



**ANDRÉ MACIEL DA SILVA**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONDIÇÕES LUMINOSAS  
SOBRE AS CARACTERÍSTICAS MORFOANATÔMICAS E  
FISIOLÓGICAS DE *Psidium cattleianum* Sabine  
(MYRTACEAE)**

**LAVRAS – MG**

**2019**

**ANDRÉ MACIEL DA SILVA**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONDIÇÕES LUMINOSAS SOBRE AS  
CARACTERÍSTICAS MORFOANATÔMICAS E FISIOLÓGICAS DE *Psidium  
cattleianum* Sabine (MYRTACEAE)**

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

Prof. Dr. Manuel Losada Gavilanes

**Orientador**

Prof. Dr. Evaristo Mauro de Castro

Dr. Jean Marcel Sousa Lira

**Coorientadores**

**LAVRAS – MG**

**2019**

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

Silva, André Maciel da.

Influência de diferentes condições luminosas sobre as características morfoanatômicas e fisiológicas de *Psidium cattleianum* Sabine (Myrtaceae) / André Maciel da Silva. - 2019.

61 p. : il.

Orientador(a): Manuel Losada Gavilanes.

Coorientador(a): Evaristo Mauro de Castro, Jean Marcel Sousa Lira.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Morfoanatomia foliar. 2. Anatomia quantitativa. 3. Trocas gasosas. I. Gavilanes, Manuel Losada. II. Castro, Evaristo Mauro de. III. Lira, Jean Marcel Sousa. IV. Título.

**ANDRÉ MACIEL DA SILVA**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONDIÇÕES LUMINOSAS SOBRE AS  
CARACTERÍSTICAS MORFOANATÔMICAS E FISIOLÓGICAS DE *Psidium  
cattleianum* Sabine (MYRTACEAE)**

**INFLUENCE OF DIFFERENT LUMINOUS CONDITIONS ON THE  
MORPHOANATOMIC AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *Psidium  
cattleianum* Sabine (MYRTACEAE)**

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

Aprovada em 15 de fevereiro de 2019.

Dr. Luiz Carlos de Almeida Rodrigues - UNIFAL, MG

Dr. Flávio Antônio Zagotta Vital - Lavras, MG

Prof. Dr. Manuel Losada Gavilanes

**Orientador**

Prof. Dr. Evaristo Mauro de Castro

Dr. Jean Marcel Sousa Lira

**Coorientadores**

**LAVRAS – MG**

**2019**

*Aos meus pais “Bebel” e “Nenzinho” por sempre me guiarem no caminho certo, me darem forças nessa longa caminhada e por me fazerem a pessoa que sou, sempre dando total apoio.*

*Ao meu irmão “Guto” por sempre me incentivar a continuar com os estudos e com o caminho científico, a nunca desistir dos meus sonhos e por ter me ensinado o verdadeiro significado de “amor de irmão”.*

*À minha namorada Andressa por toda cumplicidade, amor e carinho, e por proporcionar momentos de felicidade e descontração durante esta etapa tão importante.*

*À minha tia Efigênia (in memoriam) e meu avô José Augusto (in memoriam) por terem possibilitado que eu trilhasse na busca pelo conhecimento.*

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

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida, por me guiar, iluminar e abençoar sempre.

Aos meus pais, Bebel e Nenzinho, por todo apoio, paciência, confiança, por serem meu exemplo de vida e principalmente por sempre me apoiarem nas minhas decisões.

Ao meu irmão, Augusto, por me apoiar e acreditar em mim, mostrar que a distância nunca mudará nosso amor e nossa forte ligação e principalmente por ter trazido uma irmã pra minha vida, minha cunhada Liliam.

À minha namorada Andressa, por todo o amor, confiança e apoio, e por ter proporcionado os momentos mais felizes da minha vida.

À minha madrinha Valéria, por sempre estar torcendo por mim e ter participado diretamente de todo o processo.

À minha tia, Efigênia (*in memoriam*), e meu avô, José Augusto (*in memoriam*), por possibilitarem a realização deste sonho.

Ao meu Tio Ismael (Tio Maé), exemplo de luta e superação, por sempre estar presente nos momentos importantes da minha vida.

Ao meu orientador, Dr. Manuel Losada Gavilanes pelo apoio incondicional, pela confiança e por sempre me incentivar a seguir em frente.

Aos meus coorientadores, Dr. Evaristo Mauro de Castro e Dr. Jean Marcel Sousa Lira, pela dedicação, cumplicidade e confiança.

Ao Prof. Antonio Fernandes Nascimento Junior, com o qual aprendi a me tornar uma pessoa melhor e a lutar pelos meus direitos, sempre buscando cada vez mais objetivos de vida.

Aos irmãos que tive a honra de conhecer na faculdade e vou levar para a vida toda, Dedé, Feuron, Warcraft, Xuruna, Tulinho, Jokinha e Hélen, pelos momentos de alegria e pela cumplicidade, me ajudando a vencer os desafios diários.

Aos amigos de laboratório e de mestrado Márcio, Flávio, Vinícius, Luciana, Mariana, Fernanda, Jean, Ítalo, Mateus, Elias, Éder, Ana Lívia, Iago, Isabela, Carol, Kaline, Michel e Will pelo companheirismo.

Aos amigos “Gammonenses” pelos momentos vividos durante o Ensino Médio e Fundamental.

A todos os meus professores, pelo conhecimento construído.

Aos membros da banca, por terem aceitado participar desta avaliação.

Aos amigos “Bigorna” e “Tito” pelos ensaios, pelas músicas tocadas e pelos momentos de “interação com os populares” nas horas de descanso.

Ao PIBID Biologia, pelo crescimento e aprendizado profissional.

A Dexter Holland, Matt Shadows, Dave Grohl, Tobias Forge, Dan Reynolds, Chester Bennington, Joey Cape e Anthony Kiedis que mesmo sem saber da minha existência me proporcionaram muitos momentos felizes.

Aos professores da Universidade Federal de Lavras, principalmente ao Renato Gregorin, Drops, Paulo Pompeu, Lucas Del Bianco, Marcelo Passamani, Tiago e Marconi, por todo o aprendizado e crescimento científico e pessoal.

Aos meus primos Matheus, Gilbran e Paula pelos vários momentos de alegria e descontração.

Aos médicos Dr. Rodrigo, Whitter, Roberto, Saulo, Sávio, Eduardo e Karine por terem contribuído e me acompanhado durante minha maior vitória.

À UFLA, em especial ao Laboratório de Anatomia Vegetal, pela oportunidade concedida na realização desta dissertação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

**MUITO OBRIGADO!**

*“O cientista não estuda a natureza porque ela é útil;  
ele a estuda porque se deleita nela,  
e se deleita nela porque ela é bela.  
Se a natureza não fosse bela,  
não valeria a pena ser conhecida,  
e se não valesse a pena ser conhecida,  
a vida não valeria a pena ser vivida.”*

Henry Poincaré

## RESUMO

A família Myrtaceae apresenta grande importância para a população humana, principalmente devido a seus frutos, que são muito apreciados. É o caso do *Psidium cattleianum* Sabine, o araçá-de-coroa, uma espécie nativa do Brasil e que apresenta grande potencial econômico, visto que já é utilizada, em escala regional, tanto na alimentação como também na medicina popular, ressaltando assim a necessidade de estudos sobre a mesma. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a anatomia qualitativa e quantitativa, bem como as variações nas trocas gasosas e na taxa fotossintética em folhas dessa espécie, em espécimes cultivados em ambiente de pleno sol e sombreamento permanente na Universidade Federal de Lavras, MG (UFLA). Para isso foram coletadas folhas completamente expandidas, de 4º ou 5º nó, utilizadas para preparar lâminas histológicas contendo secções transversais e paradérmicas para as análises anatômicas. Em seguida, estas foram observadas em microscópio de luz para obter os dados qualitativos e em seguida foi utilizado o software ImageJ para realizar as medições e contagens dos dados quantitativos. Já os dados relacionados à fisiologia da planta, foram obtidos em campo por meio da utilização do IRGA. Após as medições, foram montadas tabelas, que foram submetidas aos testes de normalidade, homocedasticidade e de independência dos dados a 95% de significância. As variáveis aprovadas nesses testes foram comparadas pelo teste de médias t de Student, enquanto as não aprovadas foram comparadas pelo teste não-paramétrico de Mann-Whitney, ambos para  $p < 0,05$ . Foi possível perceber que as folhas da espécie estudada são hipoestomáticas, apresentando estômatos paracíticos. As epidermes, tanto abaxial como adaxial, unisseriadas e logo abaixo da epiderme adaxial, foi possível perceber um tecido hipodérmico, também unisseriado. O mesofilo apresenta organização dorsiventral, possuindo parênquima paliádico estratificado, com 2 a 5 estratos celulares e o parênquima lacunoso também é estratificado, com 7 a 9 estratos celulares. Os feixes vasculares apresentam estrutura biclateral. Quanto a nervação, foi possível perceber que o padrão geral de nervação é pinado-camptódromo-broquidódromo, e as nervuras terciárias e quaternárias formam uma estrutura reticulada. A última nervação marginal é fimbriada e as nervuras de menor calibre se apresentam de forma mais compacta nas folhas de sol em relação às folhas de sombra. Quanto às variáveis anatômicas quantitativas, foi possível perceber diferenças entre as folhas de sol e sombra para a espessura da cutícula, epiderme, hipoderme e mesofilo, além de modificações no número de estômatos/mm<sup>2</sup>. Foi possível perceber também diferenças no comprimento, largura e conseqüentemente na área foliar. Quanto às avaliações fisiológicas, foi possível perceber diferenças estatísticas entre as folhas de sol e sombra para a taxa fotossintética, taxa de transpiração e condutância estomática. Dessa forma, foi possível inferir que as diferentes condições luminosas afetaram as características morfoanatômicas das folhas e conseqüentemente, seu funcionamento, garantindo melhor aproveitamento das condições às quais estão submetidas.

**Palavras-chave:** Anatomia quantitativa. Fotossíntese. Morfoanatomia foliar. Trocas gasosas.

## ABSTRACT

The family Myrtaceae presents great importance to the human population, mainly due to its fruits, which are much appreciated. This is the case of *Psidium cattleianum* Sabine, popularly known as araçá-de-coroa, a species native to Brazil and which presents great economic potential, since it is already used, on a regional scale, both in food and in folk medicine, highlighting the need for studies on this species. Therefore, the present work aimed to evaluate the qualitative and quantitative anatomy, as well as the variations in the gas exchange and the photosynthetic rate in leaves of this species, in specimens grown under full sun and permanent shading conditions at the Federal University of Lavras, MG (UFLA). For this purpose, completely expanded leaves of 4<sup>o</sup> or 5<sup>o</sup> node were collected and used to prepare histological slides containing transverse and paradermic sections for anatomical analysis. Then, these were observed under a light microscope to obtain the qualitative data and then the ImageJ software was used to carry out the measurements and counts of the quantitative data. The data related to plant physiology was obtained in the field through the use of IRGA. After the measurements, tables were made, which were then submitted to tests of normality, homoscedasticity and data independence at 95% significance. The variables approved in these tests were compared by the Student's t-test, while the non-approved ones were compared by the non-parametric Mann-Whitney test, both for  $p < 0.05$ . It was possible to notice that the leaves of the studied species are hypostomatic, presenting paracytic stomata. The epidermis, both abaxial and adaxial, are uniseriate and just below the adaxial epidermis, it was possible to perceive a hypodermic tissue, also uniseriate. The mesophyll presents a dorsiventral organization, possessing stratified palisade parenchyma, with 2 to 5 cellular strata and the spongy parenchyma is also stratified, with 7 to 9 cellular strata. The vascular bundles present a bicollateral structure. As for the venation, it was possible to notice that the general pattern of the nerves is pinned-camptodromous-broquidodromous, and the tertiary and quaternary veins form a reticulated structure. The last marginal nerve is fimbriated and the smaller caliber nerves are present more compactly in the leaves of the sun environment in relation to the leaves of shade environment. Regarding the quantitative anatomical variables, it was possible to observe differences between the leaves of sun and shade environments for the thickness of the cuticle, epidermis, hypodermis and mesophyll, as well as changes in the number of stomata / mm<sup>2</sup>. It was also possible to perceive differences in length, width and consequently in the leaf area. Regarding the physiological evaluations, it was possible to perceive statistical differences between the leaves of sun and shade environments for the photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal conductance. In this way, it was possible to infer that the different light conditions affected the morphoanatomic characteristics of the leaves and, consequently, their functioning, guaranteeing better use of the conditions to which they are submitted.

**Keyword:** Quantitative anatomy. Photosynthesis. Leaf morphoanatomy. Gas exchange.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Exemplar de <i>Psidium cattleianum</i> utilizado nos estudos. ....	21
Figura 2 -	Localização geográfica da cidade de Lavras, Minas Gerais. ....	22
Figura 3 -	Áreas de coleta no campus da Universidade Federal de Lavras - UFLA. ....	22
Figura 4 -	Regiões dos cortes transversais para análise da anatomia foliar interna. ....	23
Figura 5 -	Região dos cortes paradérmicos para análise da epiderme foliar. ....	24
Figura 6 -	Microscópios utilizados nas análises anatômicas. ....	25
Figura 7 -	Regiões dos cortes paradérmicos para análise quantitativa da epiderme foliar. .	26
Figura 8 -	Regiões dos cortes transversais para análise quantitativa da anatomia foliar. ..	27
Figura 9 -	Exemplares escaneados. ....	28
Figura 10 -	Equipamentos utilizados para obter os dados das dimensões foliares. ....	29
Figura 11 -	Instrumentos utilizados para avaliar o comportamento fisiológico das plantas. 30	
Figura 12 -	Indivíduo adulto de <i>Psidium cattleianum</i> Sabine. ....	31
Figura 13 -	Aspectos gerais das folhas. ....	32
Figura 14 -	Secções paradérmicas das folhas ..... 32	
Figura 15 -	Secções transversais (manuais) das folhas. .... 34	
Figura 16 -	Esquema do padrão geral de nervação. .... 35	
Figura 17 -	Folha diafanizada em diferentes aumentos. .... 36	
Figura 18 -	Aspectos anatômicos das folhas de sol e sombra. .... 37	
Figura 19 -	Gráfico de avaliações quantitativas dos estômatos. .... 38	
Figura 20 -	Gráfico de avaliações quantitativas da epiderme e hipoderme. .... 40	
Figura 21 -	Gráfico de avaliações quantitativas do mesófilo e lâmina foliar. .... 42	
Figura 22 -	Gráfico de avaliação das dimensões foliares. .... 45	
Figura 23 -	Gráfico de avaliação das massas do material fresco e seco. .... 47	
Figura 24 -	Gráfico de avaliações fisiológicas. .... 49	
ANEXO I -	Exsicata confeccionada para representar as folhas de ambiente de sol. .... 60	
ANEXO II -	Exsicata confeccionada para representar as folhas de ambiente sombreado. . 61	

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
2.1 Família Myrtaceae .....	14
2.2 Gênero <i>Psidium</i> L. ....	16
2.3 <i>Psidium cattleianum</i> Sabine.....	18
2.4 Anatomia vegetal e a plasticidade fenotípica .....	20
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
3.1 Coleta e identificação do material botânico .....	21
3.2 Análise morfoanatômica qualitativa .....	23
3.2.1 Estrutura interna da lâmina foliar.....	23
3.2.2 Epiderme foliar .....	24
3.2.3 Nervação Foliar.....	24
3.2.4 Observações microscópicas .....	25
3.3 Análise anatômica quantitativa .....	25
3.3.1 Estômatos e células epidérmicas.....	26
3.3.2 Anatomia da Lâmina Foliar .....	26
3.4 Dimensões foliares .....	27
3.5 Avaliações fisiológicas .....	29
3.6 Avaliação estatísticas dos dados quantitativos .....	30
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>31</b>
4.1 Características morfológicas básicas da espécie .....	31
4.2 Descrição anatômica foliar preliminar da espécie .....	32
4.3 Avaliações anatômicas quantitativas .....	37
4.3.1 Estômatos.....	38
4.3.2 Cutícula, epiderme e hipoderme .....	40
4.3.3 Mesofilo e lâmina foliar .....	42
4.3.4 Dimensões foliares .....	45
4.3.5 Massa do material fresco e seco.....	47
4.4 Avaliações fisiológicas .....	48
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Myrtaceae é uma das famílias botânicas mais importantes para a população. Isso se deve, principalmente, aos seus frutos que são muito apreciados. É o caso da goiaba (*Psidium guajava* L.), a pitanga (*Eugenia uniflora* L.), o araçá-de-coroa (*Psidium cattleianum* Sabine) e a jaboticaba (*Plinia cauliflora* (Mart.) Kausel) (LORENZI et al., 2006), entre outras. Além disso, existem espécies importantes também na medicina popular, como o caso do eucalipto (*Eucalyptus globulus* L.) (LORENZI E MATOS, 2002). É possível destacar ainda sua importância ecológica, visto que seus frutos servem de alimento à fauna silvestre, favorecendo a dispersão e distribuição das espécies da família (GRESSLER, PIZO E MORELLATO, 2006).

A família apresenta um número expressivo de espécies e distribuição pantropical, com dois grandes centros de diversidade. Um destes é a Oceania e o outro corresponde à região neotropical (SOUZA E LORENZI, 2008).

No Brasil, tanto a Mata Atlântica quanto o Cerrado são considerados centros de diversidade de espécies de Myrtaceae, que é a sexta família mais numerosa do país, com aproximadamente 1000 espécies, concentradas principalmente nos gêneros *Myrcia* D.C. e *Eugenia* L. (SOBRAL et al., 2009; STEHMANN et al., 2009). Segundo Soares-Silva (2000) a família Myrtaceae é muito bem representada no país, sendo uma das mais citadas em estudos florísticos e fitossociológicos, elencadas em extensas listas. As espécies da família existentes no país estão compreendidas em diversos gêneros de árvores e arbustos, comumente utilizadas de forma ornamental, na medicina popular ou na produção comercial de frutos. Isso se deve a fácil adaptação das espécies da família ao clima subtropical, possibilitando assim o seu cultivo (DELGADO, 2006).

