

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DO PONTAL
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Influência edáfica na estrutura foliar de *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae)
em cerrados *sensu stricto* sob efeito de Neossolos calcário e arenítico.**

Maria Lídyia da Silva Dias

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Ciências Biológicas, da
Universidade Federal de Uberlândia, como
requisito para a obtenção do grau de Bacharel
em Ciências Biológicas.

Ituiutaba, MG
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS DO PONTAL
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Influência edáfica na estrutura foliar de *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae)
em cerrados *sensu stricto* sob efeito de Neossolos calcário e arenítico.**

Maria Lídyia da Silva Dias

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Ciências Biológicas, da
Universidade Federal de Uberlândia, como
requisito para a obtenção do grau de Bacharel
em Ciências Biológicas.

Prof. Dr. Marcelo Henrique Ongaro Pinheiro

Ituiutaba, MG
2022

Dedico este trabalho a todos aqueles que tive contato durante a graduação, suas particularidades enquanto pessoas me moldaram e de alguma forma me deram suporte, registro aqui o meu obrigada.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças à Deus, não sou o que era antes”. (Martin Luther King)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer todos àqueles que me apoiaram durante o processo de graduação, em especial à minha família, meus pais Carlos Antônio e Noelí Aparecida, e meu irmão Carlos Filho. Todo esforço que tive, toda noite mal dormida, toda dor de cabeça, foi em prol de poder me formar, não por mim, mas por eles que sempre me incentivaram e acreditaram no meu potencial. O mesmo vale para os meus avós, base da minha família, Maria Valdenita e Ataídes, é com lágrimas nos olhos que faço esse agradecimento a vocês, sabendo que meu avô não vai poder compartilhar dessa minha tão suada conquista, que Deus o tenha. Amo vocês.

Agradeço aos meus amigos, Abu-Bakr, Amanda Marcelina, Isadora Vidigal, Lorraine Mendes e Natália Cintra da décima turma de ciências biológicas da UFU/ICENP; Carolina Monteiro e Thaís Ribeiro da nona turma, pessoas excepcionais que me auxiliaram demais em todo o processo, obrigada por tudo, os momentos com vocês foram minha rota de fuga de circunstâncias difíceis e conturbadas.

Ao Felipe Naves, meu amigo e colega de laboratório, pela sua empatia e disposição em ajudar, não tenho palavras para expressar minha gratidão.

Aos meus professores, vocês são extraordinários, obrigada!

Ao meu orientador, prof. Dr. Marcelo Ongaro Pinheiro, que me acolheu e foi extremamente compreensivo quanto ao tempo que precisei.

À Fernanda Bernardes, que me ajudou muito.

Aos meus amigos Maurício Júnior, Lilian Verdolin e Vênigs que se prontificaram a ajudar quando eu precisei, sempre me apoiando e incentivando, assim como meu irmão, Carlos. Eu tenho muita sorte em ter vocês no jogo e na vida.

Ao meu professor de ensino médio, prof. Dr. Adriano De La Fuente, que me ajudou a participar do P.I.E.S (Programa de Inclusão ao Ensino Superior), me proporcionando a oportunidade de ingressar em uma faculdade pública.

Ressalto a importância das gentilezas de indivíduo para indivíduo, todo e qualquer detalhe, mesmo que pequeno, faz toda diferença, então um agradecimento caloroso à prof. Dra. Sabrina Rodrigues Coelho, à prof. Dra. Luciana Karen Calábria e à prof. Dra. Gabriela Lícia Santos Ferreira.

Agradeço a todos de coração, vocês me ajudaram a tornar tudo isso possível, alcançável e concreto.

RESUMO

No mundo existem várias espécies acumuladoras de alumínio e algumas estão presentes no Cerrado *sensu stricto*, como é o caso de *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae). Vários fatores podem produzir estresse nas espécies vegetais, aumentando a instabilidade no desenvolvimento, ocasionando padrões morfoanatômicos atípicos. O desenvolvimento estrutural dos tecidos foliares pode refletir em menor área foliar específica (SLA), que é calculada pela razão entre área foliar (cm^2) e a unidade de massa seca (mg), resultando menor captação de luz e capacidade fotossintética, e menor longevidade e eficiência no uso de recursos. Assim, o presente estudo teve como objetivo observar possíveis consequências no desenvolvimento foliar da espécie *Q. grandiflora* em Cerrados *sensu stricto* sob influência de Neossolos calcário e arenítico, através da avaliação da área foliar por unidade de massa seca (SLA) e espessura foliar. O estudo foi realizado em duas áreas pertencentes à Fazenda Escala, localizada na região do Triângulo Mineiro, na zona rural de Ituiutaba, em Minas Gerais, abrangendo aproximadamente 50 hectares de área total. A área 1, apresentou grande presença de calcário (calcita), enquanto a área 2, predominava o arenito. Foram selecionados, aleatoriamente, 20 indivíduos adultos de *Q. grandiflora* de cada área. Coletou-se 20 folhas de cada indivíduo, totalizando uma amostragem de 800 folhas. As imagens foram digitalizadas, sendo utilizadas para medições da área total do limbo foliar das folhas, no software Image J[®]. Foram analisadas a espessura foliar e o SLA (área foliar específica). No presente trabalho foi possível observar que as diferenças edáficas entre as duas áreas analisadas não resultaram discrepâncias nos valores de SLA e espessura foliar.

Palavras-chave:

Solos.

Cerrado.

Vochysiaceae.

SÚMARIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	6
APRESENTAÇÃO.....	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1. Localização do estudo.....	13
2.2. Condução do estudo.....	14
2.3. Análises estatísticas	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4. CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS	19

APRESENTAÇÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) segue as normas exigidas pelo curso de Ciências Biológicas, do Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal (ICENP), da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Redigido no formato de artigo científico, em português, conforme as normas da respeitando as normas da Revista Ciência Florestal, as quais podem ser acessadas no endereço eletrônico:

<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/about/submissions#authorGuidelines>

1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado ocupa aproximadamente 25% do território nacional (204 milhões de hectares), sendo considerado a savana tropical mais rica do mundo em biodiversidade (fauna e flora) (INPE, 2020). Contém uma rede de drenagem, que garante o fornecimento de água para várias regiões do Brasil, incluindo as principais bacias hidrográficas, que são: Bacia Platina, Bacia do São Francisco, Bacia Araguaia-Tocantins e a Bacia Amazônica na região do Brasil Central (BASTOS; FERREIRA, 2010). Devido a isto, a Convenção Mundial sobre Diversidade Biológica (CDB), assinada em 1992 pelo Brasil e demais países, reforçou a necessidade de se conservar a biodiversidade, conciliando o desenvolvimento econômico com a conservação e a utilização sustentável dos recursos biológicos (ROST, *et al.*, 2021).

O clima que predomina no Cerrado é o tropical sazonal, de inverno seco, sendo que sua temperatura média anual fica em aproximadamente 22°C. O relevo abrange imensos planaltos ou chapadões, e é, em geral, bastante plano ou suavemente ondulado. Seus solos são profundos, porosos, permeáveis, bem drenados e, conseqüentemente, lixiviados (pobre em nutrientes, devido ao escoamento de água). Sua capacidade de retenção de água é baixa e seu teor de matéria orgânica pequeno (COUTINHO, 2002).

Os solos do Cerrado são representados por 15% por Neossolos Quartzarênicos, enquanto na região de Matopiba, nos estados do Maranhão, do Tocantins, do Piauí e da Bahia, considerada como a última grande fronteira agrícola do país, representam 20% do território, e são constituídos principalmente por Neossolos e, parcialmente, por Latossolos e Argissolos (SANTOS *et al.*, 2011; LUMBRERAS *et al.*, 2015).

No Cerrado brasileiro, em grande parte, os solos são distróficos, ácidos, apresentando altos níveis de íons de alumínio (Al^{3+}), de ferro (Fe^{3+}) e manganês (Mn^{2+}) (COUTINHO, 2002). Em lugares onde os solos são neutros ou levemente ácidos, o Al está presente principalmente sob a forma de depósitos insolúveis e se encontra inativo biologicamente. No entanto, em solos ácidos ($\text{pH} < 5,5$), o alumínio (Al) está na forma catiônica de Al^{3+} , que é tóxico para muitas espécies vegetais, sendo solúvel e disponível para absorção das plantas (KINRAIDE, 1991; CURY, 2017).

O Al é o terceiro elemento mais encontrado na crosta terrestre, sendo assim, é um dos metais mais abundantes. Existem diversas formas químicas de Alumínio que são

tóxicas para as plantas quando em teores elevados. A presença desse metal é um dos fatores limitantes na produção agrícola em solos ácidos (VON UEXKULL; MUTERT, 1995).

As plantas cultivadas em solos ácidos têm o seu crescimento e rendimento limitados pela presença do Al, devido a sua alta toxicidade. Entretanto, pouca atenção tem sido direcionada a comunidades de espécies de plantas nativas, que toleram condições de solo ácido com altos teores de Al, não apenas no Cerrado, mas em vários biomas, em todo o mundo, com condições edáficas similares (BRUNNER; SPERISEN, 2013).

A vegetação nativa do Cerrado é constituída por árvores de pequeno e médio porte, com caules retorcidos, casca espessa e raízes profundas. Apresentando distribuição irregular, juntamente com as gramíneas (AVIDOS; FERREIRA, 2000). Devido ao clima predominante e às características do solo, as espécies vegetais encontradas nesse ambiente, apresentam adaptabilidade, por exemplo, a maiores concentrações de Al^{3+} no solo, que permite a perpetuação de suas espécies. Existem cerca de 12.600 espécies vegetais vasculares no Cerrado (MACHADO *et al.*, 2008).

Algumas espécies acumuladoras de Al nativas da vegetação do Cerrado foram relatadas pela primeira vez por Haridasan (1982), sendo que a tolerância ao Al é dividida em dois mecanismos: interno e externo (OLIVEIRA, *et al.*, 2019). O interno resulta no acúmulo de Al na raiz e na parte aérea do vegetal, onde ocorrem a quelatação do Al no citosol, compartimentação nos vacúolos, ligações alumínio-proteínas e evolução de enzimas tolerantes ao Al (TAYLOR, 1988). O externo, por sua vez, consiste na exclusão do Al dos tecidos condutores das raízes e de toda a parte aérea do vegetal. Esta, do Al acontece por diferentes mecanismos fisiológicos, como: fluxo do Al das raízes; exsudação de compostos orgânicos (citrato, oxalacetato e melato) que quelam o Al no solo; bloqueio da sua entrada pela membrana plasmática; e imobilização do metal na parede celular das células da raiz (ANDRADE *et al.*, 2011b).

Dentre às famílias acumuladoras de alumínio no Cerrado devem ser destacadas Vochysiaceae, Rubiaceae, Symlocaceae e Melastomataceae. (HARIDASAN, 1982; ANDRADE *et al.*, 2011a; SOUZA *et al.*, 2015). Vochysiaceae é uma das famílias mais importantes do grupo de plantas acumuladoras de Al, na qual podemos encontrar um número considerável de espécies que acumulam esse metal, como por exemplo, *Q.*

grandiflora (HARIDASAN; ARAÚJO, 1988). Pesquisas indicam que essa espécie acumula nas folhas de 3,91g a 5,16g de Al por kg⁻¹ de matéria seca (SILVA JÚNIOR, 2005; HARIDASAN, 1982).

A família Vochysiaceae possui características xeromórficas e suas espécies, no Cerrado, ocorrem com frequência em solo distrófico com pH entre 4,5 e 4,7. A espécie *Q. grandiflora*, conhecida popularmente como pau-terra, pau-terra-do-Cerrado ou pau-terra-do-campo, apresenta árvores com altura de até 15 m, tronco tortuoso com casca escura, rugosa e pouco espessa (SILVA JÚNIOR, 2005).

