



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO



Solange Henchen Trevisan

**ECOFISIOLOGIA E ANATOMIA DO ACAPU (*Vouacapoua americana* Aubl.),
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Orientadora: Profa. Dra. Rairys Cravo Herrera

Co-orientador: Prof. Dr. Alisson R. Souza Reis

ALTAMIRA - PA
FEVEREIRO 2017

Solange Henchen Trevisan

**ECOFISIOLOGIA E ANATOMIA DO ACAPU (*Vouacapoua americana* Aubl.),
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientadora:

Profa. Dra. Rairys Cravo Herrera

Co-orientador:

Prof. Dr. Alisson R. Souza Reis

ALTAMIRA - PA

FEVEREIRO 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
UFPA – Campus de Altamira – Biblioteca

Trevisan, Solange Henchen

Ecofisiologia e anatomia do acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.),
Amazônia Oriental/ Solange Henchen Trevisan; Orientadora, Rairys Cravo
Herrera, Co-orientador, Alisson R. Souza Reis - 2017.

Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pará, Campus
Universitário de Altamira, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e
Conservação, Altamira, 2017.

1. Comportamento ecofisiológico. 2. Anatomia foliar. 3. Sazonalidade.
4. Fases de crescimento do acapu. 5. Caesalpinioideae. I. Título.

CDD: 581.509811

Solange Henchen Trevisan

**ECOFISIOLOGIA E ANATOMIA DO ACAPU (*Vouacapoua americana* Aubl.),
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Aprovada em 08 de fevereiro de 2017.

Prof. Dra. Moirah Paula Machado de Menezes - UFPA
1º Examinadora

Prof. Dr. Roberto Cezar Lobo da Costa - UFRA
2º Examinador

Prof. Dr. Marco Antônio Menezes Neto - UFPA
3º Examinador

Prof. Dra. Maristela Marques da Silva - UFPA
4º Examinadora

Prof. Dra. Eliane Francisca de Almeida - UEPA
5º Examinadora

Dedico a todos que me acompanharam de forma presencial, ou mentalizando energias positivas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que nos momentos de dificuldade me fez ter certeza do caminho a percorrer, sempre proporcionando uma recuperação após cada procedimento cirúrgico a que fui submetida.

Aos meus pais, irmãos, e a toda minha família que me apoiaram durante toda essa jornada, das mais diversas formas. Cada um à sua maneira e dentro de suas possibilidades. As minhas filhas (Sarah e Êmeli) que estiveram comigo todas as vezes que fiquei internada, e que compreenderam todos os momentos em que não pude estar presente em virtude da realização desta pesquisa. Ao meu marido que sempre viabilizou e acompanhou as idas à campo.

A Universidade Federal do Pará, seu corpo docente, direção e administração, especialmente aos docentes que idealizaram e tornaram realidade o Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação, em Altamira.

A minha Orientadora Profa. Dra. Rairys Cravo Herrera, pela paciência, dedicação e por oportunizar a concretização de mais um sonho na minha vida, a conclusão deste trabalho.

Ao meu co-orientador Alisson Rodrigo Souza Reis, Faculdade de Engenharia Florestal, pela orientação e disponibilidade aos finais de semana para auxiliar na confecção das lâminas utilizadas neste trabalho.

Ao professor Thiago Bernardi Vieira, Faculdade de Ciências Biológicas, pela contribuição na análise estatística.

Aos estagiários do projeto de pesquisa de conservação do acapu no PDS Virola Jatobá, realizado sob a orientação da Profa Rairys, pela ajuda na sistematização dos dados de campo. A amiga Nayra pela ajuda nas conversas proveitosas, escrita final e formatação dos textos.

A todos que colaboraram na realização desta pesquisa, auxiliando na medição das variáveis em campo, especialmente ao meu irmão Mino que foi crucial na escolha da área e no apoio para a coleta dos dados utilizados neste trabalho.

Aos meus amigos da SEMAS, da EEEM Prof^a Dairce Pedrosa Torres, EEEFM Getúlio Vargas e do mestrado que tornaram o conhecimento mais fácil e que também por vezes compartilharam comigo o prazer de cuidar do Miguel.

A todos que me acompanharam, de forma presencial ou mentalizando energias positivas, deixo aqui o meu MUITO OBRIGADA!

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade”.

(Albert Einstein)

SUMÁRIO

RESUMO	X
ABSTRACT	XI
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABELAS	XIV
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	XV
1. INTRODUÇÃO GERAL	17
1.1. CLIMA NA AMAZÔNIA	17
1.2. ASPECTOS AMBIENTAIS E COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DAS PLANTAS	18
1.3. ASPECTOS GERAIS DO ACAPU	19
1.4. ANATOMIA FOLIAR.....	21
2. HIPÓTESES.....	22
3. OBJETIVOS.....	23
3.1. OBJETIVO GERAL	23
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4. LITERATURA CITADA.....	24
INFLUÊNCIA CLIMÁTICA SOBRE OS ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DO ACAPU (<i>Vouacapoua americana</i> Aubl.), AMAZÔNIA ORIENTAL	28
1. INTRODUÇÃO	29
2. MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1. LOCAL DO ESTUDO	31
2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
2.2.1. Amostragem foliar e avaliações fisiológicas.....	33
2.2.2. Radiação	34
2.2.3. Análise Estatística	35
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36

4. CONCLUSÕES.....	50
5. REFERÊNCIAS	50
ANATOMIA FOLIAR DE PLANTAS JOVENS DE ACAPU (<i>Vouacapoua americana</i> Aubl.), AMAZÔNIA ORIENTAL.....	55
RESUMO	57
1. INTRODUÇÃO	58
2. MATERIAL E MÉTODOS	59
2.1. LOCAL DO ESTUDO	59
2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	59
2.2.1. Amostragem foliar.....	59
2.2.2. Anatomia foliar	60
2.2.3. Análise estatística.....	61
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4. CONCLUSÃO	71
5. REFERÊNCIAS	71
CONCLUSÃO GERAL	73

RESUMO

ECOFISIOLOGIA E ANATOMIA DO ACAPU (*Vouacapoua americana* Aubl.), AMAZÔNIA ORIENTAL

A Amazônia vem passando por alterações ambientais que têm levado a uma série de alterações morfológicas e fisiológicas nas plantas. Portanto, o objetivo geral desse trabalho foi avaliar os aspectos ecofisiológicos e anatômicos dos estágios de muda, vara e arvoreta de *Vouacapoua americana* no município de Medicilândia, Pará, Brasil. A temperatura do ar mais elevada em 2,5°C, observada no período de estiagem, resultou em valores mais elevados de temperatura da folha e de déficit de pressão de vapor, além de valores mais baixos de umidade da folha, condutância estomática e transpiração. Ademais, foi observado que cada estágio de desenvolvimento de *V. americana* se comportou de determinada forma às variações ambientais, em que varas e arvoretas apresentaram respostas mais favoráveis às variações de temperatura e umidade do ar, estando mais bem adaptados ao meio em que vivem. Quanto às estruturas anatômicas, foi verificado que vara e arvoreta apresentaram nervura mais espessa que muda. Ademais, a arvoreta também apresentou maior espessura do limbo e do parênquima tendendo a paliçádico. Na epiderme foi possível observar que os estômatos ocorrem somente na face abaxial (folha hipoestomática), com frequência média de 719 estômatos por mm². A epiderme é unisseriada, com presença de papilas e tricomas. A região mediana do limbo apresentou uma camada de parênquima paliçádico, uma ou duas de parênquima esponjoso e uma de parênquima tendendo ao paliçádico (adjacente à face abaxial). Estruturas secretoras estão presentes em todo o limbo foliar. Na região da nervura central e do pecíolo foi observado que o xilema ocupa a parte central da nervura, apresentando formato de arco. O floema circunda todo o xilema e possui fibras esclerenquimáticas em sua periferia. Portanto, os resultados desse estudo indicam que no período de estiagem, as plantas apresentaram altos valores de temperatura da folha, DPV elevado e baixas taxas de transpiração e condutância estomática. Por outro lado, no período chuvoso, a umidade da folha e a condutância estomática foram mais elevadas. As variáveis ecofisiológicas apresentaram um padrão distinto ao longo do dia, com exceção da condutância estomática e da transpiração no período de estiagem, e da clorofila em ambos os períodos sazonais. Vara e arvoreta exibiram valores mais altos para condutância estomática e transpiração no período chuvoso. Quanto à anatomia foliar, *V. americana* apresentou dados condizentes com os citados para a subfamília Caesalpinioideae. Apenas as variáveis: espessura da nervura, do limbo e do parênquima tendendo a paliçádico, apresentaram diferenças significativas entre os estágios de desenvolvimento.

Palavras-chave: Comportamento ecofisiológico; Sazonalidade; Anatomia foliar; Caesalpinioideae.

ABSTRACT

ECOPHYSIOLOGY AND ANATOMY OF THE ACAPU (*Vouacapoua americana* Aubl.), ORIENTAL AMAZON

The Amazon has undergone environmental changes which have led to a series of morphological and physiological changes in the local plants. Therefore, the purpose of this research is to evaluate the eco physiological and anatomical aspects of the stages of seeding, ell and tree sprouts of *Vouacapoua americana* in the municipality of Medicilândia, Pará, Brazil. The highest air temperature at 2,5°C, observed during the dry season, resulted in higher values of leaf temperature and vapor pressure deficit, as well as lower values of leaf moisture, stomatal conductance and transpiration. In addition, it was observed that each stage of development of *V. americana* behaved in a certain way to the environmental variations, in which ells and sprouts presented more favorable responses to the variations of temperature and humidity of the air, being better adapted to the environment in which they live. Regarding the anatomical structures, it was verified that ells and tree sprouts had a thicker, dumb rib. In addition, the tree sprouts also presented greater thickness of the limb and of the parenchyma tending to palisade. In the epidermis it was possible to observe that the stomata occur only in the abaxial face (hypoestomatic leaf), with an average frequency of 719 stomata per mm². The epidermis is uniseriate, with the presence of papillae and trichomes. The medial region of the limb presented a layer of palisade parenchyma, one or two of spongy parenchyma and one of parenchyma tending to palisade (adjacent to the abaxial face). Secretory structures are present throughout the leaf blade. In the region of the central rib and petiole it was observed that the xylem occupies the central part of the vein, presenting an arch shape. The phloem surrounds the entire xylem and has sclerenchymal fibers in its periphery. Therefore, the results of this research indicate that in the dry season, the plants presented high values of leaf temperature, high DPV and low rates of transpiration and stomatal conductance. On the other hand, in the rainy season, leaf moisture and stomatal conductance were higher. The eco physiological variables presented a different pattern to the logo of the day, with the exception of stomatal conductance and transpiration in the dry season, and chlorophyll in both seasonal periods. The results for the ell and tree sprouts showed higher values for stomatal conductance and transpiration in the rainy season. Regarding the leaf anatomy, *V. americana* presented data consistent with those cited for the subfamily Caesalpinioideae. Only the variables: thickness of the rib, limb and parenchyma tending to palisade, presented significant differences between the stages of development.

Keywords: Echophysiological behavior; Seasonality; Leaf anatomy; Caesalpinioideae.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1 - INFLUÊNCIA CLIMÁTICA SOBRE OS ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DO ACAPU (*Vouacapoua americana* Aubl.), AMAZÔNIA ORIENTAL

- Figura 1** - Localização da área de estudo, Medicilândia-PA..... 32
- Figura 2** - Precipitação e temperatura mensal no período de agosto/2015 a junho/2016, no município de Medicilândia-PA..... 37
- Figura 3** - Variação de umidade do ambiente e umidade da folha (A), temperatura do ambiente e da folha (B) e Radiação fotossinteticamente ativa do dossel da floresta e da folha (C) de *V. americana*, nos dias de medições no período de estiagem e chuvoso (dias 320, 321 e 322 de 2015, e 114, 115 e 116 de 2016, respectivamente), no município de Medicilândia-PA, Brasil..... 38
- Figura 4** - Curso diário da temperatura da folha (A), umidade da folha (B) e condutância estomática (C) de mudas, varas e arvoretas de *V. americana*, nos dias de medições no período de estiagem e chuvoso (dias 320, 321 e 322 de 2015, e 114, 115 e 116 de 2016, respectivamente), no município de Medicilândia-PA, Brasil..... 43
- Figura 5** - Curso diário de déficit de vapor de pressão (A), transpiração (B) e clorofila (C) de mudas, varas e arvoretas de *V. americana*, nos dias de medições no período de estiagem e chuvoso (dias 320, 321 e 322 de 2015, e 114, 115 e 116 de 2016, respectivamente), no município de Medicilândia-PA, Brasil..... 44
- Figura 6** - RDA das variáveis ecofisiológicas (umidade da folha, temperatura da folha, condutância estomática, transpiração, clorofila e déficit de vapor de pressão) no período de estiagem e chuvoso (A), em função dos estágios de muda, vara e arvoreta de *V. americana* (B), e interação entre as variáveis ecofisiológicas (C)..... 48

ARTIGO 2 - ANATOMIA FOLIAR DE PLANTAS JOVENS DE ACAPU (*Vouacapoua americana* Aubl.), AMAZÔNIA ORIENTAL

Figura 1 - Árvore de *V. americana*. (A) Planta no período da floração. (B) Detalhe das folhas..... 62

Figura 2 - Epiderme de *V. americana*. (A) Vista frontal da face adaxial e abaxial. (B) Detalhe da vista frontal da face abaxial, evidenciando a nervura e a disposição dos estômatos - as setas indicam os estômatos tetracíticos gigantes. (C) Detalhe da vista frontal da face abaxial, evidenciando o estômato tetracítico e os estômatos anomocíticos. (D) Bordo foliar em seção transversal, evidenciando o parênquima paliçádico e esponjoso, a cavidade secretora e o tricoma globoso. (E) Detalhe da seção transversal, evidenciando as papilas na face abaxial. (F) Detalhe da seção transversal, evidenciando o tricoma globoso no limbo foliar, e (G) Detalhe da seção transversal, evidenciando o tricoma filiforme na face abaxial da nervura central..... 65

Figura 3 - Seção transversal do mesofilo de *V. americana*. (A) Cloroplastos no interior do parênquima paliçádico. (B) Feixe vascular entre nervuras secundárias. (C) Seção transversal do mesofilo da muda, evidenciando duas camadas de parênquima esponjoso. (D) Seção transversal do mesofilo da árvoreta, evidenciando apenas uma camada de parênquima esponjoso..... 67

Figura 4 - Seção transversal da nervura central de *V. americana*, evidenciando xilema, floema, fibras e colênquima. (A) Muda. (B) Vara. (C) Arvoreta. (D) Detalhe da nervura central, evidenciando xilema, floema e fibras. (E) Detalhe da nervura central, evidenciando o colênquima..... 69

Figura 5 - Seção transversal do pecíolo de *V. americana*. (A) Aspecto geral do pecíolo. (B) Seção transversal do pecíolo da muda. (C) Seção transversal do pecíolo da árvoreta. (D) Detalhe do pecíolo, evidenciando o amido. (E) Detalhe do pecíolo, evidenciando a cavidade secretora..... 70

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1 - INFLUÊNCIA CLIMÁTICA SOBRE OS ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DO ACAPU (*Vouacapoua americana* Aubl.), AMAZÔNIA ORIENTAL

Tabela 1 - Valores médios da temperatura da folha (Tfolha), umidade da folha (Ufolha), condutância estomática (Gs), déficit de vapor de pressão (DPV), transpiração (T) e clorofila (Cl) em diferentes horários do dia, no período de estiagem e chuvoso..... 40

Tabela 2 - PERMANOVA das variáveis ecofisiológicas das plantas de *V. americana*, levando em consideração a influência dos períodos sazonais, dos diferentes estágios de desenvolvimento, dos horários ao longo do dia, bem como das interações entre essas variáveis..... 41

Tabela 3 - Área foliar e valores máximos e mínimos do incremento de crescimento em diâmetro e altura entre os estágios de desenvolvimento de *V. americana*..... 49

ARTIGO 2 - ANATOMIA FOLIAR DE PLANTAS JOVENS DE ACAPU (*Vouacapoua americana* Aubl.), AMAZÔNIA ORIENTAL

Tabela 1 - Valores médios das variáveis anatômicas de *V. americana*, nos estágios de muda, vara e arvoreta..... 63

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

a - Amido

ANOVA - Análise de Variância

c - Colênquima

Cl - Clorofila

cl - Cloroplasto

cs - Cavidade secretora

DPV - Déficit de Vapor de Pressão

e - Estômato

ea - Estômato anomocítico

Eab - Epiderme abaxial

Ead - Epiderme adaxial

et - Estômato tetracítico

f - Fibra

FAA70 - Álcool etílico 70% e ácido acético glacial

fl - Floema

fv - Feixe vascular

Gs - Condutância estomática

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IUCN - União Internacional para a Conservação da Natureza

MMA - Ministério de Meio Ambiente

n - Nervação

p - Papila

PAR - Radiação Fotossinteticamente Ativa

PERMANOVA - Análise Multivariada Permutacional de Variância

pf - Parênquima fundamental

pe - Parênquima esponjoso

pp - Parênquima paliçádico

RDA - Análise de Redundância

SEMA/PA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará

T - Transpiração

t - Tricoma

Tfolha - Temperatura da folha

tp - Parênquima tendendo a paliçádico

Ufolha - Umidade da folha

VEGAN - *Vegetation Analysis*

x - Xilema

µm - Micrometro

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. CLIMA NA AMAZÔNIA

A Amazônia situa-se na região equatorial e possui um clima quente e úmido, com precipitação de aproximadamente 2.300 mm ao ano e temperatura entre 24° e 26°C, com amplitude anual de 1° a 2°C. É marcada por possuir dois períodos sazonais bem definidos, a estação seca (período de estiagem) e a estação chuvosa (período chuvoso) (FISCH, MARENCO e NOBRE, 1998; MARENCO e NOBRE, 2009; NOBRE et al., 2009; WILLIAMS e SÁTORI, 2004).

