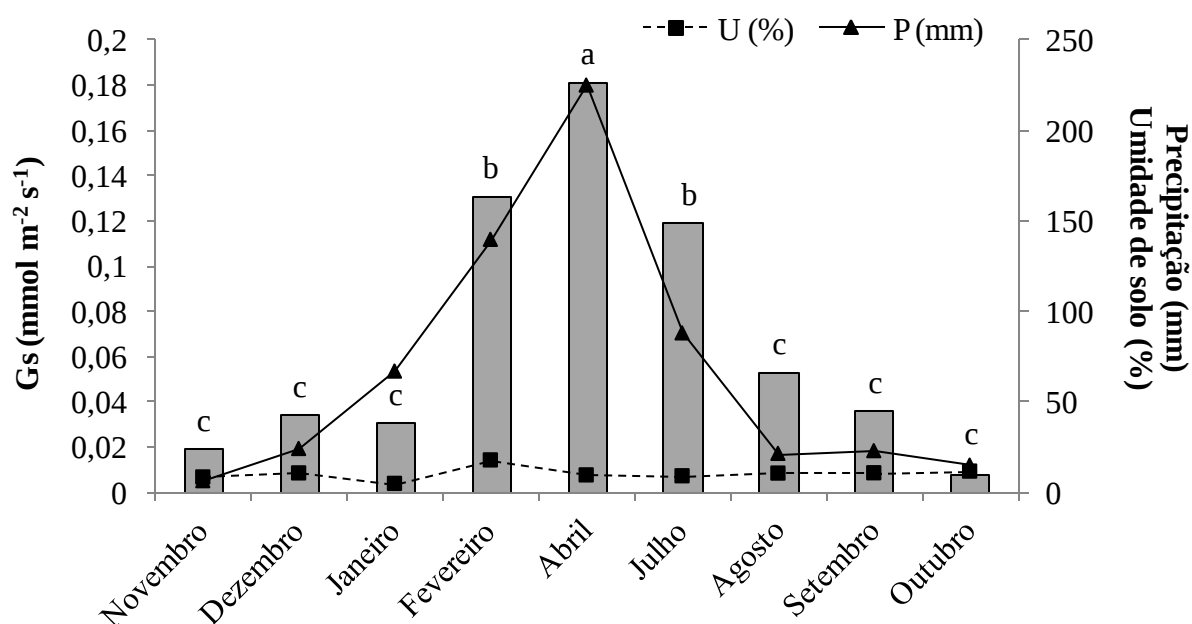


Figura 10 Valores médios da Condutância estomática (G_s) de plantas de *Psychotria colorata* sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.

Os resultados da diferença entre a temperatura do ar (°C), em todo o período experimental, evidenciaram diferenças significativas ($p < 0,001$) atingindo pico de até

aumento da temperatura 33 °C e 32 °C nos meses de setembro e outubro respectivamente (Figura 11). As condições microclimáticas do sub-bosque, nas espécies do estrato inferior, ao passo que o dossel fechado favorece uma menor incidência de radiação solar da área. As variáveis ambientais exercem um papel importante nos processos de fotossíntese, transpiração, respiração, condutância estomática (LÜTTGE, 2008; SANTOS et al., 2012; FARIAS et al., 2012). A temperatura do ar, tem um papel importante na fisiologia da planta. Quando a temperatura excede valores críticos, cujos valores dependem de cada espécie, as estruturas e as funções celulares podem ser danificadas, provocando a destruição do cloroplasto (LARCHER, 2000). Altas temperaturas podem levar ao fechamento dos estômatos, ao provocar aumentos na concentração de CO₂ na câmara subestomática, seja por aumento na respiração ou pela redução na atividade fotossintética (SALISBURY; ROSS, 1992).

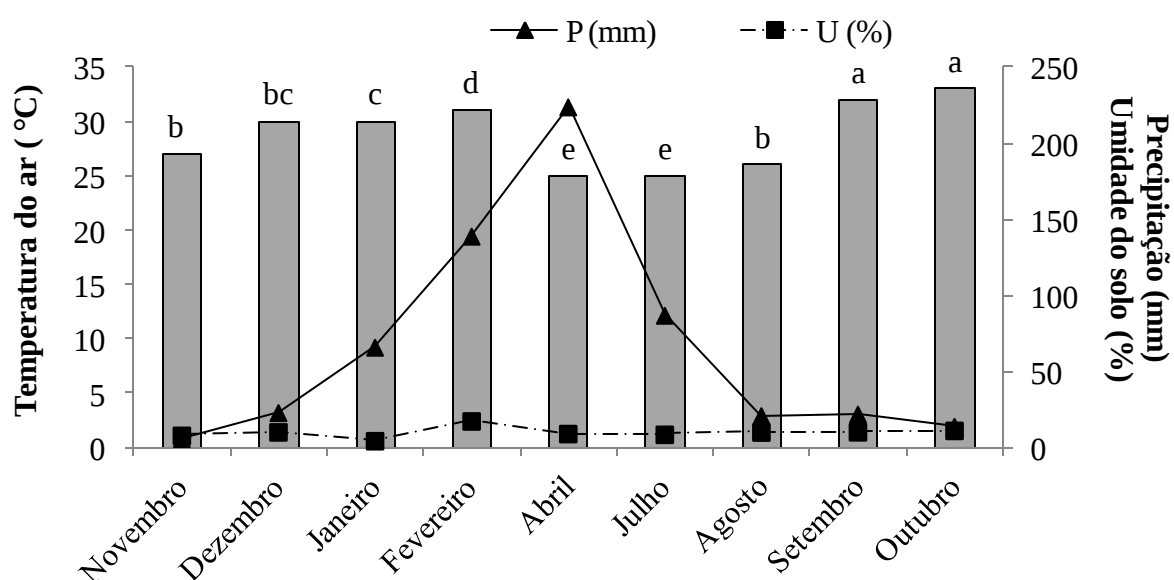


Figura 11 Valores médios da temperatura do ar (°C) de plantas de *Psychotria colorata* sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.

A concentração de carbono interno (Ci) diminuiu no mês (outubro) com menor quantidade de água disponível, cujos valores variaram entre 371,85 e 144,84 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ (Figura 12), evidenciando que a disponibilidade de água proporcionou uma concentração interna maior de carbono e, sendo assim, a disponibilidade de água se torna um fator limitante para este fator fisiológico, nas plantas de *P. colorata*. Observado também na condutância estomática, que diminuiu com a baixa disponibilidade de água. O comportamento estomático

da folha é tipicamente regulado para minimizar a perda de água ou maximizar o ganho de carbono, dependendo do estado da água da planta e da taxa fotossintética.

