

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**Respostas Morfofisiológicas Foliaves de Plantas Herbáceas do Cerrado à  
Variabilidade Hídrica em diferentes ecorregiões**

**DANIEL PEREIRA MARQUES**

**Orientador: Prof.<sup>o</sup>. DR. DAVI RODRIGO ROSSATO**

**Jaboticabal**

**2024**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**RESPOSTAS MORFOFISIOLÓGICAS FOLIARES DE PLANTAS HERBÁCEAS  
DO CERRADO À VARIABILIDADE HÍDRICA EM DIFERENTES ECORREGIÕES**

**DANIEL PEREIRA MARQUES**

Orientador: Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossato

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

M357r

Marques, Daniel

Respostas Morfofisiológicas Foliares de Plantas Herbáceas do Cerrado à Variabilidade Hídrica em diferentes ecorregiões / Daniel Marques. -- Jaboticabal, 2024

42 p. : tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal  
Orientador: Davi Rodrigo Rossatto

1. Ecologia Vegetal. 2. Composição Química Foliar. 3. Precipitação

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**NOME COMPLETO DO AUTOR**

**DANIEL PEREIRA MARQUES**

**TÍTULO DO TRABALHO ACADÊMICO**

**Respostas morfofisiológicas foliares de plantas herbáceas do Cerrado à variabilidade hídrica em diferentes ecorregiões**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossatto

Área de Concentração:

Data da defesa: 09/12/2024

( X ) Aprovado

( ) Reprovado

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossatto

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal



Prof. Dr. Eduardo Custódio Gasparino

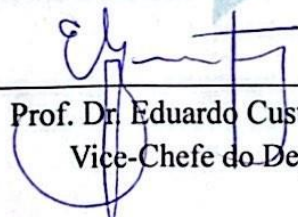
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal



Dra. Natalia Abe

Professora da Escola Municipal Coronel Vaz – EMEB – Jaboticabal

Aprovado em Reunião Departamental em: 13/12/2024



Prof. Dr. Eduardo Custódio Gasparino  
Vice-Chefe do Departamento

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à minha família pelo amor, compreensão e apoio que para com meu trajeto de vida. Principalmente, meu pai, mãe e irmão, Altamir, Cristiani e Rodrigo, respectivamente, que durante toda a minha vida sempre compartilharam comigo minhas vitórias, fracassos, tristezas e alegrias, não me deixando desistir nos momentos difíceis e também comemorando comigo durante as conquistas, além deles, também meu irmão de outra mãe, Vitor, minha cunhada que virou minha irmã, Aline, e meu sobrinho que será meu afilhado Theo, vocês não tem noção da importância que possuem para mim e de como foram, são e serão fundamentais na minha vida. Sem vocês nada disso seria possível.

Agradeço aos meus amigos da República Tua Ksa que se tornaram minha família após a minha vinda para Jaboticabal, me ajudando, orientando, aconselhando e incentivando durante toda a graduação. Em especial, ao meu melhor amigo, Vinicius Gomes, que sempre esteve comigo em tudo e aguentou cada loucura minha, sempre se demonstrando ser o melhor amigo que eu poderia ter.

Agradeço aos meus amigos da turma de ingresso de 2018 da biologia em Jaboticabal, sempre me apoiaram e compartilharam comigo todos os problemas, medos e anseios da graduação. Especialmente o trio da licenciatura, Leticia e Daniela, que foram as melhores pessoas me aguentando durante os desesperos mas sobretudo não me deixando desistir.

Agradeço à equipe do meu trabalho que me ajudaram ouvindo minhas apresentações e me incentivando durante todo o processo. Marjoritariamente a Enf<sup>a</sup> Angela e ACS Angélica que foram as que mais estiveram presentes durante meu caminho na graduação.

E por fim, mas não menos importante o Laboratório de Ecologia Vegetal, que me acolheu e me ajudaram a desenvolver este projeto. Essencialmente o Professor Davi que se demonstrou um excelente orientador e em principia uma ótima pessoa.

Obrigado a todos!

## SUMÁRIO

### Sumário

<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 Caracterização do Cerrado.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Variabilidade Hídrica no Cerrado.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3 Plantas Esclerófilas.....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>15</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Caracterização das Áreas de Estudo .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Coleta e caracterização das espécies.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Parâmetros morfológicos e de composição química foliar .....</b>	<b>21</b>
<b>3.4 Análise Estatísticas .....</b>	<b>22</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1 Característica Morfológica Foliar (CF, LF, AF).....</b>	<b>23</b>
<b>4.2 Composição Química Foliar (Porcentagem de Carbono, Nitrogênio,         Potássio, Fósforo, Cálcio e Magnésio).....</b>	<b>27</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## RESUMO