Dentre as espécies da família Myrtaceae, encontram-se as pertencentes ao gênero *Psidium* L., como *P. guajava* L. (goiaba), *P. cattleianum* Sabine (araçá-de-coroa) e *Psidium guineense* Swartz (araçá-do-campo) (MANICA, 2002b; BEZERRA et al., 2006). Além da apreciação de seus frutos pela população, as plantas do gênero apresentam grande potencial na indústria farmacêutica. Isso ocorre principalmente pelo fato de serem ricos em vitamina C e antioxidantes, produzirem óleos essenciais e terem grande importância na medicina popular, já que seus frutos, raízes, cascas e folhas são muito utilizados para esses fins. (BEZERRA et al., 2006; FRANZON et al., 2009). O gênero *Psidium* apresenta ampla distribuição geográfica e vasto número de espécies (SOARES-SILVA E PROENÇA, 2008), sendo destacadas as

espécies *P. guajava*, a goiabeira, e *P. cattleianum*, o araçazeiro, por serem as mais cultivadas pela população principalmente para seu uso na alimentação.

Uma questão que está muito relacionada com o desenvolvimento dessas plantas, são as variações fenotípicas, que são muito destacadas no araçazeiro, principalmente por apresentar variação evidente em indivíduos que crescem em diferentes ambientes (SILVA E MEDEIROS, 2005). Fatores como diferenças na taxa de luminosidade recebida, temperatura, gravidade, intensidade de vento, disponibilidade de água, características do solo, entre outros, influenciam no tamanho e estrutura morfoanatômica dos órgãos das plantas, principalmente nas folhas (BLEASDALE, 1977; MAUSETH, 1988). Dentre as possíveis modificações direcionadas pelos fatores ambientais previamente mencionados, é possível observar alterações na área foliar, na espessura do parênquima paliçádico e lacunoso, na densidade estomática, aumento do tamanho das células epidérmicas e na massa das folhas (SILVA E MEDEIROS, 2005; GONDIM, et al., 2008).

Sabendo da influência das variações fenotípicas no desenvolvimento das plantas em diferentes ambientes e da importância da espécie *P. cattleianum* para a população, torna-se necessária a busca do conhecimento pormenorizado dessa espécie, afim de contribuir com o manejo, preservação e produção das mesmas. Dentre esses estudos destacam-se a anatomia ecológica e a fisiologia, que buscam compreender o comportamento das plantas, bem como as variações apresentadas por estas quando cultivadas em ambientes com diferentes características, permitindo entender seu funcionamento e a influência desses fatores no crescimento e desenvolvimento da planta (SILVA, ALQUINI E CAVALLET, 2005).

Tendo como base essas informações e sabendo da influência das variações das condições ambientais na plasticidade morfoanatômica e no funcionamento das plantas, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as diferenças morfoanatômicas e fisiológicas existentes nas folhas de *Psidium cattleianum*, cultivados em ambiente de pleno sol e sombreamento permanente.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Família Myrtaceae

A família possui amplo número de espécies, com aproximadamente 5500 espécies distribuídas em 142 gêneros, e segundo Souza e Lorenzi (2008) ocorre em biomas como Cerrado, Mata Atlântica, e florestas decíduais, compondo de forma significativa a flora brasileira (SOUZA E LORENZI, 2008). As espécies da família se distribuem sob a porção pantropical do globo terrestre, com ampla concentração na Oceania, apresentando plantas características do local, com folhas alternas e frutos secos, e também na região neotropical do planeta, região onde o Brasil se localiza, apresentando exemplares com folhas opostas ou verticiladas e frutos carnosos, tais como a goiaba, os araçás, a pitanga e a jabuticaba (WILSON et al., 2001; SOUZA E LORENZI, 2008).

No Brasil, de acordo com o levantamento da família realizado por Sobral et al. (2015), existem 1027 espécies, que correspondem a 23 gêneros, sendo os gêneros *Myrcia* e *Eugenia* os mais expressivos. As espécies de mirtáceas no país, possuem ampla distribuição, sendo que o Cerrado e a Mata Atlântica se destacam quando tratamos de número de espécies, sendo assim considerados como centros de diversidade de espécies da família (SOBRAL et al., 2009; STEHMANN et al., 2009). Isso se deve, basicamente, a alta capacidade adaptativa das espécies da família ao clima, relevo e demais condições apresentadas na região subtropical do globo terrestre (DELGADO, 2006).

Dada a alta representatividade da família no Brasil, as espécies pertencentes a ela são uma das mais utilizadas e citadas em estudos florísticos e fitossociológicos, nos quais são apresentadas extensas listas tanto em relação ao número de espécies, quanto em relação ao número de indivíduos e sua utilização pela população (SOARES-SILVA, 2000). As espécies possuem, no geral, hábito arbóreo ou arbustivo, não apresentando grandes extensões de comprimento, sendo comumente utilizadas na produção comercial de frutos, na medicina popular ou de forma ornamental (DELGADO, 2006).

Muitas espécies da família apresentam grande valor econômico, é o caso das espécies do gênero *Eucalyptus*, que são utilizadas na produção de madeiras e de aromatizantes e a goiabeira, que é muito apreciada devido a características de seus frutos que são consumidos in natura ou industrializados (FRANZON et al., 2009).

Existem ainda, outras espécies de mirtáceas nativas da flora brasileira que produzem frutos comestíveis, que mesmo que a maioria delas não seja utilizada em escala nacional,

possuem sua importância regional, uma vez que a produção é pequena. Neste caso, destacam-se a pitangueira (*Eugenia uniflora* L.), a jaboticabeira (*Plinia cauliflora*), o camu-camu (*Myrciaria dúbia* (Kunth) McVaugh), a feijoa (*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret) e o araçazeiro (*Psidium cattleianum*) (BEZERRA, SILVA JUNIOR E LEDERMAN, 2000; DUCROQUET, HICKEL E NODARI, 2000; DONADIO, MÔRO E SERVIDONE, 2002). Segundo Lorenzi et al. (2006), o que leva à ampla utilização regional dos frutos dessas espécies para a alimentação humana, é o sabor destes que é muito apreciado pela população, bem como o alto índice de vitamina C e antioxidantes.

Quando tratamos de questões relacionadas à medicina popular, há o destaque para o eucalipto (*Eucalyptus globulos* L.) através de óleos essenciais existentes principalmente nas folhas dos exemplares da espécie, sendo muito utilizados no tratamento de gripe, sinusite e congestão nasal (LORENZI E MATOS, 2002). É importante salientar ainda, na importância medicinal, a utilização dos frutos, raízes, cascas e folhas, por meio de chás, infusões e pastas, no tratamento de algumas enfermidades como antidiarreicos e diuréticos (BEZERRA et al., 2006).

Dentre as espécies menos conhecidas que apresentam maior potencial econômico, destacam-se plantas dos gêneros *Eugenia* L., *Acca* O. Berg e *Psidium* L., todos eles presentes no Brasil. O maior deles é o gênero *Eugenia*, que possui espécies conhecidas, como a pitanga (*E. uniflora* L.) e a cagaíta (*E. dysenterica* (Mart.) D.C.) (MANICA, 2002a). No gênero *Acca* destaca-se a feijoa ou goiabeira-serrana (*A. sellowiana* (O. Berg) Burret) (DUCROQUET, HICKEL E NODARI, 2000; DONADIO, MÔRO E SERVIDONE, 2002). Por último, no gênero *Psidium*, encontramos os araçás, como o *P. cattleianum* e o *P. guineense* (MANICA, 2002b; BEZERRA et al., 2006).

Na arquitetura morfoanatômica geral das espécies da família, são citados na literatura a presença de folhas simples, possuindo glândulas que acumulam óleos essenciais, flores polistêmones e ovário mediano a ínfero (CONTI et al., 1997). A epiderme das folhas é uniestratificada, possuindo estômatos do tipo paracítico ou anomocítico, bolsas secretoras com células epidérmicas diferenciadas em pares (células oclusoras) distribuídas por toda a superfície da lâmina foliar (GOMES et al., 2009). Ainda de acordo com os autores, o mesófilo apresenta organização dorsiventral, feixes vasculares bicolaterais, idioblastos contendo drusas e cristais poliédricos; em condições normais de cultivo, o parênquima paliçádico apresenta-se com 1-2 camadas e lacunoso com cerca de 6-8 camadas.

## 2.2 Gênero *Psidium* L.

O gênero é naturalmente neotropical, apresentando ampla distribuição desde o México até o Uruguai, sendo que, no Brasil, pode ser encontrado em todo o território nacional (SOARES-SILVA E PROENÇA, 2008). O gênero é bem expressivo quando se trata de diversidade, apresentando ao todo 100 espécies, que segundo Govaerts et al. (2008) são todas nativas das Américas. Tais espécies ocorrem nos mais diferentes ecossistemas, sendo amplamente distribuídas na caatinga, cerrado, campos rupestres, mata atlântica, floresta amazônica, restinga, entre outros (COSTA, 2009).

Segundo Soares-Silva e Proença (2008) existem três grandes centros de diversidade para o gênero. O primeiro deles compreende o Oeste das Índias, mais precisamente nas ilhas de Cuba e Hispaniola. O segundo corresponde a região sul do Brasil e do Paraguai. Por último, o norte da América do Sul, compreendendo países como o Peru, Venezuela e as Guianas. Ainda segundo os autores, o vasto número de espécies existentes nesses centros é resultado do sucesso adaptativo dessas plantas à ampla variação de habitats existente no local.

O gênero apresenta grande potencial para o comércio, visto que grande parte de suas espécies possuem frutos comestíveis, madeira de qualidade e capacidade de ornamentação. Essas espécies apresentam características apreciadas pelo paladar dos consumidores, podendo ser consumidas in natura, em forma de doces, geleias ou sucos (BEZERRA, et al., 2006; MANICA et al., 2002b). Dentre as espécies que apresentam grande aceitação, há um destaque especial para a goiaba (*Psidium guajava* L.) que é consumida amplamente, em todo o território nacional. Porém, atualmente, espécies menos conhecidas tem despertado maior interesse comercial. É o caso dos araçás, principalmente as espécies *Psidium cattleianum* Sabine e *Psidium guineense* Swartz, que têm grande apreciação em nível regional e apresentam alto potencial para um investimento na sua produção, a fim de ser consumidas em escala nacional (BEZERRA et al., 2006).

Além do potencial para o consumo, se faz necessário destacar também a importância etnobotânica das espécies do gênero. A etnobotânica nada mais é do que uma mistura do saber científico e popular, objetivando o conhecimento tradicional, a conservação dos recursos vegetais e o desenvolvimento sustentável (HAMILTON et al., 2003). Dentre as várias utilizações etnobotânicas, destacam-se o aproveitamento dos frutos, casca e folhas na medicina popular (FRANZON et al., 2009). Dentre essas espécies, encontram-se o araçá-de-folha-marrom (*Psidium australe* Cambess) utilizado como fonte de vitamina C; Goiabinhado-cerrado (*P. firmum* O. Berg), utilizado como cicatrizante (adstringente); araçá-felpudo,

araçá-do-campo ou araçá-fumaça (*P. grandifolium* Mart.) no tratamento de diarreias e como cicatrizante; goiaba (*P. guajava* L.) utilizada no tratamento de diarreia, inflamação de garganta, leucorreia, ferimentos, hemorroidas e desordens menstruais; araçá-verdadeiro ou araçá-azedo (*P. guineense* Swartz), utilizado como anti-inflamatório; dentre outras espécies (FRANZON et al., 2009).

As espécies do gênero *Psidium* são, em sua maioria, nativas da América do Sul e apresentam grande capacidade de adaptação, se estendendo por todo o continente. Das espécies regionais, as mais conhecidas são *P. guineense* e *P. cattleianum*. *P. guineense* ocorre nas restingas, tabuleiros, cerradões e capoeiras, desde o México até a Argentina, ocorrendo também no Brasil, na região central (BRANDÃO, LACA-BUENDÍA E MACEDO, 2002; BEZERRA et al., 2006). Já a espécie *P. cattleianum*, é originária do Sul do Brasil e seus frutos são considerados os melhores dentre as espécies de araçá (BEZERRA et al., 2006).

A Região Sul do Brasil apresenta uma ampla lista de espécies nativas além do *Psidium cattleianum*. É o caso do *P. lucidum* var. *pauciflora* Cambess, o araçá-da-pedra; *P. lucidum* Spreng, *P. pubifolium* Burr, *P. australe* Cambess, todas conhecidas como araçazeiro-do-campo; *P. incanum* (O. Berg) Burret, o araçá-cinzentos (MATTOS, 1978), todas consumidas em pequena escala pela população local.

Na porção norte do Brasil, destaca-se a espécie *Psidium acutangulum* D.C., que é nativa da Bacia Amazônica, sendo encontrada também nas Guianas, Colômbia e Peru. A espécie possui diferentes nomes populares, como araçá-pitanga, goiaba-do-pará, araçandiva, araçanduba e araçá-pêra (DONADIO, MÔRO E SERVIDONE, 2002). No Maranhão, que apesar de fazer parte da região Nordeste do Brasil, apresenta características de relevo e clima semelhantes aos estados da Região Norte, há o destaque de várias espécies. É o caso do *P. acutangulum* D.C., *P. guianense* Sw, *P. megalianum*, *P. myrsinites* D.C e *P. pohlianum* O. Berg (ARAGÃO E CONCEIÇÃO, 2008; RIOS, 2001).

Na Região Centro-Oeste, encontramos as espécies *Psidium laruotteanum* Cambess e *P. firmum* O. Berg que são amplamente consumidas in natura pela população da região, além de *P. sartorianum* (O. Berg) Nied e *P. myrsinites* D.C. (BEZERRA et al., 2006). Existem ainda nessa região, outras espécies que são consumidas, porém, em menor escala. É o caso de *P. aracutangulum* D.C., *P. cinereum* Mart. e *P. longipetiolatum* Legrand (MANICA, 2002b).

As características morfoanatômicas do gênero *Psidium*, apresentam semelhanças com relação aos outros gêneros da família Myrtaceae, podendo ser observado que em sua morfologia, as espécies apresentam folhas simples, opostas e cruzadas. Suas flores são solitárias, axilares ou pequenos racemos, pentâmeras com pétalas livres, na cor branca ou

creme, possuindo ovário ínfero com dois lóculos (SOARES-SILVA E PROENÇA, 2008). Do ponto de vista anatômico, elas apresentam venação do tipo camptódroma broquidódroma, com nervura marginal completa, em forma de arcos pronunciados (GOMES, et al., 2009; SILVA et al., 2008). Ainda de acordo com os autores, as folhas se apresentam com estômatos apenas na face abaxial (hipoestomáticas) ou em ambas as faces (anfiestomáticas); possuem, na maioria das espécies, tricomas tectores unicelulares, raros na face adaxial e abundantes na abaxial.

### **2.3 *Psidium cattleianum* Sabine**

*Psidium cattleianum* Sabine é a espécie de araçazeiro que desperta maior interesse para a exploração comercial, juntamente com *P. guineense* Swartz, devido às características de seus frutos (FRANZON et al., 2009). Apresenta grande potencial comercial, uma vez que seus frutos são considerados os melhores entre todas as espécies de araçazeiro conhecidas para consumo *in natura* (BRANDÃO, LACA-BUENDÍA E MACEDO, 2002). É nativa do Brasil e apresenta uma extensa área de ocorrência (SOBRAL et al., 2015) podendo ser encontrada, segundo Franzon (2009), desde o Rio Grande do Sul até o estado da Bahia. As principais fitofisionomias nas quais a espécie se desenvolve são a floresta latifoliada semidecídua, as matas ciliares, além das restingas do Sul do Brasil e matas de altitude (BRANDÃO, LACA-BUENDÍA E MACEDO, 2002).

Além do consumo *in natura* dos frutos, a espécie já desperta interesses para a produção de sucos, sorvetes, geleias, doces, licores e outros produtos (FRANZON et al., 2009). Nesse caso, o suco se destaca. Segundo Santos et al. (2007), este apresenta um alto valor nutricional, devido ao baixo teor de açúcar e grande quantidade de compostos fenólicos, vitaminas e sais minerais, além de manter 45% do teor de vitamina C ao ser processado. A espécie é também importante no contexto etnobotânico, sendo muito utilizada na medicina popular, por meio de infusões e chás obtidos a partir da casca, das folhas e dos frutos, por possuírem ação diurética e antidiarreica (PAROUL et al., 2007).

Quando tratamos das questões ecológicas, estudos no Brasil demonstram sua importância na recuperação de áreas degradadas, devido a sua alta capacidade adaptativa (BRANDÃO, LACA-BUENDÍA E MACEDO, 2002). São utilizados também como alternativa para minimizar a presença de nematoides em goiabeiras (*P. guajava*), onde são utilizados como porta-enxertos, por serem compatíveis com a espécie, e também por

apresentarem imunidade ao *Meloidogyne mayaguensis* Ramah & Hirschmann, um nematoide da família Meloidogynidae que ataca a goiabeira (FRANZON et al., 2009).

A espécie apresenta basicamente três tipos de propagação vegetativa: o enraizamento por estacas, o uso da enxertia e a propagação por sementes, porém os dois primeiros apresentam baixo percentual de propagação, não passando, na maioria dos estudos, dos 5% (RASEIRA e RASEIRA, 1996; FRANZON et al., 2009). Todavia, ainda de acordo com as pesquisas de Raseira e Raseira (1996), a propagação por sementes na espécie apresenta taxa de 95%, além de manter a viabilidade das sementes por até um ano de armazenamento.

Em condições naturais, no Sul do Brasil onde a espécie se originou, o florescimento ocorre de outubro a novembro (FRANZON et al., 2009). Já nas espécies cultivadas em outras regiões, percebe-se duas épocas distintas de florescimento e em alguns casos uma terceira (RASEIRA E RASEIRA, 1996). Inicialmente há o florescimento no período de setembro a outubro; uma segunda floração ocorre em dezembro; em alguns casos, uma terceira floração em março, e o amadurecimento dos frutos ocorre nesta última (FRANZON et al., 2009).

Assim como a maioria das mirtáceas brasileiras, a polinização é feita por abelhas, sendo este o sistema de cruzamento predominante (LUGHADA E PROENÇA, 1996). As pétalas e estames da espécie, são atrativos visuais e olfativos aos polinizadores, uma vez que suas flores são vistosas e seu odor é descrito como “doce” (LUGHADA E PROENÇA, 1996; GRESSLER, PIZO E MORELLATO, 2006).

