

ASPECTOS ECOLÓGICOS, FUNCIONAIS E ANATÔMICOS DE TRÊS ESPÉCIES LENHOSAS DE CERRADÃO

REIS, Laryssa Barbosa de Souza¹

MIRANDA, Sabrina do Couto de Miranda²

RESUMO: O cerradão é uma fitofisionomia do Cerrado estruturalmente semelhante a uma floresta, mas que apresenta espécies com características xeromórficas típicas das formações savânicas. Além de ser um ambiente interessante para se investigar espécies com elevada variabilidade intraespecífica, o cerradão, ainda se destaca de outras fitofisionomias do bioma Cerrado em termos de sequestro de carbono aéreo. Este trabalho objetivou descrever aspectos ecológicos, funcionais e anatômicos de três espécies de cerradão, bem como, relacionar tais aspectos com a alocação de carbono na porção aérea da biomassa. Para isso selecionou-se as espécies que se destacaram em termos florísticos, fitossociológicos e de biomassa aérea lenhosa em uma área de Cerrado em Palmeiras de Goiás, a saber: *Sclerolobium paniculatum* Vogel, *Tapirira guianensis* Aubl. e *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. Para cada espécie foram amostrados 10 indivíduos e destes coletados atributos funcionais referentes ao caule, folha e anatomia foliar. As características das três espécies analisadas neste estudo indicaram duas linhas de estratégias ecológicas: estratégias xeromórficas e florestais. As duas primeiras espécies mencionadas apresentaram atributos que podem favorecer a fixação de carbono na biomassa aérea, como valores mais altos de densidade média da madeira e diâmetro da base. *Xylopia aromatica*, apresentou indivíduos com aspectos tipicamente xeromórficos, apresentando adaptações a sazonalidade, intensidade luminosa e proteção ao fogo.

Palavras-chave: Cerrado. Biomassa aérea. Atributos funcionais. Anatomia.

¹ Graduanda em Agronomia, Unidade Universitária de Palmeiras de Goiás - Universidade Estadual de Goiás; e-mail: laarybsr@gmail.com Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7458617053807252>

² Professora Orientadora, Doutora, UEG-Unidade Universitária de Palmeiras de Goiás; e-mail: sabrina.couto@ueg.br Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3653673838173344>

ABSTRACT: Cerradão is a Cerrado phyto physiognomy structurally similar to a forest, but shares species with xeromorphic characteristics that are typical of savannas. In addition to being an interesting environment to investigate species with high intraspecific variability, the cerradão also stands out from other hysiognomies of the Cerrado biome in terms of above ground carbon sequestration. This study aimed to describe ecological, functional and anatomical aspects of three species of cerradão, as well as to relate these aspects with the allocation of carbon in the above ground portion of the biomass. We select species that stood out from others in terms of floristic, phytosociological and above ground woody biomass in a Cerrado site in Palmeiras de Goiás, namely: *Sclerolobium paniculatum* Vogel, *Tapirira guianensis* Aubl. and *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. For each species, 10 individuals were sampled and functional attributes related to the stem, leaf and leaf anatomy were collected. The characteristics of the three species analyzed in this study indicated two lines of ecological strategies: xeromorphic and forestry strategies. The first two species mentioned presented attributes that may favor carbon fixation in the aerial biomass, such as higher values of wood density and stem diameter. *Xylopia aromatica*, presented individuals with typically xeromorphic aspects, showing adaptations to seasonality, light intensity and fire protection.

Key words: Cerrado. Above ground biomass. Functional traits. Anatomy.

INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é uma savana tropical caracterizado por apresentar paisagens em mosaicos, ou seja, compostas por fitofisionomias campestres, savânicas e florestais que se alternam a curtas distâncias geográficas (RIBEIRO; WALTER, 2008; SANTOS et al., 2020). Dentre as fitofisionomias florestais, o cerradão estruturalmente se assemelha a uma floresta, mas floristicamente compartilha espécies com o cerrado sentido restrito, ou seja, espécies que apresentam características xeromórficas (RIBEIRO; WALTER, 2008). Neste sentido, é um ambiente interessante para se investigar espécies com elevada variabilidade intraespecífica que podem se estabelecer e persistir em distintos ambientes (HOFFMANN et al., 2009, 2012). Espécies generalistas são pouco investigadas (MARACAHIPES et al., 2018), a maioria dos estudos sobre atributos funcionais, por exemplo, focou nas análises de espécies que são restritas a ambientes de floresta ou

savânicos (HOFFMANN et al., 2005; ROSSATTO et al., 2009) e pouco se conhece sobre a anatomia destas espécies.

As espécies nativas do Cerrado apresentam grande diversidade de estratégias anatômicas que indicam adaptações à forte sazonalidade do regime de chuvas, alta intensidade luminosa e baixo teor nutricional dos solos (BIERAS; SAJO, 2009). O potencial de aclimação das folhas muito é predito por seus aspectos a nível anatômico (LAMBERS, et al 2008; EVERT, 2006), a estrutura e organização da lâmina foliar afetam diversos processos, tais como o fluxo de água e gás carbônico através da folha (FERREIRA et al., 2015; LAMBERS, et al., 2008). O conhecimento da anatomia vegetal, além da importância taxonômica e filogenética, é essencial para o melhor entendimento da adaptação das plantas aos ambientes (FERREIRA et al., 2015).

Dentre as espécies tipicamente encontradas em cerradão, este estudo focou em três árvores que se destacaram como importantes em termos florísticos, fitossociológicos e de estoque de biomassa no estrato aéreo da vegetação de cerradão em Goiás (VASCONCELOS, 2019). Estas espécies são: *Sclerolobium paniculatum* Vogel (sinonímia *Tachigali vulgaris* L.F. Gomes da Silva & H.C. Lima) (Fabaceae), *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae) e *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae).

Sclerolobium paniculatum, popularmente conhecido como carvoeiro, é uma espécie amplamente distribuída em florestas e savanas da transição Cerrado-Amazônia (RATTER et al., 2003). Em áreas de cerradão, é normalmente associado a solos distróficos, de baixa fertilidade e bem drenados (RATTER et al., 2003; RIBEIRO; WALTER, 2008). De acordo com Ferreira et al. (2017), *Tachigali subvelutina* (basiônimo: *Sclerolobium paniculatum* var. *subvelutinum* Benth.) é uma das 15 espécies indicadoras da fitofisionomia de cerradão. *Tapirira guianensis* Aubl., conhecida popularmente como pau-pombo, ocorre em quase todas as formações florestais do Brasil, difundida principalmente em Cerrado e sítios disjuntos de savanas na Amazônia (SOUZA; LORENZI, 2005; RATTER et al., 2003). *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart., conhecida como pimenta-de-macaco é uma espécie nativa do Brasil e amplamente distribuída nas fitofisionomias do Cerrado onde figurou dentre as 38 espécies encontradas em 50% ou mais das áreas de cerrado *lato sensu* analisadas por Ratter et al. (2003), sendo uma espécie indicadora da fitofisionomia de cerradão, segundo Ferreira et al. (2017).

O cerradão, ainda se destaca de outras fitofisionomias do bioma Cerrado em termos de sequestro de carbono aéreo (TEODORO, 2014; LOPES; MIOLA, 2010). Apesar do consenso mundial do papel relevante das formações florestais no ciclo global

de carbono (IPCC, 2006) raros estudos relacionam biomassa aérea da vegetação a atributos estruturais, funcionais ou taxonômicos, em ambientes tropicais (POORTER et al., 2015). Considerações acerca da biodiversidade e atributos da vegetação podem expandir o potencial de projetos que se baseiam no sequestro de carbono na mitigação das mudanças climáticas (DÍAZ et al., 2009; POORTER et al., 2015). Neste contexto, este trabalho tem por objetivo descrever aspectos ecológicos, funcionais e anatômicos de três espécies de cerradão, bem como, relacionar tais aspectos com a alocação de carbono na porção aérea da biomassa.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Área de estudo e espécies selecionadas

O estudo foi conduzido em um remanescente de cerradão localizado na Fazenda Buritis, município de Palmeiras de Goiás (16°51'23.89"S e 49°59'29.95"O). A área possui aproximadamente 52 hectares e altitude média de 571 m. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger (1928), o clima da região é do tipo Aw (tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno). O solo é classificado como Latossolo vermelho-escuro e Latossolo vermelho-amarelo.

No referido remanescente a vegetação lenhosa tem sido estudada, desde 2017, através da amostragem pelo método de parcelas que foram aleatoriamente distribuídas na área e georreferenciadas. Assim, foram alocadas 10 parcelas de 20 x 50 m (1.000 m² cada) onde todos os indivíduos lenhosos com diâmetro da base, maior ou igual, a 5 cm tiveram seus diâmetros da base (DB), diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total mensurados, respectivamente, com suta de alumínio e hipsômetro/vara graduada em metros. As famílias botânicas foram classificadas conforme o sistema do *Angiosperm Phylogeny Group IV* (CHASE et al., 2016). Os nomes das espécies e seus respectivos autores foram conferidos por meio de consultas a plataforma virtual re flora (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2022).