Vários fatores podem produzir estresse nas espécies vegetais, aumentando a instabilidade no desenvolvimento, ocasionando padrões fenotípicos atípicos (LARCHER, 2006). Espécies com alta plasticidade fenotípica apresentam uma grande capacidade de adaptação e de resposta a diversas variações ambientais. As plantas são capazes de aumentar sua resistência a alterações ambientais, de acordo com o estímulo recebido. Por exemplo, adaptam sua capacidade de extrair e acumular nutrientes, modificando a produção de tecidos de revestimento e de sustentação, e a manutenção da biomassa vegetal (CIANCIARUSO *et al.*, 2006).

Para a compreensão de todo o processo de estresse a que as plantas estão submetidas é importante a realização de estudos que busquem auxiliar no conhecimento da vulnerabilidade destas. Uma forma de medir o alcance do estresse ambiental é a quantificação direta dos contaminantes presentes no local. Contudo, isso pode ser bastante complexo e demorado. Dessa forma, uma alternativa pode ser realizada através da medição de respostas ao estresse ambiental, manifestadas pelos organismos que ocorrem nesses ambientes (ORIHUELA *et al.*, 2005).

Uma das formas de avaliar a resposta das plantas às condições de disponibilidade hídrica e nutricional do solo é por meio das folhas que são estruturas vegetais altamente plásticas. Em ambientes com condições adversas e onde os recursos são escassos, como recursos hídricos e nutricionais em savanas rochosas, as plantas apresentam estratégias que impedem a perda de água e nutrientes, resultando em folhas esclerófilas, com alto desenvolvimento das paredes celulares, fibras, epiderme e outros elementos (GRATANI, 2014; ARIANO; SILVA, 2016; BEDETTI *et al.*, 2011; COSTA *et al.*, 2021; ROSSATTO *et al.*, 2015; SIMIONI *et al.*, 2017).

Quando submetidos a distúrbios ambientais, as plantas podem reagir, desenvolvendo alterações morfológicas em suas estruturas, que podem prejudicar sua eficiência, podendo afetar suas defesas contra ameaças (ROCHA, 2018). Assim, o desenvolvimento dos organismos pode ser afetado diretamente quando o estresse é causado por determinados tipos de ambientes, resultando na redução de sua estabilidade e prejudicando o crescimento simétrico de suas estruturas (CARDOSO, 2017).

O desenvolvimento estrutural dos tecidos foliares pode refletir em menor área foliar por unidade de massa seca (SLA), resultando, para a folha, em menor captação de luz e capacidade fotossintética, e menor longevidade e eficiência no uso de recursos (MARACAHIPES *et al.*, 2018). No entanto, ambientes estressantes podem limitar as respostas fenotípicas foliares, originando folhas assimétricas, que podem demonstrar instabilidade no desenvolvimento da planta (GRAHAM *et al.*, 2010). Desse modo, avaliar as características morfológicas e anatômicas foliares nos fornece informações importantes sobre como uma espécie vegetal se adapta a diferentes tipos de habitats.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo observar variações da simetria foliar de *Q. grandiflora* (Vochysiaceae), em cerrados *sensu stricto* sob influência de Neossolos calcário e arenítico, através da avaliação da área foliar por unidade de massa seca (SLA - Specific Leaf Area ou AFE – Área Foliar Específica) e espessura foliar. A hipótese que consideramos é que, sendo uma espécie do Cerrado acumuladora de Al, menores teores de Al^{3+} em solo calcário irão interferir no desenvolvimento foliar dos indivíduos vegetando em solo calcário, ocasionando diferenças morfoanatômicas significativas entre nas folhas das duas populações estudadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização do estudo

O estudo foi realizado em duas áreas pertencentes à fazenda Escala (18° 57'36"S e 46° 27'36"W), localizada na zona rural do município de Ituiutaba, em Minas Gerais, representando aproximadamente 50 hectares, considerando a totalidade das duas áreas de estudo. Nas duas áreas de estudo ocorrem formações savânicas definidas como Cerrado *sensu stricto* rupestre (RIBEIRO; WALTER, 2008) ocupando Neossolos calcário e arenítico.

A região do Triângulo Mineiro encontra-se inserida no bioma Cerrado, podendo ser observados diversos aspectos de vegetação, como, cerrado *sensu stricto* e florestas estacionais decíduais ou semidecíduas (IBGE, 2012). O clima dessa região é definido como Aw – tropical, com estações bem definidas, verão chuvoso e inverno seco (ALVES *et al.*, 2018).

A área 1 (19°03'444" S e 049°26'398" W) apresentou grande presença de calcário (calcita), enquanto a área 2 (19°03'695" S e 049°25'982" W), predominava o arenito (Figura 1). Alves *et al.* (2018) realizaram análises nas áreas do Cerrado *sensu stricto* o mesmo do presente trabalho e observaram que a área 1 (cerrado calcário) apresentou caráter eutrófico, com valor médio de saturação por bases de 77%. Na mesma área não foram encontrados teores significativos de Al que pudessem resultar em valor médio para este elemento químico. E na área 2 (arenítico), o caráter edáfico encontrado foi definido como distrófico, com valor médio de saturação por bases de 29% e teor médio de Al de 1,28 cmolc/dm⁻³, tendo como base para essas classificações os critérios estabelecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006).

A espécie *Q. grandiflora* foi escolhida para estudo, por apresentar populações abundantes presentes nos dois tipos edáficos mencionados, e por razão de ser uma espécie acumuladora de Al, que segundo Haridasan (1982), são aquelas plantas capazes de acumular elevadas concentrações do metal em seus tecidos nas partes aéreas, principalmente, e até mesmo em frutos e sementes, sem prejudicar suas estruturas internas ou externas. Grande parte das plantas acumuladoras de Al tem distribuição pelos trópicos úmidos e savanas, onde os solos são ácidos e apresentam alta disponibilidade do elemento em seus tecidos (HARIDASAN, 1982).