Para Franca (2015), os principais fatores da distribuição de chuva na Amazônia são: i) Massa de Ar Equatorial Continental, com centro de origem no oeste da região; ii) Zona de Convergência Intertropical, formada pela convergência dos ventos alísios; e iii) frentes frias, oriundas de latitudes extratropicais que atingem com mais frequência o sul da região. Ainda de acordo com esse autor, há pelo menos cinco regimes pluviais na região amazônica, que, dentre outros fatores, se distinguem quanto ao trimestre mais chuvoso, a saber: no noroeste da região, são os meses de abril/maio/junho, na parte central, os meses de março/abril/maio, no litoral do Amapá e Pará, meses de fevereiro/março/abril, no sul da região, meses de dezembro/janeiro/fevereiro, e no extremo norte, meses de junho/julho/agosto.

Com este regime pluvial, de acordo com Nobre et al. (2009), as florestas da Amazônia desempenham um papel crítico na regulação do clima regional e global. Dentro desse contexto, as florestas tropicais, por meio de intensa evapotranspiração, bombeiam calor latente à atmosfera para equilibrar o forte calor radiativo à superfície.

Segundo Wright et al. (1996), no período de estiagem, a evapotranspiração se mantém constante o ano todo. Silva-Dias, Cohen e Gandú (2005), ao analisar as interações entre nuvens, chuvas e a biosfera na Amazônia, acreditam que isso ocorre devido às raízes

profundas das árvores, que conseguem absorver quantidade suficiente de água do solo mesmo nos dias mais quentes.

1.2. ASPECTOS AMBIENTAIS E COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DAS PLANTAS

Estudos de décadas comprovam modificações no cenário de cobertura florestal e uso da terra na Amazônia (Batistella e Moran, 2005), em virtude de um processo acelerado de ocupação, que levou ao desmatamento de 413.506 km² entre 1988 até 2015 (INPE, 2015). Demandando uma necessidade de recuperação das áreas degradadas, em virtude do uso inadequado do solo e da paisagem provenientes de perturbações antrópicas como a conversão da floresta em pastagem (ARAUJO et al., 2011).

Como resultado dos efeitos das mudanças globais sobre a vegetação, temos a variabilidade climática, principal responsável pelo aumento da temperatura e redução da precipitação na Amazônia, que têm levado a uma série de mudanças morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares nas plantas, afetando negativamente seu crescimento e produtividade (COX et al., 2000; NOBRE, 2001; NOBRE, SELLERS e SHUKLA, 1991; WANG et al., 2001).

Segundo Otto et al. (2013), os estudos sobre os processos fisiológicos de plantas em função das mudanças ambientais têm sido o foco de muitas pesquisas. Diante disso, Mendes e Marengo (2010), reforçam a necessidade de pesquisas que visem elucidar como a sazonalidade afeta plântulas e mudas na Amazônia Central, tendo a disponibilidade de luz como um dos fatores limitantes para o crescimento de plântulas e mudas no sub-bosque da floresta.

Dentre os fatores abióticos que mais influenciam as respostas ecofisiológicas de espécies de todos os grupos sucessionais estão a luminosidade, temperatura e disponibilidade hídrica, cujas variações temporais são refletidas, por exemplo, na atividade ecológica, fenológica e ecofisiológica das plantas (MIRANDA, VITÓRIA e FUNCH, 2011; RIBEIRO et

al., 2004; SILVA et al., 2010). Para Amthor (1989) e Berry e Bjorkman (1980) as plantas podem ser afetadas direta ou indiretamente pela alteração da temperatura, diretamente via fotossíntese e respiração, e indiretamente, alterando o funcionamento dos estômatos.

Dentro desse contexto, para Marengo e Lopes (2009), a radiação solar excessiva associada a temperaturas altas pode provocar o fechamento parcial ou total dos estômatos para manter o estado de hidratação celular, reduzindo a taxa de transpiração das plantas. Pesquisa realizada por Marengo et al. (2014), ao analisarem a fisiologia das espécies florestais na Amazônia, verificaram que no período de estiagem, devido ao aumento da irradiância e redução da umidade, os estômatos fecham à proporção que o Déficit de Vapor de Pressão (DPV) aumenta, influenciando diretamente na condutância estomática e no controle hídrico da planta.

No estudo de Costa e Marengo (2007), ao analisar o efeito da variação climática nas variáveis ecofisiológicas da Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), foi possível observar uma correlação positiva entre o DPV e a temperatura da folha, em que a variação no DPV refletiu estreitamente as mudanças em temperatura da folha.

Contudo, estudos que buscam entender como o ambiente influencia na fisiologia das plantas ainda são escassos na região amazônica, dentre eles, podemos mencionar o estudo de Marengo e Vieira (2005), com acariquara (*Minquartia guianensis* Aubl.), cardeiro (*Scleronema micranthum* Ducke) e cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.), a pesquisa de Costa e Marengo (2007), com a andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) e o estudo de Rodrigues et al. (2011) em comunidades de manguezais.

1.3. ASPECTOS GERAIS DO ACAPU

Dentre as espécies nativas da Amazônia, o acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.), pertencente à família Fabaceae - Caesalpinoideae (SOUZA e LORENZI, 2012), possui uma madeira considerada nobre e de boa trabalhabilidade (ARAGÃO e ALMEIDA, 1997).

O acapu possui tronco reto, sulcado, sem presença de sapopemas, podendo atingir de 30 a 40 metros de altura, ocupando o dossel da floresta, com folhas imparipenadas e caule fúlcreo. É uma espécie clímax tolerante à sombra, que se instala como secundária tardia no processo de sucessão ecológica da floresta, atingindo o dossel quando adulta (LOUREIRO, SILVA e ALENCAR, 1979).

Sua floração coincide com o início da estação chuvosa (janeiro a março) e a frutificação ocorre de abril a maio. A polinização é realizada por insetos generalistas e a dispersão das sementes é barocórica, em consequência do próprio peso (SABATIER, 1985).

A madeira é castanho-escuro, com rajas mais claras, dura, compacta, pesada, não absorve umidade, imputrescível e resistente às pragas e doenças, apresentando alta resistência a fungos. É utilizada em construções civil e naval, soalhos, vigas, moirões, lambris, móveis, postes, laminados, entre outros (LOUREIRO, SILVA e ALENCAR, 1979).

V. americana é considerada uma ótima espécie para reflorestamento de áreas degradadas (LORENZI, 2009), contudo, vem sendo alvo de explorações desordenadas na Amazônia, apresentando histórico de intensa exploração desde o século passado, quando foi muito exportada para a Europa e muito utilizada por seringueiros que empregavam a fumaça da madeira queimada para defumar borracha (LEITE e LLERAS, 1993). Ainda, segundo Aragão e Almeida (1997), várias populações de *V. americana* parecem ter sido extintas devido ao desmatamento para extração madeireira, agricultura e pecuária no nordeste paraense.

Levando em consideração os dados de exploração legalizada da espécie, no Estado do Pará, no período de 2006 a 2014, o volume de madeira de acapu explorado foi cerca de 190 mil metros cúbicos (SEMA/PA, 2016).

Atualmente, *V. americana* consta na lista da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) como espécie criticamente ameaçada de extinção. Em 2013, foi incluído

no Livro Vermelho da Flora do Brasil (MARTINELLI e MORAES, 2013), e em 2014, passou a fazer parte da lista oficial da flora brasileira ameaçada de extinção, na categoria “em perigo”, através da Portaria MMA nº 443, de 17 de dezembro de 2014 (BRASIL, 2014).

Considerando que a legislação brasileira que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, Lei nº 12.651/2012, no artigo 26, que contempla a reposição florestal em áreas de preservação permanente, determina que deverão ser priorizados projetos que contemplem a utilização de espécies nativas do mesmo bioma onde ocorreu a supressão (BRASIL, 2012), que o acapu ocorre em áreas que sofreram forte antropização e que há escassez de estudos envolvendo a fisiologia da espécie em ambientes naturais, este trabalho procurou avaliar como os fatores ambientais (efeito da variação diurna na irradiação, temperatura e umidade) influenciaram nas funções ecofisiológicas de plantas jovens de *V. americana*.

Foram consideradas as três fases iniciais do seu estágio de desenvolvimento (muda, vara e arvoreta), buscando assim, contribuir com informações relevantes para a conservação da espécie.

1.4. ANATOMIA FOLIAR

As pesquisas envolvendo a anatomia foliar vêm sendo realizadas, sobretudo, em associação com os estudos taxonômicos das plantas, para o próprio conhecimento das espécies, como exemplo, podemos citar os trabalhos de Coutinho (2015), Farias et al., (2016), Oliveira, Longhi-Wagner e Leite (2008) e Oliveira, Elias e Figueiredo (2007).

Contudo, além da contribuição para a taxonomia das espécies, o estudo da anatomia foliar é de grande importância para a compreensão da plasticidade adaptativa de indivíduos arbóreos submetidos a diferentes condições ambientais, principalmente pelo fato de estar correlacionada com processos de trocas gasosas, assimilação de CO₂ e outras características inerentes ao crescimento da planta (LIMA et al., 2006).

Ressalta-se, que estudos sobre o acapu ainda são escassos, havendo uma grande carência de informações, sobretudo, a respeito da anatomia foliar desses indivíduos. Na literatura não foram encontrados relatos acerca da anatomia foliar do gênero *Vouacapoua* e tão pouco de *V. americana*. Os trabalhos mais recentes que envolvem a anatomia foliar de espécies pertencentes à família Fabaceae é de Francino et al. (2015) com a *Chamaecrista* (L.) Moench sect. *Absus* e Marinho et al. (2016) com a *Bauhinia* s.s., ambas pertencentes a subfamília Caesalpinioideae.

Para esta subfamília, os caracteres da anatomia foliar incluem: folhas dorsiventrais; estômatos predominantemente paracíticos; folhas principalmente hipoestomáticas, sendo os estômatos escassos na face adaxial, embora, em alguns casos apareçam bem difundidos em ambas as faces; com ocorrência esporádica de drusas e estruturas secretoras frequentes (WATSON, 1981).

Dessa forma, devido à escassez de trabalhos anatômicos publicados com esse gênero, espera-se que estudos com esse propósito, aliados a outras informações relevantes da espécie, sejam uma ferramenta de extrema importância para a conservação e manejo de *V. americana*.

2. HIPÓTESES

- As variáveis ecofisiológicas do *V. americana*: clorofila, condutância estomática, temperatura da folha, umidade da folha, déficit de vapor de pressão e transpiração, serão fortemente influenciadas pela sazonalidade (período de estiagem e período chuvoso);
- Os estágios de desenvolvimento de *V. americana* (muda, vara e arvoreta) apresentarão comportamento fisiológico distinto quanto à influência dos períodos sazonais;
- As variáveis ecofisiológicas sofrerão mudanças ao longo do dia, havendo um padrão distinto entre o clima mais ameno da manhã e o mais quente da tarde; e

- A anatomia foliar das plantas jovens de *V. americana* apresentarão estruturas semelhantes.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar os aspectos ecofisiológicos e anatômicos de três estágios de desenvolvimento de *Vouacapoua americana* no município de Medicilândia, Pará, Brasil.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a variação dos aspectos ecofisiológicos do *V. americana* nos períodos de estiagem e chuvoso;
- Analisar a influência da sazonalidade sobre os estágios de muda, vara e arvoreta do *V. americana*;
- Avaliar as respostas ecofisiológicas do *V. americana* em diferentes horários do dia;
- Caracterizar a anatomia foliar de plantas jovens de *V. americana*; e
- Verificar se há diferenças estruturais nos estágios de desenvolvimento (muda, vara e arvoreta).

A dissertação está descrita em dois capítulos. No primeiro foram avaliadas as respostas ecofisiológicas de *V. americana*, em função dos diferentes períodos sazonais da Amazônia (período de estiagem e período chuvoso), levando em consideração os dados de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade do ar do município de Medicilândia. Já no segundo foram caracterizadas as estruturas anatômicas foliares das plantas jovens de acapu, tais como: epiderme, mesofilo, nervura central e pecíolo, analisando-se também a espessura dos tecidos e a densidade estomática.

4. LITERATURA CITADA

AMTHOR, J.S. **Respiration and crop productivity**. Springer-Verlag, New York, 215 p. 1989.

ARAGÃO, I.L.G.; ALMEIDA, S.S. Estrutura ecológica comparada de populações de acapu (*Vouacapoua americana* Aubl., Caesalpiniaceae) em duas florestas de terra firme na Amazônia Oriental. In: LISBOA, P.L.B. org. **Caxiuanã**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1: 273-290, 1997.

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. de S.; SILVA, I. R.; OLIVEIRA, E. K. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta Amazonica**. 41(1): 103-114, 2011.

BATISTELLA, M.; MORAN, E. F. Dimensões humanas do uso e cobertura das terras na Amazônia: uma contribuição do LBA. **Acta Amazônia**. 35(2): 239 – 247, 2005.

BERRY, J.; BJORKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, 31: 491-543, 1980.

BRASIL. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; Diário Oficial da União, Brasília, DF, seção 1, 28 mai. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria n. 443, de 17 de dezembro de 2014**. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção". Diário Oficial da União, seção 1, p. 110-121.

COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, 37 (2): 229-234, 2007.

COUTINHO, I. A. C. **Anatomia foliar como subsídio para taxonomia de *Chamaecrista Moench* com ênfase na seção *Apocouita* (Leguminosae - Caesalpinioideae)**. 109 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 109 f, 2015.

COX, P.M.; BETTS, R. A.; JONES, C. D.; SPALL, S. A.; TOTTERDELL, I. J. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. **Nature**, 408: 184-187, 2000.

FARIAS, V. de; MARANHO, L. T.; MUSHNER, V. C.; SOFFIATTI, P. Anatomia foliar de *Passiflora* subgênero *Decaloba* (Passifloraceae): implicações taxonômicas. **Rodriguésia**, 67(1): 29-43, 2016

FISCH, G.; MARENCO, J.A.; NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, 28(2): 101-126, 1998.

FRANCA, R.R. da. Climatologia das chuvas em Rondônia - período 1981-2011. **Geografias**, 11(1): 44-58, 2015.

FRANCINO, D.M.T.; COUTINHO, Í.A.C.; DALVI, V.C.; AZEVEDO, A.A.; CONCEIÇÃO, A. de S.; MEIRA, R.M.S.A. Anatomical interpretations of the taxonomy of *Chamaecrista* (L.) Moench sect. *Absus* (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Plant Systematics and Evolution**, 301: 2087-2103, 2015.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2015.htm> 2015. Acesso em: 26 dez. de 2016.

LEITE, A.M.C.; LLERAS, E. Áreas prioritárias na Amazônia para conservação dos recursos genéticos de espécies florestais nativas: fase preliminar. **Acta Botanica Brasilica**, 7(1): p.61-94, 1993.

LIMA, E. C.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; BARBOSA, J. P. R. A. D. Aspectos fisioanatômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Arvore**, 30(1): 33-41, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Nova Odessa, v. 2, 3 ed. 2009, 384 p.

LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F.; ALENCAR, J.C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus, INPA, 245p. 1979.

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

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas, nutrição mineral**. Viçosa: Editora UFV, 2009. 486p.

MARENCO, J.; NOBRE, C. Clima da região amazônica. In: CAVALCANTI, I.F.A. (Org.). **Tempo e Clima do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, p.198-212. 2009.

MARENCO, R.A.; VIEIRA, G. Specific leaf area and photosynthetic parameters of tree species in the forest understory as a function of the microsite light environment in Central Amazonia. **Journal of Tropical Forest Science**, 17: 265-278, 2005.

MARINHO, C.R.; OLIVEIRA, R.B.; TEIXEIRA, S.P. The uncommon cavitated secretory trichomes in *Bauhinia* s.s. (Fabaceae): the same roles in different organs. **Botanical journal**, 180: 104-122, 2016.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. (Org.). **Livro vermelho da flora do Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. p 1100.

MENDES, K.R.; MARENCO, R.A. Leaf traits and gas exchange in saplings of native tree species in the Central Amazon. **Scientia Agricola**, 67(6): 624-632, 2010.

MIRANDA, L.A.P.; VITÓRIA, A.P.; FUNCH, L.S. Leaf phenology and water potential of five arboreal species in gallery and montane forests in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Environmental and Experimental Botany**, 70: 143-150, 2011.

NOBRE, C. A. Amazônia: fonte ou sumidouro de carbono? In: BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. **Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.197-224, 2001.

NOBRE, C.A.; OBREGÓN, G.O.; MARENGO, J.A.; FU, R.; POVEDA, G. Characteristics of Amazonian Climate: Main Features. IN: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; P. SILVA-DIAS (Eds). **Amazonia and Global Change**. Washington: American Geophysical Union. p. 149-162, 2009.

NOBRE, C.A.; SELLERS, P.J.; SHUKLA, J. “Amazonian deforestation and regional climate change”. **Journal of Climate**, 4: 957-988, 1991.

OLIVEIRA, A. L. S.; ELIAS, S. R. de M.; FIGUEIREDO, A. D. L. Anatomia foliar em plantas adultas de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Mimosaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, 5: 321-323, 2007.

OLIVEIRA, R. P. de; LONGHI-WAGNER, H. M.; LEITE, K. R. B. A contribuição da anatomia foliar para a taxonomia de *Raddia* Bertol. (Poaceae: Bambusoideae). **Acta Botanica Brasilica**, 22(1): 1-19, 2008.

OTTO, M.S.G.; VERGANI, A.R.; GONÇALVES, A.N.; VRECHI, A.; SILVA, S.R.; STAPE, J.L. Fotossíntese, condutância estomática e produtividade de clones de *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. **Revista Árvore**, 37(3): 431-439, 2013.

RIBEIRO, R.V.; SOUZA, G.M.; MANZATTO, A.G.; MACHADO, E.C.; OLIVEIRA, R.F. Chlorophyll fluorescence of tropical tree species in a semi-deciduous forest gap. **Revista Árvore**, 28(1): 21-27, 2004.