Com base nos dados de campo, a biomassa aérea da vegetação lenhosa (BAVL) foi estimada por meio da equação proposta por Scolforo et al. (2008): $\text{Ln}(\text{Peso Seco}) = -11,3710317049 + 2,433521972 * \text{Ln}(\text{DAP}) + 0,8433902218 * \text{Ln}(\text{H})$, onde: Peso Seco (megagramas Mg); DAP= diâmetro à altura do peito (cm); H=altura (m). Considerou-se que 47% da biomassa é composta por carbono, de acordo com as diretrizes do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC, 2006).

A BAVL da área de cerradão foi estimada em 43,55 Mg/ha. A partir das análises dos dados de biomassa foram elencadas 11 espécies que se destacaram em termos de estoque de carbono (cerca de 67% do total de BAVL). Assim, selecionou-se para este estudo as espécies: *Sclerolobium paniculatum* Vogel (sinonímia *Tachigali vulgaris* L.F. Gomes da Silva & H.C. Lima) (Fabaceae), *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae) e *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae), que abrigaram, respectivamente: 4,39 Mg/ha (10,1% da BAVL total); 4,38 Mg/ha (10,1% da BAVL total); e 2,33 Mg/ha (5,4% da BAVL total).

Análises foliares

Para cada uma das três espécies foram selecionados, aleatoriamente, 10 indivíduos, nos quais foram coletados ramos expostos ao sol. Destes ramos, 10 folhas saudáveis, completamente expandidas de cada indivíduo (CORNELISSEN et al., 2003), foram usadas para a mensuração da espessura foliar (EF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), densidade foliar (DF) e conteúdo relativo de água (CRAf). Para espécies de folhas compostas, coletou-se um folíolo por folha, durante as análises folíolos foram considerados folhas. As amostras tiveram a espessura medida nas porções médias da lâmina foliar com micrômetro eletrônico digital (resolução 0- 25mm), foram digitalizadas utilizando o scanner da impressora Epson L495, tiveram seu peso saturado aferido e foram colocadas a secar em estufa de circulação de ar a 60°C por 48 horas. A área foliar foi calculada com o software ImageJ.

Para os cortes transversais, de cada indivíduo, utilizou-se três folhas saudáveis, completamente expandidas de um ramo exposto ao sol. As folhas amostradas foram fixadas em FAA 70% por 48 horas e depois armazenadas em etanol 70% (JOHANSEN, 1940). Para as análises histológicas, secções de cortes transversais foram feitas à mão livre, clarificadas em solução de hipoclorito de sódio 12% e coradas com soluções aquosas azul de alcian 4% e fucsina básica 1%. As secções foram montadas entre lâmina e lamínula, após serem desidratadas em série etílica e montadas em verniz sintético.

As observações e a documentação fotográfica das lâminas foram feitas em microscópio óptico Leica DM500. As imagens foram analisadas com o auxílio do software de aquisição de imagens Leica LAS EZ versão 2.0.0, obtendo-se informações sobre: cutícula (espessa ou delgada, baseando-se na espessura observada por microscopia de luz, na face adaxial/abaxial, sendo espessa quando prontamente reconhecível no corte transversal), epiderme unisseriada (apresentando apenas uma camada de células) ou

epiderme múltipla (apresentando mais de uma camada de células organizadas paralelamente), mesofilo (homogêneo/dorsiventral/isobilateral), presença de substâncias no mesofilo (cristais), parênquima paliçádico (quantidade de camadas) e células esclerenquimáticas (localização).

Para as análises da epiderme abaxial foliar em secção paradérmica, as lâminas foram montadas a partir de preparações histológicas obtidas pela técnica da modelagem em esmalte incolor. A densidade estomática (DE) foi determinada em amostras de folhas frescas utilizando quatro folhas totalmente expandidas por indivíduo e quatro campos de observações aleatórias, totalizando 20 amostras por espécie. As observações (Figura 1) foram feitas com microscópio óptico, com aumento de 400x (ocular 10x/18mm e objetiva planacromática 40x/0.65 160/0.17), determinou-se a área do campo de visão ($0,159 \text{ mm}^2$), através da descrição técnica do diâmetro do campo de visão (0,45 mm) da objetiva.

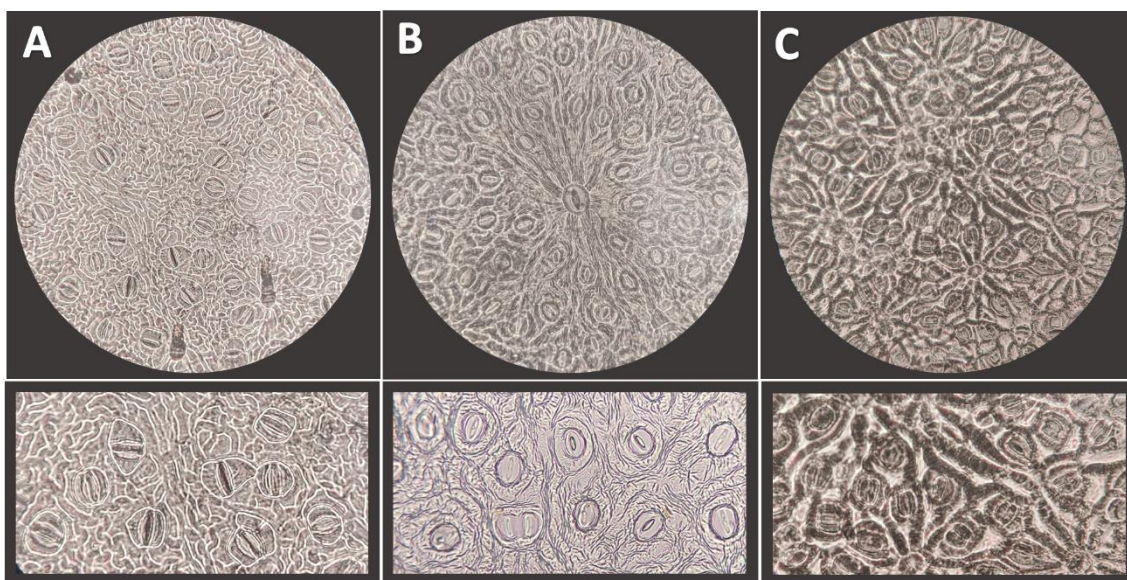


FIGURA 1. Fotografia da impressão em esmalte incolor da superfície abaxial de folhas de cerradão e detalhes dos estômatos das três espécies estudadas. A: *Sclerolobium paniculatum*; B: *Tapirira guianensis* e C: *Xylopia aromatica*. Aumento: 400x. Diâmetro do campo de visão: 0,45 mm.

Traços do caule

Para os atributos de caule foi coletada uma amostra por planta de um ramo terminal com evidente crescimento secundário e diâmetro regular (CORNELISSEN et al., 2003). Os ramos foram saturados em água por 24 horas, para aferir o peso saturado e foram colocadas a secar em estufa de circulação de ar a 80°C por 72 horas, para obter-se o peso seco. Assim, foi medido o conteúdo relativo de água da madeira (CRAm) e

densidade da madeira (DM). Para os atributos de espessura da casca (EC), conteúdo relativo de água da casca (CRAc) e densidade da casca (DC), o súber foi removido de uma área de 4cm x 4cm, com auxílio de um formão e canivete em três pontos aleatórios do caule, sempre a uma altura de 30 cm do solo. As amostras de casca foram saturadas em água por 24 horas e colocadas a secar em estufa de circulação de ar a 80°C por 72 horas, para obter-se o peso saturado e peso seco das amostras.

Análises estatísticas

As análises estatísticas descritivas foram realizadas com o auxílio do programa BioEstat versão 5.3. Analisou-se a presença de normalidade nos dados por meio do teste D'Agostino-Pearson. Dos 11 atributos avaliados, oito apresentaram distribuição normal (AF, AFE, DF, CRAf, CRAM, DM, EC, DE) e três apresentaram distribuição não normal (EF, CRAc, DC). Assim, para os dados com distribuição normal aplicou-se o teste paramétrico ANOVA um critério com teste de Tukey e para os dados com distribuição não normal o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos estruturais e biomassa aérea da vegetação lenhosa

Na área de estudo, a densidade de *S. paniculatum* foi calculada em 52 ind/ha, sendo estes indivíduos lenhosos considerados no cômputo da biomassa aérea da vegetação lenhosa (BAVL). O DAP variou de 5,0 a 40,8 cm e a maioria dos indivíduos (83% da densidade total amostrada) se concentrou nas classes de diâmetro abaixo de 20 cm (Figura 2), abrigando cerca de 29% da biomassa aérea calculada para a espécie (Figura 2). Por outro lado, os indivíduos com maiores DAP (≥ 20 cm) representaram apenas 17% da densidade da espécie e contribuíram com 71% da biomassa aérea (Figura 2).