É importante ressaltar que nos trabalhos de melhoramento genético com o araçá-de-coroa, foram selecionadas duas únicas cultivares: a “Ya-cy”, que possui epicarpo amarelado, e a “Irapuã”, que possui o epicarpo na cor avermelhada, que hoje são plantadas em pomares comerciais do Rio Grande do Sul (FRANZON et al., 2009). A cultivar “Ya-cy” apresenta frutos com sabor doce e com baixa acidez, peso médio entre 15 e 20g, sendo produzidas três colheitas por ano (RASEIRA E RASEIRA, 2000a; RASEIRA E RASEIRA, 2000b). Ainda segundo os autores, a variedade “Irapuã” apresenta frutos maiores, com maior acidez e leve adstringência.

A morfologia das plantas do araçá-de-coroa, apresenta-se com hábito arbóreo, casca lisa e escamosa, além de tronco tortuoso na cor marrom-avermelhada. As folhas são simples e simétricas, opostas, glabras, pecioladas e obovadas, com textura coriácea. Devido à alta capacidade adaptativa da espécie, a planta possui várias características variáveis, dentre elas o porte, que varia de acordo com o ambiente na qual está inserida (SILVA E MEDEIROS, 2005). As flores da espécie são solitárias, diclamídeas, pentâmeras, hermafroditas e zigomorfas, disposição axilar e números estames com longos filetes (SANCHOTENE, 1985).

Seus frutos são bagas com sépalas persistentes, ou raramente decíduas com o amadurecimento do fruto (LANDRUM E SHARP, 1989; LANDRUM, 2003).

Do ponto de vista anatômico, essas plantas apresentam feixes vasculares do tipo biclateral que são envolvidos parcialmente por fibras, sendo estas presentes em maior quantidade sobre o floema adaxial; o xilema apresenta seus elementos dispostos de forma radial; compostos fenólicos podem ser encontrados em alguns tipos celulares dos feixes (SILVA E MEDEIROS, 2005). Ainda segundo os autores, a epiderme é uniestratificada tanto na superfície abaxial quanto na adaxial; os estômatos são do tipo paracítico, ocorrendo apenas na face abaxial das folhas, o que caracteriza a espécie como hipoestomática.

#### **2.4 Anatomia vegetal e a plasticidade fenotípica**

A anatomia vegetal, é o estudo de células, tecidos e órgãos vegetais; é parte do conteúdo trabalhado na Botânica e possui longa tradição (AGUIAR et al., 2007). Na anatomia, são realizadas observações críticas e extensivas que resultam na compilação e análise de dados descritivos, por meio de métodos experimentais (DICKISON, 2000).

Além desse tipo de avaliação, chamado de qualitativo, existe ainda a análise quantitativa, utilizada nos estudos de anatomia ecológica. A anatomia ecológica é empregada quando estão sendo avaliadas espécies que se estabilizam em diferentes ambientes, como por exemplo, ambientes com diferentes condições de radiação, luminosidade, disponibilidade de água, entre outros (AGUIAR et al., 2007), que vão levar a um desenvolvimento diferente do fenótipo do indivíduo, para garantir sua adaptação ao ambiente. Essas variações são chamadas de plasticidade fenotípica. Tal conceito é estruturado pela interação planta-ambiente, na qual o genótipo da planta exibe diferentes fenótipos quando cultivada em ambientes distintos (BRADSHAW, 1965), ou simplesmente, é a capacidade do organismo de alterar sua morfologia, anatomia e conseqüentemente, a sua fisiologia, em função do ambiente, adaptando-se assim às condições do mesmo (MONTANARI et al., 2004).

Em plantas, essas modificações podem ser observadas com maior facilidade nas folhas. Essas análises contribuem com a caracterização de alterações na estruturação desses órgãos vegetais devido à presença de agentes externos, como os fatores abióticos presentes no ambiente, sejam eles de origem química ou física e até mesmo fatores bióticos, como os animais. Dessa forma, podemos observar alterações como espessura do parênquima paliçádico, espessura da epiderme, espessura da cutícula, área de aerênquima, número de espaços intercelulares, comprimento e diâmetro de tricomas, densidade de tricomas, densidade

estomática, medições de estruturas reprodutivas, contagem de pólen viável, dentre outras, com o objetivo de entender a influência das características anatômicas na adaptação das espécies aos diferentes ambientes (AGUIAR et al., 2007; BRITO, RODELLA E DESCHAMPS, 2004; FRANCINO et al., 2006; PAIVA et al., 2003).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta e identificação do material botânico

Foram utilizados 6 espécimes de *Psidium cattleianum*, que possuem parte de sua copa sombreada e parte exposta a pleno sol, de onde foram coletadas as folhas de sombra e de sol, respectivamente (IMAGEM 1).

Figura 1 - Exemplar de *Psidium cattleianum* utilizado nos estudos.



Fonte: Gavilanes, M. L. (2015).

As áreas de coleta se localizam na cidade de Lavras, pertencente à região do Campo das Vertentes do estado de Minas Gerais. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), a sede do município se encontra a 914 metros de altitude, nas coordenadas de 21°14'42" S e 44°59'59" W (IMAGEM 2).

O material botânico coletado é proveniente de áreas do campus da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, em dois locais (IMAGEM 3A e 3B). A primeira delas localizada nas coordenadas de 21°13'38.3" S e 44°58'39.0" O, e a segunda nas coordenadas 21°13'37.7" S e 44°58'54.9" a uma altitude de aproximadamente 918 metros.

Figura 2 - Localização geográfica da cidade de Lavras, Minas Gerais.



Fonte: Google Maps (com modificações) (2018).

Para a identificação da espécie, baseou-se no trabalho de Silva e Medeiros (2005) e em exemplares depositados no herbário ESAL (Herbário do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Foram depositadas exsicatas no mesmo herbário, uma para as folhas de sol e uma para as folhas de sombra, inscritas sob os números ESAL 30341 e ESAL 30342, respectivamente (ANEXO I e II).

Figura 3 - Áreas de coleta no campus da Universidade Federal de Lavras - UFLA.



Legenda: A = área de coleta próxima ao Departamento de Ciências dos Solos (DCS); B = área de coleta próxima ao Setor de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia (DBI).

Fonte: Google Maps (com adaptações) (2018).

O experimento foi conduzido nas dependências do laboratório de Anatomia Vegetal, pertencente ao setor de Botânica Estrutural do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, Minas Gerais.

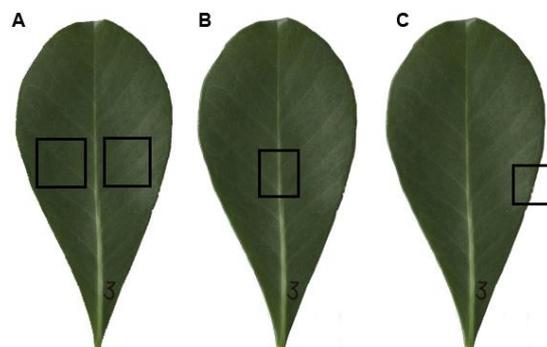
### 3.2 Análise morfoanatômica qualitativa

O estudo anatômico foi realizado em material fresco e em material fixado. A fixação se deu no local de coleta, onde o material foi colocado em frascos contendo FAA com graduação alcoólica de 70° GL, por um período de 72 horas. Posteriormente, o material foi transferido para frascos contendo etanol 70° GL para preservação (JOHANSEN, 1940; JENSEN, 1962). Foram coletadas 12 folhas de sol e 12 de sombra plenamente desenvolvidas, no 4° ou 5° nó dos ramos das plantas selecionadas. Já a análise morfológica, se deu por observação dos exemplares utilizados no estudo.

#### 3.2.1 Estrutura interna da lâmina foliar

Foram realizadas secções à mão livre com auxílio de lâmina de aço, com o objetivo de confeccionar lâminas semipermanentes utilizando água-glicerizada (1:1  $v v^{-1}$ ) (JOHANSEN, 1940), para observar toda a estrutura e disposição dos tecidos das folhas. Foram feitos cortes transversais na região mediana da lâmina foliar, entre a nervura primária e o bordo (IMAGEM 4A), cortes sobre a nervura primária (IMAGEM 4B) e no bordo foliar (IMAGEM 4C), utilizando como corante uma mistura de Safranina e Azul-de-astrea, conhecida como Safrablau (BUKATSCH, 1972; KROPP, 1972).

Figura 4 - Regiões dos cortes transversais para análise da anatomia foliar interna.



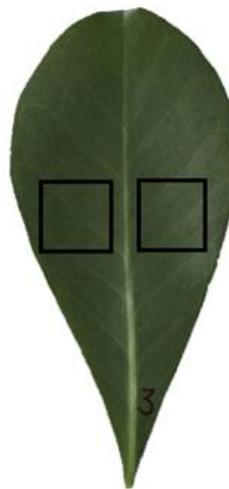
Legenda: A = região mediana, entre a nervura primária e o bordo; B = região da nervura primária; C = região do bordo foliar.

Fonte: Do autor (2018).

### 3.2.2 Epiderme foliar

No estudo da epiderme em vista frontal, foram realizados cortes paradérmicos com auxílio de lâminas de aço na porção mediana da lâmina foliar, entre a nervura primária e o bordo (IMAGEM 5). Para a coloração, foi utilizada uma solução aquosa de Safranina a 1% (JOHANSEN, 1940). Foram então montadas lâminas semi-permanentes, utilizando água-glicerizada (1:1  $v v^{-1}$ ) (JOHANSEN, 1940), com o objetivo de analisar e caracterizar as células e anexos epidérmicos.

Figura 5 - Região dos cortes paradérmicos para análise da epiderme foliar.



Fonte: Do autor (2018).

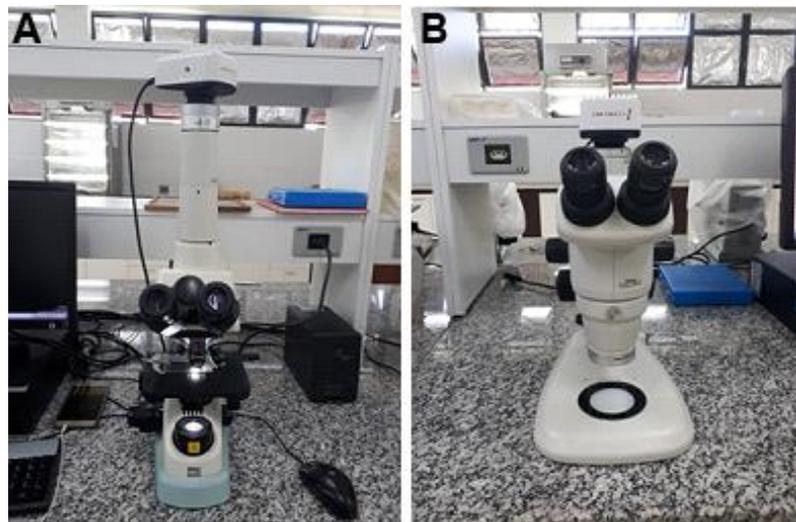
### 3.2.3 Nervação Foliar

Foram realizados também, estudos da nervação foliar, por meio do processo de diafanização. O processo consiste na clarificação da lâmina foliar por meio da utilização de solução aquosa de hidróxido de sódio a 5% (NaOH), renovada diariamente. Para finalizar o processo de clarificação, foi utilizada uma solução aquosa de hipoclorito de sódio a 50% e posterior neutralização com solução aquosa de ácido acético a 5% (HANDRO, 1964). O material foi lavado em água destilada e posteriormente corado com safranina a 1%, sendo montadas lâminas contendo folhas e/ou fragmentos diafanizados, permitindo a observação da disposição e detalhes das nervuras.

### 3.2.4 Observações microscópicas

Para as observações microscópicas foram utilizadas duas metodologias. A primeira delas, para os cortes anatômicos, onde foi utilizado microscópio de luz Nikon, modelo Eclipse E100 (IMAGEM 6A), acoplado com câmera de captura digital Infinity. E a segunda, para as análises da nervação foliar, onde foi utilizado microscópio estereoscópico Nikon modelo C-LEDS SMZ745T (IMAGEM 6B), também acoplado com câmera de captura digital Infinity. Foram feitas fotomicrografias, que posteriormente foram avaliadas quanto às estruturas anatômicas presentes nas folhas dos dois ambientes.

Figura 6 - Microscópios utilizados nas análises anatômicas.



Legenda: A = Microscópio de luz Nikon Eclipse E100; B = Microscópio estereoscópico de luz C-LEDS SMZ745T.

Fonte: Do autor (2018).

### 3.3 Análise anatômica quantitativa

A análise foi realizada em material fixado, conforme protocolo padrão de fixação, citado no tópico 3.4 deste trabalho. Foram coletadas um total de 48 folhas, sendo 24 de sol e 24 de sombra, 4 folhas por espécime para cada ambiente ( $n=6 \times 4=24$ ). As análises foram feitas por meio de observações e medições em fotomicrografias obtidas pela utilização do microscópio de luz Nikon Eclipse E100 (IMAGEM 6A), acoplado com câmera digital. As imagens foram avaliadas no software ImageJ e posteriormente foram montadas tabelas com as médias de cada folha.

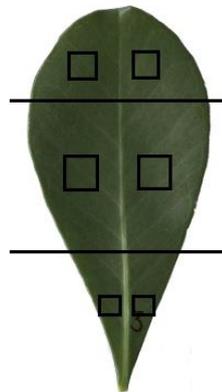
### 3.3.1 Estômatos e células epidérmicas

Foram realizadas secções paradérmicas com auxílio de lâmina de aço, entre a nervura primária e o bordo, nas regiões apical, mediana e basal da folha (IMAGEM 7). Para cada uma das três regiões foram feitas duas secções (uma de cada lado da nervura), distribuídas em 24 lâminas, totalizando 48 observações por região e 72 lâminas montadas por folha. Foi utilizada a safranina em solução aquosa a 1% como corante (JOHANSEN, 1940). Após montadas as lâminas, foram feitas as contagens em cada corte, seguidas das médias para os dois cortes de cada região, totalizando as 24 observações que são padrão do presente trabalho.

A partir da observação das lâminas montadas, foi possível obter os seguintes dados:

- Densidade estomática (número de estômatos por mm<sup>2</sup>) em cada uma das regiões, bem como a média da folha;
- Diâmetro polar (DP) em cada uma das regiões, bem como a média da folha;
- Diâmetro equatorial (DE) em cada uma das regiões, bem como a média da folha;
- Relação DP/DE.

Figura 7 - Regiões dos cortes paradérmicos para análise quantitativa da epiderme foliar.



Fonte: Do autor (2018).

### 3.3.2 Anatomia da Lâmina Foliar

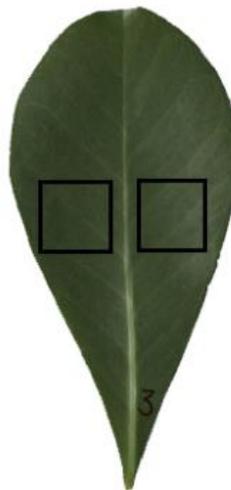
Foram utilizados cortes transversais à mão livre com auxílio de lâminas de aço. O método foi realizado na porção mediana da lâmina foliar, compreendida entre a nervura primária e o bordo foliar (IMAGEM 8). Para a coloração das lâminas, foi utilizada a mistura de Safranina e Azul-de-astra (Safra-blau) (BUKATSCH, 1972; KROPP, 1972). Foram confeccionadas um total de 24 lâminas para cada ambiente, totalizando 48 lâminas. Em cada uma das lâminas, foram selecionados dois cortes, que foram avaliados. Foram feitas então as

médias das observações desses dois cortes, para compor um total de 24 observações por variável.

A partir das lâminas confeccionadas, foi possível observar os seguintes dados:

- Espessura da cutícula (da face adaxial e abaxial);
- Espessura da epiderme (da face adaxial e abaxial);
- Espessura da hipoderme;
- Espessura do parênquima paliçádico;
- Espessura do parênquima lacunoso;
- Espessura do mesofilo;
- Espessura da lâmina foliar.

Figura 8 - Regiões dos cortes transversais para análise quantitativa da anatomia foliar.



Fonte: Do autor (2018).

### 3.4 Dimensões foliares

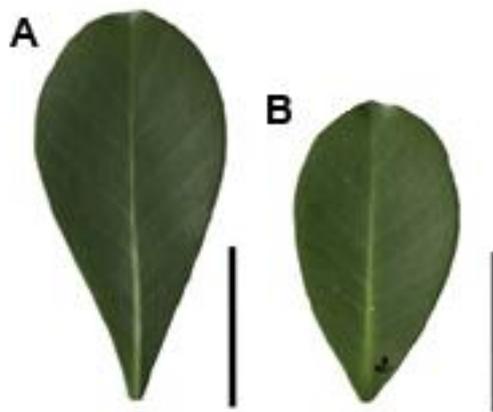
Para a análise das dimensões foliares, foram coletadas 48 folhas, sendo 24 de sol e 24 de sombra, 4 folhas por espécime para cada ambiente ( $n=6 \times 4=24$ ). A análise foi realizada com o objetivo de obter os seguintes dados:

- Massa foliar do material;
- Comprimento foliar do material;
- Largura foliar do material;
- Área foliar do material;
- Área foliar específica (Área fresca/Massa seca).

As medidas foram realizadas em material fresco e seco com o objetivo de observar prováveis modificações na forma e dimensões das folhas após a secagem.

Para a realização das medidas de área, comprimento e largura, foram feitos escaneamentos das folhas (IMAGEM 9A e 9B) utilizando um scanner de mesa Epson, modelo Epson Perfection V330 Photo (IMAGEM 10A). Foram realizadas três medições por folha: uma para comprimento, uma pra largura e uma para área. Foi utilizado o software ImageJ calibrado com uma régua também escaneada para fazer as medições.

Figura 9 - Exemplares escaneados.