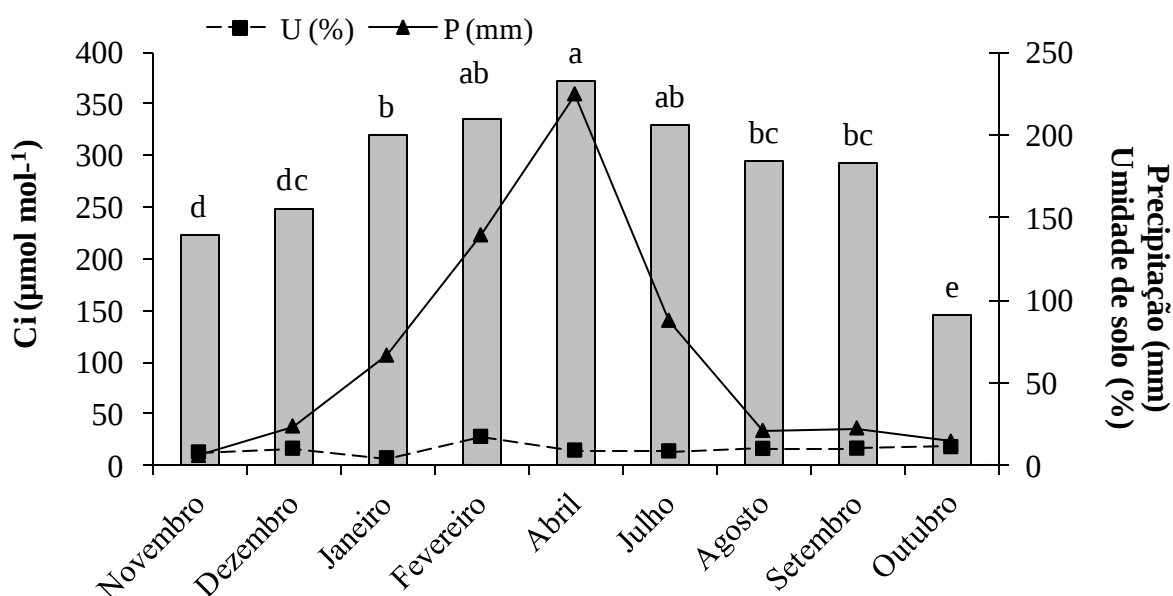


Figura 12 Valores médios de Carbono interno (Ci) de plantas de *Psychotria colorata* sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.

Na Figura 13 encontram-se os dados referentes ao déficit de pressão de vapor da folha (DPV), que aumentou gradativamente ($p < 0,01$) enfatizando as diferenças sazonais verificadas nas variáveis analisadas neste estudo. A maior variabilidade ocorreu no período chuvoso (fevereiro, abril e julho), com médias de 2,11 kPa, 1,72 kPa e 1,65 kPa. Esses resultados indicam que nos períodos de chuvas é normal a atmosfera estar frequentemente com elevado teor de umidade, reduzindo excessivamente o DPV. No entanto, esse fato não ocorreu com tanta frequência no período seco (setembro e outubro), quando os déficits de pressão de vapor mais críticas, obtidos ficaram entre $3,87 < \text{DPV} < 3,57$ kPa respectivamente, com umidade relativa do ar em média de 62 e 45%.

Porém, quando a temperatura e o DPV excedem um ponto máximo, observa-se a diminuição na condutância estomática, com aumento no DPV. Assim, na ausência de restrição hídrica, a alta umidade do ar e o aumento da temperatura dentro de uma faixa moderada (23-28°C) levam a um aumento da condutância do mesófilo, atividade da Rubisco e do transporte de elétrons (WARREN, 2008).

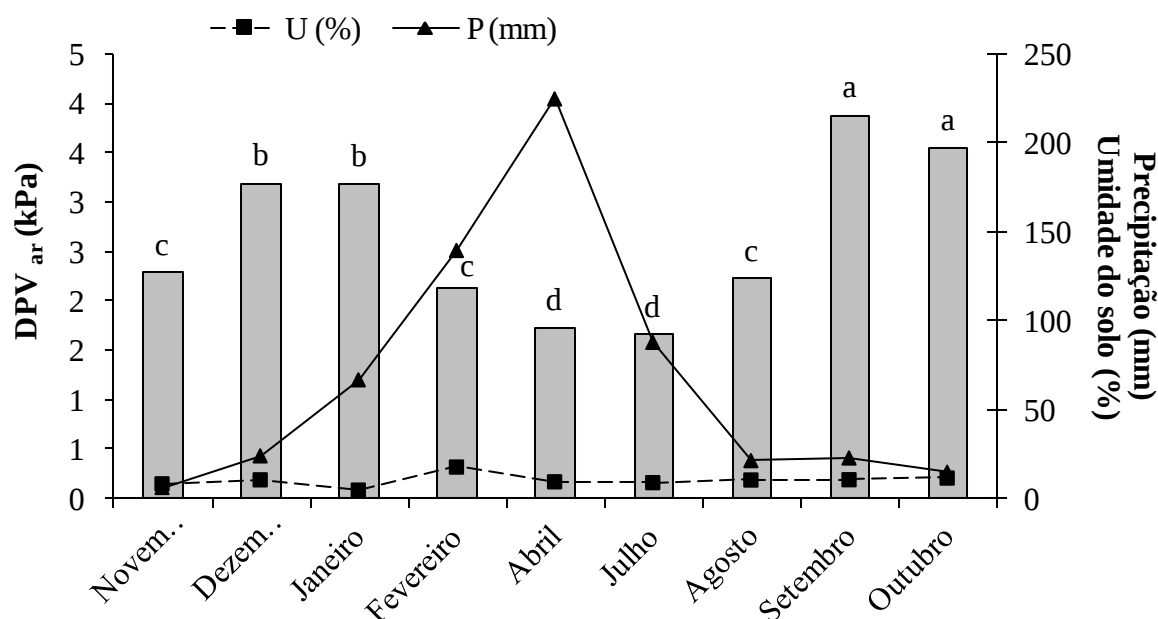


Figura 13 Valores médios de déficit de pressão de vapor do ar (DPV) de plantas de *Psychotria colorata* sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.

Como podemos observar na (Figura 14) estão representados graficamente os resultados da temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$) entre os meses avaliados, evidenciaram diferenças significativas ($p < 0,01$). A temperatura mínima foi 24°C no mês de abril, enquanto a máxima foi de 34°C , no período de seca (outubro). Possivelmente a espécie em estudo, estava sobre estresse hídrico, que causa efeito em diversos processos fisiológicos vegetais. Em geral, esta condição aumenta a resistência difusiva foliar ao vapor de água pelo fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de CO_2 para a fotossíntese.

As conseqüências das restrições hídricas promovem alterações na condutância estomática, a evaporação e, conseqüentemente, a capacidade de resfriamento da planta, esse fato não ocorreu na *P. colorata*. Entretanto, em respostas ao longo prazo da fotossíntese às mudanças de temperatura podem causar uma mudança na temperatura ideal das folhas, o que estimula a fotossíntese na nova temperatura de crescimento ou altera a forma da curva de fotossíntese-temperatura sem alterar a temperatura ideal (YAMORI et al., 2014).

Sendo assim, quando a temperatura aumenta, normalmente ocorre diminuição na umidade do ar, assumindo que a concentração absoluta de vapor de água permanece constante no sub-bosque da floresta. Em *P. colorata* observou-se um aumento significativo na

temperatura da folha onde os valores máximos e mínimos, observados ao longo dos meses avaliados (abril e outubro), foram respectivamente, 24 e 34 °C.