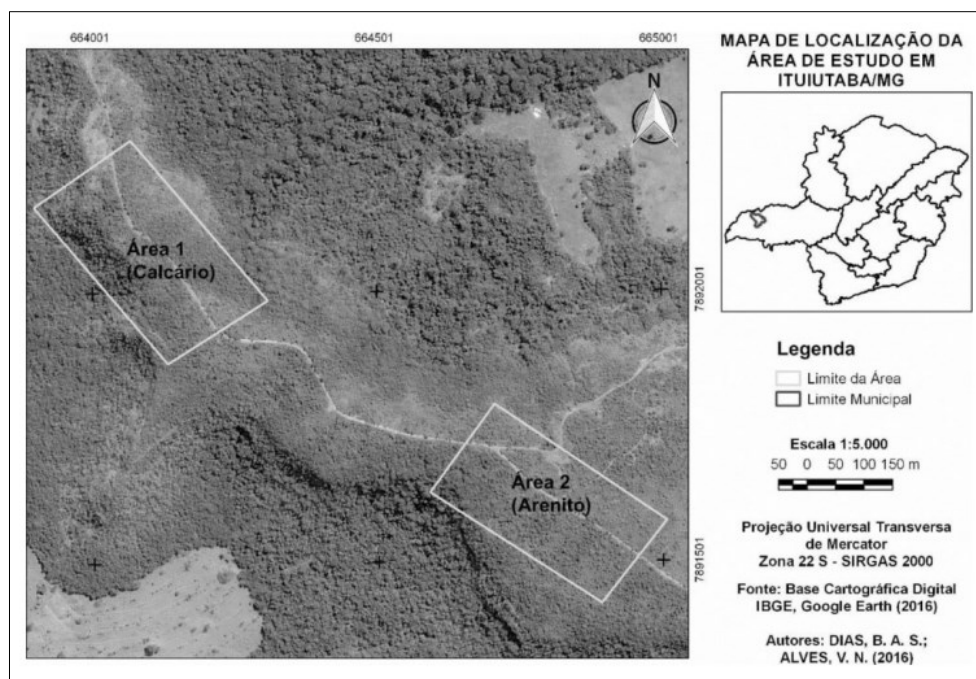


Figura 1. Representação do mapa da localidade das áreas experimentais – Área 1 (solo calcário) e Área 2 (solo arenítico), modificado de Alves *et al.* (2018).

2.2. Condução do estudo

A coleta foi realizada no dia 02 de março de 2020. Foram selecionados, aleatoriamente, 20 indivíduos adultos de *Q. grandiflora* com no mínimo três metros de altura em cada uma das áreas, respeitando uma distância aproximada de 10 metros entre os indivíduos selecionados. Foram coletadas 20 folhas de cada indivíduo, totalizando uma amostragem de 400 folhas por população em cada área. Para tanto, utilizou-se podão de cabo longo para se alcançar folhas nas superfícies das copas, ou seja, folhas completamente expostas à luz solar, para posterior análise laboratorial.

O material coletado foi acondicionado em sacos de papel identificados, e levados para o Laboratório de Botânica e Ecologia no Domínio Cerrado (LABEC – ICENP-UFU). As folhas de cada planta foram enumeradas e digitalizadas por meio de scanner. As imagens obtidas foram utilizadas para medições da área total do limbo foliar das folhas através do software Image J[®].

No mesmo programa, realizou-se uma reanálise de forma randômica em 100 das folhas já mensuradas, para comparar os valores obtidos na primeira e segunda execução e assim verificar a precisão dos dados. Subsequentemente mediu-se a espessura de cada folha, com o auxílio de um paquímetro digital.

A seguir, os dados foram tabulados e expressados em Microsoft Office Excel. Folhas danificadas por herbívoros, patógenos e outros fatores, foram desconsideradas para diminuir o impacto sobre os resultados e possibilitar uma análise correta. Foi utilizada uma escala de 5 cm para padronizar as medições no programa.

Posteriormente, as amostras foliares foram secas em estufa a 60°C por cerca de 48h, para obtenção da massa seca através da pesagem das amostras em uma balança de precisão, procedendo com o cálculo da SLA, que é a razão entre área foliar (cm²) e unidade de massa seca (mg) (PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2016; ROBERTS *et al.*, 1996; WATERLOO *et al.*, 2002), conforme explicado por Matos *et al.*, 2015, na seguinte equação:

$$SLA = \frac{Af}{MS_{folhas}}$$

Elucida-se: SLA (AFE) - Área foliar específica, em cm²/mg; AF - Área foliar, em cm²; e MS_{folhas} - Massa seca das folhas, em mg.

2.3. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico RS Studio (R. CORE TEAM, 2020). Para verificar a existência de padrões verdadeiros de SLA, utilizou-se o teste de U de Mann-Whitney, um teste não paramétrico aplicado para duas amostras independentes. Posteriormente, para análise dos dados de espessura, com o intuito de diferenciar as amostras foliares de *Q. grandiflora* dos Cerrados em solo arenítico e calcário, utilizou-se o teste paramétrico t de Student, uma vez que os dados apresentaram distribuição normal. O nível de significância utilizado nos testes estatísticos foi de 5% ($p \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A espécie estudada, *Q. grandiflora* Mart. (Vochysiaceae), é muito comum no Cerrado (CORRÊA, 1978). Essa espécie apresenta ampla distribuição pelo Cerrado, sendo encontrada em formações primárias e secundárias (FERREIRA *et al.*, 2001).

Outra característica marcante dessa espécie se diz respeito a sua capacidade de acumular alumínio em suas estruturas, e sua adaptabilidade a condições típicas de Cerrado, não sendo muito exigentes ou restritas ao ambiente de savana, como por exemplo, condições edáficas com alta saturação de alumínio (Al) e baixa disponibilidade de nutrientes (HARIDASAN, 1982; de ANDRADE *et al.*, 2011). Essa característica de alta adaptabilidade a ambientes de savana pode explicar os resultados obtidos, e descritos abaixo, indicando a inexistência de diferenças significativas entre as estruturas foliares das amostras provenientes dos solos calcário e arenítico.