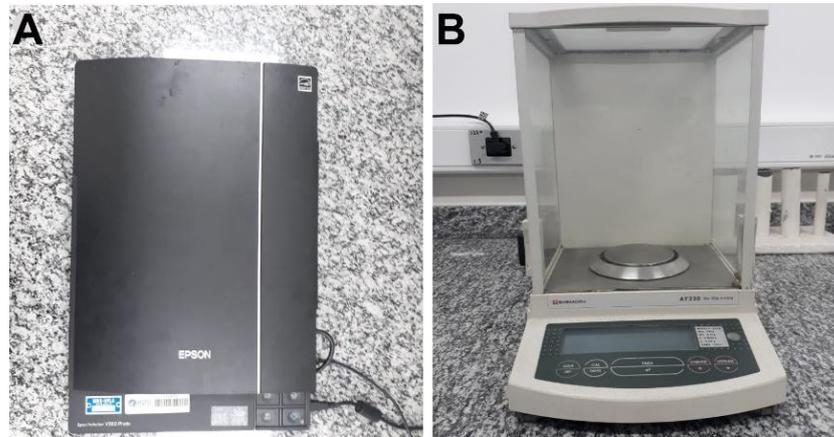


Legenda: A = folha de sombra; B = folha de sol. Barra de escala: 5 cm.

Fonte: Do autor (2018).

Para a obtenção da massa das folhas, foi utilizada uma balança de precisão Shimadzu, modelo AY220 (IMAGEM 10B), fazendo medições até obter uma massa seca constante, para que seja possível observar a massa do material fresco e também seco. Os valores obtidos foram anotados para posterior análise.

Figura 10 - Equipamentos utilizados para obter os dados das dimensões foliares.



Legenda: A = scanner de mesa Epson, modelo Epson Perfection V330 Photo; B = balança de precisão Shimadzu, modelo AY220.

Fonte: Do autor (2018).

### 3.5 Avaliações fisiológicas

As avaliações fisiológicas utilizadas para as diferentes condições luminosas, foram a taxa fotossintética (A), a taxa de transpiração (T), a condutância estomática (gs) e a concentração subestomática de CO<sub>2</sub> (Ci). Foram realizadas com auxílio do analisador portátil de trocas gasosas LI-6400 (Li-Cor, Nebraska, EUA), equipado com câmara de 6 cm<sup>2</sup> (6400-02 B Red Blue, Li-Cor, Nebraska, EUA) (IMAGEM 11A).

As avaliações foram feitas em um único dia. Foram avaliadas folhas de 5° nó, plenamente desenvolvidas em altura padronizada de três metros. Foram feitas oito medições por espécime, quatro delas para as folhas de sol e as outras quatro para as folhas de ambiente sombreado, totalizando 24 repetições por tratamento (n=6x4=24).

Juntamente com as análises fisiológicas, foi realizada a medição indireta do teor de clorofila com auxílio do medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Konica Minolta, Tokyo, Japan), seguindo o mesmo procedimento citado acima (IMAGEM 11B).

Figura 11 - Instrumentos utilizados para avaliar o comportamento fisiológico das plantas.



Legenda: A = analisador portátil de fotossíntese modelo LI-6400 (IRGA); B = medidor portátil de clorofila (SPAD-502).

Fonte: Do autor (2018).

### 3.6 Avaliação estatísticas dos dados quantitativos

Os valores obtidos pelas medições da estrutura anatômica, das dimensões foliares e das avaliações fisiológicas, foram, inicialmente, agrupados em tabelas, para que fossem feitos os testes estatísticos. Em seguida, os valores foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk test), homocedasticidade (Studentized Breusch-Pagan test) e de independência dos dados (Durbin-Watson test) a 95% de significância, utilizando o software R (R Development Core Team, 2018). As médias aprovadas nos testes foram comparadas utilizando o teste de médias t de Student e as não aprovadas, foram comparadas por meio do teste de ranqueamento não paramétrico de Mann-Whitney, ambos para  $p < 0,05$ , também utilizando o software R. Para finalizar, foram criados gráficos de colunas comparativos entre os ambientes para cada uma das variáveis, contendo as médias e os erros padrões, utilizando o software SigmaPlot versão 11 (SYSTAT SOFTWARE Inc, 2008).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Características morfológicas básicas da espécie

A espécie apresenta hábito arbóreo e tronco tortuoso. Possui casca lisa e escamosa, apresentando cor marrom-avermelhada (IMAGEM 11). As folhas dos indivíduos estudados apresentam diferenças de área para as condições de luminosidade estudadas, variando de 29,354 cm<sup>2</sup> a 44,146 cm<sup>2</sup>, caracterizando-as segundo a classificação de Cain et al. (1956) como notófilas (20,25 a 45,0 cm<sup>2</sup>).

Figura 12 - Indivíduo adulto de *Psidium cattleianum* Sabine.



Fonte: Gavilanes, M. L. (2015).

As folhas são simples, opostas, glabras e pecioladas, possuindo forma obovada e textura coriácea (IMAGEM 13). Na lâmina foliar são observadas de 6 a 9 pares de nervuras secundárias. As observações apresentam semelhança às realizadas por Silva e Medeiros (2005).

Figura 13 - Aspectos gerais das folhas.



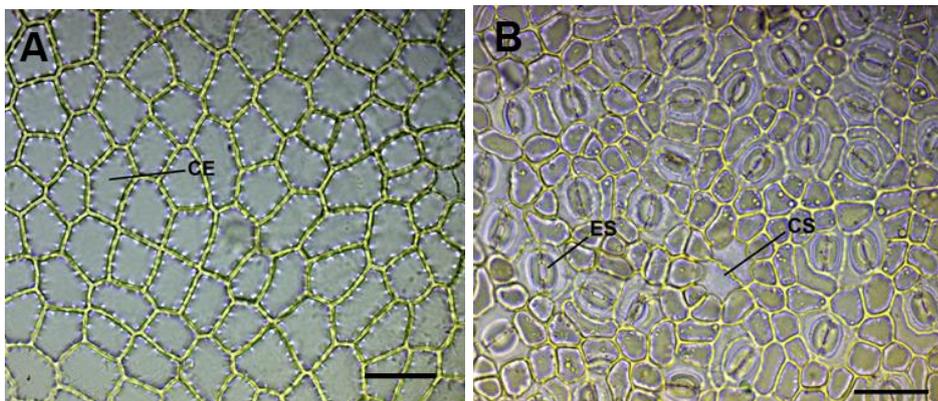
Legenda: Disposição das folhas ao longo do ramo. Barra de escala: 5 cm.

Fonte: Do autor (2018).

#### 4.2 Descrição anatômica foliar preliminar da espécie

Na análise da epiderme em vista frontal, é possível observar a presença de estômatos com duas células subsidiárias paralelas às células guarda, sendo classificados como paracíticos. São encontrados apenas na epiderme abaxial, o que confere a classificação das folhas da espécie como hipoestomáticas. É possível perceber ainda a presença de células oclusoras das cavidades secretoras bem diferenciadas (IMAGEM 14A E 14B).

Figura 14 - Secções paradérmicas das folhas



Legenda: A: epiderme adaxial; B: epiderme abaxial. CE: célula epidérmica; ES: estômato; CS: células oclusoras da cavidade secretora. Barra de escala: 50µm).

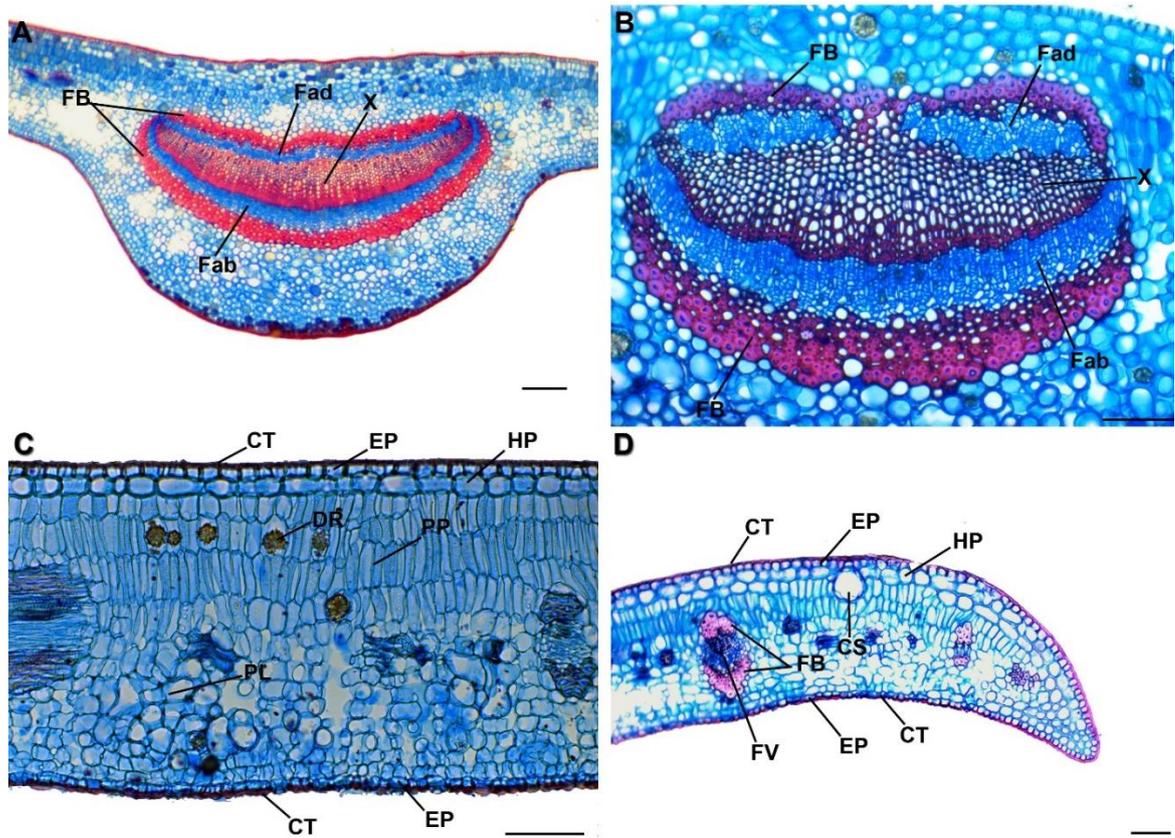
Fonte: Do autor (2018).

A secção transversal da nervura mediana revela que, ao longo de todo o seu transcurso, apresenta um tecido xilemático central, envolvido por feixes de floema em ambas as faces, sendo classificado como feixe vascular bicolateral; esse feixe é parcialmente envolvido por fibras, que se apresentam em maior quantidade sob o floema voltado para a face adaxial. Foi possível observar, visualmente, maior abundância de tecido floemático próximo à face abaxial, sendo disposto em forma de arco pronunciado. É possível observar também a interrupção do parênquima no entorno da nervura (IMAGEM 15A E 15B). As nervuras de menor porte apresentam estrutura semelhante à nervura mediana, com estrutura bicolateral (IMAGEM 15D).

A análise da secção transversal da região mediana e do bordo da lâmina foliar, mostra que a epiderme, tanto abaxial quanto adaxial, é unisseriada, com células de formato irregular, apresentando considerável camada de cutícula. Próximo à epiderme adaxial, é possível observar também uma camada de células hipodérmicas (IMAGEM 15C). À medida que se aproximam do bordo, as células desses tecidos têm suas dimensões reduzidas (IMAGEM 15D).

A análise revela também uma organização dorsiventral do mesofilo. O parênquima paliádico é estratificado, apresentando, em média, de 2 a 5 estratos celulares, sendo localizado próximo à superfície adaxial da folha. O parênquima lacunoso também é estratificado, apresentando, em média, de 7 a 9 estratos celulares e células com formato irregular, sendo localizado próximo à superfície abaxial. Nas diferentes porções do mesofilo é comum de se observar idioblastos contendo drusas de oxalato de cálcio (IMAGEM 15C). Também é comum a presença de cavidades secretoras circulares, localizadas, principalmente, associadas ao parênquima paliádico. Observa-se ainda, desestruturação do parênquima paliádico a medida que se aproxima do bordo foliar (IMAGEM 15B).

Figura 15 - Secções transversais (manuais) das folhas.

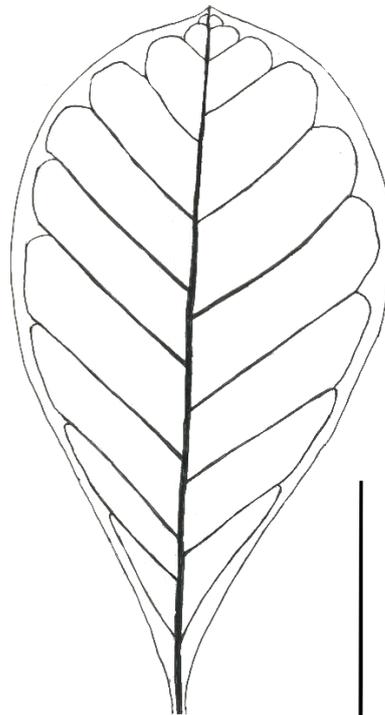


Legenda: A: aspectos gerais da região da nervura; B: detalhe da nervura primária; C: região mediana da folha; D: região do bordo foliar. região mediana da folha; B: região do bordo foliar. FB: fibras; Fad: floema adaxial; Fab: floema abaxial; X: xilema; CT: cutícula; EP: epiderme; HP: hipoderme; DR: drusa; PP: parênquima paliçádico; PL: parênquima lacunoso; FB: fibras; CS: cavidade secretora; FV: feixe vascular. Barra de escala: 100µm. Barras de escala: A (200µm); B, C e D (100µm).

Fonte: Do autor (2018).

Quanto aos estudos relativos à venação, foi possível constatar que o padrão geral das folhas da espécie é: pinado, camptódromo, broquidódromo. A nervura primária é nítida, mediana, afilando-se em direção ao ápice, com curso retilíneo e sem ramificações. As nervuras secundárias são alternas e ascendentes, apresentando ângulo de divergência agudo, sendo curvadas abruptamente no ápice, apresentando curso de venação convexo (FIGURA 16).

Figura 16 - Esquema do padrão geral de nervação.



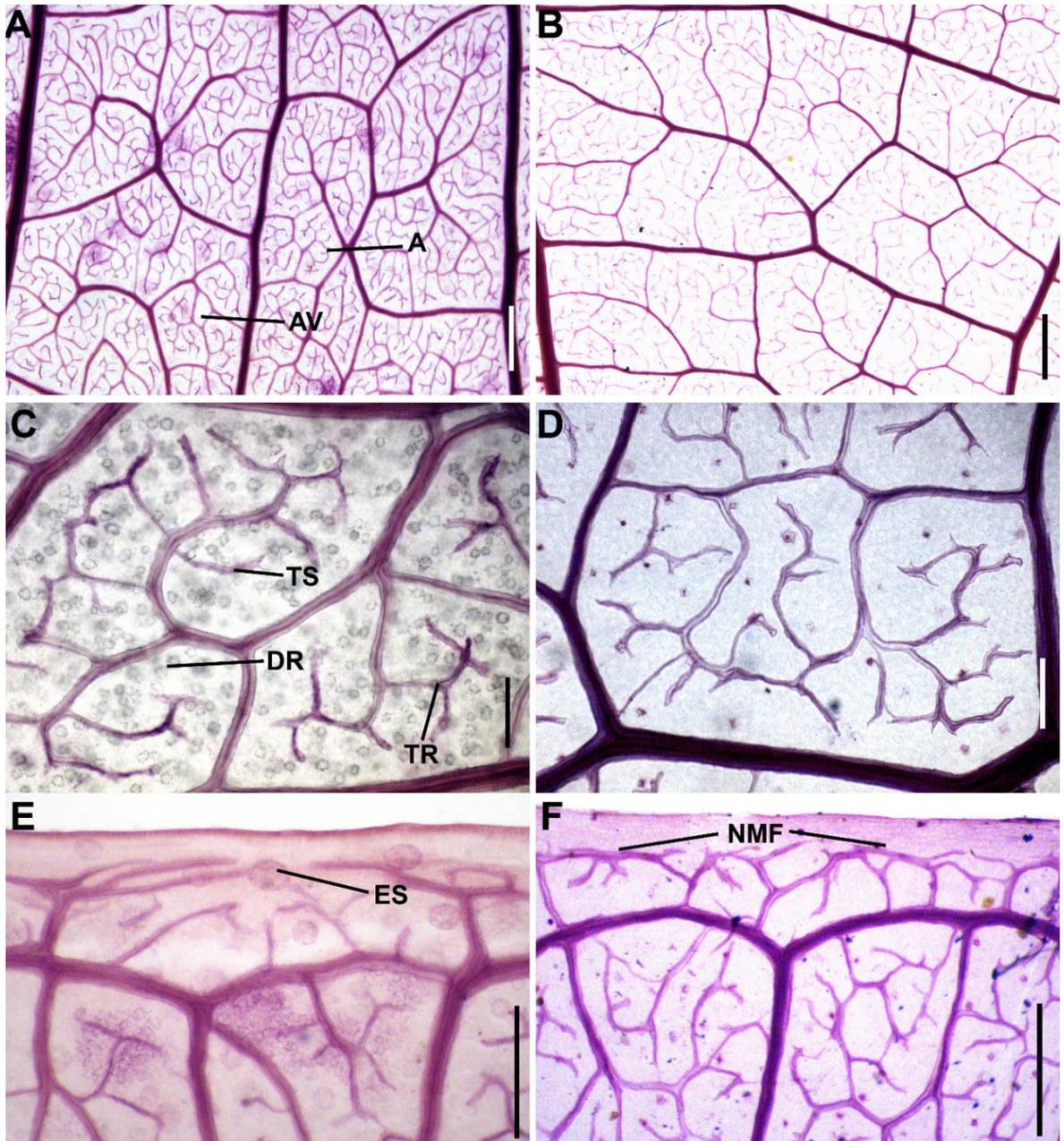
Legenda: barra de escala = 3cm.

Fonte: Gavilanes, M. L. (2019).

As nervuras terciárias e de menor calibre são pouco visíveis na folha verde. Essas nervuras se juntam formando estrutura reticulada, com aréolas que tendem ao formato poliédrico (IMAGEM 17A E 17B). As aréolas apresentam terminações com nervúculas simples e ramificadas e raramente são encontradas aréolas sem nervúculas (IMAGEM 17C E 17D). As nervuras quaternárias apresentam curso relativamente ao acaso e a última nervação marginal é fimbriada (IMAGEM 17E E 17F). A partir das lâminas montadas para observação das nervuras, foi possível observar, nas folhas de sol, grande quantidade de idioblastos contendo drusas de oxalato de cálcio e estruturas secretoras (IMAGEM 17C E 17E). De acordo com as imagens obtidas, foi possível perceber também que as nervuras são mais compactas nas folhas de sol, o que provavelmente ocorre devido a menor área foliar (IMAGEM 17A E 17B).