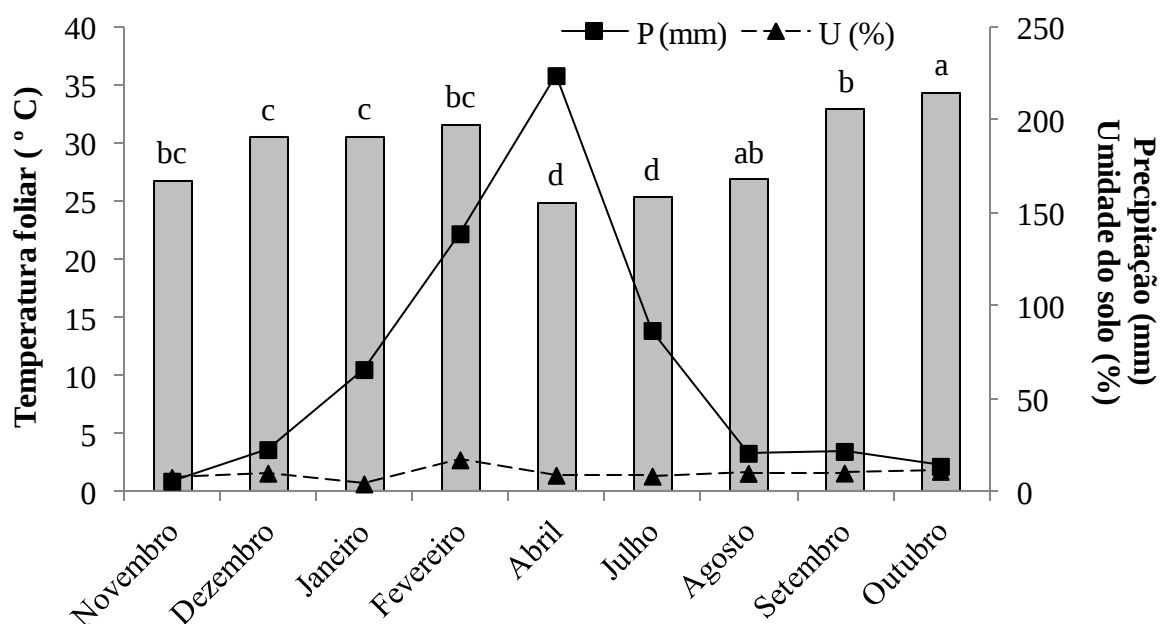


Figura 14 Valores médios de temperatura foliar (°C) de plantas de *Psychotria colorata* sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.

Eficiência do uso da água (EUA) constatou diferença significativamente estatisticamente ($p < 0,001$), entre os diferentes meses de estudo, observando os maiores valores de 3,670 e 3,787 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ (fevereiro e abril) não diferindo estatisticamente no mês de janeiro, que teve média de 2,002 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ registrado na estação com maior disponibilidade de água, e menor média de 0,670 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) registrada no início da estação seca no mês de novembro (Figura 15).

No entanto, em época chuvosa a maior quantidade de água está armazenada no solo (FENG; LIU, 2016), o que contribui para a manutenção da abertura estomática para a realização de trocas gasosas (BRUNSELL et al., 2014), indicando que *P. colorata* utilizou maior quantidade de CO_2 absorvida, em detrimento da menor perda de água.

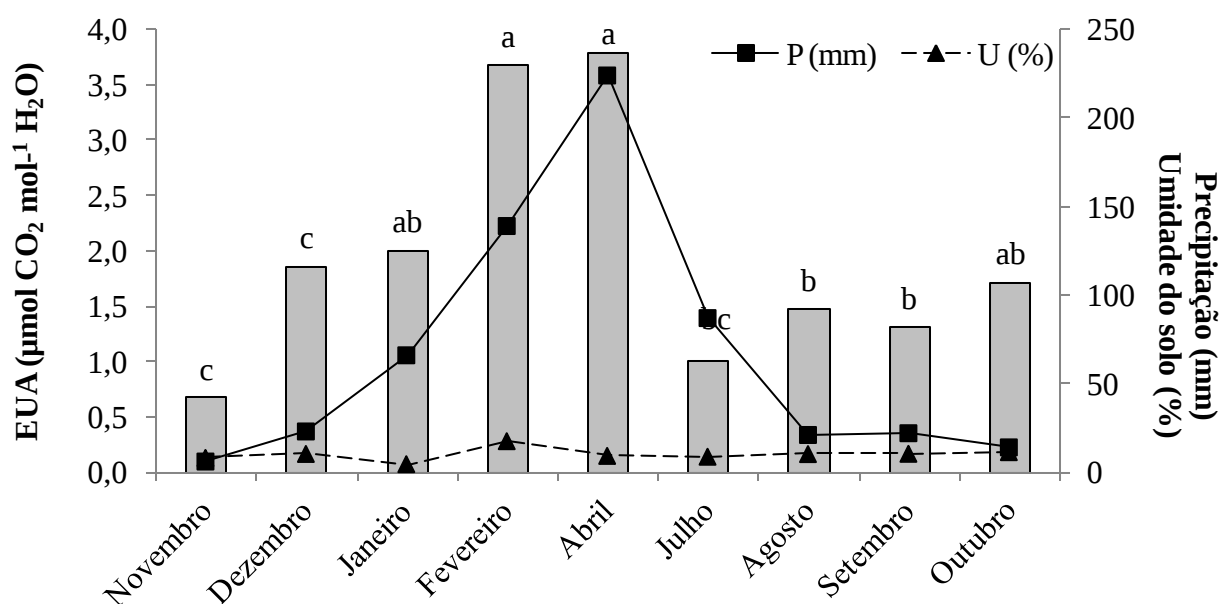


Figura 15 Valores médios de Eficiência do uso da água (EUA) de plantas de *Psychotria colorata* sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.

A sazonalidade pode ampliar o conhecimento sobre a relação entre o carbono e água, durante o crescimento da vegetação e a dinâmica do uso da água frente às diferentes pressões ambientais, como exemplo a seca prolongada (ZHU et al., 2014). Assim, a eficiência do uso de água é um importante índice que representa a relação entre os ciclos do carbono e da água (STEDUTO et al., 2007).

Entretanto, a eficiência no uso da água (EUA) permite definir como os estômatos estão sendo controlados durante o processo metabólico (MANALAVAN et al., 2009). Dessa forma, essas variáveis têm importância nas espécies vegetais, especialmente àquelas tolerantes à seca (TEZARA et al., 2008). Assim, plantas que têm maior eficiência no uso da água demonstram um fechamento parcial dos estômatos, de modo que a concentração intercelular de CO₂ (C_i) seja suficiente para a máxima taxa fotossintética, enquanto a perda de água pela transpiração é significativamente reduzida (LI et al., 2017).

Os resultados obtidos pode-se afirmar que houve diferenças significativas ($p < 0,01$) entre os meses sobre a eficiência instantânea de carboxilação (EiC), em que registraram-se no mês de agosto com 0,014 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)⁻¹ seguindo nos meses com baixa disponibilidade de água. A EiC depende de outros fatores, tais como a disponibilidade de CO₂, esse fato ocorreu na *P. colorata*, quantidade de luz, temperatura e da atividade enzimática para que haja fotossíntese (Figura 16).

Assim, a concentração interna de CO₂ associada com o aumento da condutância estomática pode determinar um aumento na eficiência da carboxilação instantânea (SILVA 2012; SILVA et al, 2015); entretanto, este fato não aconteceu no presente estudo, em que os valores da eficiência de carboxilação (EiC) foi superior com baixa precipitação. Para Machado et al. (2005), o ICE teve pouca semelhança com a concentração interna de CO₂ e a taxa de assimilação de dióxido de carbono.

