



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Instituto de Biologia

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal

**CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA FOLIAR EM DUAS ESPÉCIES
DE LIANAS: *Fridericia florida* (DC.) L.G.LOHMANN, E *Banisteriopsis
argyrophylla* (A. JUSS.) B. GATES, EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

André Ferreira de Castro Oliveira

Orientadora: Dra. Maria Cristina Sanches

UBERLÂNDIA-MG

FEVEREIRO, 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Instituto de Biologia

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal

**CARACTERIZAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA FOLIAR EM DUAS ESPÉCIES
DE LIANAS: *Fridericia florida* (DC.) L.G.LOHMANN, E *Banisteriopsis
argyrophylla* (A. JUSS.) B. GATES, EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA
ESTACIONAL SEMIDECIDUAL**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Uberlândia como parte dos
requisitos para a obtenção do título de
Mestre em Biologia Vegetal.

**UBERLÂNDIA-MG
FEVEREIRO, 2019**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

O48 2019	<p>Oliveira, André Ferreira de Castro, 1986- Caracterização morfofisiológica foliar em duas espécies de lianas: <i>Fridericia florida</i> (DC.) L.G.lohmann, e <i>Banisteriopsis argyrophylla</i> (A. Juss.) B. Gates, em um fragmento de floresta estacional semidecidual [recurso eletrônico] / André Ferreira de Castro Oliveira. - 2019.</p> <p>Orientadora: Maria Cristina Sanches. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Biologia Vegetal. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.2062 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Botânica. I. Sanches, Maria Cristina, 1968-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Biologia Vegetal. III. Título.</p> <p>CDU: 581</p>
-------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL



**Caracterização morfofisiológica foliar em duas espécies de lianas:
Fridericia florida (D.C) L.G. Lohmann, e *Banisteriopsis argyrophylla*
(A. Juss) B. Gates, em um fragmento de floresta estacional
semidecidual**

André Ferreira de Castro Oliveira

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente:

Prof. Dra. Maria Cristina Sanches - Orientadora
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Examinadores:

Prof. Dra. Julieta Andrea Silva de Almeida
Instituto Agrônômico de Campinas - IAC

Prof. Dr. Ailton Gonçalves Rodrigues Júnior
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Dissertação aprovada em: 27/02/2019.

UBERLÂNDIA - MG
- 2019 -

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus e à espiritualidade maior, que nutriram minhas energias vitais, desde o início da minha caminhada pela vida, até os dias atuais, em que me vejo concluindo esta etapa tão desafiadora e importante da minha trajetória.

À minha mãe Elaine Ferreira de Castro, minha avó Noraldina Ferreira de Souza e meu pai, Virlésio Carlos de Oliveira, pela excelente educação, cuidados e amor, que com certeza me fizeram tornar tudo que sou e faço hoje possível. Não deixando de agradecer aos meus irmãos, Rafael, Paulinha, Gabriel (*in memorian*) e Tiago, que são meus grandes companheiros nessa trajetória de vida, e compartilham muito da minha energia vital, contribuindo para minha formação como ser humano.

À minha orientadora Dra. Maria Cristina Sanches, pela oportunidade de trabalharmos juntos, por ter me orientado de forma tão competente e acolhedora neste projeto, e também pelos conselhos profissionais, pessoais e pela amizade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da UFU pelo apoio em todas as etapas do curso.

Aos professores com quem convivi dentro do programa, à secretária Nívia que sempre foi muito solícita em me ajudar sempre que precisei, e aos colegas que contribuíram muito dividindo conhecimentos e com momentos de descontração que tornaram nossos dias mais alegres.

Aos colegas que participaram dos trabalhos de campo, Glênio Araújo, Luciana Moraes e Michelle.

Ao professor Dr. Cláudio Ricardo da Silva, que contribuiu com equipamentos e treinamento que foram fundamentais para a execução do trabalho.

Ao professor Dr. Marco Aurélio Boselli, pelo auxílio com o programa necessário para construção dos gráficos.

Aos meus amigos e demais familiares por sempre me incentivarem a buscar a realização dos meus sonhos.

Aos professores Profa. Dra. Julieta Andrea Silva de Almeida, Prof. Dr. Ailton Gonçalves Rodrigues Júnior, Prof. Dr. Orlando Cavalari de Paula, por aceitarem fazer parte da banca examinadora.

Os equipamentos utilizados neste trabalho foram adquiridos com o auxílio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) - Edital Universal - 02076/11 e com o auxílio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) Edital Pró-equipamentos – 01/2011.

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

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	1
LISTA DE TABELAS	2
SIGLAS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 Área de estudo	10
2.2 Variáveis ambientais	10
2.3 Potencial hídrico.....	11
2.4 Trocas gasosas.....	11
2.5 Medidas de fluorescência da clorofila <i>a</i>	12
2.6 Variáveis morfológicas.....	12
2.7 Conteúdo relativo de água	13
2.8 Índice de Clorofila Falker	13
2.9 Análise dos dados.....	13
3. RESULTADOS.....	14
3.1 Variáveis microclimáticas	14
3.1.1 Pluviosidade	14
3.1.2 Radiação fotossinteticamente ativa, temperatura e umidade relativa do ar	14
3.2 Potencial hídrico (pre-dawn)	16
3.3 Curso diário das trocas gasosas em <i>B. argyrophylla</i>	17
3.4 Curso diário das trocas gasosas em <i>F. florida</i>	19
3.5 Fluorescência da clorofila	21
3.6 Área foliar (AF), área foliar específica (AFE), conteúdo relativo de água (CRA) e índice de clorofila Falker	23
4. DISCUSSÃO	24
5. CONCLUSÃO.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
7. ANEXO	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados da pluviosidade do ano de 2018 medida pela estação climatológica da Universidade Federal de Uberlândia.....	13
Figura 2. Radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\lambda = 400-700$ nm) sob sol pleno, Temperatura e Umidade relativa do ar, ao longo do dia, nos dias 19 de abril, 28 de junho e 10 de agosto de 2018.....	15
Figura 3. Potencial hídrico pre-dawn em <i>B. argyrophylla</i> e <i>F. florida</i> , nos três dias em que foram realizados os cursos diários de trocas gasosas.....	16
Figura 4. Curso diário das taxas de assimilação líquida de CO ₂ (ACO ₂), da condutância estomática (gs), da taxa de transpiração (E) e da eficiência do uso da água (A/E) em <i>Banisteriopsis argyrophylla</i> , nos dias 19 de abril, 28 de junho e 10 de agosto de 2018..	18
Figura 5. Curso diário das taxas de assimilação líquida de CO ₂ (ACO ₂), da condutância estomática (gs), da taxa de transpiração (E) e da eficiência do uso da água (A/E) em <i>Fridericia florida</i> , nos dias 19 de abril, 28 de junho e 10 de agosto de 2018.....	20
Figura 6. Curso diário do rendimento quântico potencial (Fv/Fm), do rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) e da taxa de transporte de elétrons (ETR) em <i>Fridericia florida</i> e <i>Banisteriopsis argyrophyllanos</i> dias 28 de junho e 10 de agosto.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios da área foliar (AF cm^{-2}), área foliar específica ($\text{AFE cm}^{-2} \text{ g}^{-1}$), conteúdo relativo de água (CRA %), índice de clorofila Falker (ICF) de <i>Banisteriopsis argyrophyllae</i> Fridericia florida, na estação seca e na estação chuvosa.....	23
--	----

SIGLAS

AF: Área foliar

AFE: Área foliar específica

ACO₂: Assimilação líquida de CO₂

E: Transpiração

gs: Condutância estomática

A/E: Razão entre assimilação líquida de CO₂ e transpiração (Eficiência do uso da água)

CRA: Conteúdo relativo de água

FES: Floresta Estacional Semidecidual

F: Fluorescência nas condições de steady state

F_m': Fluorescência máxima da folha adaptada à luz

F_m: Fluorescência máxima

F_v: Fluorescência variável

F₀: Fluorescência inicial

ΔF : Variação da fluorescência

F_v/*F_m*: Rendimento quântico potencial

$\Delta F/\underline{F_m'}$: Rendimento quântico efetivo

MF: Massa fresca

MS: Massa seca

MT: Massa Túrgida

UR: Umidade relativa do ar

UFU: Universidade Federal de Uberlândia

RFA: Radiação fotossinteticamente ativa

PSII: Fotossistema II

ETR: Taxa de transporte de elétrons

RESUMO

Lianas são um grupo diverso de plantas que se distribui principalmente nos trópicos e desempenham um importante papel na dinâmica das florestas. As florestas estacionais semidecíduais, fitofisionomia caracterizada por uma alta abundância de lianas, possuem marcada sazonalidade, apresentando uma estação seca e outra chuvosa. Pelo fato de serem comumente encontradas nas bordas ou em clareiras de fragmentos florestais, sugere-se que as lianas são heliófitas, porém ainda há poucos trabalhos sobre sua ecofisiologia. Devido ao fato de apresentarem grande importância no contexto da fragmentação do bioma cerrado, o entendimento da fisiologia das lianas se faz necessário. O presente estudo teve como objetivo caracterizar a atividade fotossintética durante diferentes períodos da estação seca, sendo um no início, e outro no auge da estação. Também objetivou-se caracterizar atributos morfológicos foliares em duas espécies de lianas de um fragmento de floresta estacional semidecidual na região de Uberlândia-MG. As espécies escolhidas foram *Banisteriopsis argyrophylla* e *Fridericia florida*. Para isso foram medidas as trocas gasosas, a fluorescência da clorofila e o potencial hídrico do xilema (Ψ_w), durante os meses de abril, junho e agosto de 2018. Adicionalmente foram mensuradas a área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e o conteúdo relativo de água (CRA) nos meses de julho e dezembro de 2018, representando estação seca e chuvosa, respectivamente. Ao final da estação seca, se comparado com o início da mesma, observou-se nítida redução da condutância estomática. A menor abertura do poro estomático ocasionou consequentes reduções na assimilação líquida de CO_2 (A) e na transpiração (E) das duas espécies. Os valores da eficiência do uso da água se mantiveram relativamente estáveis mesmo ao final da estação seca, quando o Ψ_w e a umidade relativa do ar (UR) foram menores. O rendimento quântico potencial (F_v/F_m) apontou para um quadro de fotoinibição dinâmica, uma vez que as duas espécies apresentaram depressão da razão F_v/F_m ao meio dia com recuperação ao final do dia. O rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) apontou que as duas espécies seguiram a tendência de se ajustarem às condições prevalentes. A diferença na sazonalidade ficou evidenciada também pelos atributos foliares. Os valores da área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e o conteúdo relativo de água (CRA) foram significativamente maiores na estação chuvosa, se comparado com a estação seca. O índice de clorofila Falker indicou diferença significativa somente na clorofila *a* em *B. argyrophylla* que apresentou um valor ligeiramente menor na estação seca, se comparada à chuvosa. Os dados obtidos sugerem

que as lianas estudadas possuem mecanismos de proteção contra danos no fotossistema II (PS II) e de tolerância à escassez de água, uma vez que apresentaram recuperação da fotoinibição, mantiveram relativamente altas as taxas líquidas de CO₂ mesmo ao final da estação seca resultando em estabilidade da eficiência do uso da água (A/E).