RODRIGUES, H.J.B.; COSTA, R.F. da; RIBEIRO, J.B.M.; SOUZA FILHO, J.D. da C.; RUIVO, M. de L. P.; SILVA JÚNIOR, J. de A. Variabilidade sazonal da condutância estomática em um ecossistema de manguezal amazônico e suas relações com variáveis meteorológicas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 26(2): 189-196, 2011.

SABATIER, D. Saisonnalité et déterminisme du pic de fructification en ferêt guyanaise. **Revue d'Ecologie**, 2(40): 289 - 320, 1985.

SEMA-PA. **Extração e Movimento de Toras de Madeira Nativa**. Período de 1/1/2006 até 23/10/2014. Dados, Belém- PA, 2016.

SILVA, A.S.; OLIVEIRA, J.G.; CUNHA, M. da; VITÓRIA, A.P. Photosynthetic performance and anatomical adaptations in *Byrsonima sericea* DC. under contrasting light conditions in a remnant of the Atlantic forest. **Brazilian Society of Plant Physiology**, 22(4): 245-254, 2010.

SILVA-DIAS, M.A.F. da; COHEN, J.C.P.; GANDÚ, A.W. Interações entre nuvens, chuvas e a biosfera na Amazônia. **Acta Amazônica**, 35(2): 215-222, 2005.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. 3ª ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, São Paulo, 2012, 768p.

WANG, W. X., VINOCUR, B; SHOSEYOV, O; ALTMAN, A. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. **Acta Horticulturae**, 560: 285-292, 2001.

WATSON, L. An automated system of generic description for Caesalpinioideae, and its application to classification and key-making. IN: POHILL, R. M.; RAVEN, P. H. (eds). **Advances in Legume Systematics part 1**. Kew: Royal Botanical Gardens, p. 65-80, 1981.

WILLIAMS, E. R.; SÁTORI, G. Lightning, Thermodynamic and hydrological comparison of the two tropical continental chimneys. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, 66: 1213-1231, 2004.

WRIGHT, I.R; GASH, J. H. C.; ROCHA, H. R.; ROBERTS, J. M. Modelling surface conductance for Amazonian pasture and forest. In: GASH, J.H.C.; NOBRE, C.A.; ROBERTS, J.M.; VICTORIA, R.L. (Eds). **Amazonian Deforestation and Climate**. p. 437-458, 1996.

Este capítulo está formatado nas normas da **Revista Ciência e Agrotecnologia**, disponível em:
<<http://www.editora.ufla.br>>

Artigo 1

INFLUÊNCIA CLIMÁTICA SOBRE OS ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DO ACAPU (*Vouacapoua americana* Aubl.), AMAZÔNIA ORIENTAL

INFLUÊNCIA CLIMÁTICA SOBRE OS ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DO ACAPU (*Vouacapoua americana* Aubl.), AMAZÔNIA ORIENTAL¹

ECOPHYSIOLOGICAL CLIMATE INFLUENCE ON THE ASPECTS OF THE ACAPU (*Vouacapoua americana* Aubl.), ON THE ORIENTAL AMAZON¹

Solange Henchen Trevisan^{2*}
Rairys Cravo Herrera³

² Bióloga pela Universidade Federal do Pará-UFPA/Altamira (2004) e Mestre em Biodiversidade e Conservação, UFPA/Altamira (2017)

³ Doutora em Fisiologia Vegetal, UFLA/Lavras (2006) e professora efetiva da Faculdade de Ciências Biológicas, UFPA/Altamira

*Autor para correspondência: soltrevisan26@yahoo.com.br

RESUMO

A Amazônia vem passando por alterações ambientais que têm levado a uma série de alterações morfológicas e fisiológicas nas plantas. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o comportamento ecofisiológico de *Vouacapoua americana*, em três estágios de desenvolvimento, em função dos diferentes períodos sazonais da Amazônia. A pesquisa foi realizada em uma propriedade rural particular em Medicilândia, Pará, no mês de novembro de 2015 (período de estiagem) e abril de 2016 (período chuvoso). As variáveis ambientais consideradas foram: temperatura, umidade do ar e radiação. As plantas de *V. americana* foram classificadas em muda, vara e arvoreta e as variáveis ecofisiológicas foram: clorofila, condutância estomática (Gs), temperatura da folha (Tfolha), umidade da folha (Ufolha), déficit de vapor de pressão (DPV) e transpiração. A temperatura do ar mais elevada, no período de estiagem, resultou em valores mais elevados de Tfolha e de DPV, além de valores mais baixos de Ufolha, Gs e transpiração. Foi observado que varas e arvoretas apresentaram respostas mais favoráveis às variações de temperatura e umidade do ar, exibindo altas taxas de Gs e menores valores de DPV. Concluiu-se que a variação da temperatura e da umidade do ar foram os principais responsáveis pelo comportamento ecofisiológico do acapu. As variáveis ecofisiológicas apresentaram um padrão distinto ao longo do dia, com exceção da Gs e da transpiração no período de estiagem, e da clorofila em ambos os períodos sazonais. Vara e arvoreta exibiram valores mais altos para Gs e transpiração no período chuvoso.

Termos para indexação: Comportamento ecofisiológico; Aspectos ambientais; Sazonalidade; Estágios de desenvolvimento.

ABSTRACT

The Amazon has undergone environmental changes which have led to a series of morphological and physiological changes in the plants. Therefore, the aim of this research is to evaluate the eco physiological behavior of *Vouacapoua americana*, in three stages of development in the different seasonal periods of the Amazon. The research was carried out in a private rural property in Medicilândia, Pará, during november of 2015 (drought period) and april 2016 (rainy season). The environmental variables considered were: temperature, air humidity and radiation. The plants of *V. americana* were classified as moul (seeding), ell and tree sprouts. The eco physiological variables were: chlorophyll, stomatal conductance (Gs), leaf temperature (Tleaf), leaf moisture (Uleaf), vapor pressure deficit (VPD) and

¹ Artigo editado conforme Instruções para Autores da **Revista Ciência e Agrotecnologia**, acessado pelo seguinte link: <<http://www.editora.ufla.br/index.php/revistas/ciencia-e-agrotecnologia/normas-editoriais#português>>.

perspiration. The higher air temperature during the dry season resulted in higher values of Tleaf and VPD, as well as lower values of Uleaf, Gs and transpiration. It was observed that ellis and sprouts showed more favorable responses to variations in air temperature and humidity, exhibiting high Gs rates and lower VPD values. It was concluded that the variation of air temperature and humidity were the main responsible for the eco physiological behavior of acapu. The eco physiological variables presented a different pattern along the day, except for Gs and transpiration in the dry season, and chlorophyll in both seasonal periods. The results for the ellis and tree sprouts showed higher values for Gs and perspiration in the rainy season.

KEYWORDS: Echophysiological behavior; Environmental aspects; Seasonality; Stages of development.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia situa-se na região equatorial e possui um clima quente e úmido, com precipitação média de aproximadamente 2.300 mm ao ano, é marcada por possuir dois períodos sazonais bem definidos, a estação seca (período de estiagem) e a estação chuvosa (período chuvoso) (Fisch, Marengo e Nobre, 1998; Franca, 2015).

As mudanças climáticas globais, principais responsáveis pelo aumento da temperatura e redução da precipitação na Amazônia, têm levado a uma série de mudanças morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares nas plantas, afetando negativamente seu crescimento e produtividade (Nobre, 2001; Nobre et al., 1991; Wang et al., 2001). As plantas podem ser afetadas direta ou indiretamente pela alteração da temperatura, diretamente via fotossíntese e respiração, e indiretamente, alterando o funcionamento dos estômatos (Amthor, 1989; Berry e Bjorkman, 1980).

Pesquisa realizada por Marengo et al. (2014), ao analisarem a fisiologia das espécies florestais na Amazônia, verificaram que no período de estiagem, devido ao aumento da irradiância e redução da umidade, os estômatos fecham à proporção que o Déficit de Vapor de Pressão (DPV) aumenta, influenciando diretamente na condutância estomática e no controle hídrico da planta.

Dentre as espécies nativas da Amazônia, o acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.), Fabaceae - Caesalpinoideae, é considerada uma ótima espécie para reflorestamento de áreas

degradadas (Lorenzi, 2009), contudo vem sendo alvo de explorações desordenadas na Amazônia, por possuir uma madeira considerada nobre e de boa trabalhabilidade (Aragão e Almeida, 1997). Em 2014, através da Portaria MMA nº 443, de 17 de dezembro de 2014, passou a ser reconhecido como uma espécie ameaçada de extinção, na categoria “em perigo” (BRASIL, 2014).

Diante desses pressupostos, é importante compreender como a fisiologia de plantas jovens de *V. americana* funciona sob condições naturais do clima amazônico, visando contribuir com informações para a conservação da espécie, como por exemplo, através da identificação da fase de desenvolvimento da planta (muda, vara ou arvoreta) que está mais suscetível as variações climáticas ao longo do dia e do ano.

Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar a temperatura e umidade da folha, condutância estomática, transpiração, clorofila e déficit de vapor de pressão de *V. americana*, em três estágios de desenvolvimento, em função da sazonalidade da Amazônia, em uma propriedade rural particular localizada no município de Medicilândia, Pará, Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCAL DO ESTUDO

A pesquisa foi realizada em um fragmento de floresta primária em terra firme de uma propriedade rural particular, na vicinal Tiradentes (Km 80), nas coordenadas geográficas 03°30'46.3" de latitude Sul e 52°47'26.5" de longitude Oeste, situada no município de Medicilândia, Estado do Pará, próximo a reserva indígena Arara (Figura 1).

De acordo com a análise de solo, o local de estudo é classificado como Latossolo amarelo distrófico, com pH igual a 5, alto teor de alumínio (1,15/100 ml) e fertilidade muito baixa (18,13%). O local é composto por floresta nativa, influenciado pelo tipo de clima Am, segundo a classificação de Köppen, com período chuvoso entre janeiro e junho e período de estiagem entre julho e dezembro.

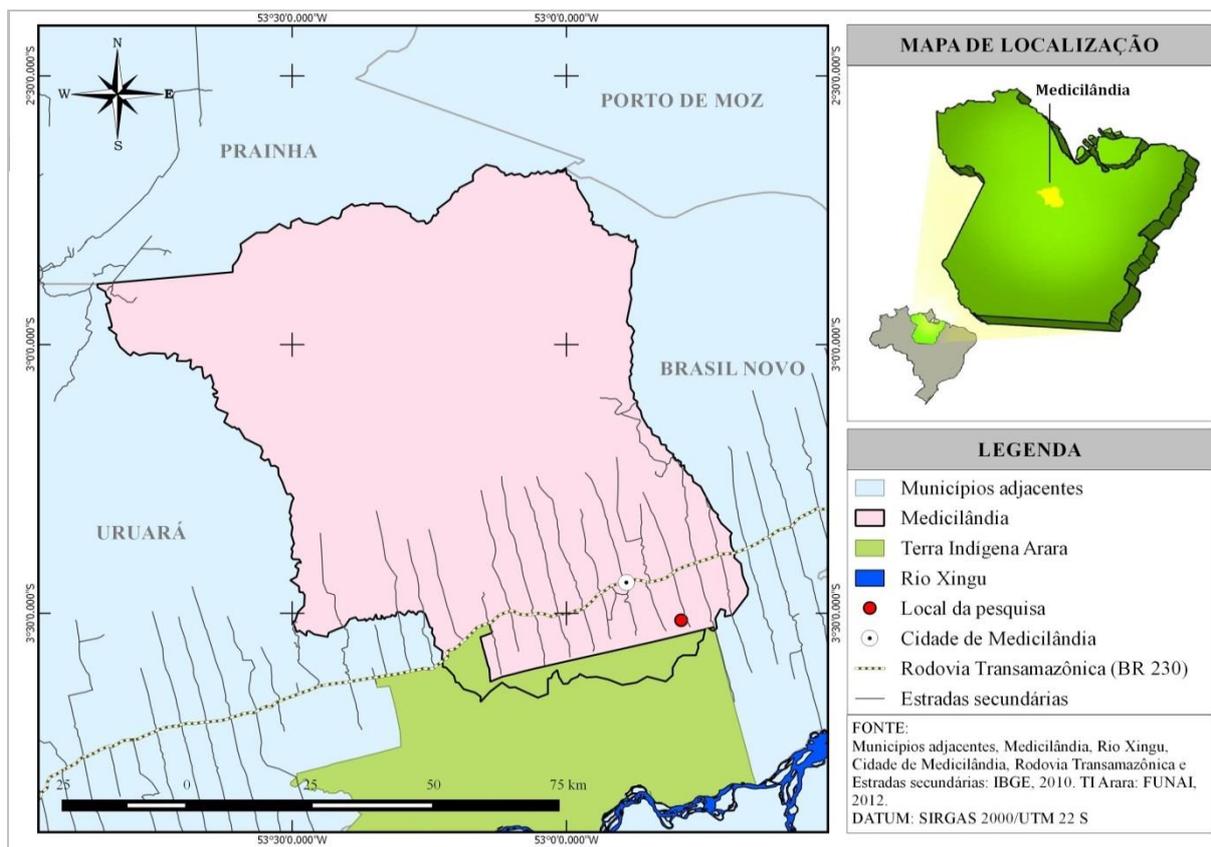


Figura 1 - Localização da área de estudo, Medicilândia-PA.
Fonte: Elaborado pela própria autora (2016).

2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As medições foram realizadas no período de estiagem e chuvoso. No período de estiagem, a pesquisa foi realizada em novembro de 2015, dias 320, 321 e 322; e no período chuvoso, no mês de abril de 2016, dias 114, 115 e 116. Sendo que as coletas de campo ocorreram em dias não chuvosos.

As variáveis ambientais consideradas foram: precipitação pluviométrica, radiação, temperatura e umidade do ar, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia para o município de Medicilândia (INMET, 2016).

O diâmetro das plantas foi obtido com o auxílio de um paquímetro digital, medindo-se o colo do caule a uma altura de 10 centímetros do nível do solo (Eletronic Digital Caliper, USA). A altura da planta foi determinada com uma fita métrica, medindo-se o comprimento da parte aérea desde o nível do solo até o ápice da planta.

Para determinar o incremento em diâmetro e altura foi considerada a diferença das medições obtidas em ambos os períodos sazonais, subtraindo os valores mensurados no período chuvoso pelos valores do período de estiagem.

As plantas de *V. americana* foram classificadas de acordo com Silva et al. (2005), em muda (altura ≥ 30 cm e diâmetro $< 2,5$ cm), vara ($2,5$ cm \leq diâmetro < 5 cm) e arvoreta (5 cm \leq diâmetro < 10 cm).

Para calcular a área foliar (AF) foi utilizado o medidor portátil de área foliar (CI-202 Bio-Science). As medidas foram feitas escaneando a lateral esquerda das folhas, no sentido da bainha ao ápice, e por se tratar de folhas compostas, o respectivo valor foi multiplicado por dois.

2.2.1. Amostragem foliar e avaliações fisiológicas

A escolha das espécimes ocorreu de forma aleatória entre os estágios de desenvolvimento, muda, vara e arvoreta. Destas, foi escolhida uma folha sadia de cada indivíduo, e nesta folha, um folíolo maduro e completamente expandido, totalizando 40 folhas avaliadas e 600 leituras coletadas para cada variável ecofisiológica.

No período de estiagem, foram analisadas 7 mudas, 9 varas e 7 arvoretas, correspondendo a 345 observações para cada variável ecofisiológica, já no período chuvoso, foram analisadas 6 mudas, 6 varas e 5 arvoretas, o que corresponde a 255 observações. O número inferior de indivíduos analisados no período chuvoso deu-se em função da dificuldade de acesso ao local de estudo durante esse período, assim como, da dificuldade de acesso ao lugar exato onde as plantas estavam alocadas.

As análises fisiológicas foram realizadas em cinco avaliações/folha/dia, sendo que os horários das avaliações foram de 6:30 as 7:30h, 8:30 as 09:30h, 11:30 as 12:30h, 14:30 as 15:30h e 16:30 as 17:30h, identificados nos gráficos por 7h, 9h, 12h, 15h e 17h respectivamente, adaptado de Costa e Marengo (2007), Mendes, Marengo e Magalhães (2013)

e Tonello e Filho (2012). De tal modo que cada avaliação foi submetida a três repetições, distribuídas nos dias 17, 18 e 19 de novembro de 2015 (período de estiagem) e 24, 25 e 26 de abril de 2016 (período chuvoso).

As variáveis ecofisiológicas analisadas foram: clorofila (CI), condutância estomática (Gs), temperatura da folha (Tfolha), umidade da folha (Ufolha), Déficit de Pressão de Vapor (DPV) e transpiração (T). Sendo que a aferição dessas variáveis foi realizada nas plantas de *V. americana* em seu habitat natural, no sub-bosque da floresta, sempre contemplando métodos avaliativos não destrutivos.

Para a obtenção do teor de clorofila nas folhas, foi utilizado um medidor portátil de clorofila (AtLeaf®), e os valores obtidos foram convertidos para clorofila total, de acordo com os cálculos de Zhu et al. (2012), por meio do site www.atleaf.com. As medidas de condutância estomática, temperatura e umidade da folha foram realizadas utilizando-se um porômetro, modelo sc-1/Decagon®, com leitura automática de 30 segundos por ponto coletado. Ambos os equipamentos foram colocados no terceiro folíolo, buscando um único tecido do mesofilo, evitando-se as nervuras.

Para o estudo do comportamento ecofisiológico da planta, utilizou-se ainda a variável Déficit de Pressão de Vapor, que é a medida da quantidade de vapor d'água necessária para que o ambiente atinja o ponto de saturação, e a variável transpiração, que é a eliminação da água da planta pela folha, calculados através do método proposto por Landsberg (1986) e Buck (1981), respectivamente.