Os resultados de Coelho (2019) evidenciaram que a eficiência instantânea de carboxilação (EiC) não diferiu diferenças significativamente ao longo dos meses para a espécie *Palicourea racemosa*. Ribeiro et al. (2018) obtiveram resultados semelhantes em relação à eficiência instantânea de carboxilação que não diferiu diferenças significativamente entre os diferentes meses do ano em *Erythroxylum simonis*.

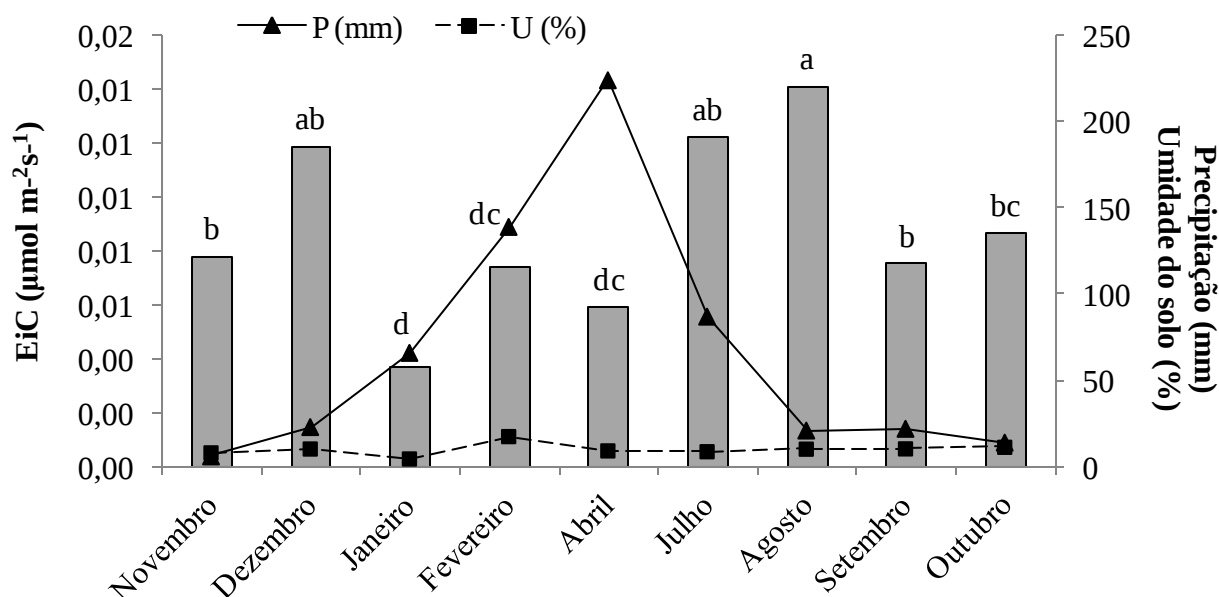


Figura 16 Valores médios de Eficiência instantânea de carboxilação (EiC), de plantas de *Psychotria colorata* sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.

3. 2 Parâmetro anatômico

As folhas de *P. colorata* são hipoestomáticas, ou seja, estômatos presentes só na face adaxial, sendo estes do tipo paracítico (Figuras 18A) com duas células subsidiárias e tricomas glandular (Figura 18B). A predominância de folhas hipoestomáticas entre plantas sugere que pode ser uma estratégia para restringir a perda de água por evapotranspiração. Esses resultados estão de acordo com Metcalfe; Chalk. et al, 1979; Moraes et al, 2011a; Zini et al,

2016), que relataram que folhas da família Rubiaceae, são caracterizadas por folhas hipoestomáticas com estômatos paracíticos.

Variações na estrutura das plantas como resposta funcional às pressões ambientais são particularmente mais expressivas na morfologia e anatomia foliar (aumento da intensidade luminosa, aumento da densidade estomática) (CAO, 2000; CABRAL et al., 2018). Os estômatos são estruturas microscópicas que consistem em um par de células especializadas que circundam um poro central.

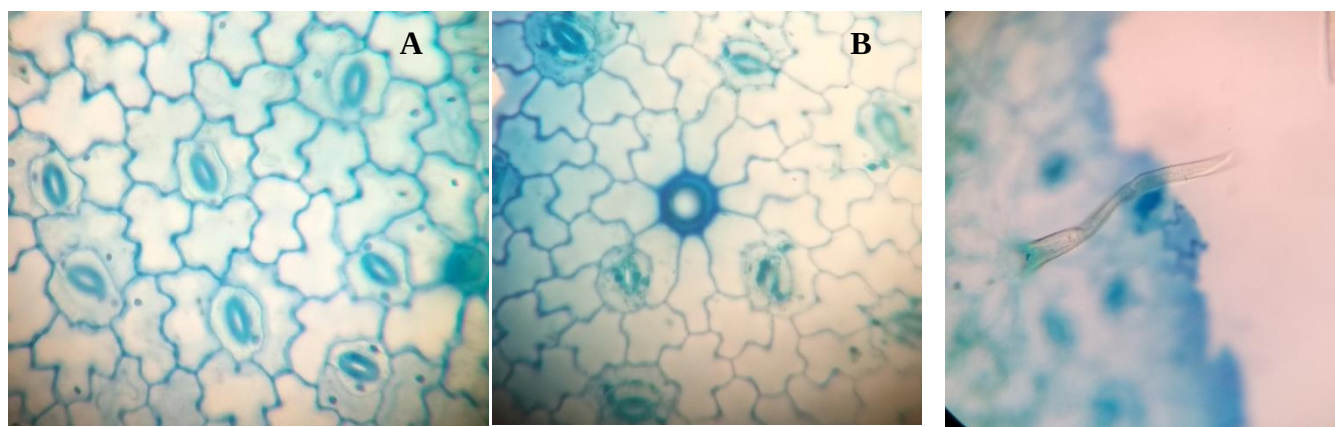


Figura 17 Estômato paracítico (a) e tricoma glandular (b) em folhas de *P. colorata*.

Os maiores números de estômatos por área (mm^2) na face basal foram observados nos meses de agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro e janeiro, nas quais ocorreu uma baixa precipitação. Na fase mediana das folhas a densidade estomática seguiu a mesma tendência, foram superiores nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro (média 110 estômatos mm^{-2} , 143 estômatos mm^{-2} , 97 estômatos mm^{-2} , 101 estômatos mm^{-2} , respectivamente). Em relação à medição apical das folhas, foi similar nas fases basal e mediana, constatando que os meses com baixa precipitação resultaram aumento no número de estômatos, com 85 mm^2 no mês de outubro (Figura 18).

Assim, os estômatos desempenham um papel fundamental na regulação do uso da água nas plantas. Entretanto, estudo microscópico das folhas de *P. colorata* foi desenvolvido com a finalidade de constatar possíveis alterações na densidade estomática, visto que a condutância estomática indica mudanças nas trocas gasosas provavelmente afetadas pelos fatores ambientais.

Consequentemente, mudanças no número de estômatos, são características importantes à resposta da planta com adaptações ao estresse (SHABALA et al., 2012) os estômatos são importantes em estudos anatômicos, pois o aumento da frequência estomática em folhas expostas a alta irradiância pode ser um importante mecanismo adaptativo em ambientes mais secos (ABRAMS et. al., 1994).