Palavras chave: conteúdo relativo de água, trocas gasosas, trepadeiras, sazonalidade, fluorescência da clorofila, fotoinibição, status hídrico, taxa de fotossíntese.

ABSTRACT

Lianas are a diverse group of plants that are mainly distributed in the tropics and play an important role in the forests dynamics. The semideciduous seasonal forests, a phytophysiology characterized by a high abundance of lianas, have marked seasonality, presenting a dry and another rainy season. Because they are commonly found in the borders or in clearings of forest fragments, it is suggested that the lianas are heliophytes, but there are still few studies on its ecophysiology. Due to the fact that they are of great importance in the context of the fragmentation of the cerrado biome, the understanding of the physiology of the lianas is necessary. The present study aimed to characterize the photosynthetic activity, as well as characterize some leaf morphological attributes, in two species of lianas of a semideciduous seasonal forest fragment in the Uberlândia-MG region, during different periods of the dry season, one at the beginning, and another at the peak of the season. The species chosen were *Banisteriopsis argyrophylla* and *Fridericia florida*. For this, leaf gas exchanges, chlorophyll fluorescence and water potential of xylem (Ψ_w) were measured during April, June and August 2018. In addition, it was measured the leaf area (LA), the specific leaf area (SLA) and the relative water content (RWC) in July and December 2018, representing the dry and the rainy season, respectively. At the end of the dry season, when compared to the beginning of the dry season, there was a clear reduction in stomatal conductance. The lower opening of the stomatal pore resulted in reductions in CO₂ net assimilation (A) and transpiration (E) of the two species. Water use efficiency values remained relatively stable even at the end of the dry season when Ψ_w and relative humidity (RH) were lower. The potential quantum yield (F_v/F_m) pointed to a dynamic photoinhibition, since the two species presented a depression of the F_v/F_m ratio close to midday with recovery at the end of the day. The effective quantum yield ($\Delta F/F_m'$) indicated that the

two species followed the tendency to adjust to the prevailing conditions. The difference in seasonality was also evidenced by the leaf attributes. The values of leaf area (LA), specific leaf area (SLA) and relative water content (RWC) were significantly higher in the rainy season, when compared to the dry season. The Falker chlorophyll index indicated a significant difference only in chlorophyll *a* in *B. argyrophylla*, which presented a slightly lower value in the dry season when compared to rainy season. The data obtained suggest that the lianas studied have mechanisms of protection against damage in photosystem II (PS II) and tolerance to water scarcity, once they showed recovery of the photoinhibition, and maintained relatively high net CO₂ rates even at the end of the dry season resulting in water use efficiency (A/E) stability.

Key words: Relative water content, leaf gas exchange, climbers, seasonality, chlorophyll fluorescence, photoinhibition, water status, photosynthetic rates.

1. INTRODUÇÃO

Lianas (cipós, trepadeiras lenhosas), são um grupo diverso e abundante de plantas que se distribui principalmente nos trópicos. Estão enraizadas no solo e compartilham entre si uma característica comum com base na ascensão ao dossel usando a arquitetura de outras plantas (GENTRY, 1983; SCHNITZER & BONGERS, 2002; SANCHES & VÁLIO, 2008). Desempenham um importante papel na dinâmica das florestas, principalmente no que diz respeito à influência negativa sobre a regeneração e o crescimento de espécies arbóreas. Porém, as lianas provêm alimentos a animais, além de ligar dosséis, mantendo as árvores unidas e proporcionando caminho entre as copas para animais arborícolas (SCHNITZER & BONGERS, 2002; TOLEDO-ACEVES & SWAINE, 2008; PUTZ, 2014).

No processo de subida ao dossel as lianas desenvolvem uma estratégia de alocação de biomassa que facilita a mobilidade e aumenta a interceptação de luz, o que aumenta a probabilidade de maior ganho de carbono (CELIS & AVALOS, 2013; AVALOS & MULKEY, 2014). Comparadas a árvores, lianas investem mais biomassa nas folhas e raízes e concentram a folhagem no topo do dossel, o que facilita uma rápida resposta às mudanças na disponibilidade luminosa (CELIS & AVALOS 2013; CHEN et al., 2017).

Em um levantamento realizado entre mais de 60 florestas tropicais ao redor do mundo Schnitzer (2005) observou que as lianas apresentam, maior abundância em florestas com baixa pluviosidade e marcada sazonalidade climática. O planalto central brasileiro é ocupado por um complexo de savanas sazonais conhecidas como cerrado, bioma que apresenta uma marcada sazonalidade climática. Plantas que crescem nesses ambientes estão expostas a alta irradiância, altas temperaturas e baixa umidade relativa (FRANCO & LÜTTGE, 2002). Esse ecossistema é caracterizado por um gradiente de densidade da vegetação que vai de arbustos de savana a florestas tropicais (BALL et al., 2015). As Florestas Estacionais Semidecíduais (FES) se caracterizam por apresentar muitas espécies caducifólias, e duas estações bem definidas, onde se tem um período chuvoso e quente, seguido por um período de estiagem e temperaturas mais baixas (VELOSO et al., 1991; IBGE 2012).

As condições ambientais que prevalecem nesses ambientes influem nos padrões de trocas gasosas das espécies vegetais. De acordo com Monteiro & Prado (2006), espécies de plantas lenhosas sempre verdes, decíduas, semi-decíduas e breve decíduas

co-ocorrem na área do cerrado, e apesar das suas diferenças em relação à deciduidade, experimentam redução nas taxas de assimilação líquida de CO_2 e da condutância estomática durante a estação seca. As plantas se adaptam fisiologicamente e estruturalmente em resposta à baixa disponibilidade hídrica. Alguns estudos sugerem que lianas que se caracterizam por possuir raízes profundas e maior concentração de clorofilas e carotenóides, lidam melhor com a estação seca (BALL et al., 2015)

A luz é um recurso crítico para plantas, que pode freqüentemente limitar o crescimento (TAIZ & ZEIGER, 2013). A fotossíntese é um processo vital para a sobrevivência de praticamente todas as plantas durante a maior parte do seu ciclo de crescimento (LAMBERS et al., 2008). Em florestas tropicais semidecíduais a luz é provavelmente o recurso mais heterogêneo, mudando constantemente no tempo e espaço (SANCHES et al., 2017). Tanto a falta, quanto o excesso de luz podem influenciar negativamente no crescimento. O aumento excessivo da luz acima da capacidade de utilização pela fotossíntese pode resultar em uma condição de estresse conhecido como fotoinibição. No processo da fotoinibição observa-se alterações na atividade do fotossistema II que podem levar a uma diminuição do rendimento quântico da fotossíntese. A fotoinibição pode ser intensificada durante a estação seca, uma vez que o fechamento dos estômatos acarreta em reduções na concentração de carbono no interior do mesófilo, diminuindo assim a eficiência fotossintética (LEMO-FILHO 2000).

A energia luminosa absorvida pelas moléculas de clorofila pode seguir três principais vias de dissipação: ser usada para dirigir a fotossíntese (fotoquímica), ser dissipada na forma de calor ou ser reemitida na forma de fluorescência da clorofila (não fotoquímica). Os três processos de dissipação da energia luminosa pelas moléculas de clorofila são competitivos, ou seja, alteração nas taxas fotossintéticas e na dissipação de calor causará alterações complementares na emissão da fluorescência. Sendo assim, alterações na fluorescência podem mostrar a ausência ou presença de comprometimentos no processo fotossintético (MAXWELL & JOHNSON, 2000). A razão entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima (F_v/F_m) indica as condições do aparato fotossintético das folhas para o rendimento quântico fotoquímico. Valores da razão F_v/F_m entre 0,75 e 0,85 demonstram eficiente conversão da energia luminosa em nível de PSII (TAIZ e ZEIGER, 2013; LÜTTGE et al., 2008).

A maioria das espécies de lianas são consideradas pioneiras devido à sua performance fotossintética, rápido crescimento, e preferência por colonizar ambientes

perturbados, clareiras e topo do dossel (SANCHES & VÁLIO 2008; TOLEDO-ACEVES & SWAINE, 2008; AVALOS & MULKEY, 2014). Plantas que alcançam o dossel em florestas estacionais semidecíduais, como as lianas por exemplo, experimentam déficit hídrico em ambas as estações, na seca quando a água do solo está esgotada, e na chuvosa, quando estão expostas a altas demandas transpiratórias ao meio dia (CHEN et al., 2017).

Muitas plantas apresentam depressão do meio dia da fotossíntese, ocasionada pela redução da abertura estomática independentemente do status hídrico do solo (FRANCO & LÜTTGE 2002; SANCHES & VÁLIO, 2008). Essa redução da performance fotossintética foliar reflete uma troca entre fixação de carbono e segurança hidráulica. Em um estudo realizado por Chen et al. (2017), com lianas e árvores coexistentes em uma floresta estacional semidecidual na China, foi verificado que a maioria das lianas apresentaram fechamento estomático mais cedo do que as espécies arbóreas. Verificaram também que, ao meio dia, as lianas, embora exibissem potencial hídrico foliar similar ao das árvores, apresentaram potencial hídrico do xilema superior, sugerindo que a regulação fisiológica e eficiente uso da água colaboram para que operem bem em florestas sazonais.