Com relação à análise da espessura das folhas de *Q. grandiflora* em solo arenítico e calcário, foi possível observar nos testes t de Student e no teste não paramétrico de Mann-Whitney, que as amostras não atenderam às premissas de normalidade e homogeneidade de variâncias. As medidas de espessura foliar da espécie *Q. grandiflora* não apresentaram diferenças significativas entre os solos calcário e arenítico ($t_{38} = -0.32609$; $p = 0,7461$). Contudo, pode-se observar uma maior tendência do gráfico de espessura foliar para o solo A2 (arenítico) (Figura 2).

A espessura foliar funciona como barreira física e garante menor permeabilidade à água, possibilitando, portanto, maior resistência a perdas de água para a atmosfera (GOODWIN ; JENKS, 2005; SCHUSTER *et al.*, 2017). Naves (2021), avaliando as variações anatômicas de *Callisthene fasciculata* Mart. e *Qualea parviflora* Mart. Espécies acumuladoras de alumínio da família Vochysiaceae em savanas rochosas, observou que houve aumento da espessura foliar de ambas as espécies estudadas em Neossolo calcário, diferente dos resultados encontrados no presente estudo.

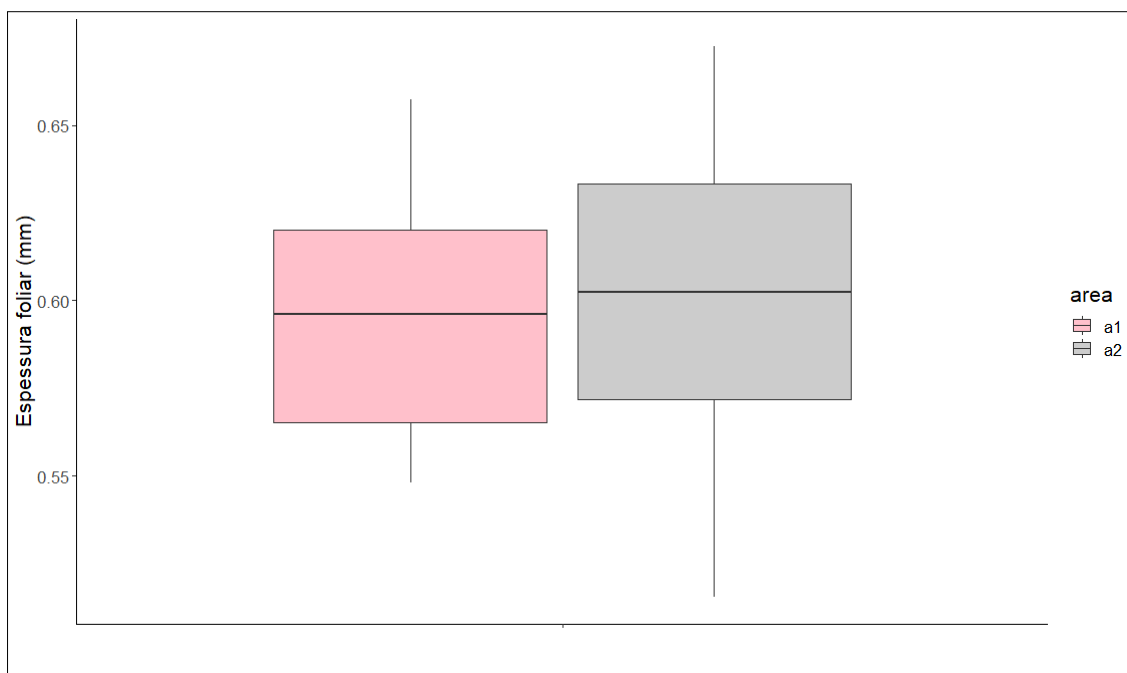


Figura 2. Gráfico de barras, com os valores comparativos de espessura foliar (mm), no solo A1 (calcário) e A2 (arenítico).

Uma das características foliares indicadoras de desenvolvimento da planta é o SLA, ou, área foliar específica, que reflete as estratégias adotadas pelas plantas para se adequarem a diferentes condições hídricas, nutricionais e de luminosidade do ambiente (MARACAHIPES *et al.* 2018; PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2016). Vale ressaltar que o uso de programas computacionais (softwares) para medir a área foliar de indivíduos, é uma excelente alternativa a métodos clássicos, como por exemplo, ao uso de integradores de áreas portáteis, utilizados na agricultura, o qual possui diversos fatores limitantes (LUCENA, *et al.*, 2011), ao contrário de softwares, que têm como outro ponto positivo o custo-benefício, uma vez que, atualmente inúmeras plataformas disponibilizam estes programas gratuitamente.

Nos resultados obtidos, as medidas de SLA da espécie *Q. grandiflora* não apresentaram diferenças significativas das folhas provenientes dos solos calcário e arenítico ($U_1 = -0.0732$; $p = 0.78$) (Figura 3). Os valores de SLA tenderam a serem menores em solos onde a disponibilidade de água e alguns nutrientes, foram provavelmente menores, ou seja, no solo calcário. Nestes, a baixa capacidade de retenção hídrica, e elevados teores de Ca edáfico interferem na absorção de P, Fe e K (LUGO *et al.*, 2006). Esses resultados não sustentam, portanto, a hipótese de que as plantas vegetando em solo calcário, devido a baixos valores de Al^{3+} , teriam menor

capacidade de acúmulo de nutrientes na folha, e que investiriam mais recursos para a produção de estruturas fotossintéticas (REICH *et al.* 2003).

O estresse hídrico em solos sob influência calcária é tão relevante, que, de acordo com estudos de Kinzel (1983) e Lugo *et al.* (2006), cultivos em solos calcários sofrem com estresse hídrico e com restrições quanto à disponibilidade de fósforo (P) devido à formação de sais insolúveis, como o fosfato de cálcio. Além disso, em solos calcários há ainda a redução de ferro (Fe), levando também a inibição da absorção de potássio (K), condição que pode aumentar a inibição do crescimento de espécies não adaptadas a solos com altos teores de Ca.