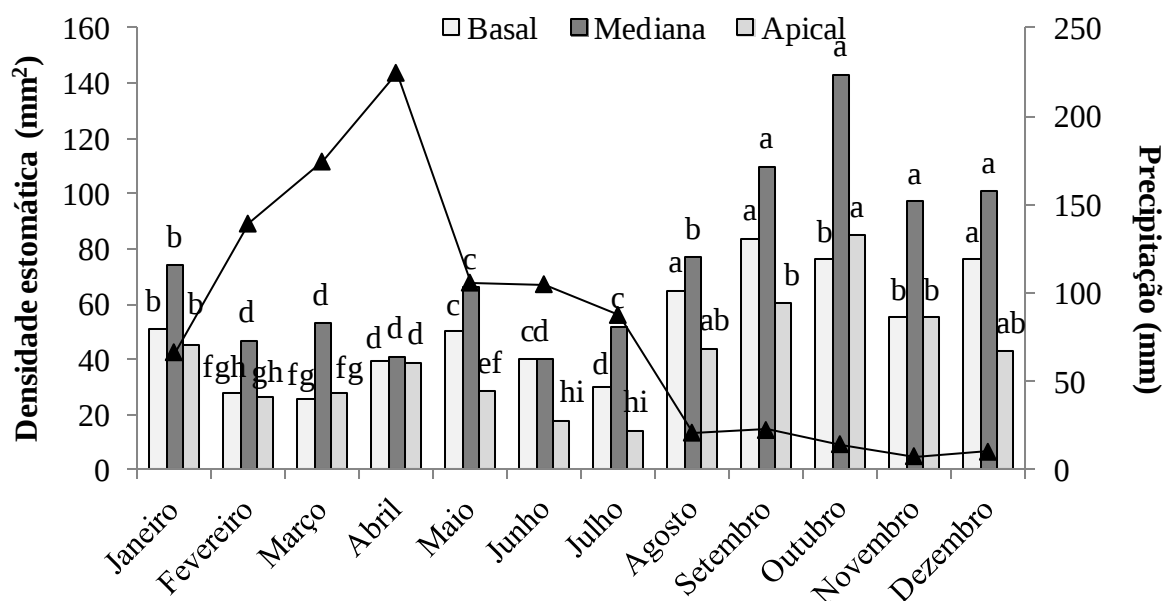


Figura 18 Densidade estomática, basal, mediana e apical (mm²) de folhas de *Psychotria colorata* sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.

Proavelmente o que tenha ocorrido na *P. colorata*, foi a maior densidade estomática que permitiu uma abertura estomática em um espaço de tempo menor, permitindo uma captação adequada de CO₂ e reduzindo o tempo em que esses estômatos ficam abertos, diminuindo, conseqüentemente a transpiração, permitindo uma melhor adaptação às condições de pouca disponibilidade de água (VIALET-CHABRAND; LAWSON, 2019).

O fluxo de CO₂ e água para o mesofilo da planta são altamente coordenados, permitindo que as plantas equilibrem a necessidade de carbono com a perda de água (HAWORTH et al., 2016; SORRENTINO et al., 2016). Esses resultados estão de acordo com Castro et al. (2009); Cutler et al. (2011), que relataram que o aumento da densidade estomática por área, pode ser um mecanismo de adaptação das plantas às condições de baixa disponibilidade hídrica no solo devido à redução da expansão celular, a menor distância entre os mesmos influencia na transpiração, devido à formação de arcos transpiratórios, mais próximos entre si, o que detém maior umidade na área estomática.

Quando a água é abundante no solo ou no ar, o turgor da célula de proteção aumenta, levando a aumentos na abertura dos poros estomáticos a condutância estomática (Gs) e a fotossíntese (A), que também tem aumentando frequentemente. Isso quer dizer, que quando a água se torna limitante, os sinais aparecem, tais como redução na condutividade hidráulica, fazendo com que a pressão de turgescência da célula guarda diminua o que resultaria na

diminuição na abertura estomática (SCHROEDER et al., 2001; MUSTILLI, 2002; TOMBESI et al., 2015; BARTLETT et al., 2016; MCADAM et al., 2016).

Vale resaltar que os estômatos não são as únicas estruturas na epiderme para evitar a perda de água - tricomas, cutículas e ceras cuticulares também são importantes (ICHIE et al., 2016; BI et al., 2017; ZEISLER -DIEHL et al., 2018). Assim, indicando que tanto o excesso quanto a deficiência no fluxo de radiação podem promover redução na densidade dessa estrutura epidérmica. A densidade, distribuição e tamanho estomático são características específicas da espécie que podem mudar em resposta às condições ambientais (CAMARGO; MARENCO, 2011, MARENCO et al., 2014).

Com relação à densidade de tricomas glandulares (Figura 19), foi observada diferenças nos meses de fevereiro, março e abril, com média de 24,27 e 27 mm². A densidade de tricomas pode reduzir a temperatura pela reflexão luminosa, e a transpiração pela formação de um microclima mais úmido na camada limítrofe da folha (BOEGER et al., 2009), que não foi o caso da espécie em estudo. Entretanto, o desenvolvimento de novos tricomas em órgãos em formação continua enquanto houver porções de protoderme, sendo sua produção cessada em áreas já diferenciadas da epiderme (EVERT, 2006).

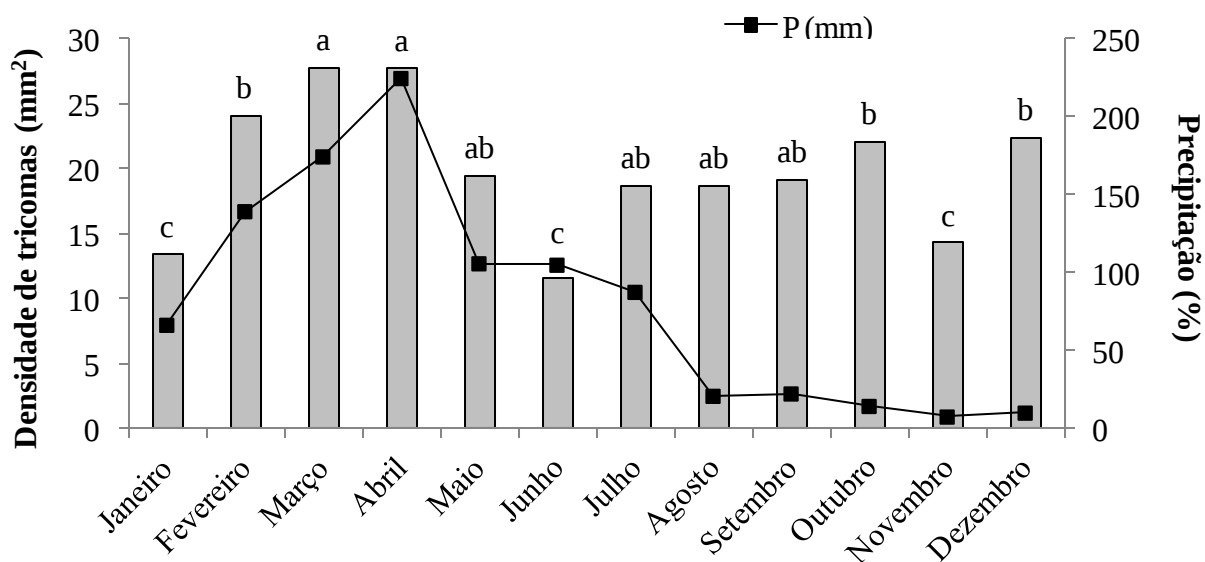


Figura 19 Densidade de tricomas (mm²) de folhas de *Psychotria colorata* sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.