Estudos com espécies arbóreas são mais freqüentes do que com lianas, carecendo de trabalhos que tragam mais informações sobre esse grupo de plantas. Em um levantamento florístico realizado por Vargas et al. (2013) em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual (FES) e de matas de galeria no Triângulo Mineiro, foram contabilizadas 60 espécies de trepadeiras, tanto lenhosas quanto herbáceas. Dentre as espécies levantadas, as famílias com maior representatividade foram Malpighiaceae, Bignoniaceae, Convolvulaceae, Apocynaceae e Sapindaceae.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo geral comparar as medidas morfofisiológicas foliares em duas espécies de lianas de comum ocorrência em um fragmento de floresta estacional semidecidual. Os objetivos específicos são:

- i) Avaliar a ocorrência de possível depressão da fotossíntese, bem como determinar o nível de fotoinibição em diferentes períodos durante a estação seca, no início, quando ainda há uma maior disponibilidade de água e umidade relativa do ar mais alta e ao final da estação seca, quando as plantas passaram por um longo período expostas à escassez de água e umidade relativa do ar mais baixa.

- ii) Analisar as variáveis morfológicas foliares nas diferentes estações, seca e chuvosa.

As espécies selecionadas foram *Fridericia florida* (D.C) L.G. Lohmann e *Banisteriopsis argyrophylla* (A. Juss.) B. Gates. A primeira pertence à família Bignoniaceae, se fixa em outras plantas por meio de gavinhas (VARGAS & ARAÚJO, 2016). Apresenta inflorescências brancas, de janeiro a abril, frutifica de março a outubro e possui glândulas interpeciolares como característica marcante (RODRIGUES, 2012). A segunda é uma Malpighiaceae conhecida como cipó prata por possuir a parte abaxial das folhas esbranquiçada. Sua ascensão se dá através de caule volúvel (VARGAS & ARAÚJO, 2016). Floresce entre agosto e outubro e frutificam de outubro a dezembro. É bastante utilizada como planta medicinal, sobretudo como diurético (OLIVEIRA, 2016; PLANTAMED, 2017). Em particular, ambas as espécies são abundantes na área selecionada para o estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada em um fragmento de FES na Fazenda Experimental do Glória pertencente à Universidade Federal de Uberlândia (18° 57'S e 48 °12'W). O clima da região se caracteriza como Cwa (ALVARES et al. 2013) apresentando uma estação seca durante o inverno que se estende dos meses de abril a setembro e por uma estação mais quente e úmida de outubro a março. A pluviosidade média anual varia de 1400 a 1700 mm com temperaturas máximas entre 27 a 30°C e mínimas de aproximadamente 18°C (ALVARES ET AL. 2013; HARIDASSAN & ARAÚJO, 2005). *Banisteriopsis argyrophylla* e *Fridericia florida* são de comum ocorrência na área de FES utilizada neste estudo. Para a realização deste trabalho, foram selecionados e marcados 5 indivíduos adultos localizados na borda da FES, distando aproximadamente 50 metros entre si.

2.2 Variáveis ambientais

As variáveis ambientais foram medidas ao longo do dia em intervalos de duas horas entre as medições nos mesmos dias dos cursos diários de trocas gasosas e da

fluorescência da clorofila. A umidade relativa do ar e a temperatura foram determinadas com um termo higrômetro (Incoterm) o qual foi mantido à sombra. A radiação fotossinteticamente ativa (RFA – λ 400-700 nm) foi medida com um sensor quântico (Licor-LI190). Para compor os dados da RFA foram efetuadas 15 leituras pontuais em área aberta próxima à borda da floresta. A partir das 15 leituras foi calculada a média para compor os dados da RFA.

Quanto à pluviosidade, os dados de precipitação do ano de 2018 foram obtidos através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que reúne dados de estações climatológicas distribuídas pelo Brasil. Neste site é possível acessar os dados da estação climatológica da Universidade Federal de Uberlândia, que registra, entre outros, dados da precipitação na região de Uberlândia – MG.

2.3 Potencial hídrico

O potencial hídrico do xilema foi determinado nos mesmos dias dos cursos diários das trocas gasosas e da fluorescência da clorofila, utilizando a câmara de Scholander (modelo 3005F01; Soil Moisture Equipment Corporation, Santa Barbara, CA, USA). As medições foram feitas em campo, antes do amanhecer (“*predawn*”), em uma folha madura e completamente expandida de cada um dos 5 indivíduos selecionados de cada espécie. As folhas foram coletadas e imediatamente submetidas à medição do potencial hídrico.

2.4 Trocas gasosas

As medidas do curso diário de trocas gasosas foram efetuadas entre 08h00 e 17h00, nos dias 19 de abril, 26 de junho e 10 de agosto de 2018 caracterizando dessa forma o início, meio e final da estação seca. Para tal, foi utilizado um medidor de fotossíntese portátil (infra-red gas analyser LcPro-SD ADC -UK). O sistema de trocas gasosas do aparelho é aberto de maneira que o fluxo de ar fresco (novo) é contínuo. Através da diferença entre o ar atmosférico e o ar oriundo da câmara foliar, foram obtidas as taxas de assimilação líquida do CO_2 [A_{CO_2} ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)]. Além da A_{CO_2} , o aparelho calcula também a condutância estomática ao vapor d'água (g_s $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a taxa de transpiração (E $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Através das medidas das trocas gasosas foi calculada a eficiência do uso da água como a razão entre a taxa de assimilação de CO_2 e a taxa de transpiração (A/E).

As medidas de trocas gasosas foram feitas no decorrer do dia, com intervalos de aproximadamente duas horas utilizando-se folhas expostas ao sol, saudáveis e

totalmente expandidas de 5 indivíduos de cada espécie. Tais folhas foram marcadas durante a realização das medidas de trocas gasosas.

2.5 Medidas de fluorescência da clorofila *a*

As medidas do curso diário da fluorescência da clorofila *a* foram realizadas somente na estação seca, entre 08h00 e 17h00, nos dias 28 de junho e 10 de agosto de 2018, utilizando-se um medidor de fluorescência modulado (Mini-PAM, Heinz Walz, Effeltrich, Germany). Para isso foram selecionadas folhas saudáveis e totalmente expandidas e expostas ao sol. As medidas da fluorescência máxima (F_m) e a fluorescência inicial (F_0) foram determinadas após 30 minutos de adaptação das folhas ao escuro. Esta adaptação ocorreu em apenas uma área circular do limbo foliar com o uso de pinças apropriadas para este fim. Estes dados foram utilizados para compor os valores do rendimento quântico potencial do fotossistema II, como $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ (Ribeiro *et al.*, 2005).

A fluorescência nas condições de “*steadystate*” (F), e a fluorescência máxima da amostra adaptada à luz (F_m') foram determinadas com o uso de uma câmara foliar (modelo 2030-B) a cada duas horas, ao longo do dia. A partir desses dados foi calculado o rendimento quântico efetivo, $(\Delta F/F_m' = F_m' - F/F_m')$ de acordo com Genty (1989). A taxa de transporte de elétrons através do fotossistema II (FS II) (ETR - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foi obtida como $\text{ETR} = \Delta F/F_m' \cdot 0,5 \cdot \text{RFA} \cdot 0,84$, onde 0,5 é um fator de multiplicação no qual se assume que a fotoquímica do fotossistema I equipara-se à fotoquímica do fotossistema II, e 0,84 é um fator de multiplicação que assume que 84% da luminosidade que incide sobre a superfície foliar é efetivamente absorvida (WHITE E CRITCHLEY, 1999), e a RFA é a densidade de fluxo de fótons que atinge a superfície da folha, medida com um sensor quântico acoplado à câmara foliar.

2.6 Variáveis morfológicas

Para análise das variáveis morfológicas foram selecionadas 3 folhas de 5 indivíduos de cada espécie. As folhas foram coletadas e acondicionadas em caixas de isopor com gelo e levadas ao laboratório. As folhas foram digitalizadas e a área foliar determinada com o auxílio do software ImageJ 1.31v (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>). Após a determinação da área foliar as folhas foram pesadas em balança analítica, submetidas a secagem em estufa a 70 °C onde permaneceram por 48 horas para determinação da massa seca. A partir desses dados foi determinada a área foliar específica (AFE) como $\text{AFE} = \text{área foliar}/\text{massa seca foliar} (\text{cm}^2 \text{g}^{-1})$.

2.7 Conteúdo relativo de água

O conteúdo relativo de água (CRA) foi determinado seguindo o procedimento proposto por Araus & Hogan (1994). Foram coletadas três folhas maduras e completamente expandidas de cinco indivíduos de cada espécie. Logo após a coleta das folhas as mesmas foram aspergidas com água, inseridas em sacos plásticos e transportadas em caixa de isopor até o laboratório a fim de não ressecarem antes das pesagens em balança analítica. Em seguida, foi determinada a massa fresca (MF). Após esse procedimento, as folhas foram acondicionadas em caixas do tipo Gerbox®, entre papel umedecido com água destilada e mantidas a 5°C por 24 horas. Após esse período, a massa túrgida (MT) foi determinada. Após a determinação da massa túrgida as folhas, individualizadas em sacos de papel foram levadas para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 70°C durante 48 horas para determinação da massa seca (MS)

A partir dos dados das massas fresca, túrgida e seca o conteúdo relativo de água foi determinado como:

$$CRA = [(MF-MS)/(MT-MS)] \times 100$$

2.8 Índice de Clorofila Falker

Através de medidas não destrutivas, foram determinados os conteúdos de pigmentos cloroplastídicos. Para tal foi determinado o índice de clorofila Falker (IC Falker), utilizando-se o equipamento portátil Clorofilog (CFL 1030) da empresa Falker. Este equipamento estima de forma indireta o conteúdo de clorofila *a* e *b* baseando-se nas características de absorção de luz dos pigmentos fotossintéticos. Antes da leitura, o equipamento foi calibrado conforme instrução do fabricante e as medidas foram feitas em 6 folhas maduras e totalmente expandidas de 6 indivíduos de cada espécie.

2.9 Análise dos dados

Os cursos diários da radiação fotossinteticamente ativa e da fluorescência da clorofila *a* foram analisados por meio de estatística descritiva com média e erro padrão. A influência da sazonalidade sobre as medidas fisiológicas e morfológicas foi avaliada através de análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste de Tukey, após a verificação da normalidade dos dados e homogeneidade de variâncias (SOKAL & ROHLF, 1981).

3. RESULTADOS

3.1 Variáveis microclimáticas

3.1.1 Pluviosidade

De acordo com os dados obtidos pela estação climatológica da Universidade Federal de Uberlândia, em 2018 houve uma concentração maior de chuvas entre os meses de janeiro e fevereiro, com um decréscimo a partir de março, que culminou na ausência de chuvas nos meses de junho e julho. Em agosto houve registro de chuva nos dias 4 e 9, que somou 7,6 mm. A partir de setembro as chuvas voltaram a se concentrar gradativamente até atingir o pico de precipitação no mês de dezembro.