2.2.2. Radiação

As medidas de Radiação Global do município de Medicilândia, para o período de 01 de junho de 2015 até 30 de julho de 2016, foram fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia, em KJ.m^{-2} , via e-mail (INMET-SADMET, 2016). Estes dados foram

transformados segundo a tabela de conversão de McCree (1981) para a unidade de radiação fotossinteticamente ativa (PAR em $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

A medição da radiação fotossinteticamente ativa que chegava até a folha foi realizada sob luz natural e concomitante aos horários das avaliações fisiológicas, utilizando o sensor Apogee Quantum, modelo MQ-300 Series.

Para obter o percentual de radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel da floresta, foi realizada uma regra de três simples, levando em consideração a radiação que chegava ao dossel da floresta e a radiação mensurada nas folhas de *V. americana* no sub-bosque.

2.2.3. Análise Estatística

O comportamento das variáveis ecofisiológicas (clorofila, condutância estomática, umidade da folha, temperatura da folha, PAR, DPV e transpiração) em função da sazonalidade foi testada por meio da Análise de Variância (ANOVA) de medidas repetidas, e depois de constatada diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para avaliar quais fatores influenciaram na resposta ecofisiológica de *V. americana*, foi realizada a Análise Multivariada Permutacional de Variância (PERMANOVA) com base em uma matriz de similaridade de distância euclidiana (Anderson, 2001). Levando em consideração três fatores: a sazonalidade, os estágios de desenvolvimento do acapu e os diferentes horários do dia. Os fatores significativos e suas interações foram analisados por meio da comparação de pares da estatística-t com 999 permutações.

A fim de verificar a correlação entre as variáveis ecofisiológicas, foi realizada a Análise de Redundância (RDA).

Para a comparação dos dados de crescimento das plantas de *V. americana*, incremento em diâmetro e altura, inicialmente, foram aplicados os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de variâncias de Levene.

Para os dados de incremento em diâmetro, foi constatada a normalidade e homocedasticidade dos dados, portanto, se tratando de dados paramétricos, os mesmos foram submetidos à ANOVA a 5% de probabilidade de erro. Em contrapartida, para os dados de incremento em altura, foi aplicado o teste Kruskal-Wallis a 5% de significância, uma vez que a pressuposição de normalidade não foi atendida.

Todas as análises estatísticas foram realizadas na Plataforma R, versão 3.1.2 (R Development Core Team, 2015). Para os testes de PERMANOVA e RDA utilizou-se o Programa VEGAN (Oksanen et al., 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo dados do INMET, nos últimos 5 anos, a precipitação pluviométrica no município de Medicilândia foi em média 2.059,5mm. Por outro lado, o ano de 2015 registrou apenas 1.619mm, sendo 1.410mm correspondente ao período chuvoso e 209mm ao período de estiagem. Essa diferença explica-se, porque em 2015 ocorreu o fenômeno climático El niño, deixando a região amazônica mais quente e mais seca (INMET, 2016).

A precipitação pluviométrica no mês de novembro de 2015 (período de estiagem) foi de 15,2mm e a temperatura média 27,7°C, em contrapartida, o mês de abril de 2016 (período chuvoso), registrou precipitação de 96,8mm e temperatura média de 25,6°C (INMET, 2016) (Figura 2).

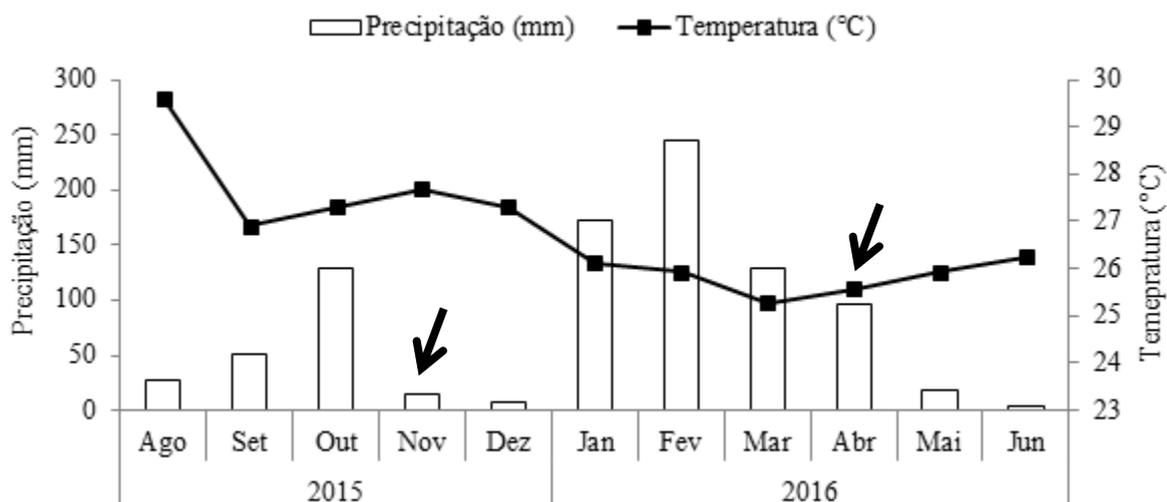


Figura 2 - Precipitação e temperatura mensal no período de agosto/2015 a junho/2016, no município de Medicilândia-PA. As setas acima das barras indicam os meses que foram realizados as medições.

Analisando de forma conjunta todos os indivíduos (muda, vara e arvoretas), no período de estiagem, a umidade relativa do ar e a umidade da folha foram inferiores aos valores registrados no período chuvoso (Figura 3-A). O mesmo foi verificado no trabalho de Cunha et al. (2013), ao realizar uma avaliação fisiológica de plantas jovens de mogno brasileiro e africano durante as estações seca e chuvosa no nordeste do estado do Pará.

Durante o período analisado, a média da umidade relativa do ar foi de 79%, declinando para 56% no final do dia, no período de estiagem (dias 320, 321 e 322 de 2015), em contrapartida, no período chuvoso (dias 114, 115 e 116 de 2016) a umidade foi de 95%, declinando para 72%. Durante o período experimental, a umidade da folha apresentou valores inferiores à umidade do ambiente, acompanhando a oscilação da umidade do ar durante todo o dia, em ambos os períodos sazonais (Figura 3-A).

É possível verificar que a umidade da folha declina no decorrer do dia, estando de acordo com Costa e Marengo (2007), que observaram uma queda acentuada no potencial hídrico foliar ao longo do dia, refletindo as variações diurnas da temperatura do ar e do DPV (Figura 3-A).

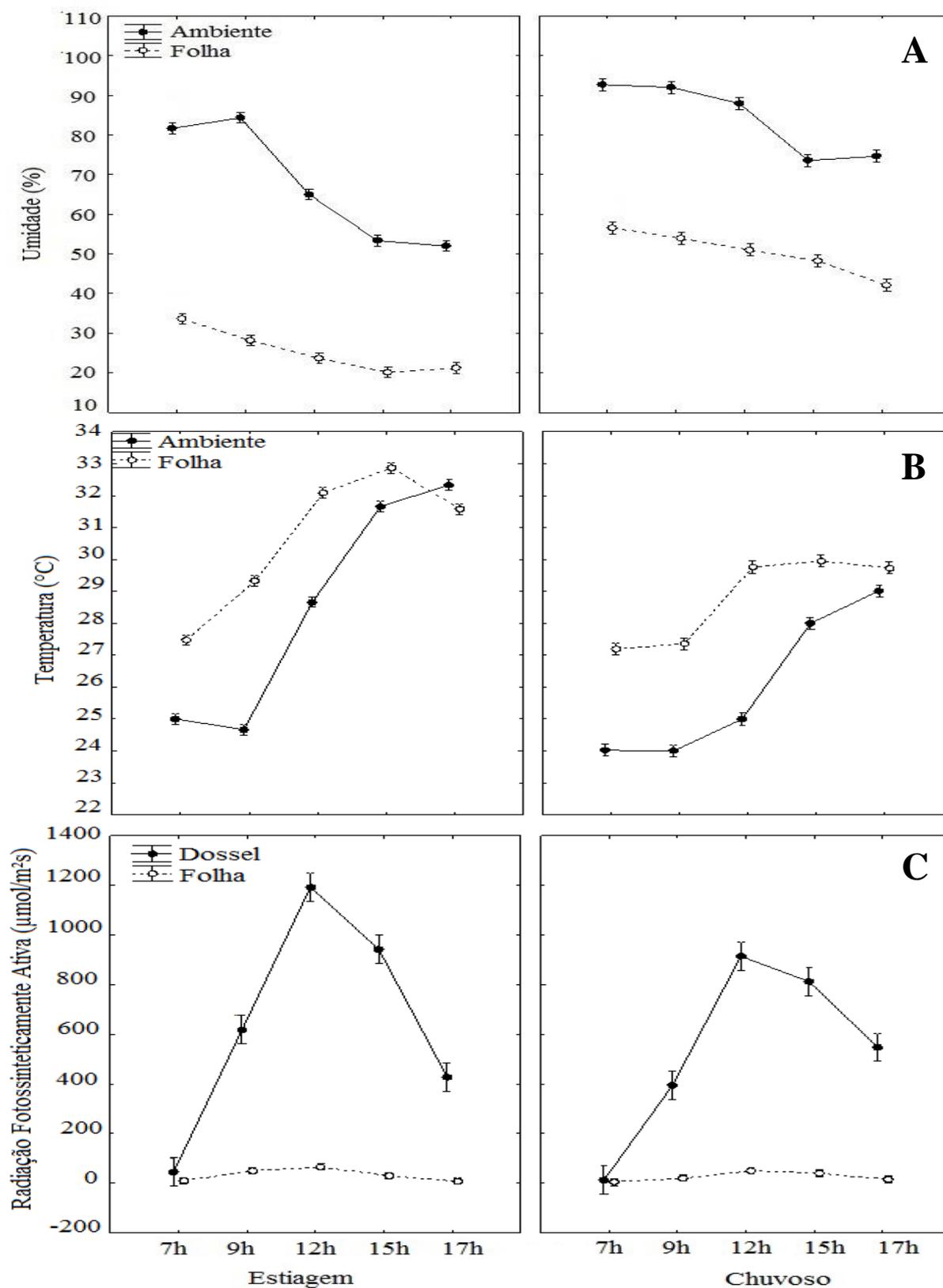


Figura 3 - Variação de umidade do ambiente e umidade da folha (A), temperatura do ambiente e da folha (B) e Radiação fotossinteticamente ativa do dossel da floresta e da folha (C) de *V. americana*, nos dias de medições no período de estiagem e chuvoso (dias 320, 321 e 322 de 2015, e 114, 115 e 116 de 2016, respectivamente), no município de Medicilândia-PA, Brasil.

Segundo Schulze et al. (1972), a baixa umidade do ar provoca o fechamento estomático e a alta umidade, conduz a abertura, dessa forma, os estômatos da folha funcionam como o principal sensor de umidade, atuando no controle hídrico da planta. Para Barbosa et al. (2012), a compreensão dos ajustes dos estômatos nas trocas de água e carbono pode ser o ponto de partida para compreensão das respostas de uma comunidade florística à variabilidade ambiental.

Nos cursos diurnos, a temperatura média do ar foi de 28,5°C no período de estiagem e 26°C no período chuvoso, sendo a temperatura da folha em média 2.2°C e 2.8°C superior a temperatura do ar, para ambos os períodos respectivamente (Figura 3-B).

Dados similares entre os valores médios da temperatura ambiente e da temperatura da folha foram encontrados por Nogueira et al. (2000), em pesquisa realizada em Pernambuco, contudo, diferentemente do que foi observado no presente estudo, em que os valores mais elevados foram registrados às 15h do período de estiagem, no estudo de Nogueira et al. (2000), os máximos foram observados às 12h, em ambas as estações.

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) do dossel da floresta foi em média 631 $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no período de estiagem e 525 $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no período chuvoso. Por outro lado, a PAR que chegou às folhas das plantas de *V. americana* se manteve constante em ambos os períodos sazonais, sendo em média 35 $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no período de estiagem e 26 $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no período chuvoso (Figura 3-C).

Nesta pesquisa foi comprovado que de toda a radiação solar global que chega ao dossel, apenas 5% se reverte em radiação fotossinteticamente ativa em folhas de *V. americana* localizadas no sub-bosque da floresta.

Isso é comum em regiões com vegetação densa (como a do presente estudo), onde o crescimento e a sobrevivência das espécies arbóreas no sub-bosque estão limitados, sobretudo pela disponibilidade de irradiância (Bazzaz e Pickett, 1980; Chazdon et al., 1996; King, 1994; Marengo e Vieira, 2005).

Ademais, Larcher (2006) e Werner et al. (2001), mencionam que em ambiente natural, a luz é um dos fatores que apresenta maior variabilidade, estando suscetível a vários fatores, dentre eles: passagem de nuvens, posição do sol e composição florística no entorno de cada indivíduo analisado.

As variáveis ecofisiológicas das plantas de *V. americana* refletiram diretamente as oscilações dos aspectos ambientais, observando-se diferenças significativas entre os períodos de estiagem e chuvoso (Tabela 1 e Tabela 2).

Tabela 1 - Valores médios da temperatura da folha (Tfolha), umidade da folha (Ufolha), condutância estomática (Gs), déficit de vapor de pressão (DPV), transpiração (T) e clorofila (Cl) em diferentes horários do dia, no período de estiagem e chuvoso.

Horário	T folha		U folha		Condutância		DPV		Transpiração		Clorofila	
	Estiagem	Chuvoso	Estiagem	Chuvoso	Estiagem	Chuvoso	Estiagem	Chuvoso	Estiagem	Chuvoso	Estiagem	Chuvoso
7h	27,47aA	27,19aA	33,64cA	56,86cB	37,90aA	58,84bB	1,08aA	0,84aB	0,42aA	0,51bB	0,04aA	0,03aA
9h	29,33bA	27,36aB	28,20cA	53,87bB	27,60aA	76,24aB	1,48bA	0,91aB	0,41aA	0,63aA	0,04aA	0,03aA
12h	32,10cA	29,77bB	23,64bcA	51,05aB	21,23aA	75,73aB	2,24cA	1,41cB	0,48aA	1,07bB	0,04aA	0,03aA
15h	32,87cA	29,95bB	20,10bA	48,40aB	16,65aA	71,23aB	2,52dA	1,47cB	0,43aA	1,05bB	0,04aA	0,03aA
17h	31,58cA	29,73bB	21,20aA	42,46aB	18,05aA	36,82aA	2,14cA	1,21bB	0,39aA	0,47aA	0,04aA	0,03aA

Valores médios seguidos de mesma letra minúscula na coluna e de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 2 - PERMANOVA das variáveis ecofisiológicas das plantas de *V. americana*, levando em consideração a influência dos períodos sazonais, dos diferentes estágios de desenvolvimento, dos horários ao longo do dia, bem como das interações entre essas variáveis.

Variáveis		Períodos	Estágios de desenvolvimento	Horários	Interações			
					Período-Estágio	Período-Horário	Estágio-Horário	Período-Estágio-Horário
T folha	F	180.65	3.94	425.47	0.51	17.73	5.57	0.1
	R ²	0.21842	0.00952	0.51442	0.00123	0.02144	0.01347	0.00024
	p-valor	0.001*	0.021*	0.001*	0.597	0.001*	0.007*	0.921
U folha	F	1863.6	7.03	268.32	23.51	0.03	5.66	4.1
	R ²	0.77794	0.00587	0.11201	0.01963	0.00001	0.00473	0.00343
	p-valor	0.001*	0.003*	0.001*	0.001*	0.874	0.004*	0.017*
Condutância	F	92882	1272	34871	2268	14524	3189	4435
	R ²	0.2672	0.00732	0.10032	0.01305	0.04178	0.01835	0.02552
	p-valor	0.001*	0.288	0.001*	0.089	0.001*	0.045*	0.016*
DPV	F	381	3.68	344.98	0.3	50.62	4.74	0.1
	R ²	0.38987	0.00754	0.35301	0.0006	0.0518	0.00971	0.00021
	p-valor	0.001*	0.029*	0.001*	0.724	0.001*	0.011*	0.912
Transpiração	F	56078	0.75	3569	1982	3879	2299	3651
	R ²	0.2125	0.00569	0.01353	0.01502	0.0147	0.01742	0.02767
	p-valor	0.001*	0.498	0.052.	0.148	0.056.	0.117	0.029*
Clorofila	F	297094	14143	0.2074	37163	0.0874	0.6831	0.1088
	R ²	0.13213	0.01258	0.00092	0.03306	0.00039	0.00608	0.00097
	p-valor	0.001*	0.247	0.659	0.032*	0.786	0.495	0.91

* Apresentaram valor significativo, igual ou inferior a 0,05.

Temperatura da folha e DPV são diretamente proporcionais à temperatura ambiente, a temperatura do ar mais elevada, observada no período de estiagem (em média 2,5°C superior ao período chuvoso), resultou em valores mais elevados de T_{folha} e de DPV, além de valores mais baixos de U_{folha} , G_s e transpiração. Sendo esse comportamento ecofisiológico oposto no período chuvoso, devido, sobretudo aos maiores valores de umidade relativa do ar.

É de se esperar que as plantas apresentem um comportamento distinto entre os períodos sazonais, em razão da aclimação dos indivíduos às condições ambientais de cada período (estiagem ou chuvoso). Marengo et al. (2014), ao analisarem a fisiologia das espécies florestais na Amazônia, verificaram que no período de estiagem, devido ao aumento da irradiância e redução da umidade, os estômatos fecham à proporção que o DPV aumenta, influenciando diretamente na G_s e no controle hídrico da planta.

Quanto à T_{folha} , o valor mais elevado foi registrado para a muda de *V. americana* (Figura 4-A), devido à localização desses indivíduos em um ambiente influenciado pelo efeito de borda, com maior incidência de radiação solar. Acarretando, conseqüentemente, em maiores valores para DPV (Figura 5-A) e baixos valores para U_{folha} (Figura 4-B).