Com relação à altura total, esta variou de 5,6 a 15,0 m, onde 67% dos indivíduos ocuparam as classes de altura entre 6,0 e 9,9 m (Figura 3). Estas classes abrigaram cerca de 16% da biomassa aérea calculada para a espécie. Os indivíduos com altura ≥ 10 m somaram cerca de 29% da densidade amostrada e representaram 83% da biomassa aérea (Figura 3).

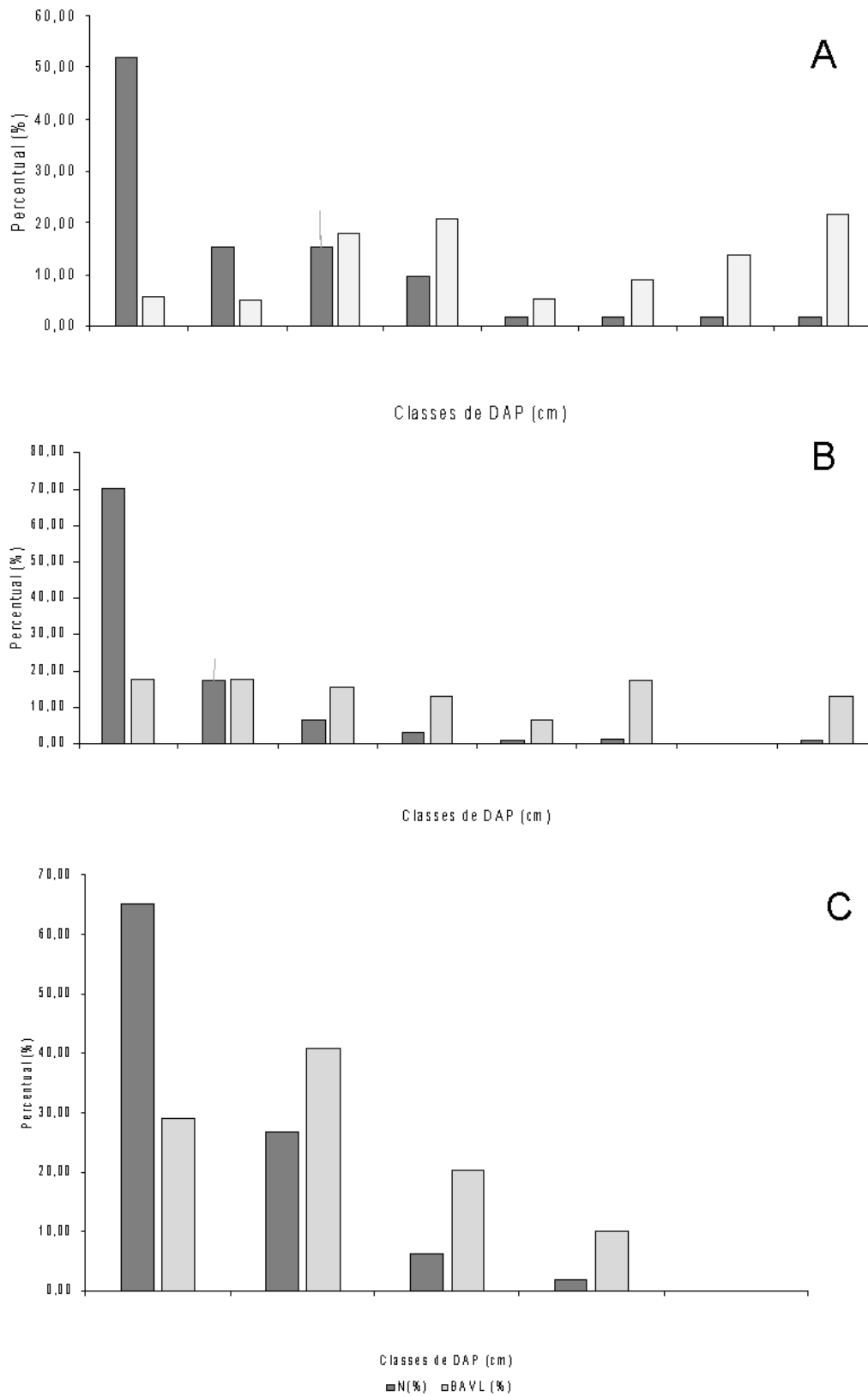


FIGURA 2. Distribuição percentual do número de indivíduos e biomassa aérea lenhosa por classes de diâmetro a altura do peito (DAP) para três espécies de cerradão. Onde: N=número de indivíduos; BAVL=biomassa aérea lenhosa; A= *S. paniculatum*; B= *T. guianensis*; C= *Xylopia aromatica*.

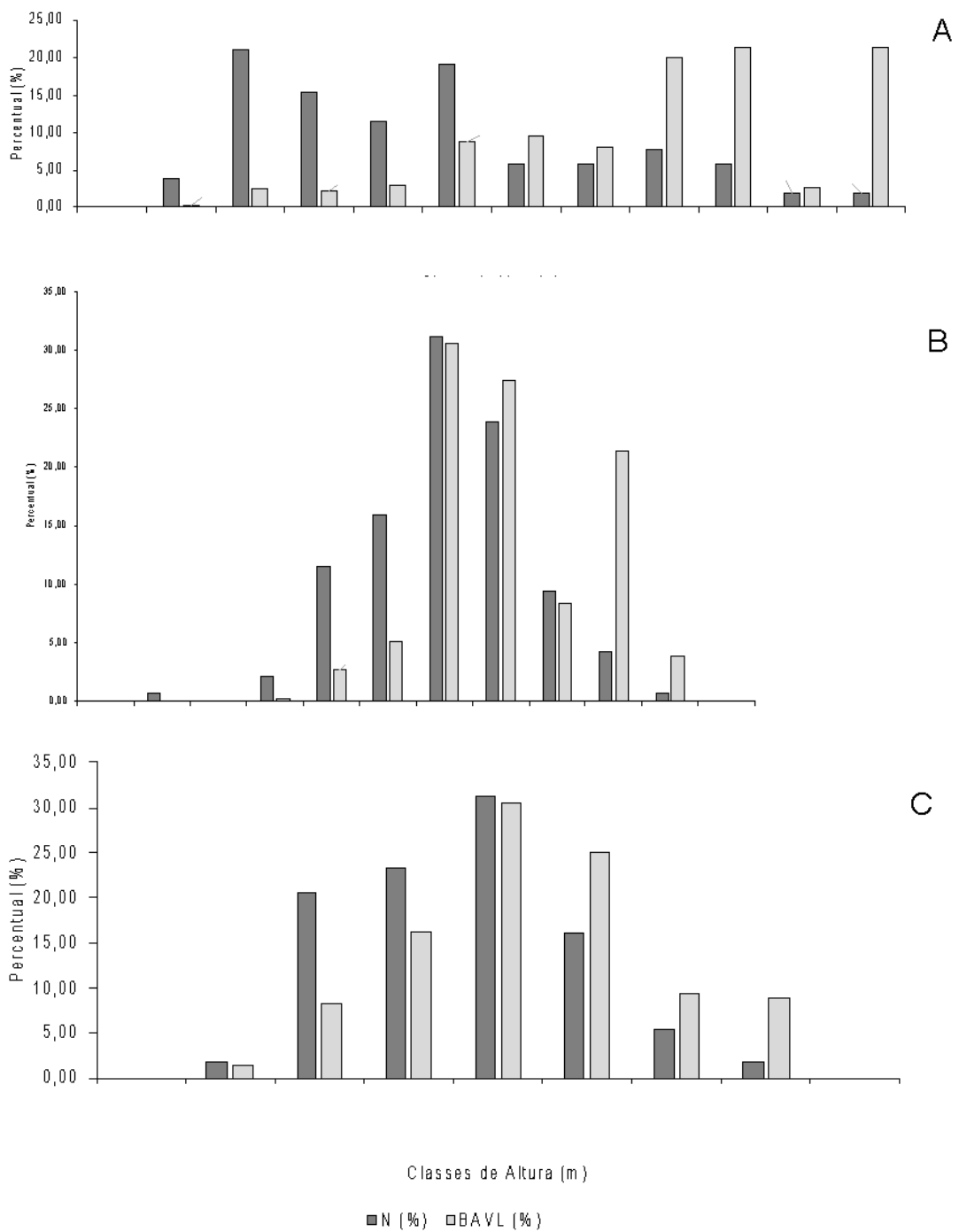


FIGURA 3. Distribuição percentual do número de indivíduos e biomassa aérea lenhosa por classes de altura para três espécies de cerradão. Onde: N=número de indivíduos; BAVL=biomassa aérea lenhosa; A= *S. paniculatum*; B= *T. guianensis*; C= *Xylopia aromatica*.