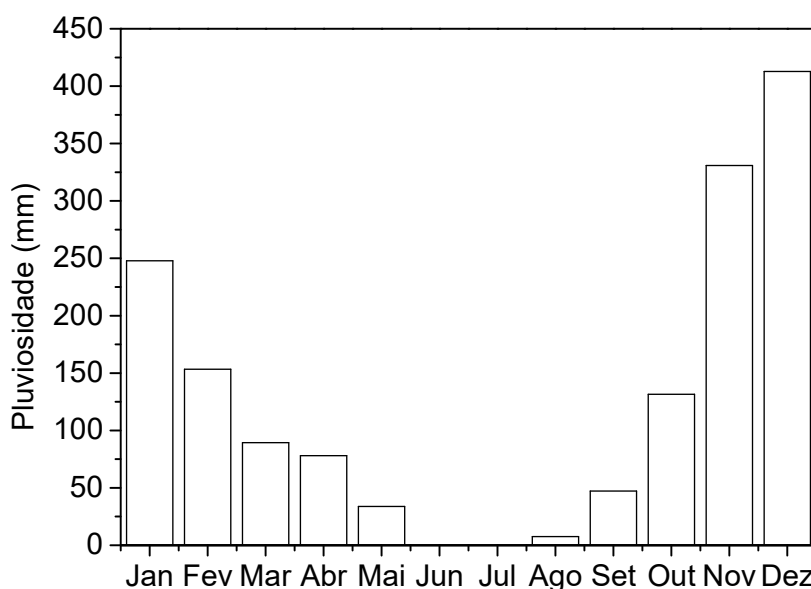


Figura 1. Pluviosidade na região de Uberlândia no ano de 2018 registrada pela estação climatológica da Universidade Federal de Uberlândia.

3.1.2 Radiação fotossinteticamente ativa, temperatura e umidade relativa do ar

As variáveis ambientais radiação fotossinteticamente ativa, temperatura e umidade relativa do ar foram aferidas em conjunto, nos mesmos horários.

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\lambda = 400-700 \text{ nm}$) em 19 de abril apresentou valor médio de $816,22 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ perto das 9h00 da manhã, atingindo pico de $1125,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ por volta de 13h10. Depois desse horário a RFA declinou até o valor médio de $370,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, no último horário em que foi medida, em torno de

16h30. Já a temperatura e a umidade relativa do ar, pela manhã, apresentaram valores de 21,2 °C e 55% respectivamente. Próximo do meio dia registram-se os valores de temperatura 25,5 °C e umidade relativa do ar 46,5%, e próximo das 16h00 24,2 °C e 46% (Figura 2A, D, G).

Em 28 de junho a RFA apresentou valores médios mais baixos comparados com o mês de abril sendo que no primeiro horário de medição, apresentou valor médio de 499,92 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, com pico de 1067,44 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ao meio dia e valores mais baixos depois das 16h (Figura 2B). A temperatura máxima foi medida em torno do meio-dia e alcançou o valor de 27,4°C (Figura 2E). No período da tarde foram registrados os menores valores de UR (Figura 2H).

Em 10 de agosto o cenário foi muito similar ao mês de junho, com valores médios de RFA ligeiramente mais altos com valor médio de 506,05 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ às 8h00, 1078,44 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ perto das 12 horas e 881,77 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ às 15h50, tendo decaído para 38,66 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ às 17h20. A temperatura apresentou-se mais baixa e a umidade relativa do ar mais alta se comparadas com o dia 28 de junho (Figura 2I).

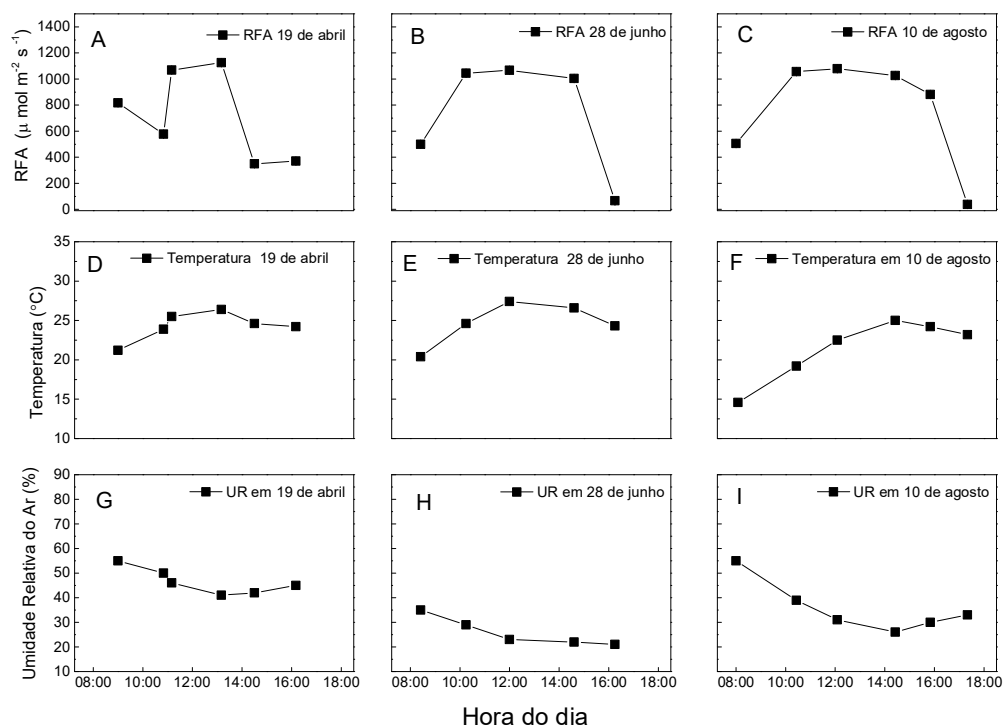


Figura 2. Radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\lambda = 400\text{-}700 \text{ nm}$) sob sol pleno A, B e C; Temperatura D, E e F; Umidade relativa do ar G, H e I, em uma área de floresta estacional semidecidual (FES) ao longo do dia, nos 3 dias em que foram realizadas as medições de curso diário de trocas gasosas, 19 de abril, 28 de junho e 10 de agosto de 2018.

3.2 Potencial hídrico (pre-dawn)

B. argyrophylla apresentou o maior valor de potencial hídrico ao alvorecer no mês de abril, cerca de $-0,62 \text{ Mpa}$, e o menor no mês de agosto, tendo apresentado valor médio de $-1,36 \text{ Mpa}$. *F. florida* também apresentou o maior valor médio de potencial hídrico no pre-dawn no mês de abril, $-0,31 \text{ Mpa}$, e o menor em junho, destacadamente abaixo dos outros meses (Figura 3).

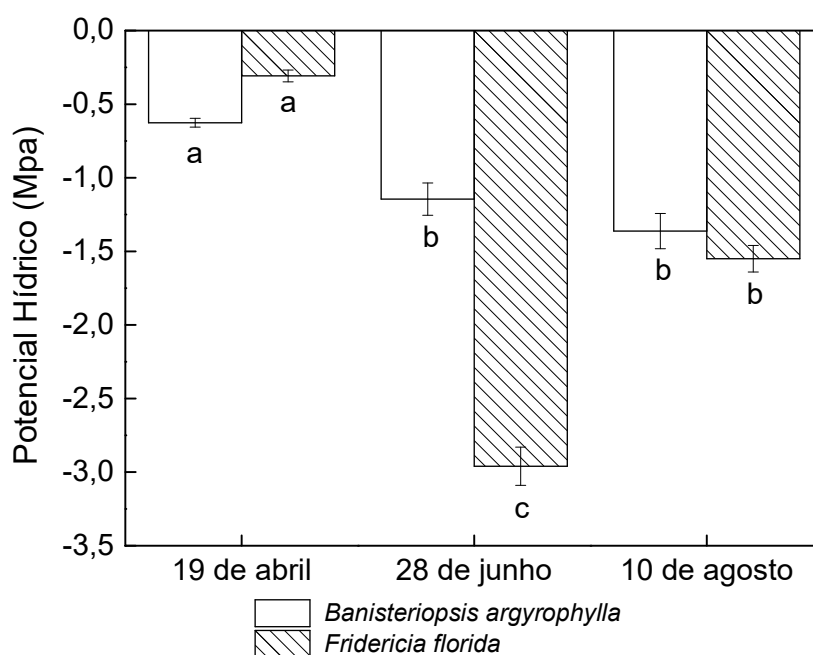


Figura 3. Potencial hídrico no pre-dawn em *B. argyrophylla* e *F. florida* em abril, junho e agosto, nos três dias em que foram realizados os cursos diários de trocas gasosas. As letras representam a diferença significativa dos valores de potencial hídrico entre os dias de medição de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 Curso diário das trocas gasosas em *B. argyrophylla*

Os dados dos parâmetros fotossintéticos medidos em abril, indicam que a taxa de assimilação líquida de CO_2 (A_{CO_2}) em *B. argyrophylla* apresentou valores máximos no período da manhã em torno de $12 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ decrescendo no período da tarde. Em junho a assimilação líquida de CO_2 foi mais baixa se comparada com abril tendo variado entre 9,57 e $7,9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Em agosto os valores apresentaram queda acentuada se comparado às medidas de abril e junho tendo oscilado entre 5,91 e $1,27 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 4A, B e C).

De forma geral, os valores da condutância estomática (gs) seguem a mesma tendência ao observado para as taxas de assimilação líquida de CO_2 . Os valores máximos da gs foram registrados em abril, ficando acima de $0,22 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no período da manhã, tendo decaído até $0,14 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ próximo do meio dia. Apresentou leve recuperação próximo das 15h00, e declinou de acordo com a última medição. Em junho, a condutância estomática decresceu ao longo do dia apresentando valores médios de $0,13 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ perto das nove horas. Próximo às 11h30 os valores da gs apresentaram

queda acentuada em relação ao primeiro horário em que foi medida. Em agosto a condutância estomática apresentou valores mais baixos em relação às medidas conduzidas em abril e junho, tendo apresentado valores de $0,073 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ já na primeira hora de medição e queda mais discreta ao longo do dia (Figura 4 D, E e F)

A taxa de transpiração em *B. argyropylla* medida em 19 de abril aumentou até próximo do meio dia e após esse horário diminuiu, sendo que em torno de 08h00 foi de $2,67 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, tendo aumentado para $3,44 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ próximo do meio dia e diminuído após esse horário até atingir $1,50$ próximo das 16h00. Nos meses de junho e agosto, as taxas de transpiração apresentaram a mesma tendência, com valores máximos em torno $2,10 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e mais baixos ao final da tarde (Figura 4 G, H e I).