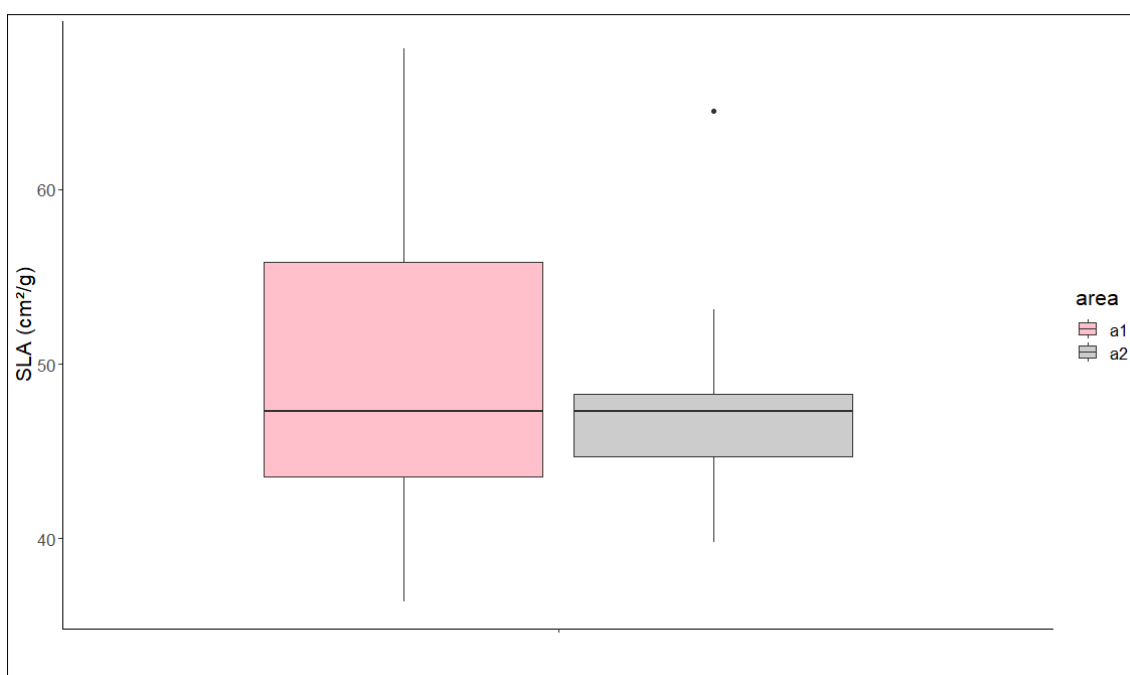


Figura 3. Gráfico de barras, com os valores comparativos de SLA (cm^2/g), no solo A1 (calcário) e A2 (arenítico).

O inverso da Área Foliar Específica reflete a espessura das folhas (BENINCASA, 2003), os resultados obtidos foram, provavelmente, consequência da capacidade de *Q. grandiflora* em ocupar solos savânicos com características edáficas variadas. Por essa razão, foi possível encontrarmos essa espécie vegetando, sem estresse aparente, como indicado pelos índices analisados aqui, tanto em solos savânicos distróficos, como mesotróficos (LIMA, *et al.*, 2009; RODRIGUES; ARAÚJO, 2013). Apesar de sua provável alta adaptabilidade a diferentes ambientes, a espécie estudada não pode ser considerada como indicadora de solos ricos em nutrientes (FURLEY; RATTER, 1988; RATTER, *et al.*, 2006). Nossos resultados parecem demonstrar que *Q.*

grandiflora pode ser capaz de sobreviver mesmo em solos que apresentem teores muito baixos de Al^{3+} sem alterações morfoanatômicas significativas, como observado no solo do cerrado calcário (ALVES *et al.*, 2018), podendo ser este um atributo importante na caracterização dessa espécie.

4. CONCLUSÃO

No presente trabalho foi possível observar que as diferenças edáficas entre as duas áreas analisadas não resultaram discrepâncias significativas nos valores de SLA e espessura foliar. Os resultados obtidos não comprovaram a influência de diferenças de teores de nutrientes e disponibilidade hídrica, em Neossolos calcários e areníticos, interferindo no desenvolvimento foliar de *Q. grandiflora*. Possivelmente, por ser uma espécie de ampla ocorrência no Cerrado, está bem adaptada a diferentes condições edáficas, especialmente quanto à disponibilidade de Al^{3+} . Dessa forma, as diferenças químicas encontradas nos solos das áreas A1 e A2 não foram suficientes para interferirem nos índices de desenvolvimento foliar estudados.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. R. A. et al. Al-Hyperaccumulator Vochysiaceae from the Brazilian Cerrado store aluminum in their chloroplasts without apparent damage. **Environmental and Experimental Botany**, [s.l.], n° 70, p. 37–42., 2011a. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.05.013>.
- ANDRADE, L. R. M. de; IKEDA, M.; AMARAL L. I. V. do; ISHIZUKA, J. Organic acid metabolism and root excretion of malate in wheat cultivars under aluminium stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, n. 1, p. 55–60, 2011b. <http://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.09.023>.
- ALVES, V. N.; TORRES, J. L. R.; LANA, R. M. Q.; PINHEIRO, M. H. O. Nutrient cycling between soil and leaf litter in the Cerrado (*Brazilian savanna*) on eutrophic and dystrophic Neosols. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 2, p. 169-179, 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0369>
- ARIANO, A. P. R.; SILVA, I. V. D. Leaf anatomy of *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) in three phytophysiognomies of the Mato Grosso State, Brazil. **Acta Amazonica. Amazônia**, v. 46, p. 119-126, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201504173>

AVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. Frutos dos Cerrados: preservação gera muitos frutos. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Rio Grande do Norte, v. 3, n. 15, p. 36-41, 2000.