Para *T. guianensis* o cômputo da biomassa aérea considerou 138 indivíduos lenhosos amostrados em 1 ha, estes apresentaram diâmetro variando entre 5,0 e 41,5 cm.

A maior parte dos indivíduos (94%) apresentou com DAP < 20 cm, estes abrigaram 51% da biomassa aérea calculada para a espécie (Figura 2). Por outro lado, os indivíduos com maiores valores de DAP (classes \geq 20 cm) representaram cerca de 6% do total e abrigaram 49% da biomassa aérea (Figura 2). A altura total variou de 2,3 a 11,0 metros, do total, cerca de 83% dos indivíduos apresentaram altura entre 5,0 e 8,9 m e abrigaram cerca de 66% da biomassa aérea calculada para a espécie (Figura 3). Os indivíduos com altura \geq 10 m representaram 5% da densidade e abrigaram 25% da biomassa aérea (Figura 3).

No cálculo da biomassa aérea de *X. aromatica* foram considerados 112 indivíduos lenhosos que apresentaram diâmetro entre 5,0 e 20,4 cm (Figura). A maioria dos indivíduos (cerca de 92%) ocupou as primeiras classes de DAP, abaixo de 15 cm (Figura 2). Os indivíduos nestas classes abrigaram cerca de 70% da biomassa aérea calculada (Figura 2). Do total, apenas 1,8% dos indivíduos apresentaram diâmetro \geq 20 cm e estes abrigaram 10% da biomassa aérea (Figura 2). A altura dos indivíduos lenhosos de *X. aromatica* variou de 5,3 a 11,5 m (Figura 3), com a maioria (91%) ocupando as classes de altura entre 6,0 e 9,9 m (Figura 3). Os indivíduos nestas classes responderam por 80% da biomassa aérea calculada (Figura 3). Apenas 7% dos indivíduos apresentam altura \geq 10 m abrangendo 18% da biomassa aérea da espécie (Figura 3).

As três espécies estudadas: *S. paniculatum*, *T. guianensis* e *X. aromatica*, contribuíram com 25% do total da biomassa aérea lenhosa da área de estudo. Em termos de BAVL, *S. paniculatum* e *T. guianensis* apresentaram valores semelhantes, contudo as espécies apresentam distintas estratégias de ocupação da área. A densidade de *T. guianensis* foi 2,7 vezes superior à de *S. paniculatum*. Contudo, *S. paniculatum* apresenta indivíduos mais altos, 67% com altura entre 6,0 e 9,9 m, e 29% apresentaram altura acima de 10 m. Os indivíduos mais altos (\geq 10 m) e com maiores valores de DAP (\geq 20 cm) representaram, em média, cerca de 20% do total amostrado, e respondem por cerca de 75% do estoque de biomassa na porção aérea da vegetação.

Ambas as espécies *T. guianensis* e *X. aromatica* foram amostradas na área com densidade acima de 100 ind/ha, contudo o estoque de biomassa aérea associado à *T. guianensis* foi 1,9 vezes superior ao de *X. aromatica*. Tal fato pode estar relacionado a presença de mais indivíduos de *T. guianensis* nas maiores classes de diâmetro (\geq 20 cm), estes representaram cerca de 6% do total, enquanto *X. aromatica* apenas 1,8% dos indivíduos ocuparam as maiores classes de DAP. Por outro lado, com relação à altura as duas espécies possuem comportamento semelhante, em média cerca de 6% dos indivíduos

amostrados apresentaram altura \approx 10 m e a maioria dos indivíduos das espécies, apresentou altura entre 6,0 e 8,9 m. Assim, tem-se que os indivíduos de *X. aromatica* são tão altos quanto as demais espécies, porém mais finos, o que afetou os valores de biomassa calculados.

Em termos de estoque na biomassa aérea, os dados mostraram que para *S. paniculatum* os indivíduos de maior porte (DAP \approx 20 cm e altura \approx 10 m) são os mais representativos, contribuindo, em média, com cerca de 75% do total da BAVL. No caso de *T. guianensis* e *X. aromatica*, os indivíduos com DAP $<$ 20 cm e altura entre 7,0 e 9,9 m foram os mais representativos em termos de estoque de biomassa aérea, em média cerca de 58% e 81%, respectivamente.

Atributos funcionais

Na tabela 1 são apresentados os valores mínimos, máximos e médios obtidos para 11 atributos funcionais mensurados nas três espécies em estudo. De modo geral, os coeficientes de variação calculados para os valores médios ficaram abaixo de 22%, o que ressalta baixa variação nos atributos avaliados nos diferentes indivíduos de cada espécie. As maiores variações, em torno da média, foram encontradas para espessura da casca, a saber: em *S. paniculatum* CV=42%; *T. guianensis* CV=49%; *X. aromatica* CV=43% (Tabela 1). Além disso, em *S. paniculatum* a densidade da casca apresentou 31% de variação (Tabela 1) e *T. guianensis* a variação na área foliar foi de 44% (Tabela 1). A análise de variância mostrou não haver diferenças significativas entre as espécies para os valores de conteúdo relativo de água na folha e conteúdo relativo de água na casca (Tabela 1).

A espécie *S. paniculatum* apresentou valores médios, significativamente, maiores para área foliar e área foliar específica, diferenciando-se das outras espécies que não mostraram diferenças entre si (Tabela 1). Com relação à espessura foliar, *X. aromatica* apresentou valor médio, significativamente, maior em comparação às outras espécies (Tabela 1). Em termos de densidade foliar, a média calculada para *T. guianensis* foi significativamente maior que a obtida para as demais espécies (Tabela 1). A espécie *S. paniculatum* apresentou valor médio, significativamente, menor para densidade estomática em comparação às outras espécies.

TABELA 1. Estatística descritiva dos atributos funcionais e teste de Tukey de três espécies de cerradão. Onde: EF=espessura foliar (mm); AF=área foliar (mm²); AFE=área foliar específica (mm²/mg); DF=densidade foliar (mg/mm³); CRAf=conteúdo de água foliar (%); DE=densidade estomática (estômatos/mm²); CRAm=conteúdo de água da madeira (%); DM=densidade da madeira (mg/mm³); EC=espessura da casca (mm); CRAc=conteúdo de água da casca (%); DC=densidade da casca (mg/mm³).

Espécies	<i>S. paniculatum</i>			<i>T. guianensis</i>			<i>X. aromatica</i>		
	Atributos	Mín.	Máx.	Média (CV%)	Mín.	Máx.	Média (CV%)	Mín.	Máx.
EF	0,23	0,38	0,26 A (17,67)	0,21	0,29	0,25 A (11,35)	0,27	0,34	0,30 B (8,50)
AF	2744,44	4861,08	4176,61 a (14,69)	1475,28	4619,03	2465,21 b (43,75)	2023,64	3028,44	2436,03 b (13,83)
AFE	8,87	14,86	11,05 a (15,61)	6,04	11,21	8,70 b (21,39)	6,84	9,44	8,10 b (9,52)
DF	0,29	0,42	0,38 a (11,42)	0,41	0,59	0,48 b (12,10)	0,36	0,49	0,42 a (11,20)
CRAf	49,03	64,45	57,98* (8,15)	50,06	61,55	57,12* (6,43)	50,84	65,51	57,06* (10,41)
CRAm	36,20	58,61	46,91 a (15,38)	38,95	52,53	47,07 a (9,76)	47,45	63,70	53,70 b (9,15)
DM	0,45	0,83	0,61 a (21,76)	0,46	0,72	0,57 a (13,45)	0,32	0,54	0,44 b (18,92)
EC	1,00	4,40	2,36 a (41,63)	1,66	6,51	2,84 a (48,58)	3,00	10,00	5,86 b (42,97)
CRAc	49,04	68,42	61,38* (9,93)	33,57	71,30	60,51* (21,41)	54,34	70,44	63,68 * (9,16)
DC	0,31	0,77	0,46 A (30,90)	0,22	0,42	0,32 B (21,81)	0,28	0,43	0,33 B (15,45)
DE	235,85	327,04	261,64 a (14,26)	342,77	441,82	383,02 b (11,07)	402,52	454,40	433,02 b (4,47)

* Valores não significativos ($p \geq 0,05$). As letras distintas indicam valores significativos diferentes ($p < 0,05$) entre as espécies. Letras maiúsculas=dados não paramétricos, análise de variância pelo teste de Kruskal-Wallis; letras minúsculas= dados paramétricos, ANOVA 1 critério e teste de Tukey.