As curvas da razão entre a assimilação líquida de CO_2 e a taxa de transpiração (A/E), que representa a eficiência do uso da água, apresentaram caráter similar nos três dias em que foram medidas, com valores próximos em abril e junho, e leve queda em agosto (Figura 4 J,K e L). Em abril, as folhas de *B. argyropylla* apresentaram os maiores valores médios da razão A/E em $4,66 \text{ } \mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ no primeiro horário de medida, ao passo que os menores valores foram registrados em agosto no período vespertino (Figura 4J e L).

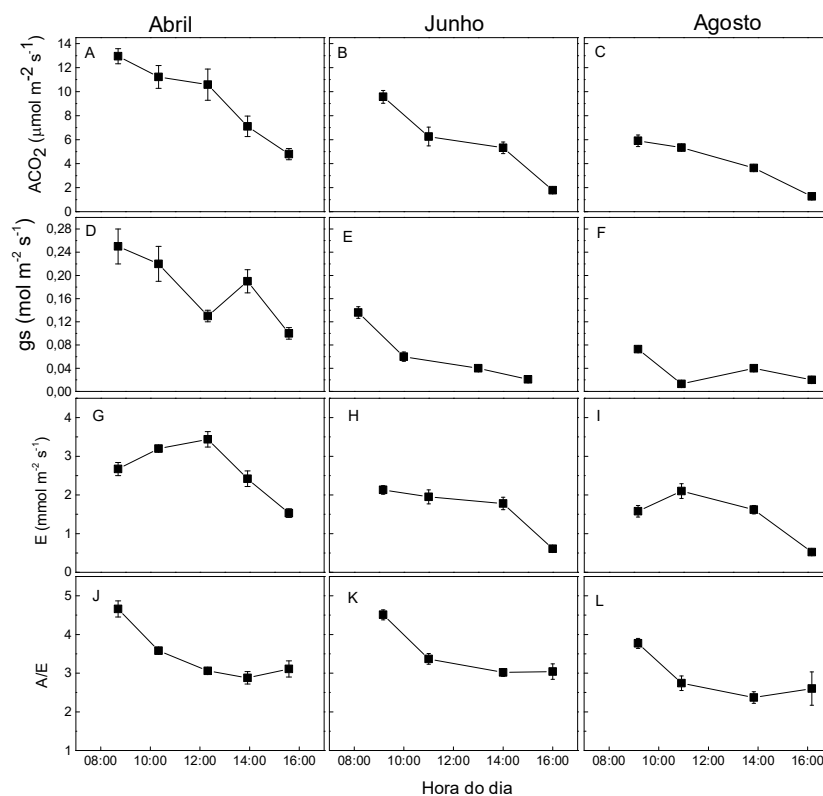


Figura 4. Curso diário das taxas de assimilação líquida de CO₂ (ACO₂), da condutância estomática (gs), da taxa de transpiração (E) e da eficiência do uso da água (A/E) em *Banisteriopsis argyropylla* em uma área de floresta estacional semidecidual (FES). A, D, G e J correspondem as medidas de abril; B, E, H e K às medidas de junho e C, F, I e L correspondem as medidas de agosto de 2018. Os dados representam a média e o erro padrão (n = 5).

3.4 Curso diário das trocas gasosas em *F. florida*

A curva da assimilação líquida de CO₂ (ACO₂) em de abril para *F. florida* mostra que os valores máximos alcançados foram em torno de 14 μmol m⁻² s⁻¹ no primeiro momento de medida. Perto do meio dia observa-se decréscimo em torno de 50% das taxas de assimilação líquida de CO₂, com recuperação próximo às 14h00. Às 16h00 a taxa de assimilação líquida de CO₂ reduziu novamente para cerca de 4 μmol m⁻² s⁻¹ (Figura 5A). Em junho a taxa de assimilação líquida de CO₂ foi menor do que em abril e decresceu ao longo do dia, sendo que o primeiro valor obtido foi de 11,22 μmol m⁻² s⁻¹ às 08h30, e até próximo das 10h00 decresceu cerca de 34%. Às 15h00 já apresentava queda de cerca de 85 % em relação ao primeiro horário (Figura 5B). Em 10

de agosto a curva da assimilação líquida de CO₂ foi similar à de junho, porém, o decréscimo entre o primeiro e segundo horário de medição foi de cerca de 51%. O valor máximo da ACO₂ em agosto, registrado no primeiro horário foi de 11,87 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ao passo que o menor valor foi detectado próximo às 16h30 (Figura 5C).

A condutância estomática em abril apresentou valores de 0,28 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no primeiro horário em que foi medida com decréscimo perto de meio dia baixando para cerca de 0,10 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Em seguida, os valores da g_s em *F. florida*, apresentaram ligeiro aumento perto das 14h00, e voltou a decrescer às 16h00 (Figura 5D). Em junho a condutância estomática decresceu ao longo do dia sem apresentar recuperação. Às 08h30, os valores da condutância estomática foram em torno de 0,15 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ decrescendo até 0,11 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ próximo às 10h00, apresentando queda acentuada no restante do dia (Figura 5E). Em agosto a condutância estomática apresentou padrão similar à do mês de junho, porém no primeiro horário de medição às 8h30 os valores da g_s encontrados foram mais altos, em torno 0,18 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e após esse período apresentou queda acentuada (Figura 5F).

Em abril, para *F. florida*, próximos às 10 horas da manhã, os valores máximos das taxas de transpiração, foram em torno de 4,93 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ com reduções a partir das 12h00. Ao final da tarde, observa-se reduções das taxas de transpiração em cerca de 61% em relação ao primeiro horário (Figura 5G). Em junho houve decréscimo do primeiro ao último horário de medição, sendo este gradativo, com valores máximos no primeiro horário de medida de 3,72 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e mais baixos no período da tarde. Em agosto a curva da taxa de transpiração exibiu padrão similar ao de abril, porém com valores mais baixos, tendo oscilado entre 3,97 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ às 08h30 e 0,84 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ próximo às 16:30 (Figura 5H e I).

De forma geral, os maiores valores da eficiência do uso da água (A/E) em *F. florida* foram alcançados no primeiro horário de medida oscilando entre 3,49 a 2,99, tanto para as medidas conduzidas em abril, junho e agosto (Figura 5J, K e L). Em abril, os valores de A/E apresentaram decréscimos até próximo do meio dia, com recuperação às 14h00 e diminuição novamente às 16h00 (Figura 5J). Em junho, a razão A/E apresentou decréscimo ao longo do dia, com valores de 2,01 próximo as 10h00 e a partir desse horário uma queda mais discreta até 1,82 perto das 15h00 (Figura 5K). Já no mês de agosto os valores da eficiência do uso da água apresentaram-se mais baixos do que nos outros dois meses, porém, diferentemente do mês de junho, houve uma discreta recuperação perto do meio dia (Figura 5L).

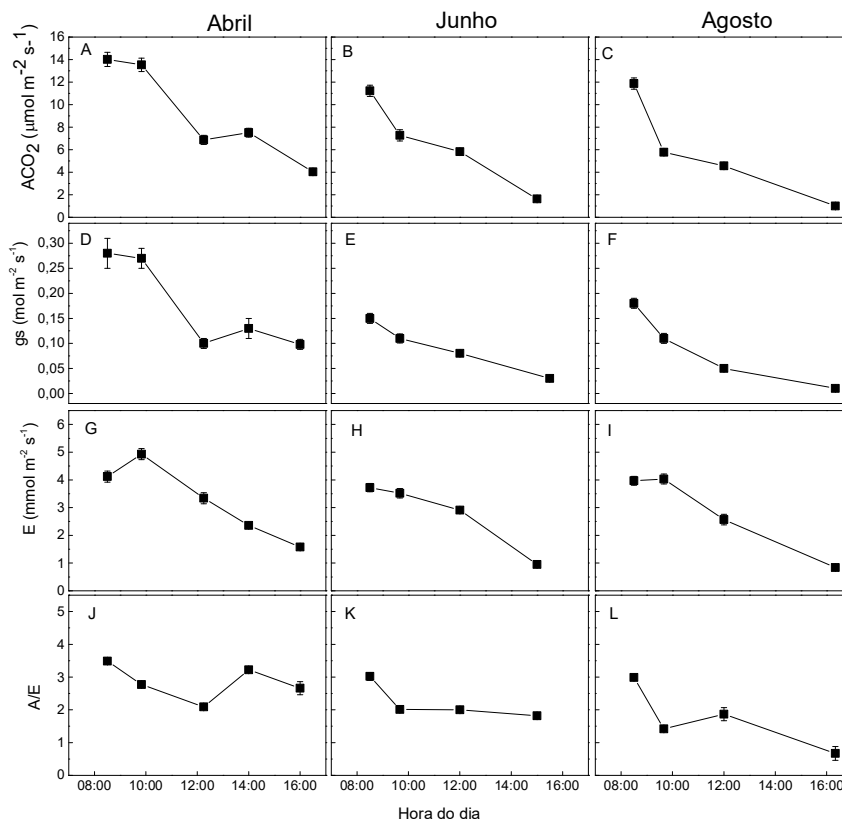


Figura 5. Curso diário das taxas de assimilação líquida de CO₂ (ACO₂), da condutância estomática (g_s), da taxa de transpiração (E) e da eficiência do uso da água (A/E) em *Fridericia florida* em uma área de floresta estacional semidecidual (FES). A, D, G e J correspondem as medidas de abril; B, E, H e K às medidas de junho e C, F, I e L correspondem as medidas de agosto de 2018. Os dados representam a média e o erro padrão (n = 5).