BASTOS, L. A.; FERREIRA, I. M. Composições fitofisionômicas do bioma Cerrado: estudo sobre o subsistema de Vereda. **Espaço em Revista**, Goiás, v. 12, n. 1, p. 97–108, 2010.

BEDETTI, C. S.; AGUIAR, D. B.; JANNUZZI, M. C, et al. Abiotic factors modulate phenotypic plasticity in an apomictic shrub [*Miconia albicans* (SW.) Triana] along a soil fertility gradient in a Neotropical savanna. **Australian Journal of Botany**, Australia, v. 59, p. 274–282, 2011.

<https://doi.org/10.1071/BT10275>

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas (noções básicas). 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BRUNNER, I.; SPERISEN, C. Aluminum exclusion and aluminum tolerance in woody plants. **Frontiers Plant Science**. [s.l.], v.4, n.172, 2013.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00172>

CARDOSO, I. B. **Efeito da assimetria flutuante no desenvolvimento e na germinação de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em áreas de Mata Seca com diferentes status de conservação**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais) -Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto –MG, 2017.

CIANCIARUSO, M.V. et al. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botanica**, Brasília, n. 20, p. 49-59, 2006.

<https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100006>

CORREIA, M. P. Dicionário de plantas úteis do Brasil e exóticas cultivadas. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. **Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal**, Brasília, v. 5, 1978.

COSTA, L. S.; DE MOURA, C. O.; BUCCI, S. J. et al. Nutrient enrichment changes water transport structures of savanna woody plants. **Environmental Research Letters**, United Kingdom, v. 16, p. 5021, 2021.

<https://doi.org/10.1088/1748-9326/abe6c5>

COUTINHO, L. M. **O bioma cerrado**. In: _____; KLEIN, A.L. (org.). Eugen Warming e o cerrado brasileiro um século depois. São Paulo: Unesp, 2002. p. 77-91.

CURY, N. F. **Análise proteômica de *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae) em resposta ao alumínio**. 104 f. Dissertação. Universidade de Brasília. Instituto de Biologia. Departamento de Pós Graduação em Botânica. Brasília, 2017.

DE ANDRADE, A. et al. Variações genéticas e epigenéticas contribuídas pela retrotransposição Al. **BMC Genomics**, [s.l.], n. 12, p. 617, 2011. Disponível em: <https://www.doi.org/10.1186/1471-2164-12-617>.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 2a ed. Fundação EMBRAPA, Brasília, DF, 2006.

FERREIRA, R.A. et al. Morfologia de sementes e plântulas de pau-terra (*Qualea grandiflora* Mart. – Vochysiaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, PR, v. 23, n. 1, p. 116-122, 2001.
<http://dx.doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v23n1p116-122>

FURLEY, Peter A.; RATTER, James A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, [s.l.], p. 97-108, 1988.
<http://dx.doi.org/10.2307/2845050>

GRAHAM, J. H, RAZ, S.; HEL-OR, H.; NEVO, E. Fluctuating Asymmetry: Methods, Theory, and Applications. **Symmetry**, v. 2, p. 466-540, 2010.
<https://doi.org/10.3390/sym2020466>

GOODWIN, S. M.; JENKS, M. Plant cuticle function as a barrier to water loss. In: Jenks, M.; Hasegawa, P. M (eds) Plant Abiotic Stress. **Blackwell Publishing**, Oxford, p. 14–36, 2005.
<https://doi.org/10.1002/9780470988503.ch2>

GRATANI, L. Plant Phenotypic Plasticity in Response to Environmental Factors. **Advances in Botany**. Washington, DC, p.1–17, 2014.
<https://doi.org/10.1155/2014/208747>

HARIDASAN, M. Aluminum accumulation by some Cerrado native species in Central Brazil. **Plant and Soil**, [s.l.], n. 65, p. 265-273, 1982.
<https://doi.org/10.1007/BF02374657>.

HARIDASAN, M.; ARAÚJO, G. M. Aluminium-accumulating species in two forest communities in the cerrado region of central Brazil. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 24, p. 15–26, 1988.
[https://doi.org/10.1016/0378-1127\(88\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-1127(88)90021-7)

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. IBGE (Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais), Rio de Janeiro, 2012.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Programa Queimadas: Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios Florestais**, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal>. Acesso em: 09 jan 2022.

KINRAIDE, T. B. Identity of the rhizotoxic aluminium species. **Plant and Soil**, [s.l.], n. 134, p.167– 178, 1991.
<https://doi.org/10.1007/BF00010729>

KINZEL, H. Influence of Limestone, Silicates and Soil pH on Vegetation. In: LANGE, O. L, NOBEL, P. S, OSMOND, C. B, ZIEGLER H. **Physiological Plant Ecology III**, [s.l.] V. 12, p. 201- 236, 1983.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Editora Rima, São Carlos, 2006.

LIMA, E. S., LIMA, H. S., & RATTER, J. A. (2009). Mudanças pós-fogo na estrutura e composição da vegetação lenhosa, em um cerrado mesotrófico, no período de cinco anos (1997-2002) em Nova Xavantina-MT. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 4, p. 468-480, 2009.

LUCENA, R. R. M de; BATISTA, T. M de V.; DOMBROSKI, J. L. D.; LOPES, W. de A. R.; RODRIGUES, G. S. de O. **Medição de área foliar de aceroleira**. Revista Caatinga, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 40-45, abr.-jun, 2011.

LUGO, E. A.; MEDINA, E.; TREJO-TORRES, J. C.; HERLMER, E. Botanical and Ecological Basis for the Resilience of Antillean Dry Forests In: PENNINGTON, R. T, LEWIS, G. P, RATTER, J. A. (2ed). **Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests**, London, p. 359-381, 2006.