A área foliar específica, em muitos casos, pode estar positivamente associada à taxa potencial de crescimento relativo ou taxa fotossintética máxima baseada na massa (CORNELISSEN et al., 2003). Folhas com maior AFE, menos densas e mais finas são associadas a menos células de parênquima paliçádico por unidade de área (LAMBERS et al., 2008). Ainda, segundo os autores, valores mais baixos de AFE tendem a corresponder a investimentos relativamente altos em “defesas” foliares (particularmente estruturais) e longa vida útil das folhas (CORNELISSEN et al., 2003; LAMBERS et al., 2008).

A espécie *S. paniculatum* possui folhas compostas paripinadas com 6 a 14 folíolos (SILVA JÚNIOR, 2012). Neste estudo, para efeito de análise, os folíolos foram considerados folhas. Os dados mostraram que a espécie possui altos valores de área foliar e área foliar específica, em comparação com as demais espécies. Assim, o fato de a folha ser composta amplifica ainda mais tais aspectos, proporcionando uma maior área de exposição/captação de luz. Além disso, são folhas menos espessas e pouco densas o que pode favorecer a permanência da folha na planta, ressalta-se que se trata de uma árvore sempre-verde (SILVA JÚNIOR, 2012). A menor densidade estomática pode ser um reflexo das maiores áreas foliares (AF e AFE), bem como, pode estar associada a diminuição da evapotranspiração e economia de água.

A espécie *T. guianenses* é uma árvore semidecídua possui folhas compostas, imparipinadas com até 11 folíolos (SILVA JÚNIOR; PEREIRA, 2009). Dentre os atributos analisados suas folhas/folíolos se destacaram em termos de alta densidade foliar. A espécie *X. aromatica* possui folhas simples, alternas e dísticas, e é uma árvore sempre-verde (SILVA JÚNIOR, 2012). Os dados mostraram que suas folhas são mais espessas e possuem alta densidade estomática. No caso das duas espécies a alta densidade estomática obtida pode estar relacionada às menores áreas foliares (AF e AFE), se tratando de uma forma de compensação fisiológica.

A densidade estomática pode variar entre espécies, mas também entre as folhas e indivíduos de uma única espécie (AL AFAS et al. 2006), ainda pode variar devido a fatores ambientais, como luz, umidade do ar, disponibilidade de água e CO₂ atmosférico (BUSSIS et al., 2006; PEARCE et al., 2006) Espécies de ambientes xéricos, onde as folhas são em geral expostas à alta irradiação solar e baixa disponibilidade hídrica, em geral apresentam maior densidade estomática (PEARCE et al., 2006). O estudo Boeger et al. (1998) com *Tapirira guianensis* apontou que folhas de sol possuem maior número de estômatos e que o aumento da área foliar em folhas sombreadas seria um tipo de compensação à baixa frequência de estômatos. No estudo de Camargo e Marengo (2011)

com espécies da Amazônia central, a densidade estomática tendeu a aumentar com a altura das árvores, contudo, as análises estatísticas indicaram que outros fatores estão envolvidos na variação da densidade estomática.

Dentre as espécies estudadas, *S. paniculatum* foi a que apresentou indivíduos com maior porte. Com relação à densidade da madeira, *S. paniculatum* e *T. guianensis* apresentaram valores médios significativamente maiores em comparação à *X. aromatica* (Tabela 1). Por outro lado, o conteúdo relativo de água na madeira de *X. aromatica* foi estatisticamente maior em comparação às outras espécies, que não se diferenciaram entre si (Tabela 1). A espécie *X. aromatica* pode ser considerada uma espécie com madeira de baixa densidade, apresentando valor médio abaixo de 0,550 mg/mm³ (Tabela 1), enquanto *T. guianensis* e *S. paniculatum* são consideradas espécies com madeiras de média densidade, pois apresentaram valores médios entre 0,550 e 0,720 mg/mm³ (CORADIN et al., 2010; SILVEIRA et al. 2013).

X. aromatica apresentou valores médios de espessura da casca, significativamente maiores em comparação às outras espécies. Suas cascas são duas vezes mais espessas do que as demais espécies (Tabela 1). Por outro lado, *S. paniculatum* apresentou maiores valores médios de densidade da casca (Tabela 1). Casca espessa é uma expressão da adaptação das espécies a ambientes distróficos e xéricos como as savanas (HOFFMANN et al., 2012). As espécies *S. paniculatum* e *T. guianensis*, apresentaram valores de espessura da casca em torno de 2,5 mm, assim suas cascas conferem baixa proteção dos tecidos vasculares contra o fogo. Para ter 50% de chance de evitar a morte de sua parte aérea devido a incêndios, o caule de uma árvore precisa de uma casca com no mínimo 5,9 mm em incêndios de baixa intensidade ou 9,1 mm em incêndios de alta intensidade (HOFFMANN et al., 2012). Portanto, *X. aromatica*, dentre as espécies comparadas, é a mais adaptada à sobrevivência ao fogo.

Em geral, características de casca mais finas e madeira mais densa são típicas de espécies florestais, além da resistência à cavitação, os investimentos em densidade da madeira são estratégias de sustentação relacionada ao heliotropismo (CAVALCANTI et al., 2009). Além disto, estas estratégias desempenham um importante papel no armazenamento de carbono na parte aérea (CORNELISSEN et al., 2003).

Possivelmente, os atributos funcionais descritos podem explicar o ressaltado desempenho de *S. paniculatum*. Segundo Farias et al. (2016), o seu rápido crescimento, elevada produção de serapilheira, alta capacidade de produção biomassa e fixação de nitrogênio, a tornam uma boa escolha para programas de reflorestamento de áreas

degradadas. A espécie ainda é indicada para plantios comerciais no Cerrado e região amazônica como alternativa para substituir as plantações de eucalipto, bem como para compor sistemas agroflorestais e projetos de reflorestamento onde os solos são um fator limitante para o estabelecimento das árvores (FARIAS, et al. 2016; SOUZA et al., 2004).

Aspectos anatômicos

Com relação aos aspectos anatômicos, a organização do mesofilo das três espécies estudadas é dorsiventral (Tabela 2). O parênquima paliçádico de *S. paniculatum* é constituído por 1-2 camadas na face adaxial, as células do parênquima lacunoso possuem forma e disposição irregulares e entre elas há frequentes espaços. Em *T. guianensis* o parênquima paliçádico é biestratificado, a epiderme vista em secção transversal é uniestratificada (Figura 6), assim como observado em *S. paniculatum* (Figura 4).

TABELA 2. Descrição dos caracteres anatômicos com base em cortes transversais de folhas de três espécies lenhosas de cerradão. Onde: Nc: nervura central; Me: mesofilo; Fv: feixe vascular lateral; +: presente; -: ausente.

Caracteres anatômicos	<i>S. paniculatum</i>	<i>T. guianensis</i>	<i>X. aromatica</i>
Cutícula espessa	Nc	Nc	Nc/ Me
Epiderme adaxial	Unisseriada	Unisseriada	Bisseriada
Mesofilo	Dorsiventral	Dorsiventral	Dorsiventral
Cristais	Nc	Nc/ Me	-
Elementos esclerenquimáticos	Nc/ Fv	Nc	Nc/ Fv
Tricomas	+	-	+
Estruturas secretoras	-	Nc	Me

Os folíolos de *S. paniculatum* possuem poucos tricomas na face adaxial e intensa pilosidade na face abaxial. Os tricomas são distribuídos por toda a lâmina foliar, mas se concentram sobretudo nas nervuras. A presença de tricomas nas folhas pode levar a redução na perda de água foliar pela transpiração, pois estas estruturas proporcionam um aumento da umidade do ar diretamente em contato com a superfície da folha, restringindo a perda de vapor de água dos estômatos para a atmosfera (CRANG et al., 2018). Os tricomas também atuam na proteção contra a herbivoria e no aumento da refletância da

radiação solar contribuindo na diminuição da temperatura da folha, evitando a saturação de enzimas (EVERT, 2006; RAVEN et al., 2014).

Se distinguindo das outras espécies, a epiderme vista em secção transversal de *X. aromatica* é biestratificada (Tabela 2) coberta por uma espessa cutícula, as células da primeira camada são achatadas e têm menor espessura, enquanto a segunda camada apresenta células maiores, mais desenvolvidas, em formato retangular. Verifica-se na mesma espécie, três camadas de parênquima paliçádico, o parênquima lacunoso é constituído por células de diferentes tamanhos e espaços intercelulares e as células epidérmicas, após este tecido, também possuem diferentes formatos e tamanhos. É comum a presença de cavidades secretoras e feixes vasculares laterais envolvidos por bainha esclerenquimática distribuídos aleatoriamente por seu mesofilo. Quanto aos tricomas simples dispostos no mesofilo de *X. aromatica*, sua base lignificada é facilmente perceptível nas observações microscópicas em secção transversal (Figura 5).