3.5 Fluorescência da clorofila

O rendimento quântico potencial (F_v/F_m) medido no início da manhã mostra que ambas as espécies, *B. argyrophylla* e *F. florida* apresentaram valores da razão F_v/F_m próximos a 0,8 tanto em junho como agosto (Figura 6A e B). Nas medidas conduzidas em junho, próximo ao meio dia observa-se queda nos valores da razão F_v/F_m para cerca de 0,69 em *B. argyrophylla*. Contudo, esta espécie apresentou recuperação no fim da tarde, com valores da razão F_v/F_m próximos ao observado no início da manhã (Figura 6A). Em agosto as medidas do curso diário da razão F_v/F_m em *B. argyrophylla*

apresentaram comportamento similar ao observado no mês de junho, porém a queda da razão F_v/F_m foi maior próximo do meio dia, apresentando valor em torno de 0,59 (Fig. 6B). Da mesma forma que *B. argyrophylla*, *F. florida* também exibiu uma queda maior na razão F_v/F_m no mês de agosto (Figura 6B). Considerando-se os valores do rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) nota-se um padrão similar de resposta nos os meses junho e agosto. Tanto *B. argyrophylla* e *F. florida* apresentaram valores mais baixos nos horários entre 10h00 e 15h00 variando entre 0,15 em *B. argyrophylla* e 0,20 *F. florida* e mais altos no fim da tarde (Fig. 6C e D). Os maiores valores da taxa de transporte de elétrons (ETR) alcançados em *B. argyrophylla* foram em torno de $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ enquanto que *F. florida* apresentou valores máximos da ETR um pouco acima de $130 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, tanto nos meses de junho como agosto nos horários entre 10h00 e 12h00. No período da tarde, decréscimos nas taxas de ETR foram encontrados em ambas as espécies nos meses de junho e agosto (Fig. 6E e F).

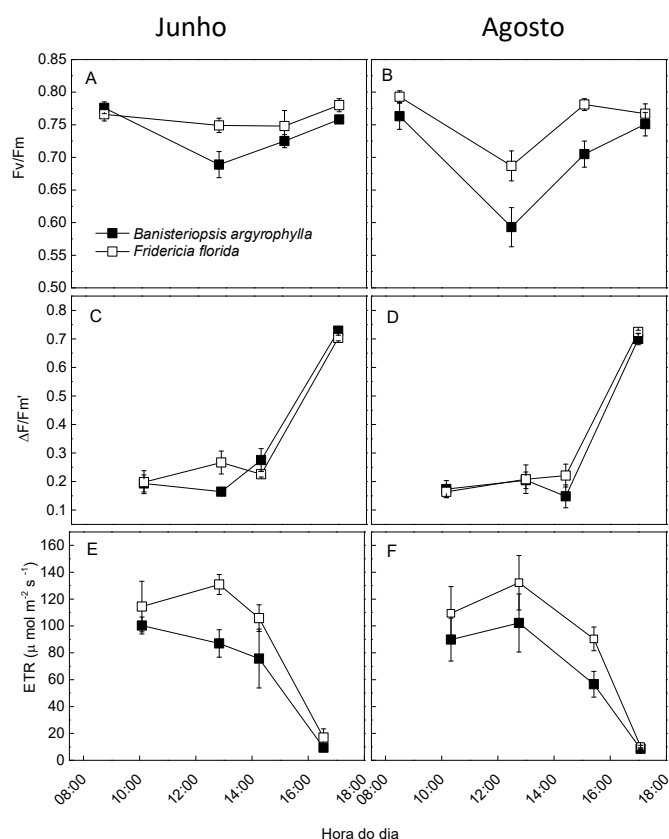


Figura 6. Curso diário do rendimento quântico potencial (F_v/F_m), do rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) e da taxa de transporte de elétrons (ETR) em *Fridericia florida* e *Banisteriopsis argyrophylla*. em uma área de floresta estacional semidecidual (FES). A, C e E correspondem as medidas de junho; B, D, F às medidas de agosto de 2018. Os dados representam a média e o erro padrão ($n=5$).

3.6 Área foliar (AF), área foliar específica (AFE), conteúdo relativo de água (CRA) e índice de clorofila Falker

Os atributos foliares como área foliar, AFE, CRA e índice de clorofila Falker foram mensurados nos meses de julho (estação seca) e dezembro (estação chuvosa). Tanto *B. argyrophylla* quanto *F. florida* apresentaram aumento dos respectivos valores médios da área foliar no mês de dezembro se comparado ao mês de junho (Tabela 1). Contudo a AFE foi significativamente superior na estação chuvosa apenas em *F. florida*. Na estação seca *B. argyrophylla* apresentou CRA em torno de 60,5% enquanto

F. florida 75,6%. Durante a estação chuvosa ambas as espécies aumentaram significativamente os valores de CRA. As duas espécies apresentaram índices de clorofila similares e com pouca variação em relação ao período em que foram medidas, exceto *B. argyrophylla*, cujos valores de índice de clorofila *a* foram superiores na estação chuvosa (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios da área foliar (AF cm²), área foliar específica (AFE cm² g⁻¹), conteúdo relativo de água (CRA %), índice de clorofila Falker (ICF) em duas espécies de lianas em uma área de floresta estacional semidecidual (FES). Os dados representam a média e erro padrão (n = 5). As letras distintas indicam diferença significativa (teste de Tukey a 5%). F(p): valores da ANOVA e sua probabilidade.

	<i>Banisteriopsis argyrophylla</i>			<i>Fridericia florida</i>		
	Seca	Chuvosa	F (p)	Seca	Chuvosa	F (p)
AF	14,60b	29,45a	171,18 (< 0.0001)	12,81b	22,02a	16,83 (0,003)
AFE	67,81a	70,67a	0,46 (0,5202)	54,67b	70,01a	16,28 (0,0032)
CRA	60,50b	76,84a	73,92 (0,0002)	75,59b	90,51a	59,69 (0,0001)
Clorofila <i>a</i>	33,48b	35,94a	7,78 (0,0084)	34,92 ^a	35,16a	0,08 (0,7722)
Clorofila <i>b</i>	14,76a	15,57a	0,60 (0,5503)	15,67a	14,01a	2,95 (0,0913)
Clorofila Total	48,25a	51,51a	3,38 (0,0713)	50,60a	49,18a	0,69 (0,5843)

4. DISCUSSÃO

Espécies lenhosas que co-ocorrem no cerrado, apesar de suas diferentes formas de deciduidade, reduzem suas taxas de assimilação e condutância estomática na estação seca (CERRADO & PRADO, 2006). De forma geral, *B. argyrophylla* e *F. florida* apresentaram padrões similares de trocas gasosas (Fig. 4 e 5) ao longo dos meses observados, com valores de ACO₂, gs, E e razão A/E mais elevados no mês de abril, se

comparado aos meses de junho e agosto. De janeiro a abril as duas espécies estavam submetidas a uma maior disponibilidade de água se comparado com os meses de junho e agosto conforme indica o gráfico da pluviosidade (Figura 1). O volume de chuvas se mostrou decrescente a partir de janeiro até culminar na ausência de precipitação em junho e julho. Em agosto houve registro de 7,6 mm de chuva, em curto espaço de tempo, o que não foi suficiente para alterar a resposta das plantas que se mantiveram com reduzido potencial hídrico (Fig. 2) e com padrão de trocas gasosas similar ao mês de junho. Isso sugere que a disponibilidade desse recurso influenciou nos padrões de trocas gasosas das duas espécies. Redução de ACO_2 , g_s e E na estação seca, se comparada com a chuvosa, foi observada por Cerrado & Prado (2006) em *Miconia albicans* SW. Triana., uma arvoreta do cerrado.

Nos cursos diários observou-se queda da condutância estomática próximo do meio dia nas duas espécies nos três meses. O fechamento dos estômatos pode ter restringido a entrada de CO_2 para o interior do mesófilo foliar e isso refletiu em uma menor assimilação líquida de carbono. Sanches & Válio (2008) observaram diminuição da assimilação líquida de carbono em resposta ao fechamento estomático próximo do meio dia em duas espécies de lianas *Canavalia parviflora* Benth. (Fabaceae) e *Gouania virgata* Reissk (Rhamnaceae). Tal resposta foi observada sob exposição de 100% e 40% da densidade de fluxo de fótons (PPFD). As lianas do presente estudo apresentaram decréscimo na assimilação líquida de CO_2 em resposta à redução da condutância estomática. Contudo observa-se que, para *B. argyrophylla*, a redução da condutância estomática refletiu menos na queda da taxa de assimilação líquida de CO_2 do que em *F. florida*. O carbono interno (C_i) das duas espécies tendeu a declinar em resposta ao fechamento dos estômatos próximo do meio dia (dados não mostrados), nos três meses, indicando uma limitação difusional da assimilação de carbono, o que poderia restringir a chegada do CO_2 para o sítio de carboxilação da RUBISCO. Vale ressaltar que a depressão da condutância estomática ao longo do dia foi pronunciada mesmo no mês de abril quando havia maior disponibilidade de água no solo. Ambas as espécies apresentaram os maiores valores de condutância estomática e assimilação líquida de CO_2 no período da manhã, o que sugere que a estratégia de ambas é permitir maiores trocas gasosas neste período. Esse resultado sugere que as espécies apresentam uma sensibilidade dos estômatos às condições prevaletentes da atmosfera e não somente do solo.

Os valores médios da taxa de transpiração se aproximam dos obtidos por Sanches & Válio (2008) para lianas, e por Nogueira et al. (2004) para algumas arbóreas pioneiras. As duas espécies exibiram os maiores valores da taxa de transpiração no mês de abril, se comparado aos demais meses. Contudo as duas espécies mantiveram valores de transpiração na estação seca acima do que foi obtido por Monteiro & Prado (2006) para *Miconia albicans* na estação chuvosa. Restom & Nepstad (2001) detectaram uma menor redução da transpiração, durante a estação seca, em árvores do que em lianas, em um estudo comparativo feito em uma floresta secundária amazônica. A disponibilidade de água no solo e a umidade relativa do ar parecem ter influenciado na taxa de transpiração, pois a umidade relativa (Fig. 2) e o Ψ_w do caule (Fig. 3) foram mais altos em abril e agosto, se comparados com o mês de junho. Em um estudo sobre mudanças sazonais sobre o fluxo de seiva do xilema em espécies do cerrado, Meinzer et al. (1999) reportaram uma forte limitação estomática que acarretou em reduções na taxa de transpiração diária, tanto na estação seca quanto na chuvosa. Eles sugerem que a transpiração nas espécies lenhosas do cerrado não é limitada somente pela disponibilidade de água no solo, mas por ajustes relativos à diferença na pressão de vapor folha-ar, de forma a compatibilizar transpiração com suprimento de água. É provável que ambos os fatores, disponibilidade de água no solo e UR tenham influenciado nas taxas de transpiração das duas espécies.