Em relação à U_{folha} e a G_s , foi observado que, no período de estiagem, os três estágios de desenvolvimento tiveram comportamento semelhante, em que os valores foram decrescendo ao longo do dia. Por outro lado, no período chuvoso, a média dos valores registrados apresentou uma diferença maior entre as classes de desenvolvimento, em que, a muda exibiu os menores valores. Por exemplo, às 15 horas, a muda apresentou U_{folha} de 39% e G_s em torno de $48 \text{ mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, a vara 53% de U_{folha} e $92 \text{ mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de G_s , e a arvoreta 54% de U_{folha} e $75 \text{ mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de G_s (Figura 4-B e C). Esse comportamento da muda pode ser decorrente do sistema radicular menos desenvolvido quando comparado à vara e arvoreta.

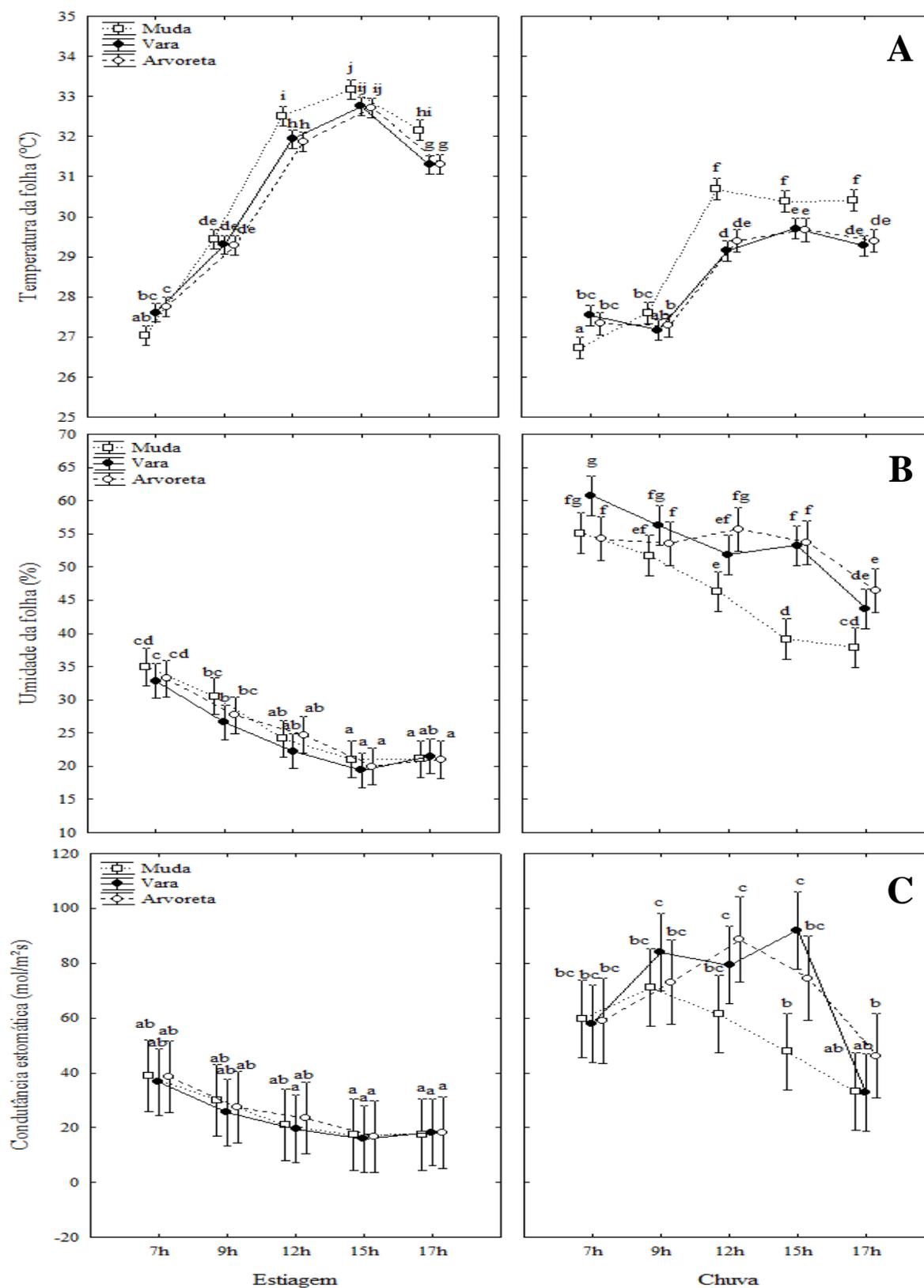


Figura 4 - Curso diário da temperatura da folha (A), umidade da folha (B) e condutância estomática (C) de mudas, varas e arvoretas de *V. americana*, nos dias de medições no período de estiagem e chuvoso (dias 320, 321 e 322 de 2015, e 114, 115 e 116 de 2016, respectivamente), no município de Medicilândia-PA, Brasil. Valores médios seguidos de mesma letra minúscula na horizontal não diferem significativamente, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

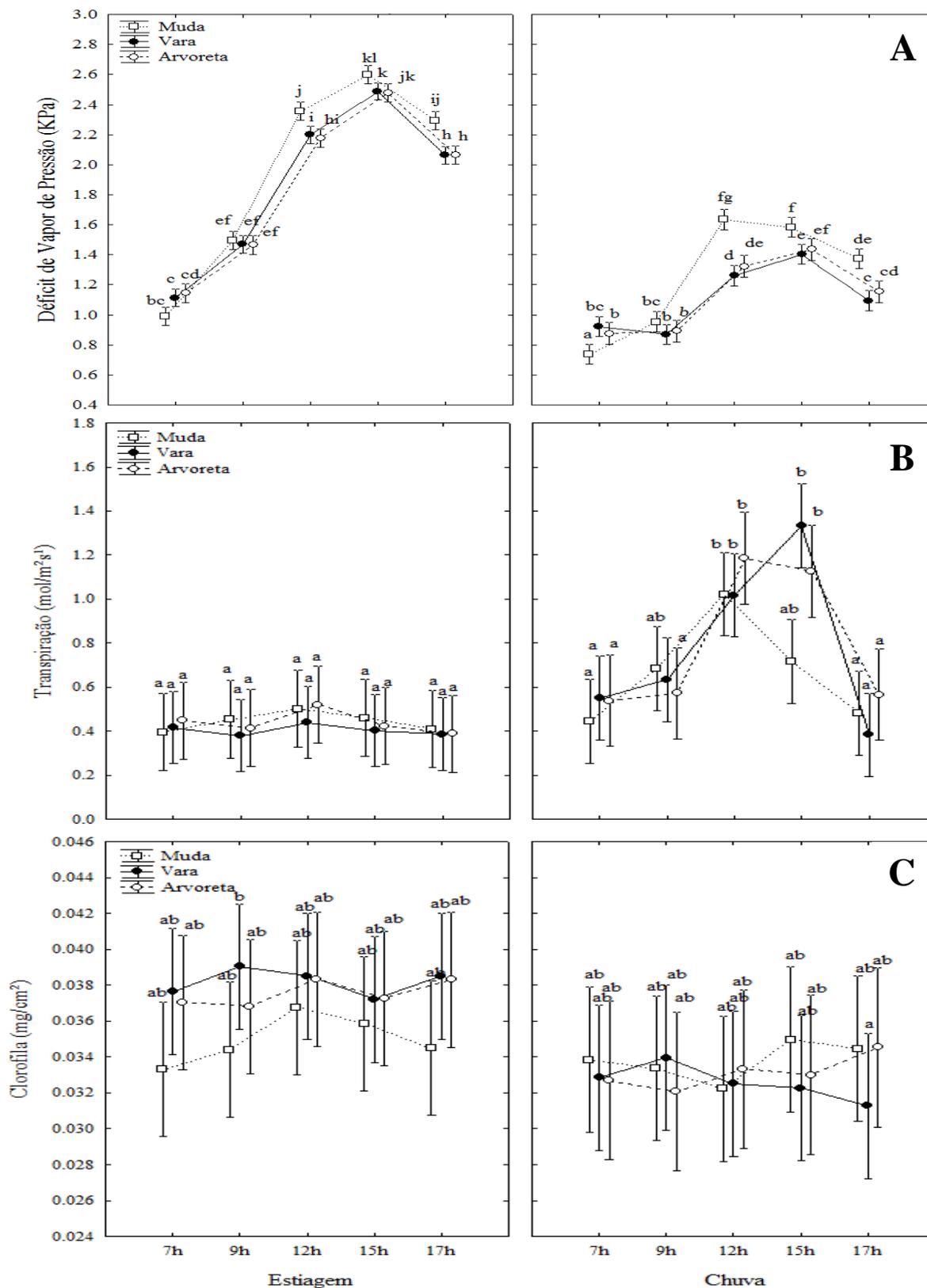


Figura 5 - Curso diário de déficit de vapor de pressão (A), transpiração (B) e clorofila (C) de mudas, varas e arvoretas de *V. americana*, nos dias de medições no período de estiagem e chuvoso (dias 320, 321 e 322 de 2015, e 114, 115 e 116 de 2016, respectivamente), no município de Medicilândia-PA, Brasil.

Valores médios seguidos de mesma letra minúscula na horizontal não diferem significativamente, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Para Sack et al. (2002), o movimento de água na folha é muito importante, uma vez que, a condutância estomática explica entre 30 e 80% do fluxo de água na planta. Em ambos os períodos sazonais, os três estágios de desenvolvimento de *V. americana* apresentaram valores de condutância mais altos pela manhã e mais baixos pela tarde. Corroborando com Costa e Marengo (2007) e Kallarackal e Somen (1997), que mencionam que pela manhã, quando o potencial hídrico da planta é mais alto, geralmente são observados maiores valores de condutância estomática, enquanto que pela parte da tarde, esses valores são reduzidos, havendo assim, um padrão bastante consistente quanto à variação da condutância estomática durante o dia.

Segundo Oren et al. (1999), isso ocorre porque nos horários mais quentes do dia a condutância estomática tende a diminuir para evitar que o potencial hídrico da folha fique abaixo de níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte de água. Sendo assim, a diminuição da condutância estomática ao longo do dia pode ser atribuída ao efeito combinado entre o aumento do DPV e a diminuição da umidade foliar, sem excluir o efeito da radiação sob as folhas (Costa e Marengo, 2007).

No período de estiagem, as plantas perderam mais água, apresentando valores de DPV mais elevados do que no período chuvoso (Figura 5-A). No estudo de Freitas et al. (2016), ao analisar os compostos osmorreguladores em plantas jovens de *V. americana* submetidos a deficiência hídrica, foi verificado que o acapu se mostrou uma espécie parcialmente tolerante ao estresse hídrico.

Além disso, foi constatado que as mudas de *V. americana* apresentaram um DPV maior do que varas e arvoretas, principalmente as 12 e 17h de ambos os períodos sazonais (Figura 5-A).

O DPV apresentou uma relação direta com o aumento da temperatura da folha, de acordo com Costa e Marengo (2007) e Lima et al. (2016), isso ocorre devido ao fato do DPV ser uma variável que depende da umidade e temperatura do ar e da folha.

Para Streck (2003), quanto maior o DPV maior a quantidade de água que sai da folha, dessa forma, se esta difusão aumenta acima de uma taxa que não pode ser suprida pela estrutura vascular da planta, a folha e a planta inteira podem entrar em uma situação de estresse hídrico.

No que se refere à taxa de transpiração, constatou-se que no período chuvoso há um comportamento distinto entre os estágios de desenvolvimento de *V. americana*, em que, vara e arvoreta apresentaram valores mais elevados de transpiração, mesmo nos horários mais quentes do dia (Figura 5-B).

O comportamento das plantas jovens de *V. americana* está de acordo com a pesquisa de Moraes (1970), que analisou o comportamento hídrico de uma árvore de acapu nas condições de mata Amazônica de terra firme, em que, no período de estiagem, o acapu apresentou baixas taxas de transpiração, com diminuição acentuada da abertura estomática, principalmente a partir das 11h. No período chuvoso, em dia parcialmente nublado, os estômatos permaneceram abertos nos primeiros horários do dia, mas o acapu exibiu uma baixa taxa de transpiração, sendo que a partir das 11:30h houve um fechamento parcial dos estômatos e por volta das 14h a transpiração atingiu valores mais elevados, decorrente da reabertura estomática. No presente trabalho, o pico da transpiração, no período chuvoso, foi verificado às 12 e 15h (Figura 5-B), correspondendo aos horários de maior temperatura do ar e radiação, assim como, da diminuição da umidade ambiente (Figura 3).

A variação da transpiração e da condutância estomática apresentada por *V. americana*, ao longo do dia, em ambos os períodos sazonais, estão de acordo com os dados encontrados

na pesquisa de Lima Filho (2004), ao analisar a variação diurna da ecofisiologia do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) no período de estiagem e chuvoso.

Tendo em vista que as taxas de transpiração estão correlacionadas com o transporte hídrico da planta, que é intensificado no período chuvoso, sugere-se que vara e arvoreta apresentaram maior eficiência no uso da água, o que indica melhor assimilação de gás carbônico neste período do ano.

Nas mudas, apesar das folhas já estarem completamente expandidas, as mesmas ainda estavam no início da maturação, fator que contribuiu para que o teor de clorofila se mantivesse constante entre os períodos sazonais, enquanto que nas varas e arvoretas a clorofila apresentou valores elevados no período de estiagem e mais baixos no período chuvoso (Figura 5-C).

Os valores mais altos registrados no período de estiagem (novembro de 2015) e mais baixos no período chuvoso (abril de 2016) podem ser atribuídos ao efeito temporal, pois a taxa de clorofila tende a diminuir com o processo de maturação foliar. Para Marengo e Lopes (2009), as baixas taxas de fotossíntese nas folhas senescentes estão relacionadas, sobretudo, a degradação da clorofila e a perda da funcionalidade dos cloroplastos.

Certamente, a variação no comportamento ecofisiológico do acapu está fortemente relacionada aos aspectos ambientais, em que os dois primeiros eixos da RDA explicaram 99,90% dessa variação, sendo que o primeiro explicou 96,20% e o segundo 3,70% (Figura 6-A).

Foi observado que cada estágio de desenvolvimento de *V. americana* se comportou de determinada forma às variações ambientais, em que varas e arvoretas apresentaram respostas mais favoráveis às variações de temperatura e umidade do ar, exibindo altas taxas de Gs e menores valores de DPV, aproveitando melhor os recursos disponíveis no ambiente no período chuvoso (Figura 6).

A temperatura da folha e a PAR estão correlacionadas positivamente com o DPV, e negativamente com o teor de umidade da folha, que por sua vez, está correlacionado positivamente com a condutância estomática das plantas de *V. americana* (Figura 6-C).

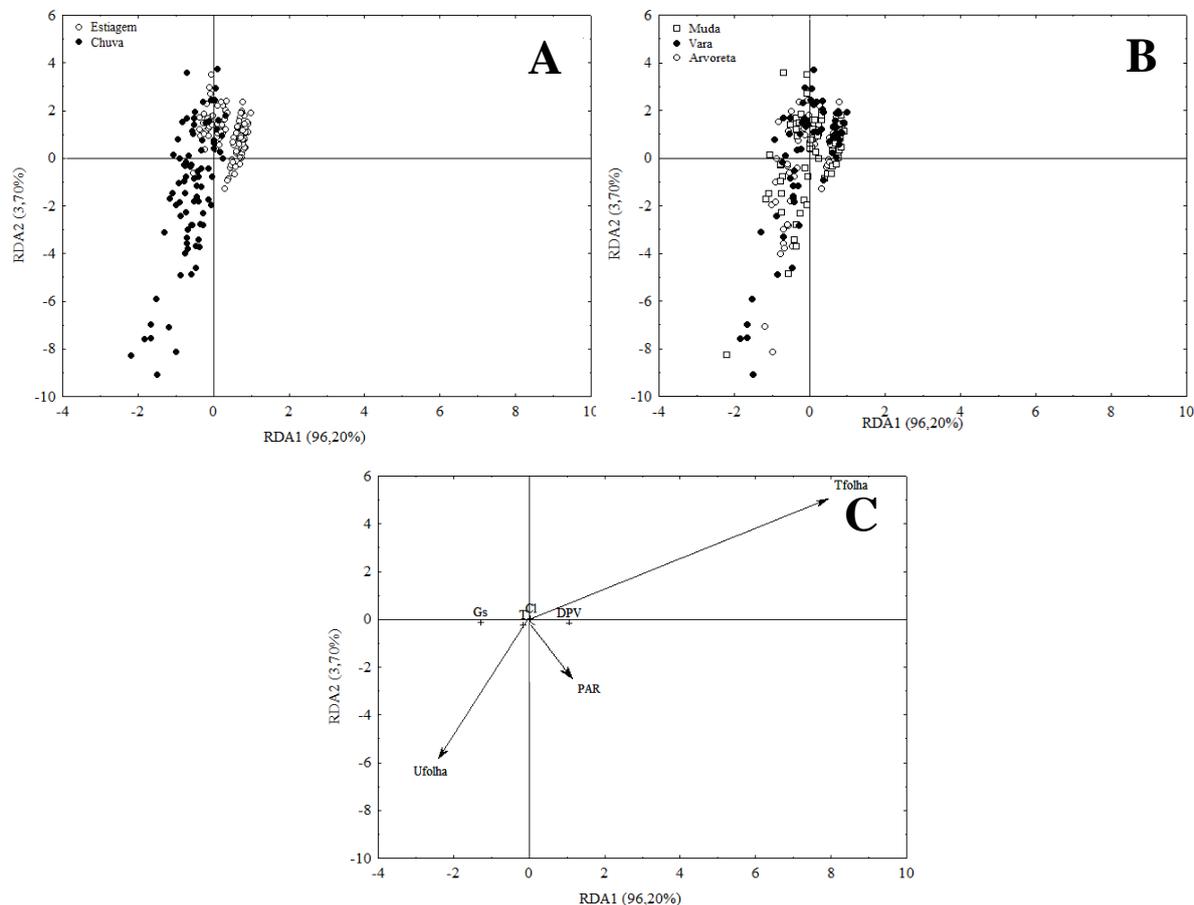


Figura 6 - RDA das variáveis ecofisiológicas (umidade da folha, temperatura da folha, condutância estomática, transpiração, clorofila e déficit de vapor de pressão) no período de estiagem e chuvoso (A), em função dos estágios de muda, vara e arvoreta de *V. americana* (B), e interação entre as variáveis ecofisiológicas (C).