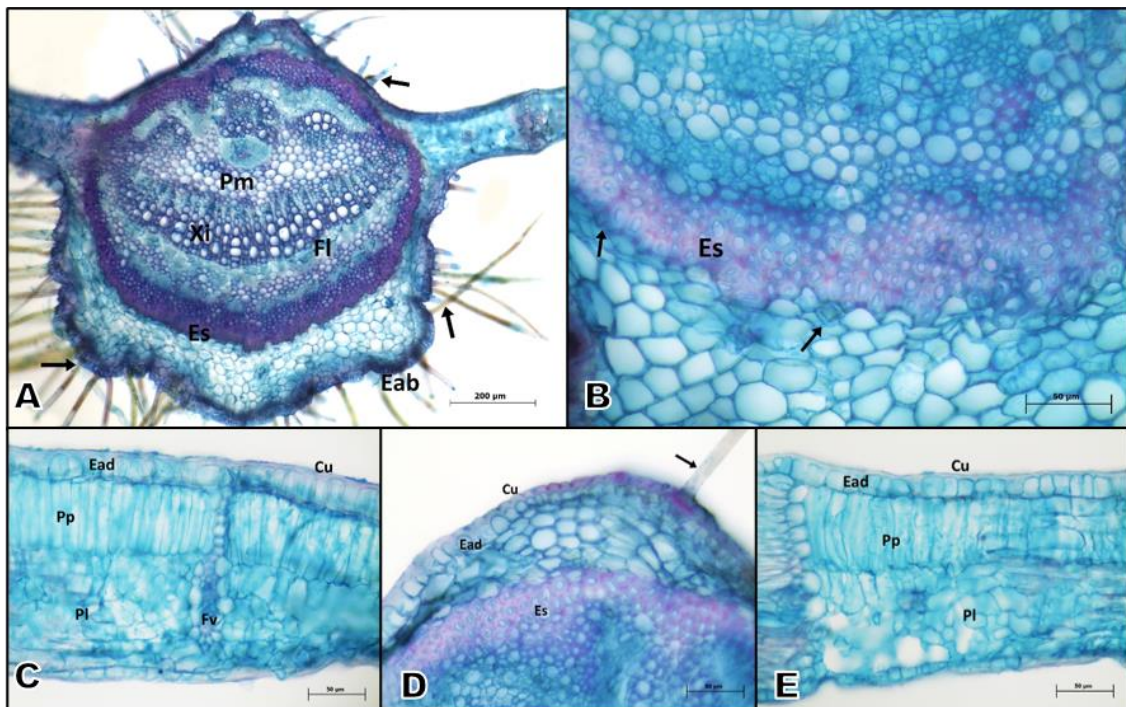


FIGURA 4. Cortes transversais de *Sclerolobium paniculatum*. A: visão geral da nervura central; B e D: detalhe nervura central; C e E: detalhe mesófilo foliar. Cu: cutícula; Ead: epiderme adaxial; Es: esclerênquima; Fl: floema; Fv: feixe vascular; Pl: parênquima paliçádico; Pm: parênquima medular; Pp: parênquima lacunoso. As setas indicam tricomas em A e D e cristais em B.

O padrão dos caracteres foliares de *X. aromatica* é tipicamente xeromórfico, o que pode conferir a esta espécie uma alta plasticidade adaptativa em ambientes savânicos. A

espécie é amplamente distribuída no Cerrado, figurando dentre as 38 espécies encontradas em 50% ou mais das áreas de cerrado *lato sensu* analisadas por Ratter et al. (2003). A anatomia foliar do gênero *Xylopia* muito contribui na sobrevivência, estabelecimento e desenvolvimento da espécie, conferindo proteção às folhas dos vários fatores bióticos e abióticos que os indivíduos estão submetidos (SIMIONI et al., 2018; DE ALMEIDA et al., 2009).

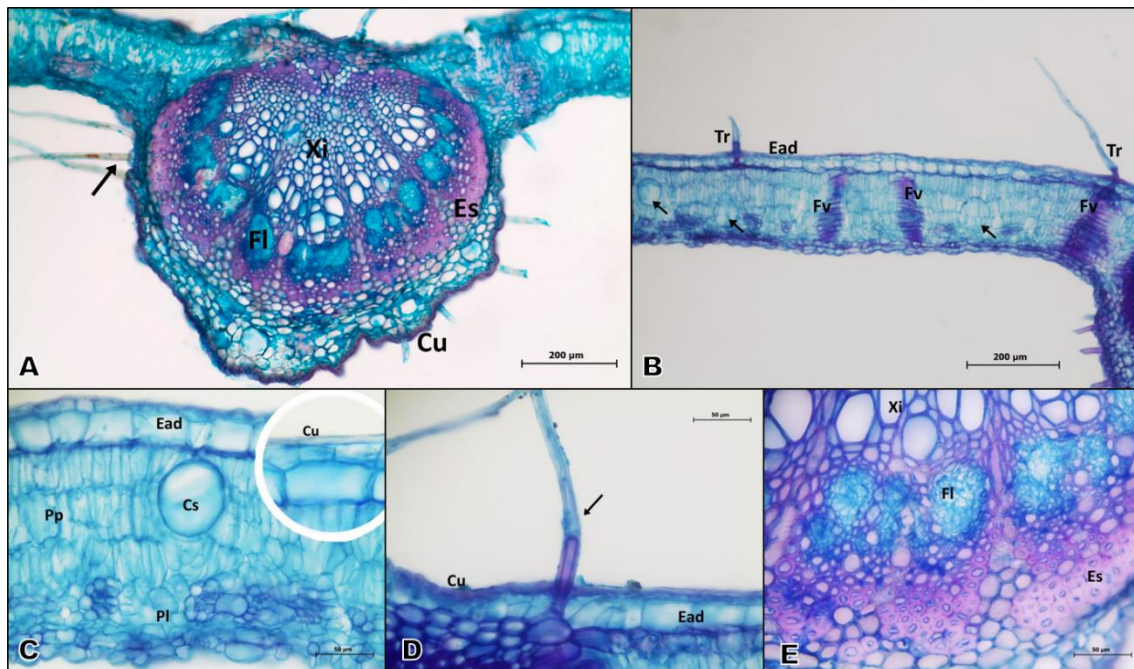


FIGURA 5. Cortes transversais de *Xylopia aromatica*. A: visão geral da nervura central; B: visão geral mesófilo foliar. C: detalhe mesófilo foliar; D: detalhe tricoma; E: detalhe da nervura central. Cs: cavidade secretora; Cu: cutícula; Ead: epiderme adaxial; Es: esclerênquima; Fl: floema; Fv: feixe vascular; Pl: parênquima paliçádico; Pp: parênquima lacunoso; Tr: tricoma. Xi: xilema. Setas indicam tricomas em A e D e canais secretores em B.

Numerosos cristais foram encontrados por todo o mesófilo e nervura central de *T. guianensis*. Estes cristais mais ou menos esféricos, com várias extremidades pontiagudas são classificados como drusas, em geral constituídos de oxalato de cálcio, estes compostos parecem exercer um papel central em restringir a palatabilidade das folhas, fazendo com que os animais as evitem (CRANG et al., 2018; RAVEN et al., 2014). O sistema vascular da nervura principal de *T. guianensis* é circundado por uma bainha esclerenquimática descontínua, onde canais secretores rodeados por floema são dispostos. Verifica-se a deposição de cutícula nas paredes anticlinais das células epidérmicas na região da nervura central (Figura 6).

Investimento em espessamento de cutícula é uma característica comum às espécies lenhosas e praticamente ausentes quando se considera as ervas e subarbustos (ROSSATTO, 2011; ROSSATTO et al., 2015). Em ambientes savânicos, o espessamento da cutícula desempenha papéis importantes como evitar a perda de água por evaporação e dissipar o excesso de fótons, evitando que a folha atinja altas temperaturas (TOMLINSON et al, 2013; CRANG et al., 2018).