Observa-se uma tendência de se manter relativamente constante a eficiência do uso da água (A/E) em ambas as espécies, mesmo com uma menor disponibilidade de água nos meses de junho e agosto, se comparados com abril. *B. argyrophylla* apresentou padrão similar nos três meses observados, com um declínio discreto no mês de agosto. *F. florida* apresentou valores mais baixos do que *B. argyrophylla*, porém constantes se relacionados à taxa de transpiração e à assimilação de carbono. Comparado a árvores, lianas possuem um comprimento específico da raiz maior (COLLINS, 2015). Restom & Nepstad (2004) encontraram relação positiva entre a profundidade da raiz e uma melhor lida com o déficit hídrico durante a estação seca para uma espécie de liana *Davilla kunthii* St. Hill (Dilleniaceae). Lianas geralmente possuem vasos xilemáticos mais longos e calibrosos do que árvores e é reportado serem mais eficientes hidraulicamente (CHEN, et al., 2017). Em um estudo de Chen et al. (2017) foram encontradas, através de valores de condutância estomática, potencial hídrico do caule e da folha, evidências de que regulação fisiológica e eficiente transporte de água regulam as relações hídricas diárias em lianas tropicais, e isso pode explicar como elas operam eficientemente em

florestas sazonais. A maioria das espécies de lianas são consideradas pioneiras devido à sua performance fotossintética, rápido crescimento, e preferência por colonizar ambientes perturbados, clareiras e topo do dossel (SANCHES & VÁLIO 2008; TOLEDO-ACEVES & SWAINE, 2008; AVALOS & MULKEY, 2014). Tais ambientes geram uma alta demanda evaporativa. É provável que as duas espécies do presente estudo possuam características morfológicas que permitam a manutenção de uma eficiência no uso da água constante.

As duas espécies estudadas apresentaram rendimento quântico potencial (F_v/F_m) abaixo de 0,8 nos dois meses observados, o que sugere um quadro de fotoinibição. Paula et. al. (2019), encontraram valores próximos em plântulas de lianas *F. florida* e *Cuspidaria sceptrum* (Cham.) L.G. Lohmann sob sol pleno, valores que se aproximam das duas espécies estudadas. Na primeira medição do dia, ambas as espécies apresentaram os maiores valores da razão F_v/F_m , seguidos de queda próximo ao meio dia e recuperação no fim da tarde. Contudo, a queda da razão F_v/F_m em ambas as espécies foi mais acentuada no mês de agosto. Neste mês foram registrados os menores valores de gs, o que levou a uma redução da concentração interna de carbono. Tal quadro reforça a probabilidade de ocorrência de fotoinibição, uma vez que a planta fica exposta a uma maior quantidade de luz do que consegue utilizar para trabalho fotoquímico. As plantas se ajustam aos níveis de irradiância prevalecentes como forma de otimizar e preservar o funcionamento do aparato fotossintético (FRANCO & LÜTTGE, 2002). Dessa forma, é provável que ambas as espécies de lianas estudadas apresentem mecanismos protetores, uma vez que os valores da razão F_v/F_m recuperaram ao final do dia.

Franco & Lüttge (2002) em um trabalho realizado em ambiente de savana, discutem que a depressão do meio dia provoca uma limitação estomática ao ganho de carbono e isso associado a uma alta demanda hídrica, pode levar a danos no fotossistema II, a menos que haja mecanismos compensatórios que aliviem a fotoinibição. Embora se tenha observado baixa disponibilidade de água e alta intensidade de luminosa, condições que favoreceriam um potencial estresse, os valores das taxas de transporte de elétrons (ETR) das duas espécies mantiveram-se relativamente elevados na estação seca, sobretudo nos horários de queda do rendimento quântico potencial e de baixa assimilação de carbono. As lianas avaliadas por Paula et al. (2019) apresentaram comportamento similar quanto à ETR. Ajustes no compartilhamento do fluxo de elétrons entre processos assimilativos e não

assimilativos, tais como a fotorrespiração (FRANCO & LÜTGE, 2002), e também a redução de nitrato na folha e a reação de Mehler (SANCHES & VÁLIO, 2008) podem ocorrer como forma de mecanismo compensatório à fotoinibição. As duas espécies do presente estudo podem ter assumido tais mecanismos como forma de defesa contra danos nos fotossistemas.

Quanto ao rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) as duas espécies seguiram a tendência de se ajustarem às condições prevalecentes, uma vez que nos horários de maior intensidade luminosa foram obtidos os valores mais baixos, e no fim do dia ter ocorrido um aumento. O decréscimo do $\Delta F/F_m'$ reflete redução na fração de fótons não absorvidos pela clorofila associada ao fotossistema II e utilizada na fotossíntese (MAXWEL & JOHONSON, 2000; SANCHES & VÁLIO, 2008).

A diferença da sazonalidade ficou evidenciada pela diferença dos atributos morfofisiológicos foliares. Com maior disponibilidade de água no mês de abril observou-se maiores valores da área foliar e da área foliar específica. O aumento do turgor das células vegetais favorece a expansão celular, e isso, somado ao maior ganho de carbono favoreceu o aumento da área foliar e do ganho de biomassa (TAIZ & ZEIGER, 2013). Geralmente estas alterações têm por objetivo aumentar a captação da luz incidente, aumentando a eficiência fotossintética da planta (LAMBERS et al., 2008). Estatisticamente, *F. florida* apresentou aumento significativo da área foliar específica (AFE) na estação chuvosa se comparada com a seca, ao passo que *B. argyrophylla* apresentou uma pequena diferença não significativa. Isso sugere que *F. florida* possui um maior ganho de carbono por unidade de massa, além de que pode ter apresentado maior redução da espessura foliar se comparada com *B. argyrophylla*. O aumento da AFE geralmente implica na redução da espessura da folha (BJÖRKMANN, 1981; LAMBERS et al., 2008).

O conteúdo relativo de água (CRA) variou entre as estações. As duas espécies apresentaram um maior conteúdo relativo de água no final da estação chuvosa se comparado com a estação seca. Castro et al. (2018), encontraram valores acima de 75% no CRA em 12 espécies de Melastomataceae crescendo em ambientes méxicos e xéricos e campo rupestre, tanto na estação seca quanto na chuvosa, porém a diferença entre uma estação e outra foi pequena. Araus & Hogan (1994) encontraram valores acima de 89% em palmeiras em ambiente de clareira durante a estação seca em uma floresta estacional no Panamá. As lianas do presente estudo apresentaram valores menores do que estes

durante a estação seca, sendo que *F. florida* apresentou um maior CRA do que *B. argyrophylla*.

A capacidade fotossintética das plantas está diretamente relacionada ao conteúdo de pigmentos cloroplastídicos, uma vez que estes são responsáveis pela absorção da energia luminosa e conversão desta energia em trabalho fotoquímico (LÜTTGE, 2008). De acordo com Taiz & Zeiger (2013), a clorofila *b* é um pigmento acessório, enquanto a clorofila *a* está relacionada à fotoquímica, agindo como um doador à primeira molécula aceptora de elétrons, a feofitina. O índice de clorofila Falker, de modo geral, não apresentou alteração significativa entre estação seca e chuvosa, salvo para clorofila *a* em *B. argyrophylla* que apresentou diferença significativa, sendo o índice maior na estação chuvosa do que na estação seca. A redução no índice de clorofila *a* pode estar relacionado ao fato de que *B. argyrophylla* apresentou indícios de senescência foliar durante a estação seca, com amarelamento e queda das folhas.

5. CONCLUSÃO

As duas espécies apresentaram diferenças nos atributos morfofisiológicos foliares entre as estações seca e chuvosa. O potencial hídrico do caule reduziu nos meses com menor precipitação. A assimilação líquida de CO₂ diminuiu em função da redução da abertura dos estômatos, tanto ao longo do dia, quanto em função da sazonalidade. As duas espécies apresentaram taxas de transpiração altas mesmo durante a estação seca, quando houve uma redução significativa na condutância estomática. Ambas espécies apresentaram valores da razão A/E constantes, mesmo com menor disponibilidade de água durante a estação seca, o que sugere uma grande eficiência no uso da água, e a capacidade de utilização desse recurso, mesmo em escassez. Os dados de fluorescência da clorofila sugerem ocorrência de fotoinibição dinâmica mesmo no final da estação seca. Isso indica que tanto *B. argyrophylla* quanto *F. florida* dispõem de mecanismos de proteção contra danos no fotossistema II, pois os valores de ETR indicaram que o poder de redução do transporte de elétrons foi desviado para trabalho não fotoquímico.

Os resultados sugerem que as lianas do presente estudo compartilham características fisiológicas de muitas espécies que crescem em ambientes com marcada sazonalidade e alta luminosidade, e de outras espécies de lianas que operam com eficiência nesse tipo de ambiente, além de que são capazes de utilizar água com

eficiência e manter taxas de assimilação líquida de CO₂ relativamente altas, mesmo no auge estação seca.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES C.A., STAPE J.L., SENTELHAS P.C., GONÇALVES J.L.M., SPAROVEK G. Köppen's Climate Classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22:711–728. 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ARAUS, J. L.; HOGAN, K. P. Leaf structure and patterns of photoinhibition in two neotropical palms in clearings and forest understory during the dry season. **American Journal of Botany**, 81:726-738, 1994. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1994.tb15507.x>

AVALOS, G. MULKEY, S. S. Photosynthetic and morphological acclimation of seedlings of tropical lianas to changes in the light environment. **American Journal of Botany** 101(12): 1-9. 2014. <https://doi.org/10.3732/ajb.1400127>

BALL, A., SANCHEZ-AZOFEITA, A., PORTILHO-QUINTERO, C., RIVARD, B., CASTRO-CONTRERAS, S., FERNANDES, G. Patterns of leaf biochemical and structural properties of cerrado life forms: implications for remote sensing. **Plos One**. 0117659. 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117659>

CASTRO, S. A. B., SILVEIRA, F. A. O., MARCATO, M. S., LEMOS-FILHO, J. P. So close, yet so different: Divergences in a resource use may help stabilize coexistence of phylogenetically-related species in a megadiverse grassland. **Flora**, 238:72-78. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2016.11.018>

CELIS, G. AVALOS, G. Acclimation of seedlings of *Gnetum leyboldii* Tul. (Gnetaceae) to light changes in a tropical rain forest. **Revista de Biología Tropical**. 61:1859-1868. 2013. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i4.12857>

CHEN, Y., SCHNITZER, S. A., ZHANG, Y., FAN, Z., GOLDSTEIN, G., TOMLINSON, K. W., LIN, H., ZHANG, J., CAO, K. Physiological regulation and efficient xylem water transport regulate diurnal water and carbon balances of tropical lianas. **Functional Ecology**, 31:306-317. 2017. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12724>

FRANCO, A.C. & LÜTTGE, U. Midday depression in savanna trees: coordinated adjustments in photochemical, efficiency, photorespiration, CO₂ assimilation and water use efficiency. **Oecologia** 131: 356-365. 2002. <https://doi.org/10.1007/s00442-002-0903-y>

GENTRY, A.H. Lianas and the “paradox” of contrasting latitudinal gradients in wood and litter production. **Tropical Ecology** 24:63-67. 1983.