Variáveis ecofisiológicas: Ufolha = umidade da folha, PAR = radiação fotossinteticamente ativa, Tfolha = temperatura da folha, Gs = condutância estomática, T = transpiração, Cl = clorofila e DPV = déficit de vapor de pressão.

No estudo de Costa e Marengo (2007), ao analisar o efeito da variação climática nas variáveis ecofisiológicas da andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), também foi possível observar uma correlação positiva entre a temperatura da folha e o DPV, em que a variação na temperatura da folha refletiu estreitamente as mudanças no DPV.

As plantas de *V. americana* apresentaram correlação negativa entre o DPV e a condutância estomática, assim, quanto maior o DPV menor é o valor da condutância, obedecendo ao padrão comum das espécies florestais (David et al., 2002).

Entretanto, ao analisar o incremento em diâmetro e altura dos estágios de desenvolvimento de *V. americana*, não foram observadas diferenças estatísticas entre o crescimento das plantas jovens de acapu no sub-bosque da floresta (Tabela 3).

Tabela 3 - Área foliar e valores máximos e mínimos do incremento de crescimento em diâmetro e altura entre os estágios de desenvolvimento de *V. americana*.

Estágios de desenvolvimento	Média da área foliar total (cm ²)	Incremento em diâmetro (mm)		Incremento em altura (m)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Mudas	773	0,11	1,38	0,04	0,12
Varas	2.433	0,40	2,58	0,12	0,32
Arvoretas	9.013	0,32	1,56	0,07	0,54
Análise estatística	Estatística (2,13)=	F= 0,4563		H= 5,5015	
	p=	0,6433		0,0638	

Portanto, por mais que tenham sido evidenciadas respostas ecofisiológicas diferentes para muda, vara e arvoreta, o incremento de crescimento das plantas de *V. americana* não apresentou diferença significativa entre as classes de desenvolvimento. Estando de acordo com Magalhães et al. (2014), ao analisar os fatores que afetaram o crescimento e a fotossíntese de mudas na Amazônia, que constataram que ao contrário do que tem sido observado em árvores adultas, para árvores na fase juvenil não tem sido notado efeito da sazonalidade em seu crescimento e desenvolvimento.

A razão de não haver diferença no incremento de crescimento, também pode estar relacionado ao fato do intervalo de uma medição para outra ter sido inferior a seis meses, acredita-se que o acompanhamento em longo prazo talvez possa implicar em outro resultado.

4. CONCLUSÕES

A variação do clima local, temperatura e umidade do ar, em condições naturais, foram os principais responsáveis pelo comportamento ecofisiológico de *V. americana*.

No período de estiagem, as plantas apresentaram altos valores de temperatura da folha, DPV elevado e baixas taxas de transpiração e condutância estomática. Por outro lado, no período chuvoso, a umidade da folha e a condutância estomática foram mais elevadas.

De modo geral, as variáveis ecofisiológicas apresentaram um padrão distinto ao longo do dia, com exceção da condutância estomática e da transpiração no período de estiagem, e da clorofila em ambos os períodos sazonais, em que, foi verificado que os valores oscilaram no decorrer do dia, mas não houve um comportamento distinto entre o clima mais ameno da manhã e o mais quente da tarde.

Vara e arvoreta apresentaram melhor adaptabilidade às variações de temperatura e umidade do ar, exibindo valores mais altos para condutância estomática e transpiração no período chuvoso.

Os estágios de desenvolvimento estudados apresentaram incremento em diâmetro e altura semelhante.

5. REFERÊNCIAS

AMTHOR, J.S. **Respiration and crop productivity**. Springer-Verlag, New York, 215 p. 1989.

ANDERSON, M.J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, 26: 32-46, 2001.

ARAGÃO, I.L.G.; ALMEIDA, S.S. Estrutura ecológica comparada de populações de acapu (*Vouacapoua americana* Aubl., Caesalpiniaceae) em duas florestas de terra firme na Amazônia Oriental. In: LISBOA, P.L.B. org. **Caxiuanã**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1: 273-290, 1997.

BARBOSA, J.P.R.A.D.; RAMBAL, S.; SOARES, A.M.; MOUILLOT, F.; NOGUEIRA, J.M.P.; MARTINS, G.A. Plant Physiological Ecology and the Global Changes. **Ciência e Agrotecnologia**, 36(3): 253-269, 2012.

BAZZAZ, F.A.; PICKETT, S.T.A. The physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 11: 287-310, 1980.

BERRY, J.; BJORKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, 31: 491-543, 1980.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria n. 443, de 17 de dezembro de 2014**. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção". Diário Oficial da União, seção 1, p. 110-121.

BUCK, A. L. New equations for computing vapor pressure and enhancement factor. **Journal of Applied Meteorology**, 20: 1527-1532, 1981.

CHAZDON, R.L. et al. Photosynthetic responses of tropical forest plants to contrasting light environments. In: MULKEY, S.S.; CHAZDON, R.L.; SMITH, A.P. **Tropical forest plant ecophysiology**. New York: Chapman & Hall, 1996, p. 5-55.

COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, 37 (2): 229-234, 2007.

CUNHA, R.L.M. da; SANTOS FILHO, B.G. dos; COSTA, R.C.L. da; VIÉGAS, I. de J.M. Physiological assessment in young Brazilian and African mahogany plants during the dry and rainy seasons in northeastern Para state, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, 56(3): 255-260, 2013.

DAVID, T.S.; FERREIRA, I.; PEREIRA, J.S.; COHEN, S.; DAVID, J.S. Transpiração em árvores isoladas de um montado de azinho: evolução sazonal e condicionantes hidráulicas. **Silva Lusitana**, 10(2): 133-149, 2002.

FISCH, G.; MARENCO, J.A.; NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, 28(2): 101-126, 1998.

FRANCA, R.R. da. Climatologia das chuvas em Rondônia - período 1981-2011. **Geografias**, 11(1): 44-58, 2015.

FREITAS, J.M.N. de; et al. Osmoregulators compounds in young plants of *Vouacapoua americana* Aubl. submitted to water deficit. **International Journal of Current Research**, 8(10): 40343-40349, 2016.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 08 de jan. 2016.

INMET-SADMET, **Dados meteorológicos extraídas do Sistema de Informações Hidro-Meteorológica (SIM) do Inmet**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por <sadmet.df@inmet.gov.br> em 9 agosto 2016.

KALLARACKAL, J.; SOMEN, C. K. An ecophysiological evaluation of the suitability for plant in the tropics. **Forest Ecological and Management**, 95(1): 53-61, 1997.

KING, D.A. Influence of light level on the growth and morphology of saplings in a Panamanian forest. **American Journal of Botany**, 81: 948-957, 1994.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 3 ed. 2006. 550 p.

LANDSBERG, J.J. **Physiological ecology of forest production**. London: Academic Press, 1986, 198 p.

LIMA, M. J. A. et al. Efeito combinado das variáveis meteorológicas sobre a condutância estomática do feijão-caupi. **Horticultura Brasileira** 34(4): 547-553, 2016.

LIMA FILHO, J. M. P. Gas exchange of the umbu tree under semiarid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura** 26 (2): 206-208, 2004.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Nova Odessa, v. 2, 3 ed. 2009, 384 p.

MAGALHÃES, N.S; MARENCO, R.A.; CAMARGO, M.A.B. Do soil fertilization and forest canopy foliage affect the growth and photosynthesis of Amazonian saplings? **Scientia Agricola**, 71: 58-65, 2014.

MARENCO, R.A. et al. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, 61: 786-799, 2014.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal**: Fotossíntese, respiração, relações hídricas, nutrição mineral. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 486p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal**: Fotossíntese, respiração, relações hídricas, nutrição mineral. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 451p.

MARENCO, R.A.; VIEIRA, G. Specific leaf area and photosynthetic parameters of tree species in the forest understory as a function of the microsite light environment in Central Amazonia. **Journal of Tropical Forest Science**, 17: 265-278, 2005.

MCCREE, K. J. Photosynthetically active radiation. In: LANGE, O. L.; NOBEL, P. S.; OSMOND, C. B.; ZIEGLER, H. (eds.). **Encyclopedia of Plant Physiology**, 12(A): 41-55, 1981.

MENDES, K. R.; MARENCO, R. A.; MAGALHÃES, N. S. Crescimento e eficiência fotossintética de uso do nitrogênio e fósforo em espécies florestais da Amazônia na fase juvenil. **Revista Árvore**, 37 (4): 707-716, 2013.

MORAES, V. H. F. Comportamento hídrico de *Vouacapoua americana* Aubl. (acapu) e *Licania macrophylla* Benth (anoerá), nas condições de mata Amazônica de terra firme. **Série: Botânica e Fisiologia Vegetal**, 1 (1): 7-21, 1970.

NOBRE, C. A. Amazônia: fonte ou sumidouro de carbono? In: BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. **Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.197-224, 2001.

NOBRE, C.A.; SELLERS, P.J.; SHUKLA, J. "Amazonian deforestation and regional climate change". **Journal of Climate**, 4: 957-988, 1991.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V. de; BURITY, H. A. Curso diário e sazonal das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar em aceroleiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35(7): 1331-1342, 2000.

OKSANEN, J., BLANCHET, F.G., KINDT, R., LEGENDRE, P., MINCHIN, P.R., O'HARA, R.B., SIMPSON, G.L., SOLYMOS, P., STEVENS, M.W.H. & WAGNER, H. **Vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.3-0. 2015. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

OREN, R.; SPERRY, J.S.; KATUL, G.G.; PATAKI, D.E.; EWERS, B.E.; PHILLIPS, N.; SCHAFFER, K.V.R. Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal

sensitivity to vapour pressure deficit. **Plant, Cell and Environment**, 22(12): 1515-1526, 1999.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. URL <http://www.R-project.org/>.

SACK, L., MELCHER, P. J., ZWIENIECKI, M. A., HOLBROOK, N. M. The hydraulic conductance of the angiosperm leaf lamina: a comparison of three measurement methods. **Journal of experimental botany**, 53(378): 2177-2184, 2002.

SCHULZE, E.D. et al.; Stomatal responses to changes in humidity in plants growing in the desert. **Planta**, 108(3):.259-270, 1972.

SILVA, J. M. N.; LOPES, J. C. A.; OLIVEIRA, L. C.; SILVA, M. A.; CARVALHO, J. O. P.; COSTA, D. H. M.; MELO, M. M. S.; TAVARES, M. J. M. **Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005, 68 p.

STRECK, N.A. Stomatal response to water vapor pressure deficit: an unsolved issue. **Revista Brasileira Agrobiologia**, 9(4): 317-322, 2003.

TONELLO, K. C.; FILHO, J. T. Ecofisiologia de três espécies arbóreas nativas da mata atlântica do Brasil em diferentes regimes de água. **Irriga**, 17(1): 58-101, 2012.

WANG, W. X., VINOCUR, B; SHOSEYOV, O; ALTMAN, A. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. **Acta Horticulturae**, 560: 285-292, 2001.

WERNER, C.; RYEL, R.J.; CORREIA, O. BEYSCHLAG, W. Structural and functional variability within the canopy and its relevance for carbon gain and stress avoidance. **Acta Oecologica-International Journal Of Ecology**, 22(2):129-138, 2001.

ZHU, J.; TREMBLAY, N.; LIANG, Y. Comparing SPAD and atLEAF values for chlorophyll assessment in crop species. **Canadian Journal of Soil Science**, 92(4): 645-648, 2012.

Este capítulo está formatado nas normas dos **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, disponível em: <<http://www.abc.org.br>>

Artigo 2

ANATOMIA FOLIAR DE PLANTAS JOVENS DE ACAPU (*Vouacapoua americana* Aubl.), AMAZÔNIA ORIENTAL

**ANATOMIA FOLIAR DE PLANTAS JOVENS DE ACAPU (*Vouacapoua americana*
Aubl.), AMAZÔNIA ORIENTAL²**

Solange Henchen Trevisan²
Rairys Cravo Herrera³
Alisson Rodrigo Souza Reis⁴

² Secretária de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade-SEMAS, Rua Dragão do Mar, Bairro Premem, 68372-566, Altamira, PA, Brasil

³ Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará-UFPA/Altamira, Rua Coronel José Porfírio, Bairro São Sebastião, 68372-040, Altamira, PA, Brasil

⁴ Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Pará-UFPA/Altamira, Rua Coronel José Porfírio, Bairro São Sebastião, 68372-040, Altamira, PA, Brasil

Palavras-chave:

Acapu; Anatomia foliar; Subfamília Caesalpinioideae.

Seção:

Ciências biológicas

Autor para correspondência:

Solange Henchen Trevisan, e-mail: soltrevisan26@yahoo.com.br

² Artigo editado conforme Instruções para Autores dos **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, acessado pelo seguinte link: < http://www.abc.org.br/article.php3?id_article=100>.

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi caracterizar a anatomia foliar de plantas jovens de *Vouacapoua americana* e verificar se há diferenças estruturais em três estágios de desenvolvimento. A coleta do material foi realizada em uma propriedade rural particular em Medicilândia, Pará. Foram analisados 15 indivíduos de *V. americana*, sendo 5 mudas, 5 varas e 5 arvoretas. O limbo foi dividido em ápice, mediana e base, onde foram realizadas secções da nervura central, porção intermediária e margem, as quais se aplicaram as técnicas de anatomia vegetal. Arvoreta apresentou maior espessura da nervura, do limbo e do parênquima tendendo a paliçádico. Todos os estágios de desenvolvimento apresentaram folha hipoestomática, com frequência média de 719 estômatos por mm². Epiderme unisseriada, com presença de papilas e tricomas. Folha com uma camada de parênquima paliçádico, uma ou duas de parênquima esponjoso e uma de parênquima tendendo a paliçádico. Estruturas secretoras presentes em todo o limbo foliar. Na região da nervura central e do pecíolo, o xilema ocupou a parte central da nervura, apresentando formato de arco. O floema circunda todo o xilema e possui fibras esclerenquimáticas em sua periferia. Portanto, muda, vara e arvoreta apresentaram as mesmas estruturas anatômicas, contudo, as arvoretas apresentaram estruturas mais espessas.

1. INTRODUÇÃO

O acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.) pertence à família Fabaceae e a subfamília Caesalpinoideae, tem sua ocorrência e distribuição nos estados do Amazonas, Maranhão, Amapá, Pará e Acre (Gonzaga 2006). Sendo a subfamília Caesalpinoideae abundante na América do Sul, África Tropical e Sudeste Asiático (Polhill e Raven 1981).

Vouacapoua americana Aubl. é considerada uma das madeiras mais resistentes da Amazônia, estando entre as mais importantes para o comércio paraense, sendo amplamente utilizada para a construção civil em geral e marcenaria (Gonzaga 2006, Rizzini 1990, Rizzini e Mors 1995).

Atualmente, de acordo com a Portaria MMA n° 443, de 17 de dezembro de 2014, *V. americana* consta na lista oficial da flora brasileira ameaçada de extinção na categoria “em perigo” (Brasil 2014). Contudo, devemos ressaltar que os estudos sobre a espécie ainda são insuficientes, havendo uma grande carência de informações, sobretudo, a respeito da anatomia foliar desses indivíduos.

Na literatura não foram encontrados relatos acerca da anatomia foliar do gênero *Vouacapoua* e da *V. americana*. Os trabalhos mais recentes que envolvem a anatomia foliar de espécies pertencentes à família Fabaceae são de Francino et al. (2015) com a *Chamaecrista* (L.) Moench sect. *Absus* e Marinho et al. (2016) com a *Bauhinia* s.s., ambas pertencentes a subfamília Caesalpinoideae.

Para esta subfamília, os caracteres da anatomia foliar incluem: folhas dorsiventrais; estômatos predominantemente paracíticos; folhas principalmente hipoestomáticas, sendo os estômatos escassos na face adaxial, embora, em alguns casos apareçam bem difundidos em ambas as faces; com ocorrência esporádica de drusas e estruturas secretoras frequentes (Watson 1981).

Estudos com esse propósito, aliados a outras informações relevantes de *V. americana*, é uma ferramenta de extrema importância para a conservação e manejo da espécie. Nesse

contexto, o objetivo desse trabalho foi caracterizar a anatomia foliar de plantas jovens de *V. americana* e verificar se há diferenças estruturais em seus três estágios de desenvolvimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCAL DO ESTUDO

A pesquisa foi realizada em um fragmento de floresta de terra firme de uma propriedade rural particular, na vicinal Tiradentes (Km 80), nas coordenadas geográficas 03°30'46.3" de latitude Sul e 52°47'26.5" de longitude Oeste, situada no município de Medicilândia, Estado do Pará, próximo a reserva indígena Arara.

De acordo com a análise de solo, o local de estudo é classificado como Latossolo amarelo distrófico, com pH igual a 5, alto teor de alumínio (1,15/100 ml) e fertilidade muito baixa (18,13%). O local é composto por floresta nativa, com características climáticas do tipo Am, segundo a classificação de Köppen.

2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Foram analisados 15 indivíduos de *V. americana*, sendo 5 mudas, 5 varas e 5 arvoretas, classificados de acordo com Silva et al. (2005): mudas (altura \geq 30 cm e diâmetro $<$ 2,5 cm), varas (2,5 cm \leq diâmetro $<$ 5 cm) e arvoretas (5 cm \leq diâmetro $<$ 10 cm).