Essas observações se assemelham a outros trabalhos realizados com a espécie estudada, principalmente o trabalho de Silva e Medeiros (2005) que serviu, no presente trabalho, como modelo para identificação da espécie, mostrando que não há diferenças qualitativas entre as folhas da planta em diferentes estudos.

Figura 17 - Folha diafanizada em diferentes aumentos.



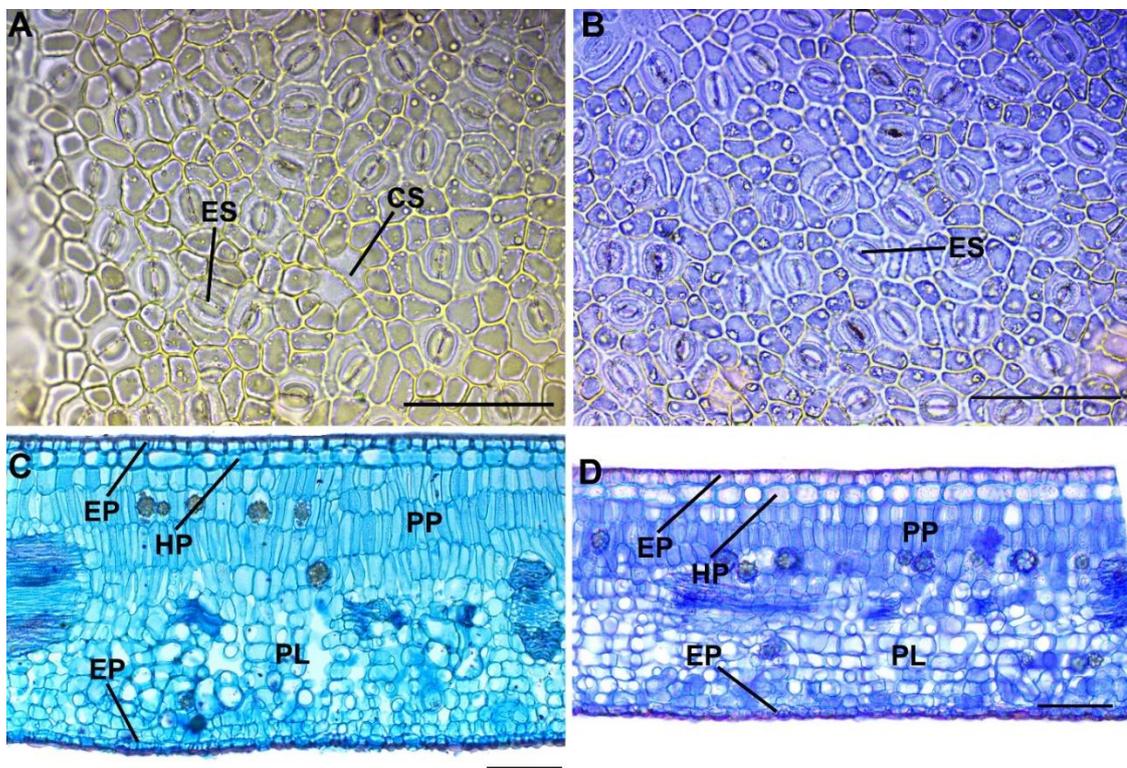
Legenda: A, C e E, folhas de sol; B, D e F, folhas de sombra. A = Aréola; AV = Aréola Vazia; TS = Terminação simples; TR = Terminação Ramificada; DR = Druza; ES = Estrutura Secretora; NMF = Nervura Marginal Fimbriada. Barras de escala: A e B = 1000 $\mu$ m; C e D = 200 $\mu$ m; E e F = 500 $\mu$ m.

Fonte: Do autor (2018).

### 4.3 Avaliações anatômicas quantitativas

Quando cultivado em ambientes com diferentes condições, como é o caso das diferentes condições de luminosidade, o araçazeiro exibe grande variação fenotípica, principalmente nas folhas (SILVA E MEDEIROS, 2005). Essa variação se resume à modificações morfoanatômicas, assim como será mostrado no presente trabalho, onde as folhas de *Psidium cattleianum* analisadas apresentaram diferenças anatômicas e morfológicas em 18 das 31 variáveis analisadas.

Figura 18 - Aspectos anatômicos das folhas de sol e sombra.

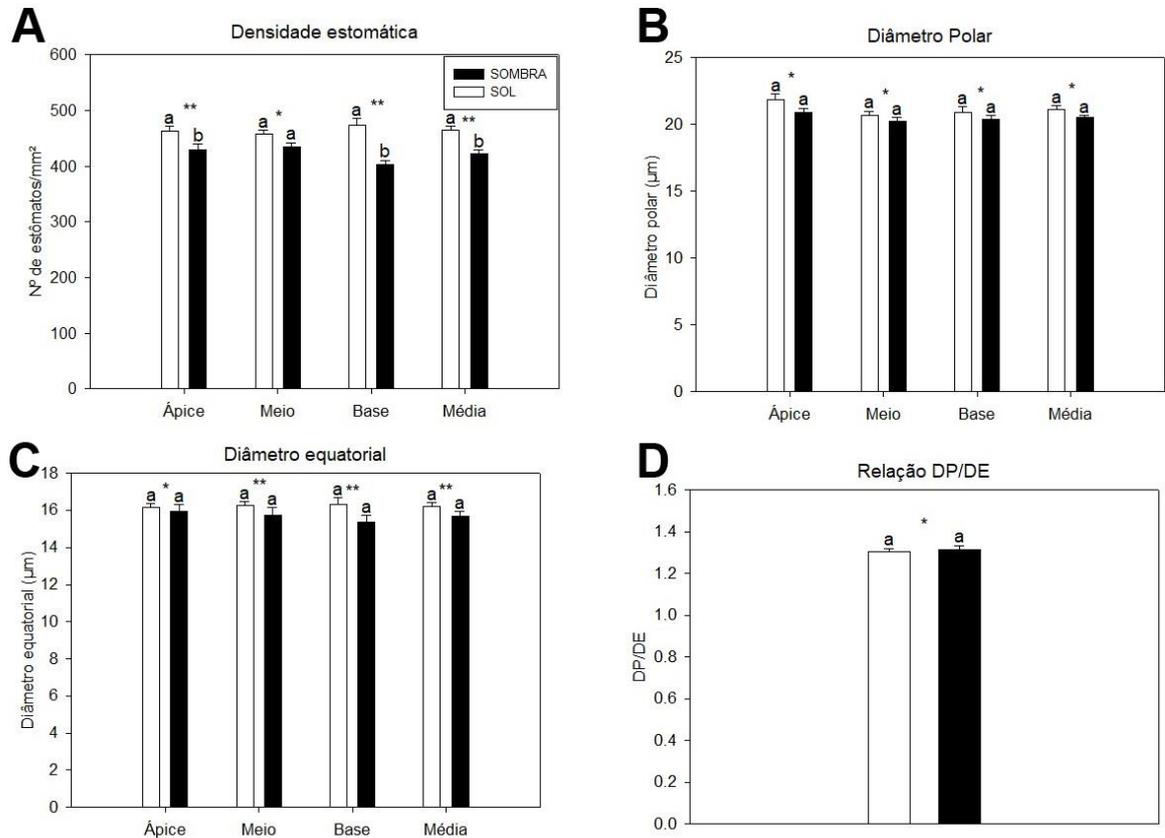


Legenda: A: vista frontal da epiderme abaxial de uma folha de sol; B: vista frontal da epiderme abaxial de uma folha de sombra; C: região mediana da lâmina foliar de uma folha de sol; D: região mediana da lâmina foliar de uma folha de sombra. ES: estômato; CS: células ocluseras da cavidade secretora; EP: epiderme; HP: hipoderme; PP: parênquima paliçádico; PL: parênquima lacunoso. Barra de escala: 100µm.

Fonte: Do autor.

### 4.3.1 Estômatos

Figura 19 - Gráfico de avaliações quantitativas dos estômatos.



Legenda: As barras que apresentam letras distintas são diferentes entre si pelos testes t de Student (\*) ou Mann-Whitney (\*\*) para  $p < 0,05$ .

Fonte: Do autor (2018).

De acordo com os resultados, foi possível observar aumento significativo na densidade estomática nas regiões do ápice e base, além da média geral da folha, enquanto para a região mediana não foi encontrada diferença (GRÁFICO 1A).

Segundo Lleras (1977), um maior número de estômatos/mm<sup>2</sup> ocorre em resposta a maior exposição à radiação solar. Voltan, Fahl e Carelli (1992), Feild et al. (2001) e Rôças, Barros e Scarano (1997) complementam a ideia, explicando que, com o sombreamento ocorre um aumento do tamanho das células epidérmicas, o que reduz o número de estômatos por unidade de área. Ainda de acordo com Lleras (1977), o número de estômatos pode variar de acordo com a posição que as folhas se inserem nos ramos da planta. Dessa forma, é possível entender o porquê de ao se comparar a densidade estomática em diferentes regiões das folhas, pode-se obter divergências em certas regiões e em outras não. Como as folhas de sol recebem iluminação direta, elas podem apresentar um aumento em certas regiões da folha e em outras

não, conforme apresentado no presente trabalho, visto que diversos fatores, como o exemplo citado por Barreiro et al. (2006) a disposição das folhas umas sobre as outras, o que leva ao fenômeno do auto-sombreamento, pode trazer modificações quanto ao número de estômatos e células epidérmicas.

Segundo Gobbi et al. (2011), a densidade estomática se relaciona com a capacidade fotossintética das folhas, visto que quanto maior o número de estômatos/mm<sup>2</sup>, menor resistência à difusão de gases nas folhas. Dessa forma, a maior densidade estomática permite à planta aumentar a absorção de CO<sub>2</sub> ao longo da folha permitindo maior aproveitamento das condições ambientais de luminosidade as quais as folhas de pleno sol estão submetidas (ABRANS, KLOEPEL E KIBISKE, 1992; EVANS, 1999; LIMA JUNIOR et al., 2006), uma vez que, conforme será discutido mais à frente, o aparato fotossintético das folhas de sol é mais robusto, necessitando de maior quantidade de CO<sub>2</sub> para a otimização do processo.

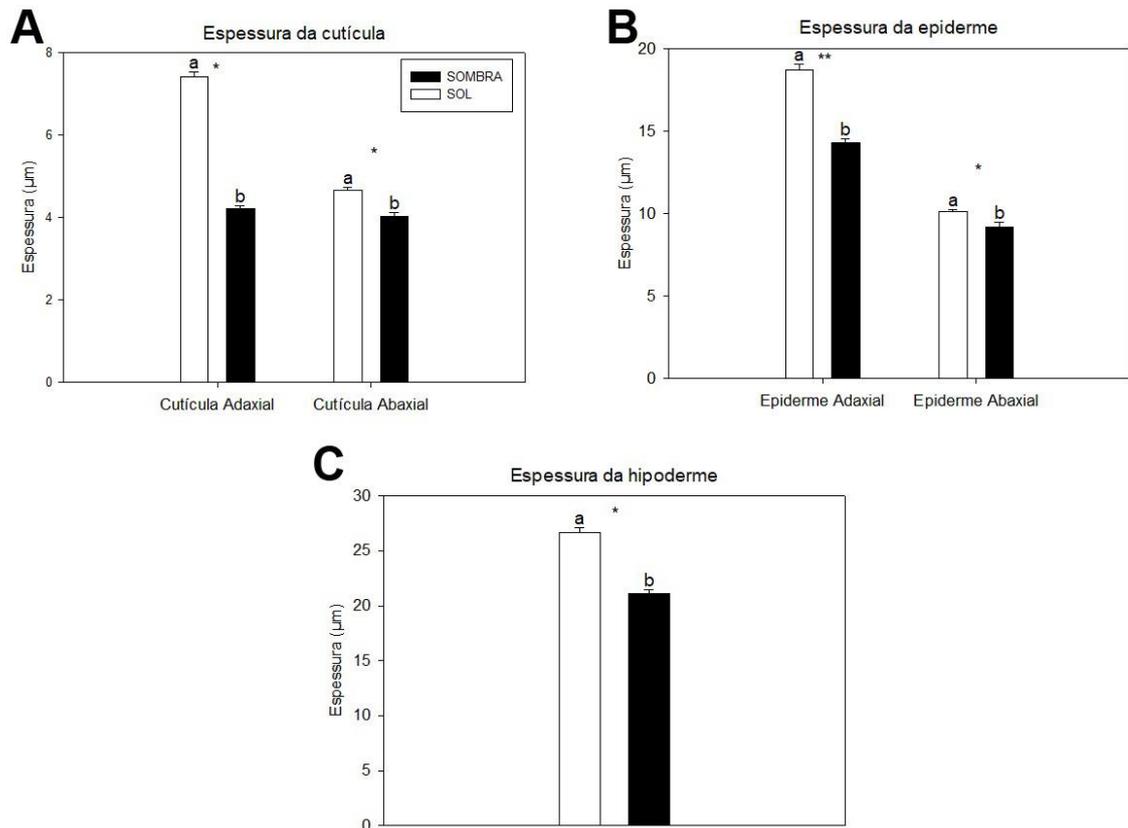
Porém, além da absorção de CO<sub>2</sub> nos estômatos, ocorre também a perda de vapor de água pela transpiração, na proporção de 1 molécula de CO<sub>2</sub> absorvida para 400 de H<sub>2</sub>O eliminadas nas plantas C3 (KERBAUY, 2004; TAIZ E ZEIGER, 2009). Dessa forma, o aumento do número de estômatos por unidade de área faz com que ocorra um aumento na taxa de transpiração (LIMA JUNIOR et al., 2006), uma vez que o fenômeno está diretamente relacionado com o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos. Esta condição, para plantas xerófitas e plantas de ambiente de sol, não costuma ser conveniente, visto que o aumento da taxa de transpiração, pode levar à perda de água em excesso. Sendo assim, com o objetivo na tentativa de evitar a transpiração em excesso, a maior densidade de estômatos pode ser entendida como uma estratégia para que as folhas de sol não necessitem ficar um grande período de tempo com os estômatos abertos. Dessa forma, segundo Yang et al. (2012) os estômatos se abrem e fecham mais rapidamente, permitindo a entrada de CO<sub>2</sub> e o transporte de água via xilema suficientes para a otimização do processo fotossintético e ao mesmo tempo, por mais que a transpiração seja maior nas folhas de sol, evita-se a transpiração em excesso.

Já em relação as medidas de diâmetro polar (DP) (GRÁFICO 1B) e equatorial (DE) (GRÁFICO 1C), não foram encontradas diferenças entre os ambientes em nenhuma das regiões da folha e nem na média geral da folha, o que levou à ausência de diferença significativa na relação DP/DE (GRÁFICO 1D). Dessa forma, é possível inferir que, de acordo com os dados obtidos, não existem diferenças significativas nos tamanhos dos estômatos e conseqüentemente na funcionalidade dos mesmos, que é dada por uma relação que leva em consideração os valores de DP/DE (CASTRO, PEREIRA e PAIVA, 2009). Essa

resposta indica que a luminosidade não influenciou o tamanho dos estômatos a ponto de comprometer o funcionamento dos mesmos em nenhum dos ambientes estudados.

### 4.3.2 Cutícula, epiderme e hipoderme

Figura 20 - Gráfico de avaliações quantitativas da epiderme e hipoderme.



Legenda: As barras que apresentam letras distintas são diferentes entre si pelos testes t de Student (\*) ou Mann-Whitney (\*\*) para  $p < 0,05$ .

Fonte: Do autor (2018).

Segundo Boeger e Wisniewski (2003), as folhas de ambiente de sol apresentam características semelhantes às folhas das plantas xeromórficas, aquelas que são oriundas de regiões com alta intensidade luminosa e baixa disponibilidade de água e nutrientes no solo. Isso ocorre principalmente devido à alta temperatura e intensidade as quais as folhas de sol estão submetidas. Nesse caso, é comum observar, por exemplo, maior desenvolvimento da cutícula e epiderme (DARDENGO et al., 2017), que podem funcionar como estruturas de proteção e atenuação dos raios solares, evitando o superaquecimento da região do parênquima clorofiliano. Normalmente, não é possível observar essas características em folhas de ambiente sombreado, já que a menor intensidade luminosa não oferece dano aos tecidos internos das folhas (CUTTER, 1978) conforme será mostrado a seguir.

Nesse sentido, conforme mostrado no gráfico, foi possível observar maior desenvolvimento da cutícula nas folhas de sol em relação às folhas de sombra em ambas as faces da folha, mas principalmente sobre a epiderme adaxial, já que está recebendo radiação direta (GRÁFICO 2A).

Segundo Fermino Junior et al. (2004) a cutícula apresenta um importante papel ecológico que tem relação direta com a perda de água, a reflexão da radiação solar e consequentemente na redução da temperatura, principalmente de folhas expostas à luz direta. O que explica a necessidade do maior espessamento da cutícula observado nas folhas citadas no presente trabalho, principalmente quando se trata da reflexão da luz solar. Segundo Dickison (2000) e Alquini et al. (2013) isso ocorre devido a cutícula se tratar de uma camada brilhante e refletora. Com isso, ocorre a reflexão do excesso de luz solar, evitando o superaquecimento do citoplasma das células do mesofilo e consequentemente a má funcionalidade das mesmas, possibilitando que ocorram normalmente os processos da planta. Já nas folhas de sombra, onde não há radiação direta, segundo Pereira, Barros e Scarano (2009), a planta não investe no aumento da espessura e lignificação da cutícula, visto que não há luminosidade o suficiente para causar danos nos tecidos do interior da folha.