Existem diversos fatores bióticos e abióticos que podem levar a variações na distribuição e densidade de tricomas. Estudos demonstram que a herbivoria, temperatura, luminosidade, disponibilidade hídrica e sazonalidade são fatores exógenos capazes de

influenciar a formação dessas glândulas em diferentes espécies (SANTOS, 2004; VILJOEN et al., 2005; ARGYROPOULOU et al., 2007; GONZÁLES et al., 2008; MARTINEZ-NATARÉN et al., 2011).

A espessura da epiderme da face adaxial das folhas modificaram nos meses de março e abril, quando verificou-se valor de baixa precipitação, que possivelmente encontrava-se no período da seca, com alta radiação (Figura 20), a redução da espessura deu-se nos meses com menor disponibilidade de água. Na face adaxial das folhas, a uma maior incidência de radiação solar, por isso é mais suscetível à luminosidade, e tão facilmente observadas como acontece em comparação na face adaxial. Sendo assim, o aumento da espessura da epiderme foliar é um destes mecanismos de proteção por reduzir a penetração da radiação.

Em relação, a espessura na face abaxial das folhas de *Psychotria colorata*, seguiu a mesma tendência da espessura adaxial, onde foram analisadas no período com menor disponibilidade de água, estavam mais espessas do que as folhas analisadas no período chuvoso.

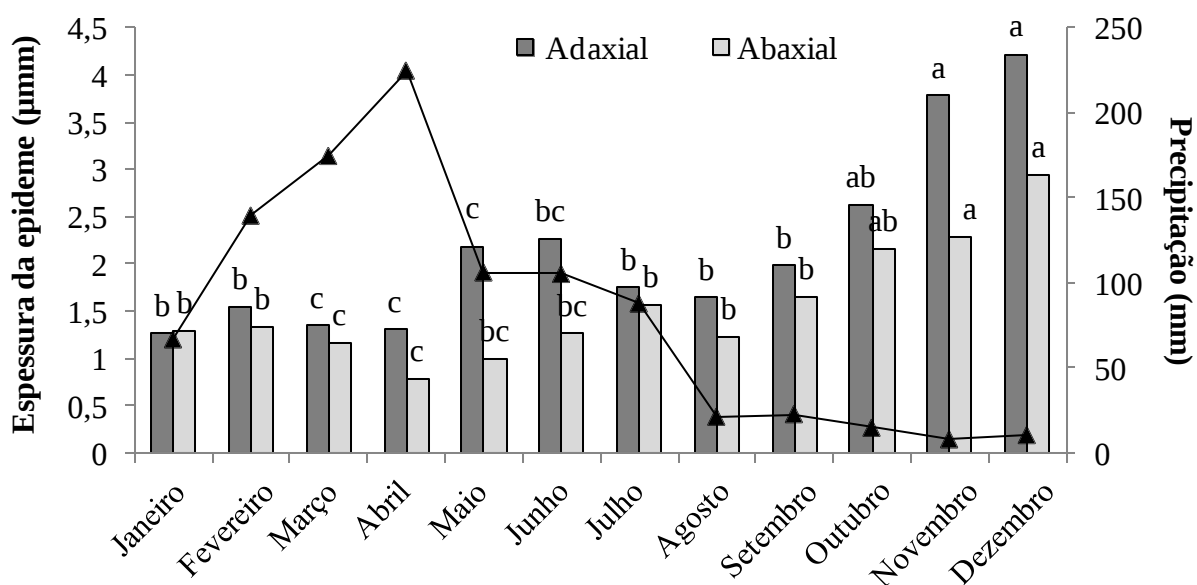


Figura 20 Espessura adaxial e abaxial (μmm) de folhas de *Psychotria colorata* sob condições de sub-bosque na Reserva Ecológica Mata do Pau-ferro, município de Areia, PB.

Esses resultados estão de acordo com Taiz; Zeiger, (2017) quando observaram que as folhas que se desenvolvem em pleno sol tendem a ser mais espessas que as folhas de sombra e essas modificações ocorrem de maneira irreversível já no surgimento do primórdio foliar, em que a divisão celular e consequentemente, o crescimento podem ser afetados tanto pela quantidade, quanto pela qualidade da luz. Entretanto, a espessura do mesófilo, ou o número de

camadas celulares do mesófilo, maior a eficiência da fotossíntese, a exposição a elevadas densidades de fluxo de fótons fotossintéticos pode levar a danos por fotoinibição e fotoxidação do aparato fotossintético (ARAÚJO et al., 2009). Dessa forma, as folhas de *P. colorata* apresentam-se mais adaptadas a condições de sazonalidade, podendo refletir em suas condições anatômicas e fisiológicas.

4 CONCLUSÃO

A sazonalidade influencia a ecofisiologia e anatomia de *Psychotria colorata*, nos meses de alta precipitação interfere na transpiração, condutância estomática e carbono interno.

O comportamento da espécie *P. colorata* nos diferentes meses, apresentou respostas fisiológicas distintas, com maiores taxas fotossintéticas, densidade estomática, e espessura da epiderme adaxial mais espessa.

REFERÊNCIAS

- ABRAMS, M. D.; KUBISKE, M. E.; MOSTOLLER, S. A. Relating wet and dry year ecophysiology to leaf structure in contrasting temperate tree species. **Ecology**, v. 75, n. 1, p. 123-133, 1994.
- ALVES, M. M.; ALBUQUERQUE, M. B.; PEREIRA, W. E.; ARAÚJO LUCENA, M. D. F.; SILVA AZEVEDO, J. P. Morpho-physiological analyses of *Allamanda blanchetii* A. DC. seedlings under water deficit. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 5, p. 1134-1143, 2017.
- ARGYROPOULOU, C.; DAFERERA, D.; TARANTILIS, P. A.; FASSES, C.; POLISSIOU, M. (2007). Chemical composition of the essential oil from leaves of *Lippia citriodora* H. B. K. (Verbenaceae) at two developmental stages. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 35, 831-837.
- ARAÚJO, L. L. N.; MELO H. C.; CASTIGLIONI, G. L.; GONÇALVES, L. A. Intensidade de radiação influenciando características morfofisiológicas em folhas de *Tetradenia riparia* (Hochst.) Codd. **Iheringia Série Botânica**, v. 74, p. 74, 2019.
- ARAÚJO, A. G.; MIYATA, M. P. L. Y.; CASTRO, E. M.; ROCHA, H. S. Qualidade de luz na biometria e anatomia foliar de plântulas de *Cattleya loddigesii* L. (Orchidaceae) micropropagadas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2506-2511, 2009.