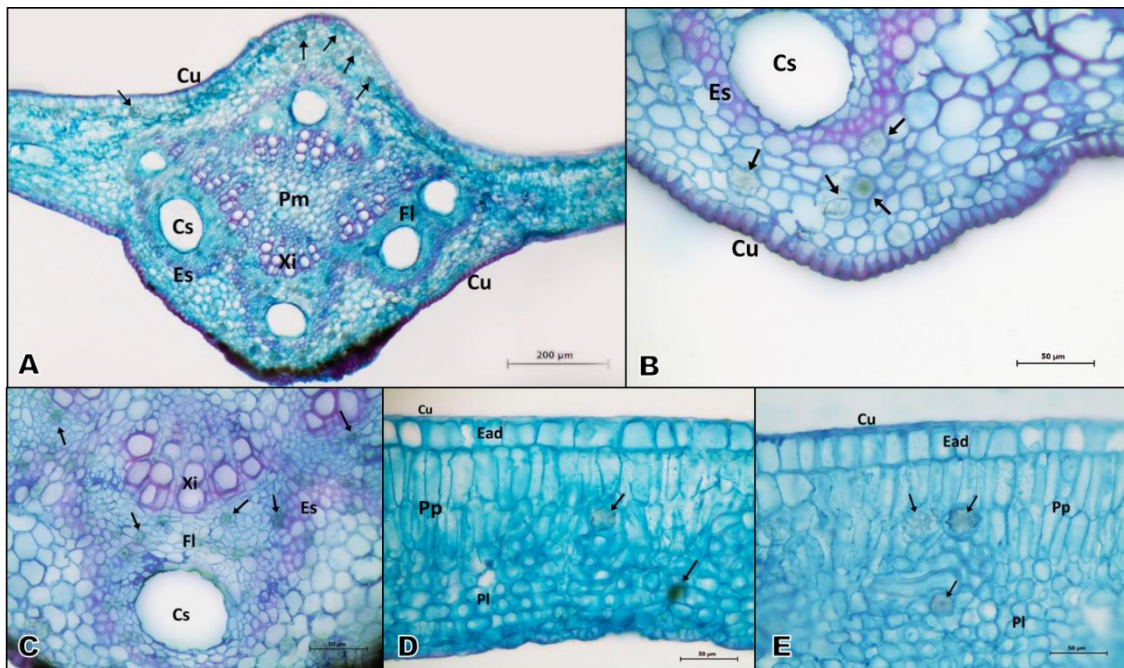


FIGURA 6. Cortes transversais de *Tapirira guianensis*. A: visão geral da nervura central; B e C: detalhe da nervura central; D e E: detalhe mesófilo. Cu: cutícula; Ead: epiderme adaxial; Es: esclerênquima; Fl: floema; Fv: feixe vascular; Pl: parênquima paliçádico; Pm: parênquima medular; Pp: parênquima lacunoso; Xi: xilema. Setas indicam cristais em A, B, C, D e E.

A presença de tecido esclerenquimático desenvolvido na nervura central é uma característica marcante nas espécies *S. paniculatum* e *X. aromatica* (Figuras 4 e 5). A nervura principal do folíolo de *S. paniculatum* é proeminente, sendo a face abaxial mais protuberante que a adaxial e levemente ondulada. O sistema vascular desta espécie é totalmente circundado por uma bainha de esclerênquima espessa e lignificada, com deposição esporádica de cristais, acompanhando as fibras. Em *X. aromatica*, o sistema vascular também é totalmente circundado por uma bainha esclerenquimática fibrosa, o floema é disposto em um semi-arco descontínuo, separado por células esclerenquimáticas. A nervura central da espécie é levemente côncava na face adaxial e

proeminente e ondulada na face abaxial. As fibras são empregadas principalmente na proteção do floema, e exercem como uma função secundária, a sustentação estrutural das folhas (CRANG et al., 2018).

Em relação a caracteres foliares, em geral as folhas de sombra investem em área foliar total e nas concentrações de pigmentos fotossintéticos, enquanto folhas de sol tendem a investir em espessura de parênquima, ambas as estratégias levariam a maiores valores de fotossíntese máxima, no caso das folhas de sol, por base de área foliar e por base na massa para as folhas de sombra (ROSSATTO, 2011; ROSSATTO et al., 2010). Essas associações apontam que as espécies de Cerrado, mesmo que divergentes em caracteres funcionais, podem possuir diferentes estratégias ecológicas relacionadas a um mesmo fim adaptativo.

Ao investigar a anatomia foliar de 30 espécies lenhosas de Cerrado, Bieras e Sajo, (2009) descreveram uma grande diversidade de estratégias anatômicas foliares, dentre as mais frequentes no Cerrado, estão folhas pilosas, estômatos limitados a superfície abaxial, parênquima paliçádico desenvolvido, células esclerificadas ao redor dos feixes vasculares e sistema vascular principal desenvolvido, todas estas se relacionam aos aspectos xeromórficos da vegetação como forma de adaptação à sazonalidade.

CONCLUSÃO

As características das três espécies analisadas neste estudo indicaram duas linhas de estratégias ecológicas: estratégias xeromórficas e florestais. O remanescente de cerradão estudado se assemelha a uma floresta, contendo indivíduos com estratégias e características deste ambiente, como os indivíduos da espécie *Sclerolobium paniculatum*, que apresentaram maior área foliar específica, casca mais fina, madeira de média densidade, além de maiores valores de altura total e diâmetro à altura do peito. Estes atributos influenciam positivamente no armazenamento de carbono na parte aérea.

No mesmo ambiente, também coexistem indivíduos com aspectos xeromórficos, que possuem adaptações a sazonalidade, intensidade luminosa e proteção ao fogo, como observado em *Xylopia aromatica*, o que confere a alta plasticidade adaptativa da espécie tanto aos ambientes savânicos, quanto florestais. Destaca-se que *Tapirira guianensis*, é uma espécie generalista, e os atributos analisados corroboram tal fato. Os traços de *T. guianensis* como madeira mais densa e casca fina, indicam aspectos florestais, no entanto, atributos como maior densidade estomática e menor área foliar específica sugerem aspectos xéricos.

O desempenho das espécies se deve a uma combinação de diversas estratégias e elementos fisiológicos/estruturais das plantas, o que interfere na maneira como estas interagem ao ecossistema. Quanto aos aspectos anatômicos, as espécies apresentaram vários caracteres xeromórficos, tais como alta densidade estomática, presença de tricomas e cutícula espessa. É comum dentre as três espécies, a abundância de esclerênquima associado aos feixes vasculares. A anatomia foliar das espécies revelou importantes adaptações ao ambiente de cerrado que contribuem para a sobrevivência, estabelecimento e desenvolvimento das espécies.

REFERÊNCIAS

AL AFAS, N.; MARRON, N.; CEULEMANS, R. Clonal variation in stomatal characteristics related to biomass production of 12 poplar (*Populus*) clones in a short rotation coppice culture. **Environmental and Experimental Botany**, 2006, 58.1-3: 279-286.

BIERAS, A. C.; SAJO, M. G. Leaf structure of the cerrado (Brazilian savanna) woody plants. **Trees**, 2009, 23.3: 451-471.

BOEGER, M. R. T.; ALVES, L. C.; NEGRELLE, R. R. B. Variações morfo-anatômicas dos folíolos de *Tapirira guianensis* Aubl. em relação a diferentes estratos da floresta. **Biotemas**, Florianópolis, 1998, v. 11, n. 2, p. 27-38.

BUSSIS, D.; VON GROLL, U.; FISAHN, J.; ALTMAN, T. Stomatal aperture can compensate altered stomatal density in *Arabidopsis thaliana* at growth light conditions. **Functional Plant Biology**, 2006, 33: 1037-1043.

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

CAVALCANTI, A. D. D. C.; VIDOTTO, C.; DE ARAÚJO, C. B.; POLIDO, C. A.; FERREIRA, F. S.; DELGADO, M. N.; GUERIN, N.; LUIZ JÚNIOR, O. J.; EISENLOHR, P. V.; BEDUSHI, T.; DANTAS, V. L.; COTARELLI, V. M. Atributos

funcionais em fisionomias do cerrado de Itirapina, São Paulo, Brasil, **Ecologia de campo II**, 2009.

CHASE, M. W.; CHRISTENHUSZ, M. J. M.; FAY, M. F., BYNG, J. W.; JUDD, W. S.; SOLTIS, D. E.; STEVENS, P. F. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 2016, 181.1: 1-20.

CORADIN, V. T. R.; CAMARGOS, J. A. A.; PASTORE, T. C. M.; CHRISTO, A. G. Madeiras comerciais do Brasil: chave interativa de identificação baseada em caracteres gerais e macroscópicos. **Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, Laboratório de Produtos Florestais**, 2010.

CORNELISSEN, J. H. C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DIAZ, S.; BUCHMAN, N.; GURVICH, D. E.; REICH, P.B.; STEEGE, H.; MORGAN, H.D.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; PAUSAS, J. G. & POORTER, H. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian journal of Botany**, 2003, v. 51, n. 4, p. 335-380.

CRANG, R.; LYONS-SOBASKI, S.; WISE, R. **Plant Anatomy: A Concept-Based Approach to the Structure of Seed Plants**, Springer, Switzerland, 2018.