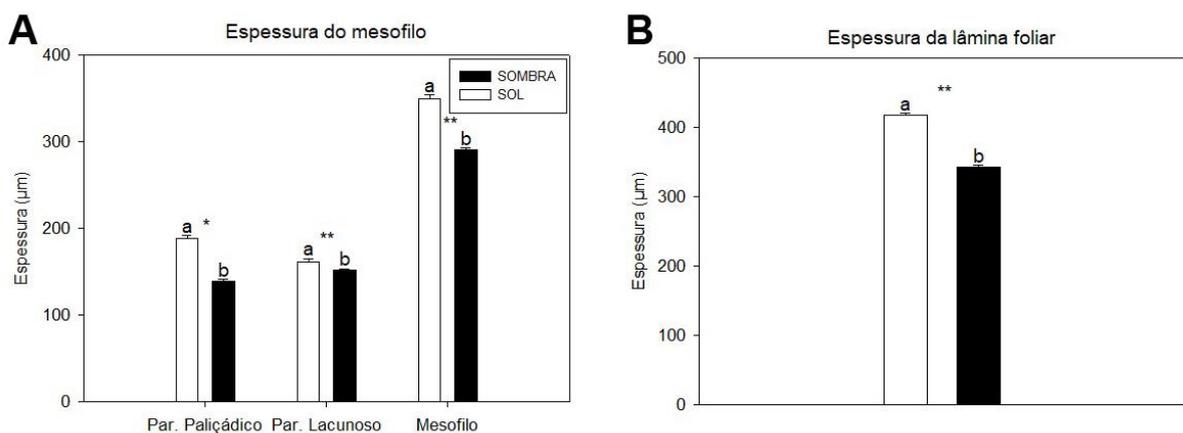
Com relação à análise da epiderme, o gráfico também nos mostra o maior desenvolvimento deste tecido em ambas as faces das folhas de sol (GRÁFICO 2B). Sabe-se que a epiderme é o tecido de revestimento das plantas, tendo as funções principais de impedir a ação de choques mecânicos e a invasão de organismos patogênicos, além de restringir a perda de água e permitir a reflexão do excesso de raios (ALQUINI et al., 2013). Portanto, justamente por se tratar de um tecido de revestimento e proteção, espera-se observar um aumento de sua espessura em condições adversas. Quando a espessura da epiderme é avaliada, conforme observado no presente trabalho, é esperado que os valores médios das folhas coletadas em ambiente de luz solar intensa sejam mais espessas, como uma estratégia para aumentar a reflexão do excesso de raios luminosos (SMITH et al., 1997; MARQUES et al., 2000). Há ainda autores que dizem que a epiderme mais espessa surge como uma forma de atenuar a luz solar absorvida até que ela chegue na região parenquimática. Chazdon e Kaufmann (1993) defendem essa teoria, dizendo que o aumento da espessura da camada epidérmica ou ainda o aumento do número de camadas da epiderme parecem estar relacionados à proteção do parênquima paliçádico contra o excesso de radiação UV-B. Lee et al. (1990), complementam essa ideia, dizendo que o aumento da epiderme nas folhas de sol funciona como um ajuste estrutural que tem como principal objetivo diminuir a incidência de luz por meio da reflexão, evitando o superaquecimento do mesofilo e consequentemente, seu

mau funcionamento. Há ainda uma última hipótese que diz que além da proteção dos tecidos fotossintético, epidermes mais espessas previnem o murchamento de folhas expostas a altas intensidades luminosas (STRAUSS-DEBENEDETTI E BERLYN, 1994), o que também é importante para manter o funcionamento da planta.

As análises permitem observar ainda, aumento de espessura relativo ao tecido hipodérmico nas folhas de sol em relação as folhas de sombra (GRÁFICO 2C). A hipoderme é um tecido localizado abaixo da epiderme cuja função está associada ao armazenamento de água (MORRETES E FERRI, 1972; ESAU, 1974). Esses autores afirmam ainda que pode haver movimentação de água entre as células da hipoderme e as células do parênquima clorofiliano. A partir das funções da hipoderme supracitadas, é possível inferir que sob maior exposição a luz solar, há um aumento da hipoderme de forma a aumentar as reservas de água para os processos fisiológicos das folhas além de manter a hidratação das mesmas. É possível inferir também, que, como a hipoderme é uma camada localizada acima do parênquima clorofiliano, pode atuar na atenuação da alta intensidade luminosa antes de chegar ao tecido parenquimático, funcionando, juntamente com a cutícula e epiderme, como uma barreira, evitando assim o superaquecimento dos parênquimas e conseqüentemente seu mau funcionamento.

#### 4.3.3 Mesofilo e lâmina foliar

Figura 21 - Gráfico de avaliações quantitativas do mesofilo e lâmina foliar.



Legenda: As barras que apresentam letras distintas são diferentes entre si pelos testes t de Student (\*) ou Mann-Whitney (\*\*) para  $p < 0,05$ .

Fonte: Do autor (2018).

Na avaliação do tecido fotossintetizante das folhas estudadas, foi possível perceber diferença significativa entre os ambientes de sol e sombra para a espessura do parênquima paliçádico, espessura do parênquima lacunoso e na espessura do mesofilo, que tiveram médias maiores para as folhas de sol em relação às folhas de sombra (GRÁFICO 3A).

Segundo Valladares, Aranda e Sánchez-Gomes (2004), os efeitos da luminosidade são facilmente observados no mesofilo, principalmente nas células fotossintetizantes, visto que a quantidade da luz, influencia diretamente a produção de fenótipos que favorecem a otimização desse recurso. Em ambientes com altas intensidades luminosas, o calor e os níveis de luminosidade podem se tornar estressantes, ajustando características morfoanatômicas que atuem na absorção de luz, como é o caso do aumento da espessura dos tecidos fotossintetizantes presentes no mesofilo (MYERS, JORDAN E VOGELMANN, 1997; VAN ZENTEN et al., 2010; FALSTER E WESTOBY, 2003; LIMA JUNIOR et al., 2006; SABBI, ÂNGELO E BOEGER, 2010). Em contrapartida, em ambiente sombreado, as plantas tendem a apresentar menor espessura de mesofilo (MILANEZE-GUTIERRE, MELLO E DELAPORTE, 2003), visto que não há excesso de luminosidade, não necessitando, então, de um maior desenvolvimento do tecido para o aproveitamento da mesma.

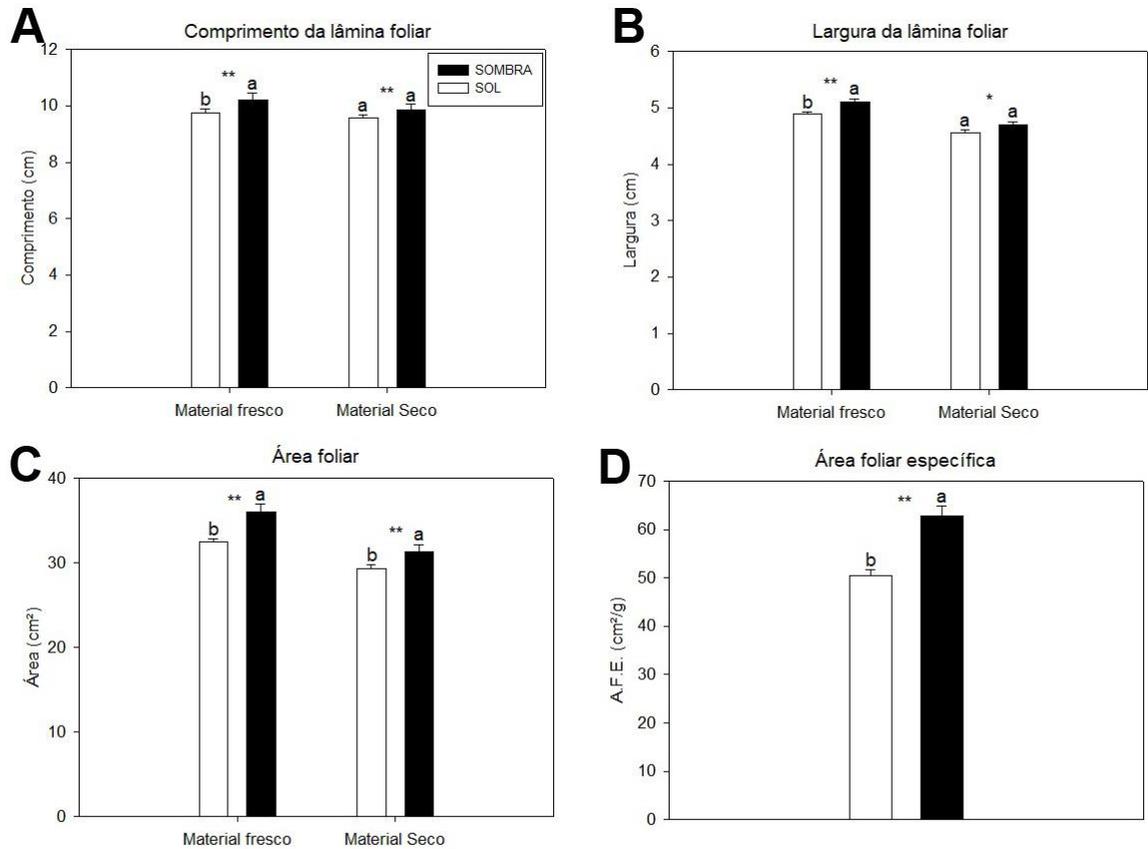
Segundo Lambers et al. (2008), a espessura do parênquima paliçádico, geralmente, é menor nas folhas de sombra quando comparadas com as folhas de sol. Isso ocorre porque, segundo Lima Junior et al. (2006) e Sabbi, Ângelo e Bogger (2010), o aumento da luminosidade afeta o desenvolvimento do parênquima paliçádico, aumentando sua espessura nas folhas de sol. Tal aumento, evita a fotoinibição das folhas com a maior intensidade luminosa (TAIZ E ZEIGER, 2009), permitindo que a luz seja transmitida de forma mais direta, evitando o excesso de luz presente na porção superior da planta (MAJEROWICZ, 2004). Ou seja, o aumento da espessura desse tecido, permite melhor aproveitamento da luminosidade, que é maior nos ambientes de sol. Já a diminuição desse parênquima nas folhas de sombra, está relacionada com a difusão de CO<sub>2</sub> na folha. Sabendo que o CO<sub>2</sub> tem grande participação no processo fotossintético da planta e que as folhas de sombra possuem, conforme discutido anteriormente, menor quantidade de estômatos por unidade de área, o que dificulta a absorção de tal gás, é vantajoso que a planta desenvolva menor resistência a difusão do mesmo. Dessa forma, a diminuição da espessura do parênquima paliçádico, o menor número e tamanho das células e a maior proporção de espaços intercelulares, visto que esse tecido é compacto, podem representar uma tentativa de diminuição da resistência à difusão de CO<sub>2</sub> no interior da folha, buscando sua eficiência fotossintética (GOBBI et al., 2011).

Já o aumento de comprimento das células e do número de camadas do parênquima lacunoso, que estão diretamente relacionados com o aumento da espessura deste tecido, também tem relação direta com o melhor aproveitamento da luz, que atinge as duas faces da folha (DELUCIA et al., 1991; MYERS, JORDAN E VOGELMANN, 1997; TAIZ E ZEIGER, 2009). Isso ocorre porque esse aumento permite um acréscimo da difusão da luz na região interna da folha, através de múltiplas reflexões que aumentam o comprimento da trajetória desenvolvida pelo fóton, aumentando assim a chance de absorção (DELUCIA et al., 1991; TAIZ E ZEIGER, 2009). Sendo assim, o aumento da espessura do parênquima lacunoso também é discutido como uma estratégia de otimização dos processos fotossintéticos. Isso ocorre porque, além de complementar a eficiência luminosa, conforme discutido acima, o parênquima lacunoso possui grande quantidade de espaços intercelulares, o que segundo Tian et al. (2016) favorece o transporte de gases no mesofilo, incluindo o CO<sub>2</sub>. Dessa forma, o aumento da quantidade de camadas de parênquima lacunoso pode aumentar o ganho de carbono da folha (DELUCIA et al., 1991, FALSTER & WESTOBY, 2003), principalmente se levarmos em consideração que a planta é hipoestomática, ou seja, os estômatos estão em uma região próxima ao parênquima lacunoso.

Na análise da espessura da lâmina foliar, também foi possível observar aumento nas folhas de sol em relação as folhas de sombra (GRÁFICO 3B). Esse aumento está relacionado diretamente com o crescimento em espessura dos tecidos presentes na lâmina foliar, que foram avaliados anteriormente, como o maior desenvolvimento do parênquima paliçádico e lacunoso, e conseqüentemente do mesofilo, além da hipoderme, epiderme e cutícula.

#### 4.3.4 Dimensões foliares

Figura 22 - Gráfico de avaliação das dimensões foliares.



Legenda: As barras que apresentam letras distintas são diferentes entre si pelos testes t de Student (\*) ou Mann-Whitney (\*\*) para  $p < 0,05$ .

Fonte: Do autor (2018).

A partir das análises realizadas, foi possível perceber que todas as variáveis relacionadas às dimensões do material fresco foram estatisticamente diferentes, apresentando maiores médias nas folhas de sombra em relação às folhas de sol (GRÁFICO 4A, B e C).

Segundo Scalon et al. (2001), os resultados mostram estar de acordo com o que é observado normalmente, visto que há a necessidade do aumento da superfície foliar para maximizar a absorção de luz e o processo fotossintético, visto que as plantas de sombra recebem pouca luz em comparação com as de ambiente de sol. Silva e Medeiros (2005) complementam a ideia, dizendo que a estratégia de modificação no tamanho da superfície foliar estaria diretamente relacionada com as transferências de calor e massa pela superfície foliar. Campos e Uchida (2002) também corroboram com a ideia, dizendo que a expansão da folha sob baixa luminosidade indica a maneira da planta compensar a reduzida luminosidade,

buscando aproveitar melhor este recurso com o aumento da superfície, visto que, segundo Espindola Junior (2006), uma maior área sujeita a maior interceptação dos raios luminosos. Sendo assim, nesses ambientes menos ensolarados, é vantajosa a construção de folhas maiores, para capturar maior quantidade de luz e CO<sub>2</sub>, visto que essas folhas apresentam menor número de estômatos por unidade de área (SANTIAGO et al., 2001; KAKANI et al., 2003), conforme mostrado anteriormente no presente trabalho. Dessa forma, o aumento da área foliar nas plantas de sombra, parece compensar, pelo menos em parte, a menor densidade de estômatos.

Já a diminuição da área foliar em folhas de ambiente de sol, se configura como uma estratégia para reduzir a área de transpiração, visto que o local apresenta altas temperaturas (BOEGER E GLUZEZAK, 2006). Com a diminuição da área foliar, ocorre também a redução da camada limítrofe de ar da folha, diminuindo a resistência à perda de calor (ALVES, 2006). Sendo assim, em ambientes de alta intensidade luminosa, as áreas tendem a ser menores para aumentar o calor dissipado, evitando o superaquecimento do interior da folha, a desidratação por meio da transpiração e a destruição da clorofila (SMITH et al., 1997; ASHTON E BERLYN, 1992), prejudicando as relações fisiológicas que ali ocorrem.

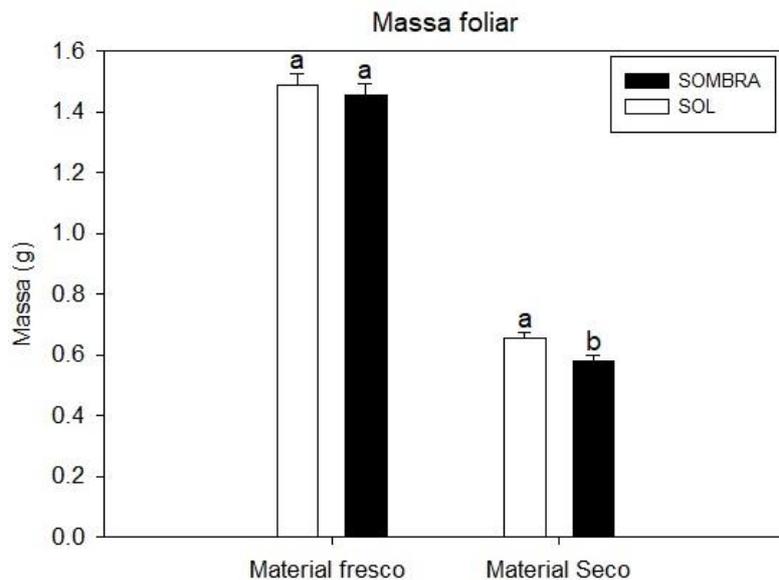
Os dados para área foliar específica (AFE) também demonstraram diferenças significativas na comparação entre os dois ambientes, apresentando maior média nas folhas de sombra em relação às folhas de sol (GRÁFICO 4D).

Segundo Berlyn e Cho (2000), o aumento da AFE sob baixa luminosidade está diretamente relacionado com a diminuição da espessura da cutícula, epiderme e mesofilo. Nessas condições, segundo Gobbi et al. (2011), as plantas investem maior proporção de fotoassimilados e demais recursos no aumento da área foliar, e menos no aumento da espessura das estruturas internas, apresentando maior AFE e menor densidade de massa. Essas alterações tem como objetivo aumentar a captação de luz para melhorar a eficiência fotossintética sob baixa luminosidade (LAMBERS, CHAPIM E PONS, 2008). Dessa forma, os maiores valores de AFE indicam o potencial de aumentar a taxa de crescimento e desenvolvimento da área sombreada das plantas (POORTER, 2001). Ainda nessa mesma linha, segundo Wilson, Thompson e Hodgson (1999) e Boeger et al. (2006) a AFE é uma das principais características indicadoras da taxa de crescimento e estratégias do uso de recursos pelas plantas, podendo ser considerada como um índice de produtividade, devido à importância que os órgãos fotossintetizantes tem na produção biológicas (Scalon et al., 2003).

Além das medidas obtidas, não foram encontradas outras diferenças em relação à superfície foliar, mostrando inclusive que o formato da folha não foi alterado durante o processo de secagem da mesma. Dessa forma, pode-se inferir que, no caso da espécie *Psidium cattleianum*, as comparações e descrições morfológicas da espécie podem ser feitas normalmente utilizando como base as exsicatas depositadas nos herbários.

#### 4.3.5 Massa do material fresco e seco

Figura 23 - Gráfico de avaliação das massas do material fresco e seco.



Legenda: As barras que apresentam letras distintas são diferentes entre si pelo teste t de Student para  $p < 0,05$ .