HARIDASAN M., ARAÚJO G.M. Perfil nutricional de espécies lenhosas de duas florestas semidecíduas em Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, 28:295-303. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042005000200010>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA A E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª edição, p. 93. 2012.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, S T; PONS, T.J. **Plant Physiological Ecology**. Springer-Verlag. 2008. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78341-3> <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78341-3>

LEMOS-FILHO, J.P. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Revista Brasileira de Botânica**. 23:45-50. 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000100005>

LÜTTGE, U. **Physiological ecology of tropical plants**. Springer-Verlag, Berlin, p 458. 2008.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. **Journal of Experimental Botany**. 51:659-668. 2000. <https://doi.org/10.1093/jxb/51.345.659>

MONTEIRO, J. A. F., PRADO, C. H. B. A. Apparent carboxylation and efficiency and relative stomatal and mesophyll limitations of photosynthesis in a evergreen cerrado species during water stress. **Photosynthetica**, 44(1):39-45, 2006. <https://doi.org/10.1007/s11099-005-0156-1>

NOGUEIRA, A., MARTINEZ, C. A., FERREIRA, L. L., PRADO, C. H. B. A. Photosynthesis and water use efficiency in twenty tropical tree species of differing succession status in a Brazilian reforestation. **Photosynthetica**, 42(3):351-356, 2004. <https://doi.org/10.1023/B:PHOT.0000046152.05364.77>

OLIVEIRA, Daiane Maria. Estudo fitoquímico e biológico das folhas de *Banisteriopsis argyrophylla* (A. Juss.) B. Gates (Malpighiaceae). 2016. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2016.

PAULA, S. M., BOSELLI, M. A., SANCHES, M. C. Chlorophyll fluorescence and initial growth of two liana species, *Cuspidaria sceptrum* (Cham.) L. G. Lohmann and *Fridericia florida* (DC) L. G. Lohmann, under changes of natural light conditions. **Photosynthetica** 57(1):160-170. 2019. <https://doi.org/10.32615/ps.2019.004>

PLANTAMED Plantas e ervas medicinais e fitoterápicos. [2017]. Disponível em: <<http://www.plantamed.com.br/>> Acesso em: 10 de Julho de 2017.

PUTZ, F. E. Ecologia das trepadeiras. **Journal of Research in Ecology**. 24:1-15. 2005.

RESTOM, T. G., NEPSTAD, D. C. Contribution of vines to the evapotranspiration of a secondary Forest in eastern Amazonia. **Plant and Soil**, 236:155-163. 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1012776532147>

RESTOM, T. G., NEPSTAD, D. C. Seedling growth dynamics of a deeply rooting liana in a secondary forest in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, 190:109–118. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.10.010>

RIBEIRO, R. V.; SOUZA, G. M.; OLIVEIRA, R. F. & Machado E. C. Photosynthetic responses of tropical tree species from different successional groups under contrasting irradiance conditions. **Revista Brasileira de Botânica**. 28:149-161. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042005000100012>

RODRIGUES, M. C., REZENDE, A. A., ASSIS, M. A. Bignoniáceas de dezoito fragmentos florestais remanescentes no noroeste paulista, Brasil. Dissertação (Mestrado em Taxonomia Vegetal) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu, SP. 2012.

SANCHES, M.C., VÁLIO, I.F.M. Photosynthetic response of two tropical liana species grown under different irradiances. **Photossynthetica**. 46:557- 566. 2008. <https://doi.org/10.1007/s11099-008-0094-9>

SANCHES, M. C. MARZINEK, J. BRAGIOLA, N.G. NASCIMENTO, A. R. T. Morpho-physiological responses in *Cedrela fissilis* Vell. submitted to changes in natural light conditions: implications for biomass accumulation. **Trees** 31:215–227. 2017. <https://doi.org/10.1007/s00468-016-1474-6>

SCHNITZER, S. A., BONGERS, F. The ecology of lianas and their role in forests. **Trends in Ecology and Evolution**. 17:223-230. 2002. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02491-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02491-6)

SCHNITZER, S.A. A mechanistic explanation for global patterns of liana abundance and distribution. **American Naturalist** 166: 262–276. 2005. <https://doi.org/10.1086/431250>

SOKAL, R. R. & ROHLF, F. J. **The Principles and Practice of Statistics in Biological Research**. Biometry, W. H. Freeman and Company, New York, USA, 2nd edition, p. 859. 1981.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, tradução Armando Molina Divan Junior et al. 5° ed., Porto Alegre, Artmed. 2013.

TOLEDO-ACEVES, T. & SWAINE, M.D. Effect of lianas on tree regeneration in canopy gaps and forest understorey in tropical forest in Ghana. **Journal of Vegetation Science**, 19:717–728. 2008. <https://doi.org/10.3170/2008-8-18444>

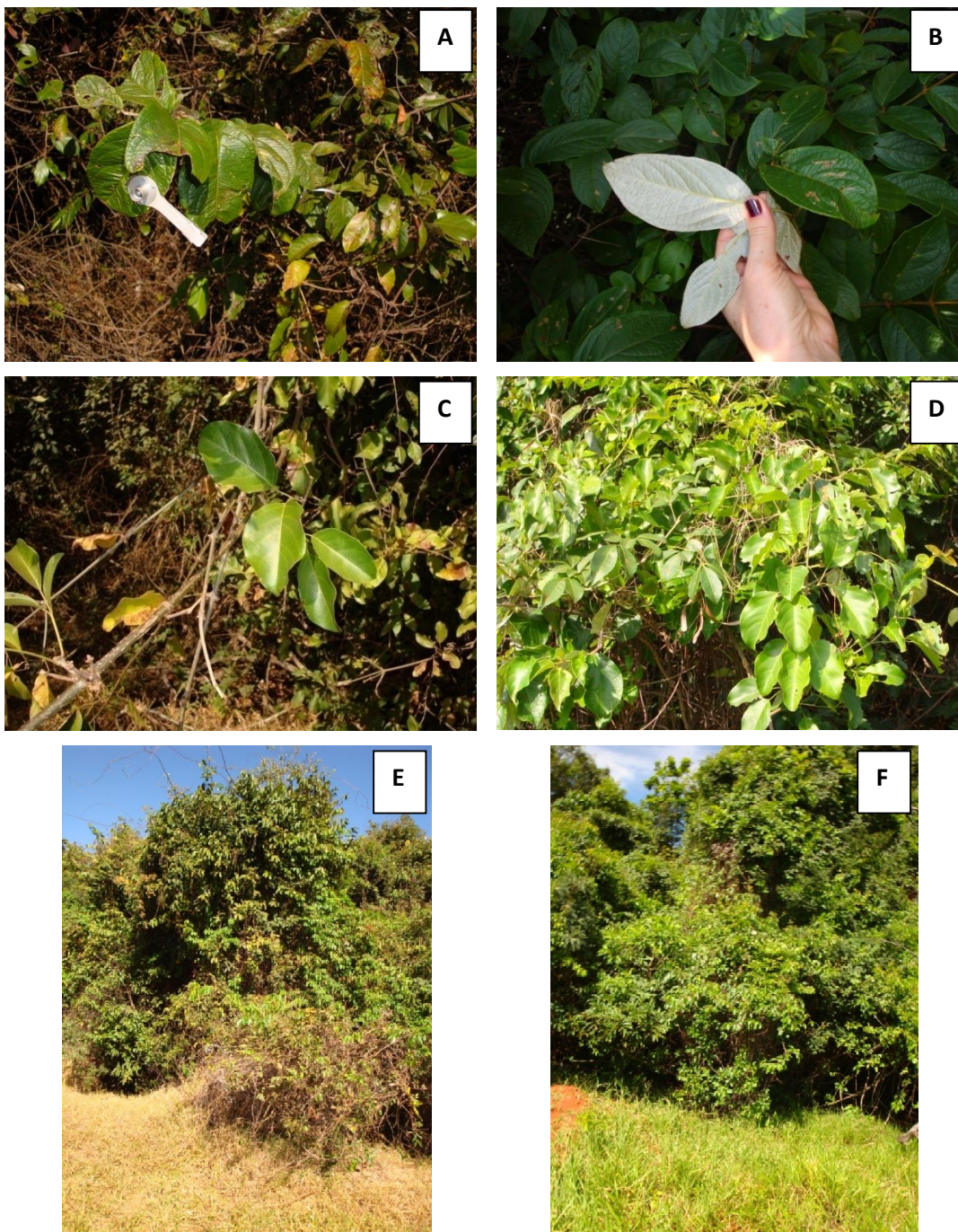
VARGAS, B.C., ARAÚJO, G.M., SCHIAVINI, I., ROSA, P.O., HATTORI, E.K.O. Florística de trepadeiras em floresta semidecidual e em mata ciliar no vale do rio Araguari, MG. **Bioscience Journal**, 29:185-197. 2013.

VARGAS, B. C. ARAÚJO, G. M. Florística de trepadeiras em fragmentos de florestas semidecíduais em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia** 65(1):049-059. 2014. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602014000100004>

VELOSO, H.P.; FILHO A.L.R.R.; LIMA J.C.A.; **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, p.124. 1991.

WHITE, A.J. and CRITCHLEY, C. Rapid light curves: a new fluorescence method to assess the state of the photosynthetic apparatus. **Photosynthetica**.59:63-72. 1999. <https://doi.org/10.1023/A:1006188004189>

7. ANEXO



Anexo: Fotos de *Banisteriopsis argyrophylla* na estação seca (A) e chuvosa (B); fotos de *Fridericia florida* na estação seca (C) e chuvosa (D); fotos da borda em que o estudo foi realizado na estação seca (E) e na chuvosa (F).