2.2.1. Amostragem foliar

Foi escolhida uma folha sadia de cada indivíduo, e nesta folha, um folíolo maduro e completamente expandido. Partindo-se do ápice da folha, foi selecionado o terceiro folíolo nas varas e arvoretas. E nas mudas, por apresentarem um quantitativo de folíolos menor, selecionou-se o segundo folíolo.

As espécimes foram identificadas com etiquetas emplastificadas, fixadas no caule por um laço de polietileno. E os folíolos selecionados, foram removidos e armazenados em ácido acético, para conservar as estruturas celulares, até a análise morfológica e anatômica em laboratório.

2.2.2. Anatomia foliar

Para fixar o material em campo, de forma que as atividades celulares ficassem estáticas, as amostras foram estocadas em uma solução de formaldeído, álcool etílico 70% e ácido acético glacial - FAA70. Posteriormente, as amostras foram desidratadas em série butílica, utilizando-se álcool butílico terciário, e incluídas em parafina histológica (Johansen 1940).

O estudo anatômico das folhas foi realizado no laboratório de genética da Faculdade de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará - UFPA/ Campus Altamira.

A determinação da densidade estomática foi realizada por contagem em microscopia. Em que, foram preparadas lâminas com cortes das faces das folhas utilizando corantes, e em seguida, foi feita a projeção em papel milimetrado sobre as lâminas para determinação da área considerada.

A espessura da nervura, do limbo, da cutícula adaxial e abaxial, da epiderme adaxial e abaxial, do parênquima paliçádico, do parênquima esponjoso e do parênquima tendendo a paliçádico foi determinada com auxílio de lente ocular micrometrada em microscópio óptico.

O limbo foliar foi dividido em ápice, mediana e base, sendo que para cada uma destas regiões foram realizadas secções da nervura central, porção intermediária e margem.

As secções transversais (7-15 μ m de espessura) foram realizadas em micrótomo rotativo semi-automático (Leica RM 2245) e coradas em safranina e azul de astra (Gerlach, 1969). As lâminas permanentes foram montadas em resina sintética e as semi-permanentes em glicerina aquosa (Kaiser 1880).

As fotomicrografias foram obtidas através de microscópio motic, nas diversas objetivas, com câmera digital com resolução 5.0 pixel acoplada, utilizando o software Opticam 2.0. O tratamento das imagens foi realizado no programa Adobe Photoshop CS versão 8.0.1. e as escalas foram confeccionadas com auxílio de lâmina micrometrada nos diversos aumentos.

2.2.3. Análise estatística

Para a comparação dos dados anatômicos dos diferentes estágios de desenvolvimento de *V. americana* (muda, vara e arvoreta), primeiramente, foram aplicados os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de variâncias de Levene, exceto para os dados de espessura da cutícula na face adaxial e abaxial (μm) e espessura da epiderme na face abaxial (μm), que apresentaram o mesmo valor para todos os indivíduos analisados.

Para os dados de espessura da nervura (μm) e do parênquima tendendo a paliçádico (μm) foi verificada a normalidade e homocedasticidade dos dados, constatando-se que se tratava de dados paramétricos, utilizou-se, portanto, à Análise de Variância (ANOVA) de um fator, a 5% de probabilidade de erro. Por outro lado, para as variáveis: densidade estomática ($\text{n}^\circ.\text{mm}^{-2}$), espessura do limbo (μm), da epiderme na face adaxial (μm), do parênquima paliçádico (μm) e do esponjoso (μm), em que as pressuposições de normalidade ou de homogeneidade de variância não foram atendidas, aplicou-se o teste Kruskal-Wallis a 5% de significância.

Quando constatada diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para a realização dessas análises estatísticas utilizou-se a Plataforma R, versão 3.1.2 (R Development Core Team 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vouacapoua americana é uma árvore de grande porte, com altura de 30 a 40 metros, floresce entre janeiro e março e frutifica de abril a maio (Figura 1-A). As folhas de *V. americana* são compostas imparipinadas, de cor verde claro e aspecto brilhoso (Figura 1-B).



Figura 1 - Árvore de *V. americana*. (A) Planta no período da floração. (B) Detalhe das folhas. Fonte: Própria autora (2016).

Nas folhas de *V. americana* foi encontrado um tecido na parte inferior do mesofilo semelhante a um parênquima paliçádico, contudo, não foi possível determinar se de fato se tratava de um tecido parenquimático ou epidérmico, pois para isso é necessário realizar um estudo ontogenético da folha, que não foi o foco dessa pesquisa, deste modo, utilizamos o termo “parênquima tendendo a paliçádico”, empregado por Moreira-Coneglian e Oliveira (2006).

Os valores médios das características anatômicas foliares de *V. americana*, por estágio de desenvolvimento, estão descritos na tabela 1. A análise estatística mostrou que apenas as variáveis: espessura da nervura, do limbo e do parênquima tendendo a paliçádico, apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os estágios de muda, vara e arvoreta.

Tabela 1 - Valores médios das variáveis anatômicas de *V. americana*, nos estágios de muda, vara e arvoreta. Letras diferentes na mesma linha significam que os valores médios de cada estágio são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

Variáveis	Muda	Vara	Arvoreta
Densidade estomática (n°.mm ⁻²)	738,8 a	712,4 a	706,0 a
Espessura da nervura (µm)	410 a	516 b	606 b
Espessura do limbo (µm)	95 a	92 a	104 b
Espessura da cutícula adaxial (µm)	2,5 a	2,5 a	2,5 a
Espessura da cutícula abaxial (µm)	7,5 a	7,5 a	7,5 a
Espessura da epiderme adaxial (µm)	8,0 a	8,0 a	7,5 a
Espessura da epiderme abaxial (µm)	7,5 a	7,5 a	7,5 a
Espessura do parênquima paliçádico (µm)	26 a	27,5 a	26,5 a
Espessura do parênquima esponjoso (µm)	27,5 a	25,0 a	26,5 a
Espessura do parênquima tendendo a paliçádico (µm)	14,5 a	11,88 a	25,42 b

A densidade estomática de muda, vara e arvoreta apresentaram valores aproximados, indicando que todos os indivíduos de *V. americana* analisados possuem a mesma eficiência nas trocas gasosas, sobretudo, no que se refere à absorção de CO₂ (Boeger e Wisniewski 2003). Além do mais, de acordo com Fermino Júnior (2004), espécies com folhas hipoestomáticas, como é o caso da *V. americana*, podem ocupar diversos ambientes, pois este padrão estomático pode minimizar a perda de água para a atmosfera, permitindo que essa espécie ocupe ambientes de maior temperatura e incidência luminosa. Dessa forma, devido à natureza séssil das plantas, os estômatos são elementos vitais para sua adaptação às variações em seu ambiente (Casson e Gray 2008).

Foi observada maior espessura da nervura nas arvoretas, que também apresentaram maior espessura do limbo, possivelmente, devido ao parênquima tendendo a paliçádico ser mais espesso nesses indivíduos (Tabela 1), estrutura essa, que também foi encontrada por Moreira-Coneglian e Oliveira (2006), em espécies da sub-família Caesalpinioideae (Fabaceae).

As espessuras da cutícula e da epiderme, tanto na face adaxial quanto abaxial, não apresentaram diferença estatística entre os estágios de desenvolvimento. Para Gurevitch et al. (2009), o espessamento da cutícula é uma resposta observada em plantas submetidas à condição de elevada irradiância, pois diminui a transpiração e evita a perda de água pelos estômatos. Portanto, o fato de não haver diferença entre o espessamento da cutícula e da epiderme entre muda, vara e arvoreta, pode ser decorrente de estarem submetidas a condições semelhantes de radiação no sub-bosque da floresta.

Na epiderme das folhas de *V. americana* é possível observar que estas são hipostomáticas (Figura 2-A), com frequência média de 719 estômatos por mm². Os estômatos encontrados são do tipo anomocítico e tetracítico, que se diferem quanto à ocorrência e quantidade das células subsidiárias no entorno das células-guarda, em que, o estômato anomocítico não possui células subsidiárias, enquanto que o tetracítico possui quatro células subsidiárias, sendo duas paralelas às células-guarda e as outras duas não.

Nas folhas de *V. americana*, os estômatos anomocíticos foram encontrados dispersos em toda a face abaxial e os tetracíticos na nervura foliar (Figura 2-B e C). Situados no mesmo nível que os demais elementos epidérmicos (Figura 2-E).

Em seção transversal, a epiderme é unisseriada, composta por células epidérmicas comuns (ordinárias), de formato tabular, com diâmetro periclinal maior do que o anticlinal (Figura 2-D). Appezzato-da-Gloria e Carmello-Guerreiro (2006), afirmam que a disposição perfeitamente justaposta das células epidérmicas impede a ação de choques mecânicos e a invasão de agentes patogênicos, além do mais, os autores mencionam ainda, que a presença de uma cutícula espessa e de uma grande quantidade de papilas, tal como encontrado nas folhas de acapu (Figura 2-E), pode restringir a perda de água pela ação da radiação solar.

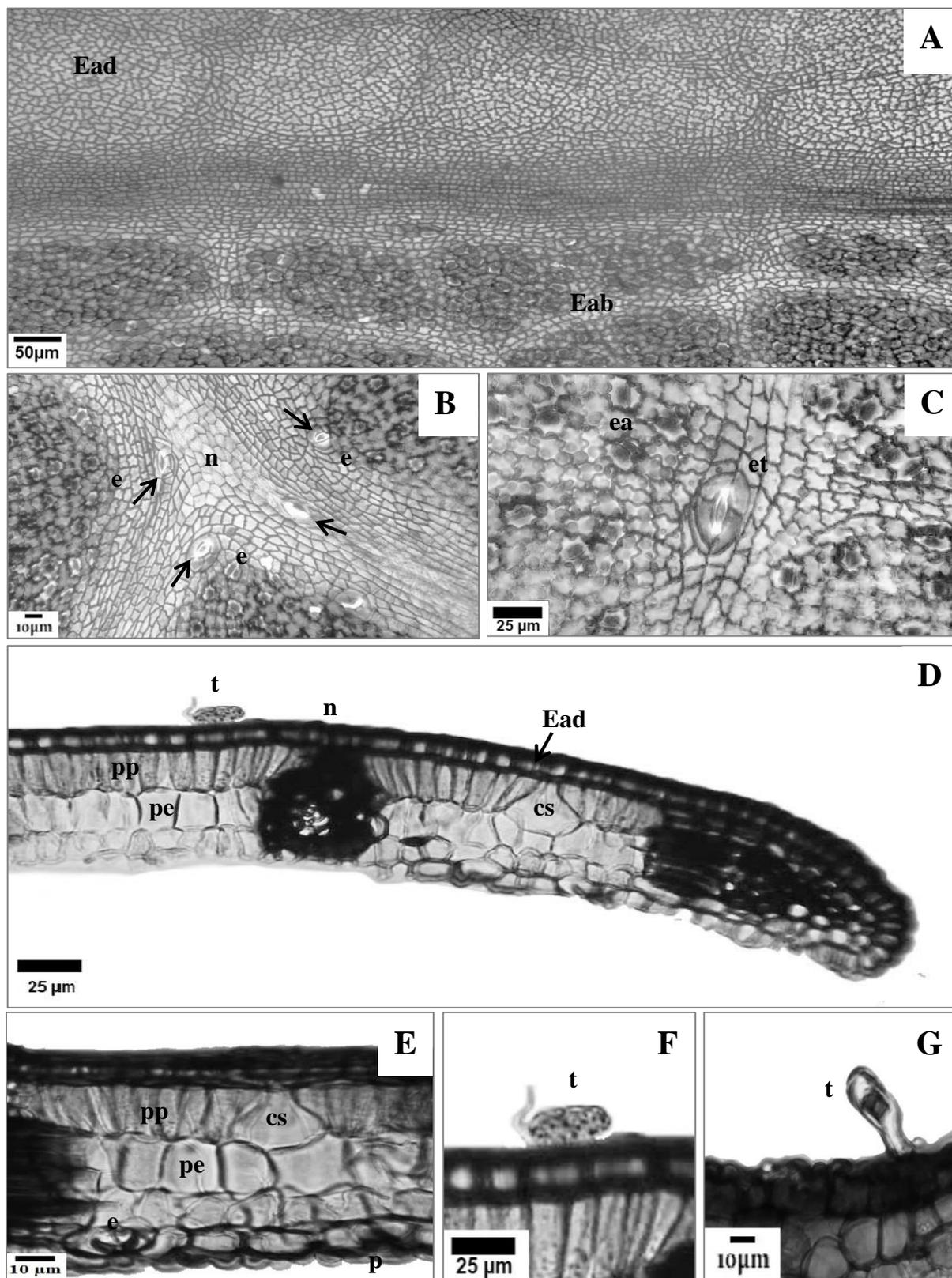


Figura 2 – Epiderme de *V. americana*. (A) Vista frontal da face adaxial e abaxial. (B) Detalhe da vista frontal da face abaxial, evidenciando a nervura e a disposição dos estômatos - as setas indicam os estômatos tetracíticos gigantes. (C) Detalhe da vista frontal da face abaxial, evidenciando o estômato tetracítico e os estômatos anomocíticos. (D) Bordo foliar em seção transversal, evidenciando o parênquima paliçádico e esponjoso, a cavidade secretora e o tricoma globoso. (E) Detalhe da seção transversal, evidenciando as papilas na face abaxial. (F) Detalhe da seção transversal, evidenciando o tricoma globoso no limbo foliar. (G) Detalhe da seção transversal, evidenciando o tricoma filiforme na face abaxial da nervura central. (Ead= epiderme adaxial; Eab=

epiderme abaxial; n= nervação; e= estômato; et= estômato tetracítico; ea= estômato anomocítico; p= papila; t= tricoma; pp= parênquima paliçádico; pe= parênquima esponjoso; cs= cavidade secretora).

Tricomas glandulares do tipo globoso e filiforme foram encontrados na face adaxial do limbo foliar e na face abaxial da nervura central, Figura 2-F e Figura 2-G, respectivamente. Lusa e Bona (2009), ao realizar a análise morfoanatômica de duas espécies pertencente à subfamília Caesalpinioideae, verificaram que na face abaxial da epiderme da *Bauhinia forficata* Link e da *Bauhinia variegata* Linn. havia tricomas tectores e glandulares, distribuídos sobre todo o limbo, com maior frequência sobre as nervuras.

A região mediana do limbo apresenta uma camada de parênquima paliçádico na face adaxial, formado por um estrato de células alongadas e justapostas, uma ou duas camadas de parênquima esponjoso, formado por células de formato irregular e amplitudes variadas, e uma camada de parênquima tendendo ao paliçádico, adjacente à face abaxial. Notando-se a presença de cloroplastos no interior do parênquima paliçádico (Figura 3-A, C e D). Ademais, observa-se ainda, a presença de feixe vascular entre as nervuras secundárias do limbo (Figura 3-B).

Estruturas secretoras estão presentes em todo o limbo foliar, na base, na região mediana e no ápice, ocupando a região subepidérmica voltada para a face adaxial (Figura 3-A). Moreira-Coneglian e Oliveira (2006) verificaram que *Copaifera langsdorffii* e *Hymenaea stilbocarpa*, ambas pertencentes à subfamília Caesalpinioideae, apresentaram cavidades secretoras, não só na região subepidérmica, mas também na posição mediana, entre os dois parênquimas constituintes do mesofilo.

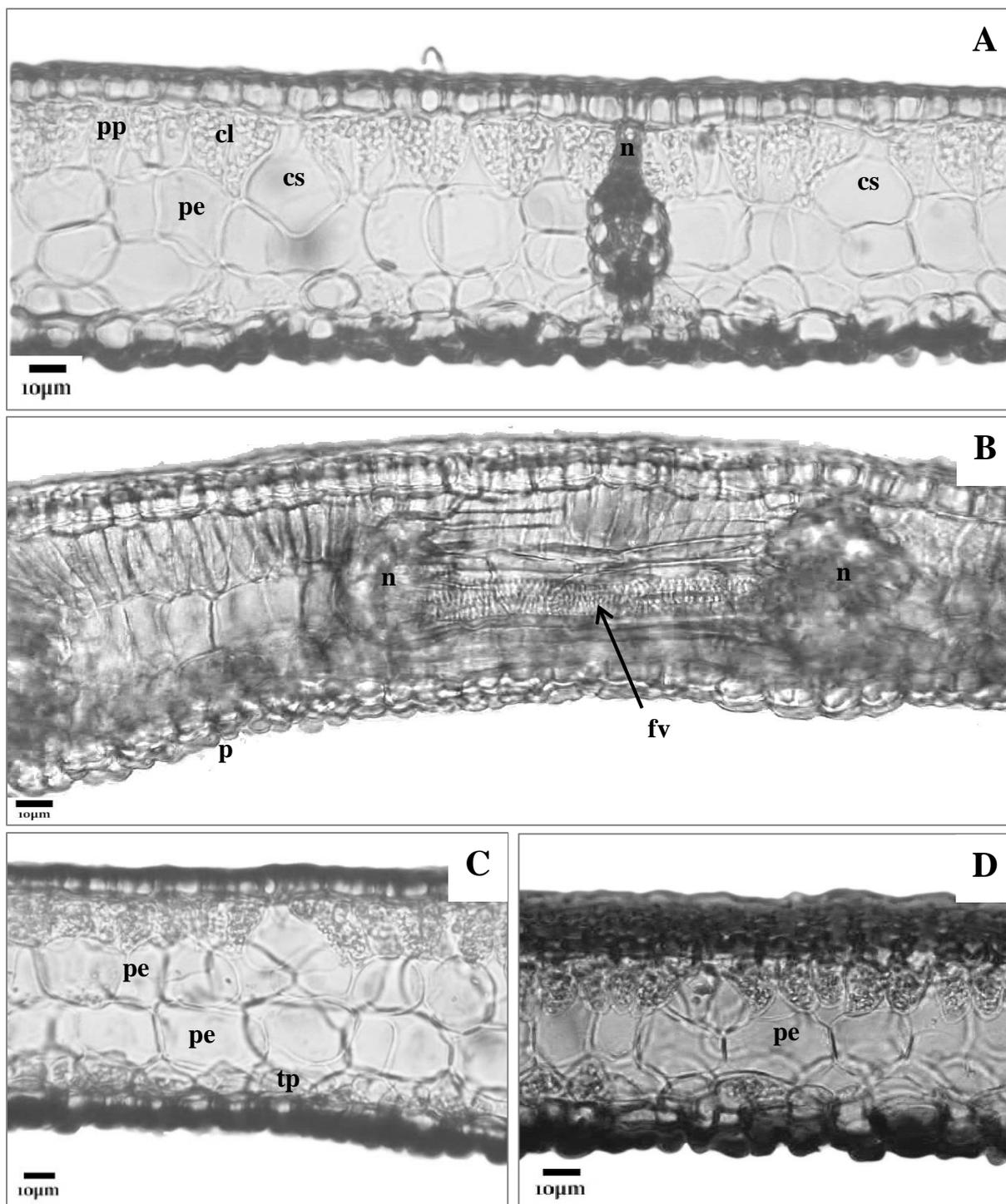


Figura 3 - Seção transversal do mesofilo de *V. americana*. (A) Cloroplastos no interior do parênquima paliçádico. (B) Feixe vascular entre nervuras secundárias. (C) Seção transversal do mesofilo da muda, evidenciando duas camadas de parênquima esponjoso. (D) Seção transversal do mesofilo da arvoreta, evidenciando apenas uma camada de parênquima esponjoso. (n= nervação; pp= parênquima paliçádico; pe= parênquima esponjoso; tp= parênquima tendendo a paliçádico; cl= cloroplasto; cs= cavidade secretora; fv= feixe vascular; p= papilas).