- BARTLETT, M. K.; KLEIN, T.; JANSEN, S.; CHOAT, B.; SACK, L. The correlations and sequence of plant stomatal, hydraulic, and wilting responses to drought. **Proceeding of the National of Science of United States of America**, v. 113, n. 46, p. 13098-13103, 2016.
- BARBOSA, M. R. V.; AGRA, M. F.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CUNHA, J. P.; ANDRADE, L. A. Diversidade florística da Mata do Pau-Ferro, Areia, Paraíba. In: PÔRTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (Ed.). **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba**: história natural, ecologia e conservação. Brasília-DF, Ministério do Meio Ambiente- MMA, Série Biodiversidade 9, 2004, p.111-122.
- BOEGER, M. R. T.; ESPÍNDOLA JÚNIOR, A.; MACCARI JÚNIOR, A.; REISSMANN, C. B.; ALVES, ANA C. A.; RICKLI, F. L. Variação estrutural foliar de espécies medicinais em consórcio com erva-mate, sob diferentes intensidades luminosas. **Floresta**, v. 39, n. 1, p. 215-225, 2009.
- BRITO, M. E. B.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; MELO, A. S. Comportamento fisiológico de combinações copa / porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 857-865. 2012.
- BRUNSELL, N. A. NIPPERT, J. B. BUCK, T. L. Impacts of seasonality and surface heterogeneity on water-use efficiency in mesic grasslands. **Ecohydrology**, v.7, n. 4, p. 1223–1233, 2014.
- CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal**: estrutura e função de órgãos vegetativos. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.
- CABRAL, R. D. C.; MELO JUNIOR, J. C. F. D.; MATILDE-SILVA, M.. Foliar morphoanatomical plasticity of *Smilax campestris* (Smilacaceae) in an environmental gradient of restinga, Santa Catarina State, Brazil. **Hoehnea**, v. 45, n. 2, p. 173-183, 2018.
- CAO, K. F.. Leaf anatomy and chlorophyll content of 12 woody species in contrasting light conditions in a Bornean heath forest. **Canadian Journal of Botany**, v. 78, n. 10, p. 1245-1253, 2000.
- CAMPELO, D. H.; LACERDA, C. F.; SOUSA, J. A.; CORREIA, D.; BEZERRA, A. M. E.; ARAÚJO, J. D. M.; NEVES, A. L. R. Trocas gasosas e eficiência do fotossistema II em

plantas adultas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo. **Revista Árvore**, v. 39, p. 973-983, 2015.

CAMARGO, M. A. B.; MARENCO, R. A. Density, size and distribution of stomata in 35 rainforest tree species in Central Amazonia. **Acta Amazonica**, v. 41, n. 2, p. 205-212, 2011.

CARDOSO, D. B. O. S.; FRANÇA, F.; NOVAIS, J. S.; FERREIRA, M. H. S.; SANTOS, R. M.; CARNEIRO, V. M. S.; GONÇALVES, J. M. Composição florística e análise fitogeográfica de uma floresta semidecídua na Bahia, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 4, p. 1055-1076, 2009.

CUTLER, D. F.; BOTHA, T.; STEVENSON, D. W. **Anatomia Vegetal**: uma abordagem aplicada. Artmed; 2011. 304p,

EVERT, R. F. Esau's **Plant Anatomy**. 3ed. Wiley-Interscience, new Jersey, 2006.

COÊLHO, E. S. Aspectos ecofisiológicos de *Palicourea racemosa* (Aubl.) Borhidi em função da sazonalidade, 2019. 32 f. Monografia (Graduação em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2019.

CODY R. **An introduction to SAS® university edition**. Cary: SAS Institute, 2015. 49p.

CORNIC, G. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture-not by affecting ATP synthesis. **Trends Plant Science**, v. 5, p. 187-188, 2000.

FARIAS, L. N.; SILVA, N. M.; DOMINGOS, S. B.; CÂNDIDO, A. K. A. A.; PIETRO-SOUZA, W. Parâmetros microclimáticos e atributos químicos e físicos do solo em área de preservação permanente situada na cabeceira do rio São Lourenço, Campo Verde – MT. **Engenharia Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 83-99, 2012.

FENG, J.; LIU, H. Response of evapotranspiration and CO₂ fluxes to discrete precipitation pulses over degraded grassland and cultivated corn surfaces in a semiarid area of Northeastern China. **Journal of Arid Environments**, v. 127, n. 4, p. 137-147, 2016.

FEELY, R. A.; SABINE, C. L.; LEE K.; BERELSON W.; KLEYPAS J, FABRY, V. J.; MILLERO, F. J. Impact of anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ system in the oceans. **Science**, v. 305, p. 362-66, 2004.

GALEANO, E.; VASCONCELOS, T. S.; OLIVEIRA P, N.; CARRER H Physiological and molecular responses to drought stress in teak (*Tectona grandis* L. f.). **PLoS ONE**, v. 14, n. 9, p. 2019.

GANDOLFI, S. **Uma teoria sobre o processo de restauração ecológica de florestas tropicais e subtropicais: proposta e aplicação**. 2017. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

GONZÁLES, W. L.; NEGRITTO, M. A.; SUÁREZ, L. H.; GIANOLI, E. Induction of glandular and non-glandular trichomes by damage in leaves of *Madia sativa* under contrasting water regimes. **Acta Oecologica**, v. 33, 128-132, 2008.

GILLIAM, F. S. The ecological significance of the herbaceous layer in temperate **Forest ecosystems**, v. 57, p. 845- 858, 2007.

HAWORTH, C. M. A.; S. N. K.; LAYOUS, K.; CARTER, K.; BAO, K. J.; LYUBOMIRSKY, S.; PLOMIN, R. Stability and Change in Genetic and Environmental Influences on Well-Being in Response to an Intervention. **PLoS ONE**. v. 11, n. 5, 2016.

HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; ALAM, MD. M.; ROYCHOWDHURY, R.; FUJITA, M. Physiological, Biochemical, and Molecular Mechanisms of Heat Stress Tolerance in Plants. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 14, p. 9643-9684, 2013.

IBGE. **Manual técnica da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE 2012, 272p.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGrawHill Book Co. Inc., 1940. 423p.

KANIESKI, MARIA, R.; GALVÃO F.; SANTOS T. L.; MILANI J. E. F.; BOTOSSO, P. C. Parâmetros climáticos e incremento diamétrico de espécies florestais em Floresta aluvial no Sul do Brasil, **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-11, 2017.

LABOURIAU, L. G.; OLIVEIRA, J. G.; SALGADO-LABOURIAU, M. L. Transpiração de *Schizolobium parahyba* (VELL.) TOLEDO: I. Comportamento na estação chuvosa, nas condições de Caeté, Minas Gerais, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 33, p. 237-257, 1961.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 531p.

- LÜTTGE, U. **Physiological ecology of tropical plants**. Berlin: Springer-Verlag, 2008. 458 p.
- MARTÍNEZ-NATARÉN, D. A.; PARRA-TABLA, V.; DZIB, G.; CALVO-IRBIÉN, L. M. Morphology and density of glandular trichomes in populations of Mexican oregano (*Lippia graveolens* H. B. K., Verbernaceae), and the relationship between trichome density and climate. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 138, n. 2, p. 134-144, 2011.
- MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1161- 1170 2005.
- MANAVALAN, L.P.; GUTTIKONDA, S.K.; TRAN, L.S.P.; NGUYEN, H.T. Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. **Plant e Cell Physiology**, v. 50, n. 7, p. 1260-1276; 2009.
- MCADAM, S. A. M.; SUSSMILCH, F. C.; BRODRIBB, T. J. Stomatal responses to vapour pressure deficit are regulated by high speed gene expression in angiosperms. **Plant, Cell & Environment**, v. 39, n. 3, p. 485-91, 2016.
- MELO, A. S.; SILVA JÚNIOR, C. D.; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 733-741, 2009.
- MELO H. C. CASTRO, E. M.; SOARES., A. M.; MELO, L. A.; ALVES, J. D. Alterações anatômicas e fisiológicas em *Setaria anceps* Stapf ex Massey e *Paspalum paniculatum* L. sob condições de déficit hídrico. **Hoehnea**, v. 34, n. 2, p. 145-153, 2007.
- METCALFE, C. R.; L. CHALK. Anatomy of the dicotyledons. vol i. Systematic anatomy of leaf and stem, with a brief history of the subject. **Anatomy of the dicotyledons. Vol I. Systematic anatomy of leaf and stem, with a brief history of the subject.**, n. Ed. 2, 1979.
- MORAES, T. M. S.; BARROS, C.F.; KAWASHIMA, C. G.; MIGUENS, F.C.; CUNHA, M.. Domatia and leaf blade structure of *Rudgea eugenioides* (Rubiaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 1, p. 25-32. 2011a.
- MUSTILLI, A. C. Arabidopsis OST1 protein kinase mediates the regulation of stomatal aperture by abscisic acid and acts upstream of reactive oxygen species production. **Plant Cell**, v. 14, p. 3089–3099, 2002.