LUMBRERAS, J.F.; CARVALHO FILHO, A. de; MOTTA, P.E.F. da; BARROS, A.H.C.; AGLIO, M.L.D.; DART, R. de O.; SILVEIRA, H.L.F. da; QUARTAROLI, C.F.; ALMEIDA, R.E.M. de; FREITAS, P.L. de. **Aptidão agrícola das terras do MATOPIBA**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2015. 48p. il. color. (Embrapa Solos. Documentos, 179).

MACHADO, R.B.; AGUIAR, L.M.S.; CASTRO, A.A.J.F.; NOGUEIRA, C.C.; NETO, M.B.R. Caracterização da Fauna e Flora do Cerrado. In: **Savanas: Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**, Embrapa Cerrados: Brasília, p. 284- 300, 2008.

MARACAHIPES, L.; CARLUCCI, M. B.; LENZA, E, et al. 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**, [s.l.], v. 34, p. 17–25, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.ppees.2018.07.006>

MATOS, R. M. de; SILVA, P. F. da; LIMA, S. C. de; SANTOS, C. S. dos; NETO, J. D. **Características foliares e índice de colheita do rabanete irrigado com água residuária em ambiente protegido**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p.375, 2015.

NAVES, F. F. **Padrões morfoanatômicos e nutricionais de duas espécies (Vochysiaceae) acumuladoras de alumínio em savanas rochosas**. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Uberlândia, 2021.
<http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.391>

OLIVEIRA, A. P. de et al. Avaliação de espécies do Cerrado quanto à tolerância ao alumínio. Boletim de pesquisa e desenvolvimento. Brasília: **Embrapa Recursos**

Genéticos e Biotecnologia, p. 26, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/211415/1/Boletim-EspeciesCerrado3554.pdf>.

ORIHUELA, R. L. L.; OLIVEIRA, P. L.; MOLINA JUNIOR, A. Bioindicação vegetal em área de refinaria –assimetria flutuante de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). In: Congresso de Ecologia do Brasil, n. 7., 2005, Caxambu. **Anais...**Caxambu, 2005.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAZ, S.; GARNIER, E.; et al. Corrigendum to: New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, Australia, v. 64, p. 715, 2016. https://doi.org/10.1071/bt12225_co

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian cerrado. In: PENNINGTON, R. T., LEWIS, G. P., RATTER, J. A. **Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Diversity, Biogeography, and Conservation**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis, 2006. p. 31-66. <https://doi.org/10.1201/9781420004496>

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.

REICH, P. B.; WRIGHT, I. J.; CAVENDER-BARES, J.; et al. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. **International Journal of Plant Sciences**, Chicago, v. 164, p. 143–164, 2003. <https://doi.org/10.1086/374368>

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. Planaltina: Embrapa-CPAC, p. 152-212, 2008.

ROBERTS, J.M.; CABRAL, O.M.R.; DA COSTA, J.P.; MCWILLIAM, A.L.C. AND DE SÁ, T.D. Na Overview of the Leaf Area Index and Physiological Measurements during ABRACOS, In: J.H.C. GASH, C.A. NOBRE, J.M. ROBERTS and R.L. VICTORIA (Eds). **Amazonian Deforestation and Climate**, J. Wiley and Sons, New York p. 287-305, 1996.

ROCHA, B. M. **Assimetria flutuante e seleção natural em *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) (Chiroptera: Phyllostomidae)**.2018. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) -Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes –RJ, 2018.

RODRIGUES, R. F.; ARAÚJO, G. M de. Estrutura da vegetação e características edáficas de um cerradão em solo distrófico e em solo mesotrófico no Triângulo Mineiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 2013-2029, 2013.

ROSSATTO, D. R., KOLB, R. M., FRANCO, A. C. Leaf anatomy is associated with the type of growth form in Neotropical savanna plants. **Botany**, Canadá, v. 93, p. 507–518, 2015. <https://doi.org/10.1139/cjb-2015-0001>

ROST, E.; CABRAL, R. M. G.; SILVA, T. A. R. As Dinâmicas Ambientais e Sociais das queimadas do Cerrado na microrregião do Meia Ponte. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.5, p. 45716-45734, mai, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n5-133>

SANTOS, H.G. dos; CARVALHO JUNIOR, W. de; DART, R. de O.; AGLIO, M.L.D.; SOUSA, J.S. de; PARES, J.G.; FONTANA, A.; MARTINS, A.L. da S.; OLIVEIRA, A.P. de. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 67p. (Embrapa Solos. Documentos, 130).

SCHUSTER, A. C.; BURGHARDT, M.; RIEDERER, M. The ecophysiology of leaf cuticular transpiration: are cuticular water permeabilities adapted to ecological conditions? **Journal Experimental Botany**, [s.l.], v. 68, p. 5271–5279, 2017. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx321>

SILVA JUNIOR, M. C. **100 Árvores do Cerrado: guia de campo**. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2005.

SIMIONI, P. F.; EISENLOHR, P. V.; PESSOA, M. J. G, SILVA, I. V. Elucidating adaptive strategies from leaf anatomy: do Amazonian savannas present xeromorphic characteristics? **Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, [s.l.], v. 26, p. 38–46, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2016.11.004>

SOUZA, M. C.; BUENO, P.C.; MORELLATO, L.P.C; HANERMANN, G. Ecological strategies of Al-accumulating and non-accumulating functional groups from the Cerrado *sensu stricto*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, n.87, p. 813–823, 2015. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140222>.

TAYLOR, G.J. The physiology of aluminum tolerance in higher plants. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.19, p.1179-1194, 1988.

VON UEXKULL, H. R.; MUTERT, E. Global extent, development and economic impact of acid soils. **Plant and Soil**, [s.l.], v. 171, p. 1-15, 1995. <https://doi.org/10.1007/BF00009558>

WATERLOO, M.J.; ROCHA, H.R.; BINK, N.J.; OLIVEIRA, P.J.; SILVA, R.L.; ZANCHI, F.B.; HOLWEDA, F.; FREITAS, H.C.; CARRUZO, A.; GOMES, B.M.; and KABAT, P. 2002. Above-ground Biomassa and Leaf Area Index in Rondônia, **II Conf. do LBA**, 2002.