Fonte: Do autor (2018).

Apesar das diferenças entre as áreas foliares nos dois ambientes, não foi obtida diferença significativa para a massa do material fresco, apenas para a massa do material seco (GRÁFICO 5).

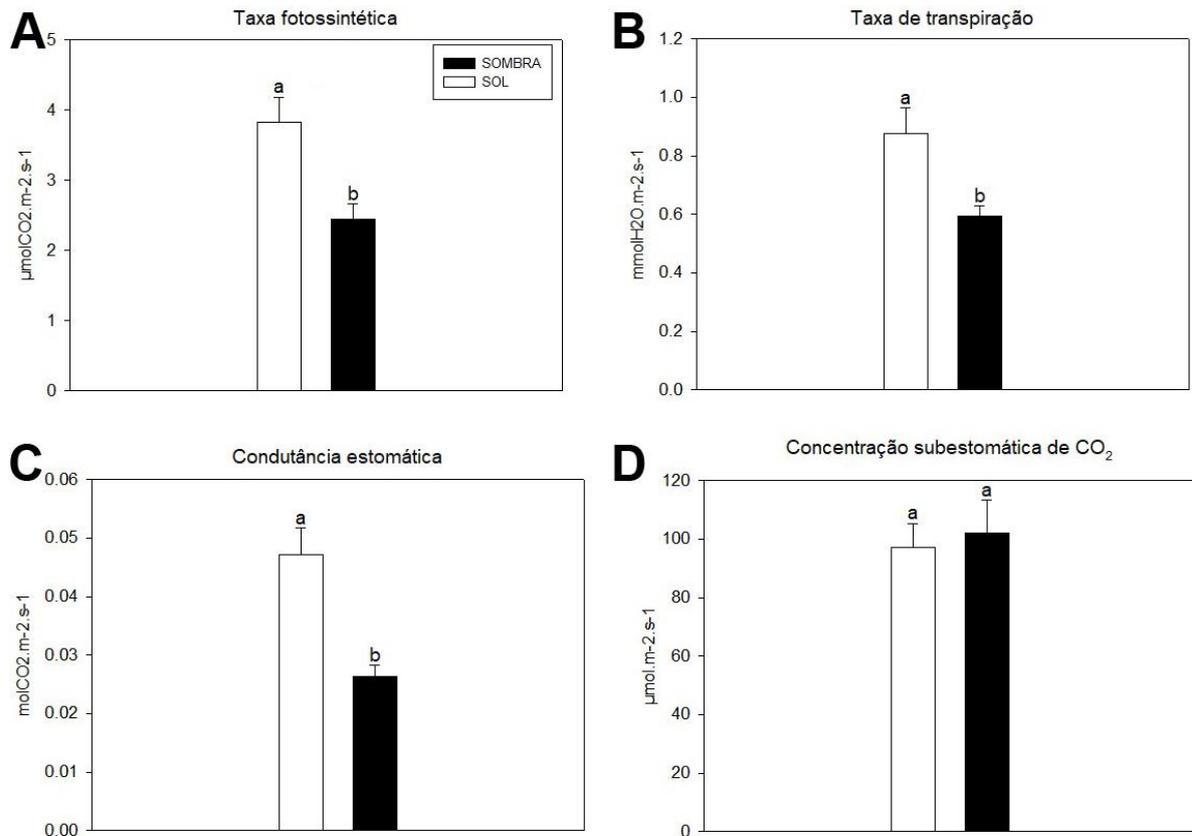
O resultado obtido para a massa fresca, mesmo havendo diferença entre o tamanho das áreas foliares, se deve ao fato de que, segundo Takenaka, Takahashi e Kohyama (2001), Falster e Westoby (2003) e Gálvez e Pearcy (2003) as folhas de sol apresentam maior espessura, o que compensa a maior área das folhas de sombra, igualando a massa foliar dos dois ambientes. Isso se deve ao maior desenvolvimento das estruturas mais externas à lâmina foliar (cutícula, epiderme e hipoderme) (SCALON et al., 2001) e também ao maior desenvolvimento do mesofilo, conforme encontrado no presente estudo, onde as folhas de sol

apresentaram maior espessura em todos os tecidos existentes na lâmina foliar, o que também trouxe a diferença na massa do material seco. A maior espessura e desenvolvimento do mesofilo se deve, principalmente, segundo Vendramini et al., (2002) e Carvalho (2006), ao maior desenvolvimento do parênquima paliçádico, que é um tecido altamente compacto e muito desenvolvido nas folhas sob condição de alta luminosidade, o que leva o mesmo a ter uma maior alocação de biomassa. Meziane e Shipley (1999) corroboram com a ideia, dizendo que esse resultado é, provavelmente, um incremento de maquinaria fotossintética para transformar a energia luminosa em energia química, podendo explorar melhor a luminosidade do local. Sendo assim, podemos inferir que a quantidade de massa acumulada pelas folhas também são reflexos diretos da produção fotossintética líquida.

#### **4.4 Avaliações fisiológicas**

Por consequência da luminosidade, as plantas desenvolvem mecanismos que visam sua aclimatação aos ambientes aos quais se inserem (SEARLE et al., 2011). Dessa forma, para avaliar os mecanismos de adaptação das plantas aos diferentes ambientes, é bastante recomendado fazer análises relacionadas às trocas gasosas e à fotossíntese (PEREIRA et al., 2000; MONNET et al., 2001). Tendo em vista essas avaliações, no presente trabalho, foram realizadas observações para quatro variáveis relacionadas à fisiologia, nas quais foram observadas diferenças significativas em três delas em resposta às condições de luminosidade utilizadas no experimento.

Figura 24 - Gráfico de avaliações fisiológicas.



Legenda: As barras que apresentam letras distintas são diferentes entre si pelo teste de Mann-Whitney para  $p < 0,05$ .

Fonte: Do autor (2018).

A partir das análises realizadas, foi possível constatar diferença estatística na taxa fotossintética, taxa de transpiração e condutância estomática, enquanto em relação à concentração subestomática de  $\text{CO}_2$  as médias obtidas foram semelhantes estatisticamente.

Quando se trata do aumento da taxa fotossintética (GRÁFICO 6A), devemos sempre nos remeter ao maior desenvolvimento das estruturas fotossintetizantes e do número de estômatos, conforme observado nas avaliações anatômicas do presente trabalho. A maior intensidade luminosa afeta diretamente a proporção de células fotossintetizantes presentes nas folhas, de forma a tornar o tecido fotossintetizante mais eficiente no aproveitamento desse recurso para o processo fotossintético (VALLADARES, ARANDA E SANCHÉZ-GOMEZ, 2004; VAN ZENTEN et al., 2010; LIMA JUNIOR et al., 2006; SABBI, ÂNGELO E BOEGER, 2010) de modo a elevar a referida taxa, enquanto em ambiente de sombra, conforme observado, não há o acréscimo de tal tecido, fazendo com que não ocorra tal

aumento nas mesmas. Esse aumento faz com que a luz recebida pelas folhas de ambiente de sol sejam transmitidas de forma mais eficiente nas folhas, evitando a fotoinibição das mesmas, o que leva à otimização do processo do processo fotossintético e à elevação de A (TAIZ E ZEIGER, 2009; MAJEROWICZ, 2004). O aumento da densidade estomática, por sua vez, leva a uma maior absorção de CO<sub>2</sub>, que é matéria-prima para o processo (GOBBI et al., 2011).

Foi possível observar também, aumento na taxa de transpiração (GRÁFICO 6B). Isso ocorre como efeito da alta densidade estomática. Segundo Lima Junior et al. (2006), há uma relação direta entre a taxa e o número de estômatos, visto que o fenômeno é o resultado do mecanismo de abertura e fechamento dos mesmos. Dessa forma, por mais que em ambiente de sol os estômatos tendem a diminuir o tempo de abertura e fechamento dos ostíolos (YANG et al., 2012), o número de estômatos acaba superando essa diminuição, tornando a taxa de transpiração maior nas folhas a pleno sol. Há ainda uma outra explicação para o aumento na taxa de transpiração. Em ambientes de pleno sol, além da elevada taxa de luminosidade, a temperatura também é elevada, levando ao aumento da diferença de pressão de vapor entre o ar e as folhas e, conseqüentemente, ao aumento da taxa de transpiração para a regulação da temperatura das folhas (MORAIS et al., 2003; TAIZ E ZEIGER, 2009; YANG et al., 2012).

Outro fator que se relaciona diretamente com o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, bem como a densidade estomática, é a condutância estomática, que também apresentou diferença significativa entre os ambientes estudados (GRÁFICO 6C). Segundo Lima Junior et al. (2006), para que a fotossíntese não seja limitada por diferentes condições ambientais, há uma maior densidade estomática, levando a uma maior condutância de gases. Dessa forma, quanto maior a densidade estomática, maior tende a ser a absorção de CO<sub>2</sub> (ABRANS et al., 1992; EVANS, 1999). Assim, juntamente com o ajuste do aparato fotossintético para que ocorra a absorção adequada de luz, a regulação da condutância estomática tem grande importância no aumento e otimização da taxa fotossintética (AASAMAA E SÖBER, 2011), uma vez que o seu aumento leva a uma maior absorção de CO<sub>2</sub> pela planta, disponibilizando maior quantidade de carbono para o processo.

Quanto à avaliação da concentração subestomática de CO<sub>2</sub>, onde não houve diferença significativa (GRÁFICO 6D), pode-se dizer que, provavelmente, esse fenômeno também ocorreu devido ao mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos por causa das altas temperaturas (DIAS E MARENCO, 2007). É possível inferir então, que houve maior assimilação de carbono nas folhas de sol, conforme observado no trabalho de Larcher (2000).

Dessa forma, por mais que, de acordo com os dados relativos à condutância estomática haja maior absorção de carbono nas plantas de sol, esse carbono é rapidamente assimilado, provavelmente devido ao maior desenvolvimento dos parênquimas clorofilianos, fazendo com que não haja diferenças de  $C_i$  para os dois ambientes.

## 5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, foi possível concluir que a espécie *P. cattleianum* não apresentam diferenças anatômicas e morfológicas qualitativas nos dois ambientes em relação aos trabalhos consultados para a identificação da espécie. No estudo da nervação foi possível observar diferenças qualitativas entre as folhas de sol e as de sombra, principalmente com relação às nervuras de terceira e quarta ordem, que apresentam maior grau de compactação nas folhas de sol, provavelmente devido à menor dimensão foliar.

Pode-se perceber que a espécie apresenta diferenças quantitativas entre os dois ambientes, devido à plasticidade morfoanatômica como resposta às diferentes condições existentes nos ambientes de sol e sombra. É o caso das modificações no número de estômatos e maior desenvolvimento dos parênquimas clorofilianos, cutícula, epiderme e hipoderme nas folhas de sol e maior área foliar nas folhas de sombra.

É possível perceber também que as modificações morfoanatômicas observadas têm influência nas taxas relacionadas aos processos fisiológicos das folhas dos dois ambientes estudados, como foi observado na fotossíntese, transpiração e condutância estomática.

Sendo assim, sabendo que as modificações morfoanatômicas têm total relação com o funcionamento da planta, é possível concluir que a plasticidade observada no presente estudo tem como objetivo final garantir o melhor funcionamento das folhas nos diferentes ambientes, e, conseqüentemente, melhor aproveitamento das condições de luminosidade às quais os indivíduos estão expostos para os processos fisiológicos.

## REFERÊNCIAS

- AASAMAA, K.; SÖBER, A. Stomatal sensitivities to changes in leaf water potential, air humidity, CO<sub>2</sub> concentration and light intensity, and the effect of abscisic acid on the sensitivities in six temperate deciduous tree species. **Environmental and Experimental Botany**, [s.l.], v. 71, n. 1, p.72-78, abr. 2011.
- ABRAMS, M. D.; KLOEPPPEL, B. D.; KUBISKE, M. E. Ecophysiological and morphological responses to shade and drought in two contrasting ecotypes of *Prunus serotina*. **Tree Physiology**, Oxford, v. 10, n. 4, p.343-355, jun. 1992.
- AGUIAR, T. V.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; AZEVEDO, A. A.; FERREIRA, R. S. Anati Quanti: software de análises quantitativas para estudos em Anatomia Vegetal. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 4, p.649-659, 2007.
- ALQUINI, Y.; BONA, C.; BOEGER, M. R. T.; COSTA, C. G.; BARROS, C. F. Epiderme. In: APEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. **Anatomia Vegetal**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. p. 85-103.
- ALVES, A. C. A. **Efeito das diferentes intensidades luminosas na morfoanatomia foliar de duas espécies de plantas medicinais em consórcio com *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. (Aquifoliaceae)**. 2006. 61f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- ALVES DE BRITO C. J. F.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C. Anatomia quantitativa da folha e do colmo de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 3, p.519-528, mai./jun. 2004.
- ARAGÃO, J. G.; CONCEICÃO, G. M. Myrtaceae: espécies das subtribos Eugeniinae, Myrciniinae e Myrtinae registradas para o Estado do Maranhão. **Sinapse Ambiental**, Betim, p.7-17, dez. 2008.
- ASHTON, P. M. S.; BERLYN, G. P. Leaf adaptations of some *Shorea* species to sun and shade. **New Phytologist**, Cambridge, v. 121, n. 4, p.587-596, ago. 1992.
- BARREIRO, A. P.; ZUCARELI, V.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento de plantas de manjeriço tratadas com reguladores vegetais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p.563-567, 2006.
- BERLYN, G.P.; CHO, J. Light, moisture, and nutrient use by plants. In: ASHTON, M.S., MONTAGNINI, F. **The silvicultural basis for agroforestry systems**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p.9-39.
- BEZERRA, J. E. F.; SILVA JUNIOR, J. F.; LEDERMAN, I. E. **Pitanga (*Eugenia uniflora* L.)**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 30p.
- BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; SILVA JUNIOR, J. F.; PROENÇA, C. E. B. Araçá. In: VIEIRA, R.F.; COSTA, T.S.A.; SILVA, D.B.; FERREIRA, F.R.; SANO, S.M. **Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006. p.41-62.
- BLEASDALE, J. K. A. **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1977. 176 p.
- BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 1, p.61-72, mar. 2003.

- BOEGER, M. R. T.; KAEHLER, M.; MELO JUNIOR, J. C. F.; GOMES, M. Z.; OLIVEIRA, L. S.; CHAVES, C. R. M.; SCHOTTZ, E. S. Estrutura foliar de seis espécies do subosque de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista. **Hoehnea**, São Paulo, v. 33, n. 4, p.521-531, 2006.
- BOEGER, M. R. T.; GLUZEZAK, R. M. Adaptações estruturais de sete espécies de plantas para as condições ambientais da área de dunas de Santa Catarina, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 61, n. 1-2, p.73-82, jan./dez. 2006.
- BRANDÃO, M.; LACA-BUENDÍA, J. P.; MACEDO, J. F. **Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 2002. 538 p.
- BRADSHAW, A. D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. **Advances In Genetics**, [s.l.], v. 13, p.115-155, 1965.
- BUKATSCH, F. Bemerkungen zur doppelfärbung astrablau-safranin. **Mikrokosmos**, v. 61, n. 8, p. 255, 1972.
- CAIN, S.A., OLIVEIRA-CASTRO, G.M., PIRES, J.M. & SILVA, N.T. Application of some phytosociological techniques to brazilian rain forest. **American Journal Of Botany**, Columbus, v. 43, n. 10, p.911-941, dez. 1956.
- CAMPOS, M.A.A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p.281-288, mar. 2002.
- CARVALHO, L. L. **Arquitetura foliar comparativa de *Odontonema strictum* (Nees) O. Kuntze (Acanthaceae) em diferentes condições de luminosidade**. 2006. 23 f. TCC (Graduação) - Curso de Biologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: Editora UFLA, 2009. 234 p.
- CHAZDON, R. L.; KAUFMANN, S. Plasticity of leaf anatomy of two rain forest shrubs in relation to photosynthetic light acclimation. **Functional Ecology**, Oxford, v. 7, n. 4, p.385-394, ago. 1993.
- CONTI, E.; LITT, A.; WILSON, P. G.; GRAHAM, S. A.; BRIGGS, B. G.; JOHNSON, L. A. S. & SYTSMA, K. J. Interfamilial relationships in myrtales: molecular phylogeny and patterns of morphological evolution. **Systematic Botany**, [s.l.], v. 22, n. 4, p.629-647, out. 1997.
- COSTA, I. R. **Estudos evolutivos em Myrtaceae: aspectos citotaxonômicos e filogenéticos em Myrteae, enfatizando *Psidium* e gêneros relacionados**. 2009. 235 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- CUTTER, E. G. **Plant anatomy: cells and tissues Part I**. Londres: William Clowes And Sons, 1978. 320 p.
- DARDENGO, J. F. E.; ROSSI, A. A. B.; SILVA, I. V.; PESSOA, M. J. G.; SILVA, C. J. Análise da influência luminosa nos aspectos anatômicos de folhas de *Theobroma speciosum* Willd ex Spreng (Malvaceae). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p.843-851, jul./set. 2017.
- DELGADO, L. F. **Tolerância à dessecação em sementes de espécies brasileiras de *Eugenia***. 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2006.
- DELUCIA, E.H., SHENOI, H.D., NAIDU, S.L., DAY, T.A. Photosynthetic symmetry of sun and shade leaves of different orientations. **Oecologia**, [s. l.], v. 87, n. 1, p. 51-57, jun. 1991.

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e aquariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p.305-311, mar. 2007.

DICKISON, W. C. **Integrative plant anatomy**. San Diego: Academic Press, 2000. 533 p.

DONADIO, L. C.; MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. A. **Frutas brasileiras**. Jaboticabal: Novos Talentos, 2002. 288 p.

DUCROQUET, J. P. H. J.; HICKEL, E. R.; NODARI, R. O. **Goiabeira Serrana (*Feijoa sellowiana*)**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 66p.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1974. 293 p.

ESPINDOLA JUNIOR, A. **Morfologia e anatomia foliar de duas espécies medicinais (*Mikania glomerata* Spreng. – Asteraceae e *Bauhinia forficata* Link. - Leguminosae) associadas à erva mate, sob diferentes condições de luminosidade**. 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

EVANS, J. R. Leaf anatomy enables more equal access to light and CO<sub>2</sub> between chloroplasts. **The New Phytologist**, Cambridge, v. 143, n. 1, p.93-104, jul. 1999.