DE ALMEIDA, E. F.; POTIGUARA, R. C. V.; MACEDO, E. G.; LINS, A. L. F. A. Anatomia foliar de espécies de *Xylopia L.* (Annonaceae) ocorrentes no Parque Ecológico de Gunma, Santa Bárbara, estado do Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, 2009, 4.2: 175-194.

DÍAZ, S.; HECTOR, A.; WARDLE, D. A. Biodiversity in forest carbon sequestration initiatives: not just a side benefit. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, 2009, 1.1: 55-60.

EVERT, R.F. 2006. **Esau's Plant Anatomy**. Meristem's, cells, and tissues of the plant body – Their structure, function and development. Wiley and Sons, Hoboken, NJ, USA.

FARIAS, J. DE; MARIMON, B. S.; SILVA, L. de C. R.; PETTER, F. A.; ANDRADE, F. R.; MORANDI, P. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H. Survival and growth of native *Tachigali vulgaris* and exotic *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* trees in degraded soils with biochar amendment in southern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, 2016, v. 368, p. 173-182.

FERREIRA, C. S.; CARMO, W. S. D.; GRACIANO-RIBEIRO, D.; OLIVEIRA, J. M. F. D.; MELO, R. B. D.; FRANCO, A. C. Anatomia da lâmina foliar de onze espécies lenhosas dominantes nas savanas de Roraima. **Acta Amazonica**, 2015, 45: 337-346.

FERREIRA, F. G.; MACHADO, E. L. M.; SILVA-NETO, C. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; MEDEIROS, M. M.; GONZAGA, A. P. D.; SOLÓRZANO, A.; VENTUROLI, F.; FELFILI FAGG, J. M. Diversity and indicator species in the Cerrado Biome, Brazil. **Australian Journal of Crop Science**, 11(8), 1042-1050.

HOFFMANN, W. A.; GEIGER, E. L.; GOTSCH, S. G.; ROSSATTO, D. R.; SILVA, L. C. & LAU, O. L. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. **Ecology letters**, 2012, v. 15, n. 7, p. 759-768.

HOFFMANN, W.A., FRANCO, A.C., MOREIRA, M.Z., HARIDASAN, M. Specific leaf area explains differences in leaf traits between congeneric savanna and forest trees. **Functional Ecology**, 2005, v.19, 932–940.

HOFFMANN, W.A.; ADASME, R., HARIDASAN, M., CARVALHO, M.T., GEIGER, E.L., PEREIRA, M.A.B., GOTSCH, S.G., FRANCO, A.C. Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savanna-forest boundaries under frequent fire in central Brazil. **Ecology**, 2009, 90.5: 1326-1337.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: agriculture, forestry and other land use**. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006. v.4.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 29 ago. 2022

JOHANSEN, D.A. 1940. **Plant Microtechnique**. McGraw-Hill, New York, 523 p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. **Gotha**: Verlag Justus Perthes, 1928.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F.S.; PONS, T.L. 2008. **Plant Physiological Ecology**. 2nd ed. Springer, New York, USA.

LOPES, R. B.; MIOLA, D. T. B. Sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do cerrado. **Revista Digital FAPAM**, 2010, 2, 127-143.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v.1. 384p

MARACAHIPES, L.; CARLUCCI, M.B.; LENZA, E.; MARIMON, B.S.; MARIMON JR., B.H.; GUIMARÃES, F.A.G; CIANCIARUSO, M.C. How to live in contrasting habitats? Acquisitive and conservative strategies emerge at inter- and intraspecific levels in savanna and forest woody plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, 2018, v. 34, p. 17-25.

PEARCE, D. W.; MILLARD, S.; BRAY, D. F.; ROOD, S. B. Stomatal characteristics of riparian poplar species in a semi-arid environment. **Tree Physiology**, 2006, 26: 211-218.

POORTER, L.; VAN DER SANDE, M. T.; THOMPSON, J.; ARETS, E. J. M. M.; ALARCÓN, A.; ÁLVAREZ-SANCHEZ, J.; ASCARRUNZ, N.; BALVANERA, P.; BARAJAS-GUZMÁN, G.; BOIT, A.; et al. Diversity enhances carbon storage in tropical forests. **Global Ecology and Biogeography**, 2015, v. 24, n. 11, p. 1314-1328.

RATTER, J. A; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh journal of botany**, 2003, v. 60, n. 1, p. 57-109.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 8. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (eds). **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados. Brasília-DF, 2008, p. 153-212.

ROSSATTO D. R.; KOLB R. M.; FRANCO A.C. Leaf anatomy is associated with the type of growth form in Neotropical savanna plants. **Botany** **93**, 2015, 507– 518.

ROSSATTO, D. R.; TAKAHASHI, F. S. C.; SILVA, L. C.; FRANCO, A. C. Características funcionais de folhas de sol e sombra de espécies arbóreas em uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 2010 24: 640-647.

ROSSATTO, D. V.; HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C. Differences in growth patterns between co-occurring forest and savanna trees affect the forest–savanna boundary. **Functional Ecology**, 2009, v. 23, n. 4, p. 689-698.

ROSSATTO, D.R. **Grupos funcionais em plantas do cerrado sensu stricto: utilização de recursos hídricos, variabilidade e efeito filogenético em parâmetros estruturais e funcionais foliares**. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Biológicas, Brasília, 2011, 137 p.

SCOLFORO, J.R.; RUFINO, A.L.; MELLO, J.M.; OLIVEIRA, A.D.; SILVA; C.P.C. Equações para quantidade de carbono das fisionomias em Minas Gerais. Capítulo 9. In: SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; ACERBI JÚNIOR, F. W. (Ed.). **Inventário florestal de Minas Gerais: equações de volume, peso de matéria seca e carbono para diferentes fitofisionomias da flora nativa**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 216p. 2008.

SILVA JÚNIOR, M. C. **100 Árvores do Cerrado sentido restrito: guia de campo**. Brasília-DF. Ed. Rede de Sementes do Cerrado, 2012. 304p.

SILVA JÚNIOR, M. C.; PEREIRA, B. A. S. **+100 Árvores do Cerrado – Matas de Galerias**: guia de campo. Brasília-DF. Ed. Rede de Sementes do Cerrado, 2009. 288p.

SILVEIRA, L. H. C.; REZENDE, A. V.; VALE, A. T. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 43, n. 2, p.179 – 184, 2013.

SIMIONI, P. F.; PESSOA, M. J. G.; CARDOSO, M. A.; CABRAL, F. F.; TEIXEIRA, S. O.; SILVA, I. V. Leaf Anatomy of *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart.(Annonaceae) occurring in a rocky savannah in the Brazilian Amazonian. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, 2018, 40: 1-7.

SOUZA, C. R.; LIMA, R. M. B.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. Seleção de espécies florestais para utilização em sistemas agroflorestais em Manaus. In: **Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**, 5, 2004, Curitiba. SAF's: desenvolvimento com proteção ambiental - Anais. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. p. 81-83.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2005, 640p.

TEODORO, D. A. A. **Biomassa, estoque de carbono e nutrientes no Cerrado**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2014, 60p.

TOMLINSON, K. W.; POORTER, L.; STERCK, F. J.; BORGHETTI, F.; WARD, D.; DE BIE, S.; VAN LANGEVELD, F. Leaf adaptations of evergreen and deciduous trees of semi-arid and humid savannas on three continents. **Journal of Ecology**, 2013, 101: 430–440.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, pelo dom da vida, da saúde, por ser meu guia e cuidar de mim nos mínimos detalhes.

A Universidade Estadual de Goiás, unidade Palmeiras de Goiás pela concessão dos laboratórios para a realização deste estudo e por proporcionar durante estes anos de faculdade encontros mais que especiais.

A Universidade Federal de Goiás campus samambaia, por doar os corantes para este trabalho e especialmente a professora Dra. Letícia de Almeida Gonçalves, por nos receber no laboratório, fazendo possível documentação fotográfica das lâminas histológicas.

A minha orientadora professora Dra. Sabrina do Couto de Miranda pela confiança, incentivo e por todo o auxílio para elaboração e execução do meu TCC, e ainda por todas as histórias e ensinamentos para a vida!

As minhas parceiras de campo Gleiciane, Milena e Ellyza por me ajudarem nas coletas faça chuva ou faça sol. As minhas colegas de curso que com o passar do tempo viraram minhas amigas e estiveram ao meu lado nestes 5 anos, Edna, Bruna e Alessandra vocês fizeram a faculdade ser mais leve e divertida, obrigada!

Aos meus pais e meu irmão por sempre tirarem tempo pra me ouvir falar dos assuntos da faculdade e por dizerem que meu TCC é legal, mesmo sem realmente entender o que eu estava fazendo. Lair e Nilson, vocês são a minha inspiração, obrigada por me ensinarem desde pequena a fazer tudo com amor e conforme as minhas forças (1 Coríntios 16:14).