- NERY, F. C.; ALVARENGA, A. A.; JUSTO, C. F.; CASTRO, E. M.; SOUZA, G. S.; ALVES, E. Aspectos anatômicos de folhas de plantas jovens de *Calophyllum brasiliense* Cambess. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 129-131, 2007.
- OLIVEIRA, F. X.; ANDRADE, L. A.; FÉLIX, L. P. Comparações florísticas e distintas entre comunidades Ombrófila Aberta com diferentes idades, no Município de Areia, PB, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 4, p. 861-873, 2006.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.
- RIBEIRO, J. E. S.; BARBOSA, A. J. S.; LOPES, S. F.; PEREIRA, W. E.; ALBUQUERQUE, M. B. Seasonal variation in gas exchange by plants of *Erythroxylum simonis* Plowman. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 2, p. 287-296, 2018.
- REDDY, A. R.; CHAITANYAA, K. V.; VIVEKANANDANB, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**. v. 161, n.11, 18 p. 1189-1202, 2004.
- RODRIGUES, B. M.; ARCOVERDE, G. B.; ANTONINO, A. C. D.; SANTOS, M. G. Water relations in physic nut according to climatic seasonality, in semiarid conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 9, p. 1112- 1115, 2011.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4.ed. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1992. 682p.
- SANTOS, M. R. A.; INNECCO, R.; SOARES, M. A. Caracterização anatômica das estruturas secretoras e produção de óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. em função do horário de colheita nas estações seca e chuvosa. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, p. 377-383, 2004.
- SANTOS, M. L. S.; FRANÇA, S.; GOMES, F. P.; NASCIMENTO, J. L.; SILVA, L. A.; MIELKE, M. S. Low light availability affects leaf gas exchange, growth and survival of *Euterpe edulis* seedlings transplanted into the understory of an anthropic tropical rainforest. Southern Forests: **A journal of Forest Sciences**, v. 74, n. 3, p. 167-174, 2012.

SILVA FILHO, P. J. S.; SILVA, C. C.; FRANCO, F. P.; CAVALLI J.; BERTHOLDO, L. M.; SCHMITT, L. ALVES.; ILHA, R. E MONDIN, C. A. Levantamento florístico de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa no litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista brasileira de Biociência**, v. 11, n. 2, p. 163-183, 2013.

SILVA, M. C.; QUEIROZ, J. E. R.; ARAÚJO, K. D.; PAZERA-JR, E. Rascunhos ambientais da Reserva Ecológica Estadual da Mata do Pau-Ferro, Areia - PB. **Geografia**, v. 15, p. 51-63, 2006.

SCHROEDER, J.; I., KWAK, J. M.; ALLEN, G. J. Guard cell abscisic acid signalling and engineering drought hardiness in plants. **Nature**, v. 410, p. 327-330, 2001.

SHABALA, L.; MACKAY, A.; TIAN, Y.; JACOBSEN, S.E.; ZHOU, D.; SHABALA, S. Oxidative stress protection and stomatal patterning as components of salinity tolerance mechanism in quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Physiologia Plantarum**, v. 146, n. 1, p. 26–38. 2012.

SORRENTINO, G.; HAWORTH, M.; WAHBI, S.; MAHMOOD, T.; ZUOMIN, S.; CENTRITTO, M. Abscisic acid induces rapid reductions in mesophyll conductance to carbon dioxide. **PLoS ONE**, v. 11, n. 2, p. 1-14, 2016.

STEDUTO, P., HSIAO, T. C., FERERES, E. On the conservative behavior of biomass water productivity. **Irrigation Science**, v. 25, n. 3, p. 189-207, 2007.

TOMBESI, S.; NARDINI, A.; FRIONI, T.; SOCCOLINI, M.; ZADRA, C.; FARINELLI, D, PONI, S.; PALLIOTTI, A. Stomatal closure is induced by hydraulic signals and maintained by ABA in drought-stressed grapevine. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TAYLOR, C. M.; CAMPOS, M. T. V. A.; ZAPPI, D. Flora da reserva Ducke, Amazonas, Brasil: Rubiaceae. **Rodriguésia**, v. 58, n. 3, p. 549-616. 2007.

TEZARA, W.; MARTÍNEZ, D.; RENGIFO, E.; HERRERA, A. Photosynthetic responses of the tropical spiny shrub *Lycium nodosum* (Solanaceae) to drought, soil salinity and saline spray. **Annals of Botany**, v. 92, n. 6, p. 757-765, 2003.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, Ü. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, n. 39, p. 237-257, 2008.

VILJOEN, A. M.; SUBRAMONEY, S.; VAN VUUREN, S. F.; BASER, K. H. C.;
DERMIRCI, B. The composition, geographical variation and antimicrobial activity of *Lippia javanica* (Verbenaceae) leaf essential oils. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 96, n. p. 271-277. 2005.

VIALET-CHABRAND, S.; LAWSON, T. Dynamic leaf energy balance: deriving stomatal conductance from thermal imaging in a dynamic environment. **Journal of experimental Botany**, v. 70, n. 10, p. 2839-2855, 2019.

WIJEWARDANA, C, HENRY, W. B, REDDY, K. R. Evaluation of drought tolerant maize germplasm to induced drought stress. **Journal of the Mississippi Academy**. v. 62, p. 316–329, 2017.

WARREN, C. R Soil water deficits decrease the internal conductance to CO₂ transfer but atmospheric water deficits do not. **Journal Experimental Botany**, v. 59, n. 2, p. 327-334, 2008.

YAMORI, W.; HIKOSAKA, K.; WAY, D. A. Temperature response of photosynthesis in C₃, C₄, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. **Photosynth Research**, v. 119, p.101-117, 2014.

ZINI A. S.; MARTINS, S.; TODERKE, M. L.; TEMPONI, L. G. Anatomia foliar de Rubiaceae ocorrentes em fragmento florestal urbano de Mata Atlântica, PR, Brasil. **Hoehnea** v. 43, n. 2, p. 173-182, 2016.

ZHU, C.; GUAN, F.; WANG, C.; JIN, L. H. The Protective Effects of *Rhodiola crenulata* Extracts on *Drosophila melanogaster* Gut Immunity Induced by Bacteria and SDS Toxicity. **Physical Review Letters**, v. 28, n. 12, p. 1861-1866, 2014.