Paracampo et al. (2009), em estudo sobre a atividade fitotóxica e fungitóxicas de extratos da folha e da casca de *V. americana*, constataram que as folhas de acapu possuem uma substância com atividade foto inibidora à germinação das sementes da erva daninha *Mimosa pudica*. Nesse sentido, estudos que contemplem o acúmulo de substâncias nas cavidades secretoras das plantas podem revelar resultados promissores para a produção de defensivos agrícolas naturais.

Na região da nervura central, em seção transversal, é possível observar que o xilema ocupa a parte central da nervura, apresentando formato de arco. O floema circunda todo o xilema e possui fibras esclerenquimáticas em sua periferia (Figura 4-A, B, C e D). E entre essas fibras e a parte abaxial da epiderme ocorrem aproximadamente cinco estratos de colênquima (Figura 4-E).

Na seção transversal da região mediana do pecíolo, nota-se que a parte central é constituída pelo sistema vascular, em formato de arco, similar ao observado na nervura central. Havendo um parênquima com aspecto colenquimatoso na região cortical de todo o pecíolo (Figura 5-A, B e C). Além de grãos de amido próximo ao sistema vascular (Figura 5-D) e cavidades secretoras dispersas pelo parênquima (Figura 5-E).

A ocorrência de grãos de amido e cavidades secretoras na região do pecíolo também foi descrita por Silva et al. (2012) em *Hymenaea martiana* Hayne (Caesalpinioideae-Fabaceae) e por Donato e Morretes (2009) em *Eugenia florida* DC. (Myrtaceae).

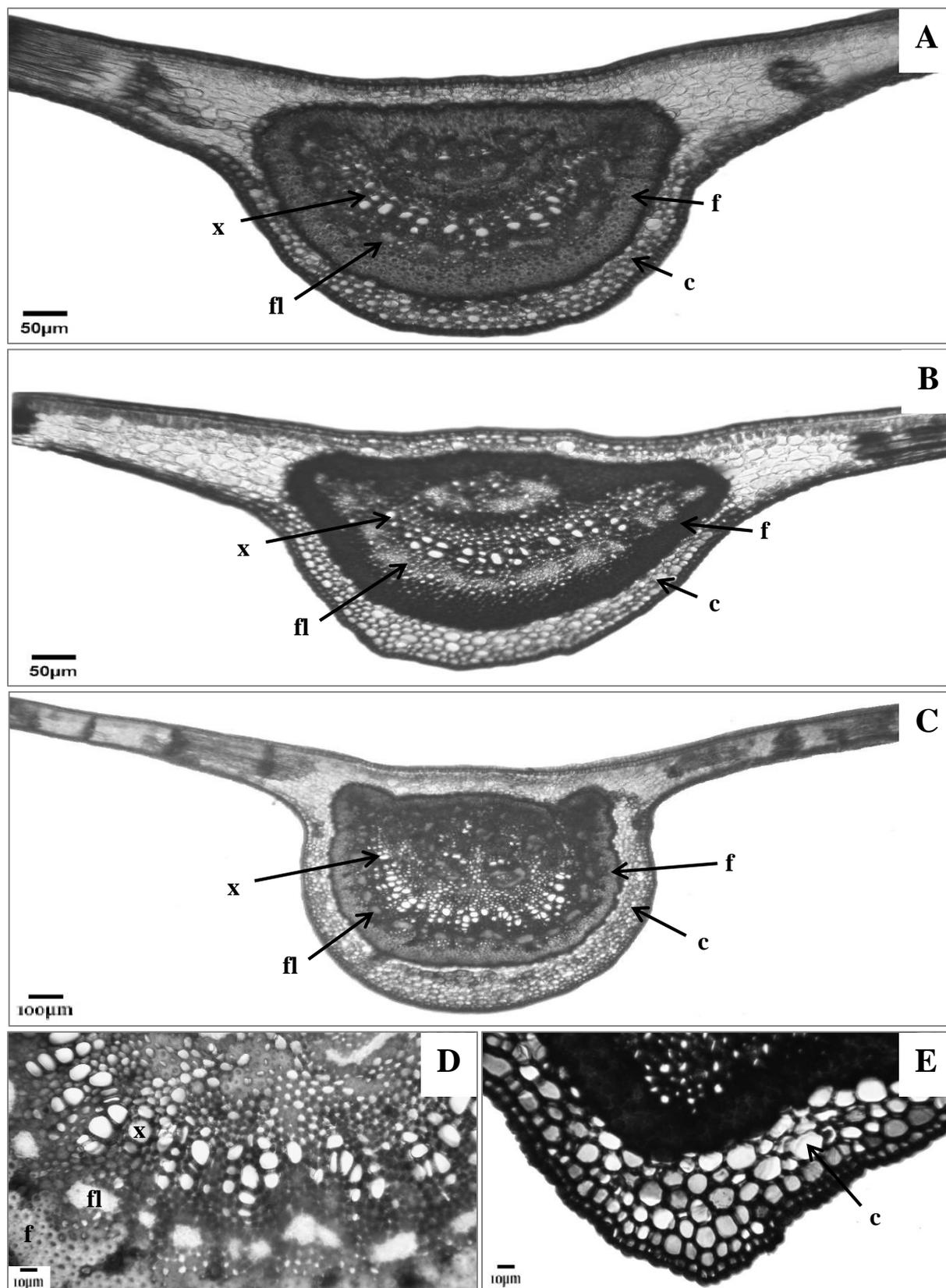


Figura 4 - Seção transversal da nervura central de *V. americana*, evidenciando xilema, floema, fibras e colênquima. (A) Muda. (B) Vara. (C) Arvoreta. (D) Detalhe da nervura central, evidenciando xilema, floema e fibras. (E) Detalhe da nervura central, evidenciando o colênquima. (x= xilema; fl= floema; f= fibra; c= colênquima).

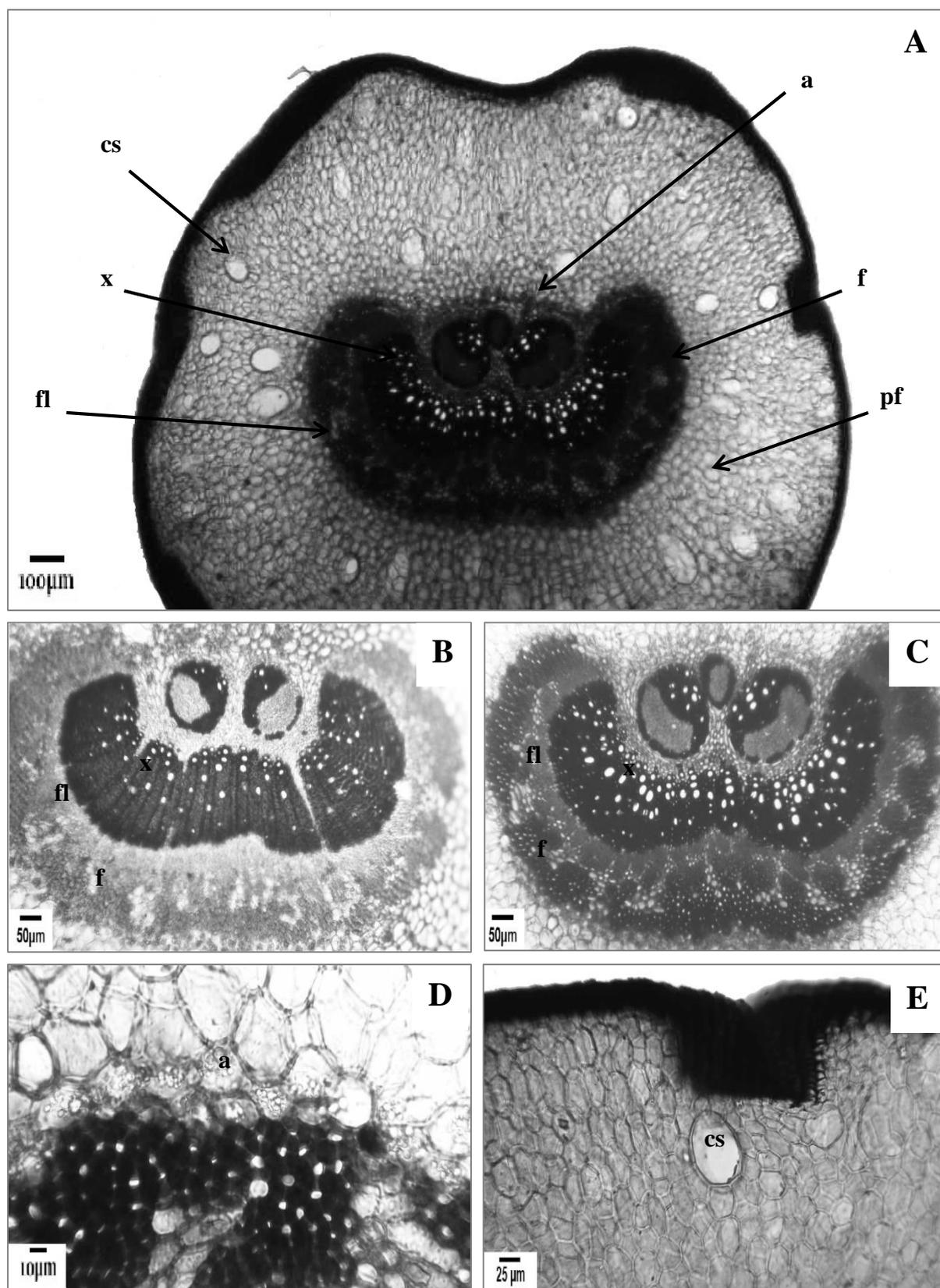


Figura 5 - Seção transversal do pecíolo de *V. americana*. (A) Aspecto geral do pecíolo. (B) Seção transversal do pecíolo da muda. (C) Seção transversal do pecíolo da arvoreta. (D) Detalhe do pecíolo, evidenciando o amido. (E) Detalhe do pecíolo, evidenciando a cavidade secretora. (x= xilema; fl= floema; f= fibra; pf= parênquima fundamental; a= amido; cs= cavidade secretora).

4. CONCLUSÃO

As principais diferenças anatômicas entre os três estágios de desenvolvimento de *V. americana*, se referem à espessura da nervura, do limbo e do parênquima tendendo a paliçádico, em que as arvoretas apresentaram estruturas mais espessas.

As características anatômicas mais marcantes da folha das plantas jovens de *V. americana* foram: presença de uma camada de parênquima tendendo a paliçádico na face abaxial, com células mais achatadas do que as presentes na camada de parênquima paliçádico da face adaxial; presença de tricomas; grande quantidade de papilas na face abaxial; estruturas secretoras subepidérmicas; e estômatos tetracíticos gigantes na nervura.

5. REFERÊNCIAS

- Appezato-da-Gloria B, Carmello-Guerreiro SM. 2006. Anatomia Vegetal. 2ª ed., Viçosa: UFV. 438 p.
- Boeger MRT, Wisniewski C. 2003. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. *Revista Brasil Bot* 26(1): 61-72.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Portaria n. 443, de 17 de dezembro de 2014. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção". *Diário Oficial da União*, seção 1, p. 110-121.
- Casson S, Gray JE. 2008. Influence of environmental factors on stomatal development. *New Phytol* 178(1): 9-23.
- Donato AM, Morrestes BL. 2009. Anatomia foliar de *Eugenia florida* DC. (Myrtaceae). *Rev. Bras. Farmacogn* 19(3): 759-770.
- Fermino Júnior PCP. 2004. Anatomia ecológica comparada de folhas de *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae) na vegetação de restinga e na Floresta Ombrófila Densa. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Francino DMT, Coutinho ÍAC, Dalvi VC, Azevedo AA, Conceição A de S, Meira RMSA. 2015. Anatomical interpretations of the taxonomy of *Chamaecrista* (L.) Moench sect. *Absus* (Leguminosae-Caesalpinioideae). *Plant Syst Evol* 301: 2087-2103.
- Gerlach G. 1969. *Botanische Mikrotechnik*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 344 p.

- Gonzaga AL. 2006. Madeira: uso e conservação. Brasília: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Natural. 246 p.
- Gurevitch J, Scheiner SM, Fox GA. 2009. Ecologia Vegetal. Artmed, Porto Alegre. 574 p.
- Johansen DA. 1940. Plant microtechnique. New York, McGraw-Hill Book Company Inc. 523 p.
- Kaiser E. 1880. Verfahren zur Herstellung einer tadellosen Glycerin-Gelatine. Bot Zentralbl 180: 25-26.
- Lusa MG, Bona C. 2009. Análise morfoanatômica comparativa da folha de *Bauhinia forficata* Link e *B. variegata* Linn. (Leguminosae, Caesalpinioideae). Acta Bot Bras 23(1): 196-211.
- Marinho CR, Oliveira RB e Teixeira SP. 2016. The uncommon cavitated secretory trichomes in *Bauhinia* s.s. (Fabaceae): the same roles in different organs. Bot J 180: 104-122.
- Moreira-Coneglian IR, Oliveira DMT. 2006. Anatomia comparada dos limbos cotiledonares e eofilares de dez espécies de Caesalpinioideae (Fabaceae). Revista Brasil Bot 29(2): 193-207.
- Paracampo NENP, Muller AH, Alves SM, Souza Filho APS, Guilhon GMSP, Arruda MSP, Santos LS, Arruda AC. 2009. Atividade fitotóxica e fungitóxica de extratos de *Vouacapoua cf americana* Aublet (Leg.-Caesalp.), essência florestal nativa da Amazônia. Rev Ciênc Agrár 52: 9-22.
- Polhill RM e Raven PH. Advances in legume systematics. Part 1. Kew: Royal Botanic Gardens. v. 2, 1981.
- R Development Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Rizzini CT e Mors WB. 1995. Botânica econômica brasileira. Âmbito Cultural, Rio de Janeiro.
- Rizzini CT. 1990. Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira. Edgard Blucher, São Paulo.
- Rodrigues M dos S, Silva RCM da, Secco R de S. 2012. Caesalpinieae (Leguminosae-Caesalpinioideae) do Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental, Município de Moju, PA, Brasil. Hoehnea 39(3): 489-516.
- Silva MS, Leite KRB, Saba MD. 2012. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Hymenaea martiana* Hayne (Caesalpinioideae-Fabaceae): espécie de uso medicinal em Caetité-BA. Rev. Bras. Pl. Med. 14(4): 673-679.
- Watson L. 1981. An automated system of generic description for Caesalpinioideae, and its application to classification and key-making. IN: POHILL, R. M.; RAVEN, P. H. (eds). Advances in Legume Systematics part 1. Kew: Royal Botanical Gardens, p. 65-80.

CONCLUSÃO GERAL

A Amazônia possui uma sazonalidade climática bem definida, sendo que as plantas respondem fisiológica e morfoanatomicamente à variabilidade climática dessa região.

Estudos sobre como as condições climáticas interferem na fisiologia das plantas são de fundamental importância para compreender a plasticidade adaptativa das espécies florestais à mudança dos aspectos ambientais, tais como, temperatura, umidade do ar e radiação.

Os resultados desse estudo indicam que houve uma diferença estrutural entre os estágios de desenvolvimento, em que vara e arvoreta apresentaram estruturas mais espessas e uma boa adaptabilidade às variações de temperatura e umidade do ar.

Quanto à anatomia foliar, *V. americana* apresentou dados condizentes com os citados para a subfamília Caesalpinioideae, sendo que os resultados obtidos por esta pesquisa constituem a primeira descrição anatômica foliar da espécie e contribui para sua correta identificação. Contudo, ainda é necessário realizar um estudo ontogenético das folhas de acapu para a correta identificação do tecido encontrado no mesofilo, denominado de “parênquima tendendo a paliçádico”.

Além do mais, são necessárias informações adicionais do *V. americana*, em ambientes naturais, que visem à determinação das substâncias metabólicas da planta, do seu comportamento fotossintético e do acúmulo e partição de biomassa, recomendando-se a realização de testes histoquímicos, assim como, a avaliação da fluorescência da clorofila *a* e da taxa de assimilação de gás carbônico.

Tendo em vista a escassez de trabalhos sobre a fisiologia ou anatomia do gênero *Vouacapoua* ou da *V. americana*, estudos mais aprofundados devem ser conduzidos, sendo o presente trabalho apenas uma iniciativa neste sentido.