FALSTER, D.S.; WESTOBY, M. Leaf size and angle vary widely across species: what consequences for light interception? **New Phytologist**, Cambridge, v. 158, n. 3, p.509-525, abr. 2003.

FEILD, T.S.; BRODRIBB, T.; JAFFRÉ, T.; HOLBROOK, N.M. Acclimation of leaf anatomy, photosynthetic light use, and xylem hydraulics to light in *Amborella trichopoda* (Amborellaceae). **International Journal Of Plant Sciences**, Chicago, v. 162, n. 5, p.999-1008, set. 2001.

FERMINO JUNIOR, P. C. P.; PAULILO, M. T. S.; REIS, A.; SANTOS, M. Espécies pioneiras e climáticas da floresta ombrófila densa: anatomia foliar comparada. **Insula**, Florianópolis, v. 33, p.21-37, 2004.

FRANCINO, D. M. T.; SANT'ANNA SANTOS, B. F.; SILVA, K. L. F.; THADEO, M. ; MEIRA, R. M. S. A.; AZEVEDO, A. A. Anatomia foliar e caulinar de *Chamaecrista trichopoda* (Caesalpinioideae) e histoquímica do nectário extrafloral. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p.695-705, dez. 2006.

FRANZON, R. C.; CAMPOS, L. Z. O.; PROENÇA, C. E. B.; SOUSA-SILVA, J. C. **Aracás do gênero *Psidium*: principais espécies, ocorrência, descrição e usos**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2009. 48p.

GÁLVEZ, D.; PEARCY, R. W. Petiole twisting in the crowns of *Psychotria limonensis*: implications for light interception and daily carbon gain. **Oecologia**, [s.l.], v. 135, n. 1, p.22-29, fev. 2003.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C.; GARCEZ NETO, A. F.; ROCHA, G. C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 7, p.1436-1444, 2011.

GOMES, S. M; SOMAVILLA, N. S. D.; GOMES-BEZERRA, K. M.; MIRANDA, S. C.; DE-CARVALHO, P. S.; GRACIANO-RIBEIRO, D. Anatomia Foliar de Espécies de Myrtaceae: contribuição à Taxonomia e Filogenia. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p.223-238, 2009.

- GONDIM, A. R. O.; PUIATTI, M.; VENTRELLA, M. C.; CECON, P. R. Plasticidade anatômica da folha de taro cultivado sob diferentes condições de sombreamento. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p.1037-1045, dez. 2008.
- GOVAERTS, R.; SOBRAL, M.; ASHTON, P.; BARRIE, F.; HOLST, B. K.; LANDRUM, L. R.; MATSUMOTO, K.; MAZINE, F. F.; NIC LUGHADHA, E.; PROENÇA, C.; SOARES-SILVA, L. H.; WILSON, P. G. & LUCAS, E. **World Checklist of Myrtaceae**. Reino Unido: Kew, Royal Botanic Gardens, 2008. 455 p.
- GRESSLER, E.; PIZO, M. A.; MORELLATO, L. P. C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Brazilian Journal Of Botany**, São Paulo, v. 4, n. 29, p.509-530, out./dez. 2006.
- HAMILTON, A. C.; SHENGJI, J. P.; KESSY, J.; KHAN, A. A.; LAGOS-WITTE, S.; SHINWARI, Z. K. The purposes and teaching of applied ethnobotany. **People And Plants Working Paper**, Reino Unido, v. 11, p.1-76, mar. 2003.
- HANDRO, W. Contribuição ao estudo da venação e anatomia foliar das Amarantáceas dos Cerrados. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.36, n.4, p.479-499, 1964.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de Dados Geodésicos - BDG**. 2011. Disponível em: <<http://www.bdg.ibge.gov.br/appbdg/>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- JENSEN, W.A. **Botanical histochemistry: principles and practice**. San Francisco: W.H.Freeman, 1962. 408 p.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: Mcgraw-hill Book Co., 1940. 530p.
- KAKANI, V. G.; REDDY, K. R.; ZHAO, D.; MOHAMMED, A. R. Effects of ultraviolet-b radiation on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) morphology and anatomy. **Annals Of Botany**, London, v. 91, n. 7, p.817-826, jun. 2003.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 472 p.
- KROPP, U. Leitbündel. **Mikrokosmos**, v.61, p. 342-345, 1972.
- LAMBERS, H.; CHAPIM III, F.S.; PONS, T.L. **Plant physiological ecology**. 2. ed. New York: Springer Science & Business Media, 2008. 604 p.
- LANDRUM, L. R.; SHARP, W. P. Seed Coat Characters of Some American Myrtinae (Myrtaceae): *Psidium* and Related Genera. **Systematic Botany**, [s.l.], v. 14, n. 3, p.370-376, jul. 1989.
- LANDRUM, L. R. A revision of the *Psidium salutare* complex (Myrtaceae). **Sida, Contributions To Botany**, Fort Worth, v. 20, n. 4, p.1449-1469, dez. 2003.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Editora Rima, 2000. 531p.
- LEE, D. W.; BONE, R. A.; TARSIS, S. L.; STORCH, D. Correlates of leaf optical properties in Tropical Forest sun and extreme-shade plants. **American Journal Of Botany**, Columbus, v. 77, n. 3, p.370-380, mar. 1990.
- LIMA JUNIOR, 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 Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p.33-41, jan./fev. 2006.
- LLERAS, E. Differences in stomatal number per unit area within the same species under different micro-environmental conditions: a working hypothesis. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 7, n. 4, p.473-476, dez. 1977.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 576p.

- LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)**. São Paulo: Instituto Plantarum, 2006. 640p.
- LUGHADHA, E. N.; PROENCA, C. A survey of the reproductive biology of the Myrtoideae (Myrtaceae). **Annals Of The Missouri Botanical Garden**, St. Louis, v. 83, n. 4, p.480-503, 1996.
- MAJEROWICZ, N. Fotossíntese. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 200-233.
- MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 1: técnicas de produção e mercado: abiu, amora-preta, araçá, bacuri, biriba, carambola, cereja-do-rio-grande, jabuticaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002a. 327p.
- MANICA, I. **Frutas Nativas, Silvestres e Exóticas 2: técnicas de produção e mercado: feijoa, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002b. 541p.
- MARQUES, A. R.; GARCIA, Q. S.; REZENDE, J. L. P.; FERNANDES, G. W. Variations in leaf characteristics of two species of *Miconia* in the Brazilian cerrado under different light intensities. **Tropical Ecology**, Varanasi, v. 41, n. 1, p.47-60, 2000.
- MATTOS, J. R. **Frutos indígenas comestíveis do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1978. 37 p.
- MAUSETH, J. D. **Plant Anatomy**. Califórnia: The Benjamin/cummings Publishing Company, 1978. 560 p.
- MEZIANE, D.; SHIPLEY, B. Interacting components of interspecific relative growth rate: constancy and change under differing conditions of light and nutrient supply. **Functional Ecology**, Oxford, v. 13, n. 5, p.611-622, out. 1999.
- MILANEZE-GUTIERRE, M. A.; MELLO, J. C. P.; DELAPORTE, R. H. Efeitos da intensidade luminosa sobre a morfo-anatomia foliar de *Bouchea fluminensis* (Vell.) Mold. (Verbenaceae) e sua importância no controle de qualidade da droga vegetal. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 13, n. 1, p.23-33, 2003.
- MONNET, F.; VAILLANT, N.; VERNAY, P.; COUDRET, A.; SALLANON, H.; HITMI, A. Relationship between PSII activity, CO<sub>2</sub> fixation, and Zn, Mn and Mg contents of *Lolium perenne* under zinc stress. **Journal Of Plant Physiology**, [s.l.], v. 158, n. 9, p.1137-1144, jan. 2001.
- MONTANARI, R.M.; SOUSA, L.A.; LEITE, M.N.; COELHO, A.D.; VICINI, L.F.; STEFANINI, M.B. Plasticidade fenotípica da morfologia externa de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. ex Britt. & Wilson (Verbenaceae) em resposta a níveis de luminosidade e adubação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 6, n. 3, p.96-101, jun. 2004.
- MORAIS, H., MARUR, C.J., CARAMORI, P.H., RIBEIRO, A.M.A., GOMES, J.C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p.1131-1137, out. 2003.
- MORRETES, B. L.; FERRI, M. G. Contribuição ao conhecimento da anatomia das folhas de plantas de uma "caatinga" do Rio Negro (Amazonas). **Revista de Biologia**, Lisboa, v. 78, n. 1/4, p.97-122, 1972.
- MYERS, D. A.; JORDAN, D. N.; VOGELMANN, T. C. Inclination of sun and shade leaves influences chloroplast light harvesting and utilization. **Physiologia Plantarum**, Helsinki, v. 99, n. 3, p.395-404, mar. 1997.
- PAIVA, E. A. S.; ISAIAS, R.M.S.; VALE, F. H. A.; QUEIROZ, C. G. S. The influence of light intensity on anatomical structure and pigment contents of *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. cv. purpurea Boom (Commelinaceae) leaves. **Brazilian Archives Of Biology And Technology**, Paraná, v. 46, n. 4, p.617-624, dez. 2003.

- PAROUL, N.; MOSSI, A. J.; CANSIAN, R. L.; EMMERICH, D.; FAGGION, A.; SCOLOSKI, E.; LIOTTO, F.R.; ROVANI, A. C.; FILLA, J.; MUNIK, R.. **Caracterização química e atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Psidium cattleianum* (Araça-do-campo)**. In: 30ª Reunião anual da SBQ, 2007, Águas de Lindóia. CD de resumos da 30ª Reunião anual da SBQ, Águas de Lindóia, 2007.
- PEREIRA, D.C.; BARROS, C.F.; SCARANO, F.R. In situ variation in leaf anatomy and morphology of *Andira legalis* (Leguminosae) in two neighbouring but contrasting light environments in a Brazilian sandy coastal plain. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p.267-273, mar. 2009.
- PEREIRA, W.E.; SIQUEIRA, D.L.; MARTINEZ, C.A.; PUIATTI, M. Gas exchange and chlorophyll fluorescence in four citrus rootstocks under aluminium stress. **Journal Of Plant Physiology**, [s.l.], v. 157, n. 5, p.513-520, nov. 2000.
- POORTER, L. Light-dependent changes in biomass allocation and their importance for growth of rain forest tree species. **Functional Ecology**, Oxford, v. 15, n. 1, p.113-123, fev. 2001.
- RASEIRA, M. C. B.; RASEIRA, A. **Contribuição ao estudo do araçazeiro, *Psidium cattleianum***. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1996. 96 p.
- RASEIRA, A.; RASEIRA, M. C. B.. Araçá “Irapuã”. In: DONADIO, L. C. **Novas variedades brasileiras de frutas**. Jaboticabal: SBF, 2000a. p. 40-41.
- RASEIRA, A.; RASEIRA, M. C. B.. Araçá “Ya-cy”. In: DONADIO, L. C. **Novas variedades brasileiras de frutas**. Jaboticabal: SBF, 2000b. p. 42-43.
- R Core Team. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>, 2018.
- RIOS, L. **Estudos da geografia do Maranhão**. 3. ed. São Luis: Graphis, 2001. 221 p.
- RÔCAS, G.; BARROS, C.F.; SCARANO, F.R. Leaf anatomy plasticity of *Alchornea triplinervia* (Euphorbiaceae) under distinct light regimes in a Brazilian montane Atlantic rain forest. **Trees**, [s.l.], v. 11, n. 8, p.469-473, set. 1997.
- SABBI, L.B.C., ÂNGELO, A.C., BOEGER, M.R. Influência da luminosidade nos aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) implantadas em duas áreas com diferentes graus de sucessão, nas margens do Reservatório Iraí, Paraná, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 65, n. 2, p.171-181, dez. 2010.
- SANCHOTENE, M. C. C. **Frutíferas nativas úteis à fauna na Arborização Urbana**. Porto Alegre: FEPLAM, 1985. 311 p.
- SANTIAGO, E. J. A.; PINTO, J. E. B. P.; CASTRO, E. M.; LAMEIRA, O. A.; CONCEIÇÃO, H. E. O. da; GAVILANES, M. L. Aspectos da anatomia foliar da pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C. DC.) sob diferentes condições de luminosidade. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p.1035-1042, set./out. 2001.
- SANTOS, M. S.; PETKOWICZ, C. L. O.; WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A.; CARIENRI, E. B. B. Caracterização do suco de araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) extraído mecanicamente e tratado enzimaticamente. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, p.617-621, 2017.
- SCALON, S. P. Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONI, M. R.; VERALDO, F. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p.652-655, dez. 2001.
- SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; SCALON FILHO, H. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p.753-758, 2003.

- SEARLE, S. Y.; THOMAS, S.; GRIFFIN, K. L.; HORTON, T.; KORNFELD, A.; YAKIR, D.; HURRY, V.; TURNBULL, M. H. Leaf respiration and alternative oxidase in field-grown alpine grasses respond to natural changes in temperature and light. **New Phytologist**, Cambridge, v. 189, n. 4, p.1027-1039, dez. 2010.
- SILVA, L. D. S. A. B.; MEDEIROS, J. D. Anatomia foliar comparativa de *Psidium cattleianum* Sab. (Myrtaceae). **Insula Revista de Botânica**, Florianópolis, v. 34, p.15-38, 2005.
- SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.19, n.1, p.183-194, mar. 2005.
- SILVA, P. I. T.; GOMES, M. R. A.; BAO, S. N.; PROENÇA, C.; FANK-DE-CARVALHO, S. M. **Anatomia foliar de *Psidium* sp. nov. (Myrtaceae)**. In: 60ª Reunião Anual da SBPC, 2008, Campinas. Anais da 60ª Reunião Anual da SBPC, Campinas: UNICAMP, 2008.
- SMITH, W. K.; VOGELMANN, T. C.; DELUCIA, E. H.; BELL, D. T.; SHEPHERD, K. A. Leaf form and photosynthesis: do leaf structure and orientation interact to regulate internal light and carbon dioxide? **Bioscience**, Washington, v. 45, n. 11, p.785-793, dez. 1997.
- SOARES-SILVA, L. H. **A família Myrtaceae - subtribos: Myrciinae e Eugeniinae na bacia hidrográfica do Rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil**. 2000. 478 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- SOARES-SILVA, L. H.; PROENÇA, C. E. B. A new species of *Psidium* L. (Myrtaceae) from southern Brazil. **Botanical Journal Of The Linnean Society**, Londres, v. 158, n. 1, p.51-54, set. 2008.
- SOBRAL, M.; LUCAS, E.; LANDRUM, L. SOARES-SILVA, L. Myrtaceae. In: STEHMANN, J. R.; FORZZA, R. C.; SALINO, A.; SOBRAL, M.; COSTA, D. P.; KAMINO, L. H. Y. **Plantas da Floresta Atlântica**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009. p. 352-356.
- SOBRAL, M.; PROENÇA, C.; SOUZA, M.; MAZINE, F.; LUCAS, E. Myrtaceae in: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 03 ago., 2018.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 640p.
- STEHMANN, J.; R. FORZZA, R. C.; SOBRAL, M. & KAMINO, L. H. Y. Gimnospermas e Angiospermas In: STEHMANN, J.; R. FORZZA, R. C.; SALINO, A.; SOBRAL, M.; COSTA, D. P.; KAMINO, L. H. Y. **Plantas da Floresta Atlântica**, Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009. p.27-37.
- STRAUSS-DEBENEDETTI, S.; BERLYN, G. P. Leaf anatomical responses to light in five tropical Moraceae of different successional status. **American Journal Of Botany**, Columbus, v. 81, n. 12, p.1582-1591, dez. 1994.
- SYSTAT SOFTWARE Inc. – SSI. **Sigmaplot for Windows, version 11**. 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.
- TAKENAKA, A.; TAKAHASHI, K.; KOHYAMA, T. Optimal leaf display and biomass partitioning for efficient light capture in an understory palm, *Licuala arbuscula*. **Functional Ecology**, Oxford, v. 15, n. 5, p.660-668, out. 2001.
- TIAN, M.; YU, G.; YU, G.; HE, N.; HOU, J. Leaf morphological and anatomical traits from tropical to temperate coniferous forests: mechanisms and influencing factors. **Scientific reports**, Londres, v. 6, p. 19703, 2016.

- VALLADARES, F.; ARANDA, I.; SÁNCHEZ-GOMES, D. La luz como factor ecológico y evolutivo para las plantas y su interacción con el agua. In: VALLADARES, F. **Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante**. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, 2004. p. 335-369.
- VAN ZANTEN, M., PONS, T.L., JANSSEN, J.A.M., VOESENEK, L.A.C.J., PEETERS, A.J.M. on the relevance and control of leaf angle. **Critical Reviews In Plant Sciences**, [s.l.], v. 29, n. 5, p.300-316, set. 2010.
- VENDRAMINI, F.; DIAZ, S.; GURVICH, D.E., WILSON, P.J.; THOMPSON, K.; HODGSON, J.G. Leaf traits as indicators of resource-use strategy in floras with succulent species. **New Phytologist**, Cambridge, v. 154, n. 1, p.147-157, abr. 2002.
- VOLTAN, R. B. Q.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C. Variação na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.99-105, 1992.
- WILSON, P. J.; THOMPSON, K.; HODGSON, J. G. Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. **New Phytologist**, Cambridge, v. 143, n. 1, p.155-162, jul. 1999.
- WILSON, P. G.; O'BRIEN, M. M.; GADEK, P. A.; QUINN, C. J. Myrtaceae revisited: a reassessment of infrafamilial groups. **American Journal Of Botany**, Columbus, v. 88, n. 11, p.2013-2025, nov. 2001.
- YANG, Z.; SINCLAIR, T.R.; ZHU, M.; MESSINA, C.D.; COOPER, M.; HAMMER, G.L. Temperature effect on transpiration response of maize plants to vapour pressure deficit. **Environmental And Experimental Botany**, [s.l.], v. 78, p.157-162, mai. 2012.

## ANEXO I - Exsicata confeccionada para representar as folhas de ambiente de sol.



Fonte: Do autor (2018).

## ANEXO II - Exsicata confeccionada para representar as folhas de ambiente sombreado.



Fonte: Do autor (2018).