O Cerrado é um dos ecossistemas mais biodiversos do mundo e é considerado um hotspot para conservação devido à alta biodiversidade e endemismo, aliado à pressão antrópica. Ocupando 21% do território brasileiro, o Cerrado possui uma vegetação que é influenciada por diferentes condições climáticas, em algumas ecorregiões mais centrais enfrentam desafios como sazonalidade hídrica severa enquanto que em outras áreas mais periféricas enfrentam uma sazonalidade menos severa, mesmo ocorrendo essa diferenciação hídrica há espécies que ocorrem em ambas localidades, como as herbáceas. O presente estudo tem como objetivo avaliar se há diferenças nas características morfológicas e nos componentes químicos foliares entre espécies herbáceas que crescem em ambas as regiões central e periférica do Cerrado. Foi realizado um levantamento e seleção de espécies herbáceas de ocorrência em ambas as ecorregiões totalizando 5 espécies herbáceas: *Andira humilis*, *Anacardium humile*, *Erythroxylum campestre*, *Miconia fallax* e *Pradosia brevipes* das quais pelo menos três indivíduos de cada uma com local de crescimento em Assis – SP (Cerrado Periférico) e Brasília – DF (Cerrado Central) foi coletado para verificação das características morfológicas como Área Foliar, Comprimento Foliar e Largura Foliar e, também, da porcentagem de Composição Química Foliar dos seguintes nutrientes: Carbono, Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio. Os resultados morfológicos obtidos demonstraram que somente a espécie *Andira humilis* apresentou diferença estatística entre as áreas de ocorrência para todos os componentes avaliados, sendo que as espécimes de crescimento no Cerrado Central tiveram uma diminuição no seu tamanho foliar decorrente de um processo de esclerofilia foliar ocorrido somente para *Andira humilis*. A composição química foliar apresentou que elementos como Potássio e Cálcio tiveram maior quantidade foliar nas regiões periférica e central respectivamente, para os que foram estatisticamente significantes. Os demais nutrientes apresentaram diferenças entre as espécies quanto à concentração, com uma espécie mostrando maior concentração na região periférica e outra na região central para o mesmo nutriente. Os resultados morfológicos e de composição química foliar são decorrentes de um processo específico de cada espécie, da disponibilidade nutricional do solo em questão e não propriamente da ação da sazonalidade. Sendo assim, conclui-se que as respostas são muito espécie-específicas, e que a variação de sazonalidade afeta pouco as espécies herbáceas.

**Palavras-chave:** Ecologia Vegetal. Composição Química Foliar. Precipitação Sazonal. Morfologia Foliar.

## ABSTRACT

The Cerrado is one of the most biodiverse ecosystems in the world and is considered a hotspot for conservation due to its high biodiversity and endemism, along with anthropogenic pressure. Covering 21% of Brazil's territory, the Cerrado has vegetation influenced by different climatic conditions. In some central ecoregions, it faces challenges such as severe water seasonality, while in other peripheral areas, the seasonality is less severe. Despite this hydric differentiation, there are species that occur in both locations, such as herbaceous plants. The present study aims to evaluate whether there are differences in the morphological characteristics and foliar chemical components among herbaceous species that grow in both the central and peripheral regions of the Cerrado. A survey and selection of herbaceous species occurring in both ecoregions was conducted, totaling five herbaceous species: *Andira humilis*, *Anacardium humile*, *Erythroxylum campestre*, *Miconia fallax*, and *Pradosia brevipes*. At least three individuals of each species were collected from growth sites in Assis – SP (Periférico Cerrado) and Brasília – DF (Central Cerrado) to verify morphological characteristics such as Leaf Area, Leaf Length, and Leaf Width, as well as the percentage of Foliar Chemical Composition of the following nutrients: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium, and Magnesium. The obtained morphological results demonstrated that only the species *Andira humilis* presented statistical differences between occurrence areas for all evaluated components, with specimens growing in the Central Cerrado showing a decrease in leaf size due to a leaf sclerophylly process that occurred only for *Andira humilis*. The foliar chemical composition showed that elements such as Potassium and Calcium had higher foliar amounts in the peripheral and central regions, respectively, for those that were statistically significant. The other nutrients showed differences between species regarding concentration, with one species showing higher concentration in the peripheral region and another in the central region for the same nutrient. The morphological results and foliar chemical composition are a consequence of a specific process for each species, the nutritional availability of the respective soil, and not solely due to the effects of seasonality. Thus, it is concluded that the responses are highly species-specific, and that the variation in seasonality has little effect on herbaceous species.

Keywords: Plant Ecology. Foliar Chemical Composition. Seasonal Precipitation. Foliar Morphology.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Caracterização do Cerrado

O Cerrado é um dos ecossistemas brasileiros mais importantes do território, sendo o único que possui zonas de contato com todos os demais ecossistemas florestais do Brasil, além disso, também é considerado um dos principais “hotspots” para conservação mundial (KLINK & MACHADO, 2005), ou seja, são, áreas de extrema relevância para conservação por possuírem uma alta biodiversidade associada a um alto endemismo, onde também existe um interesse antrópicoeconômico atrelado a área (MYERS et al., 2000).

O Cerrado possui a mais rica flora de todos os ambientes savânicos do mundo, pois existem, catalogados, 390 táxons de plantas pteridófitas, 4 táxons de gimnospermas e 12029 angiospermas, totalizando 12423 espécies, das quais é verificado um endemismo de 44% destas espécies neste bioma (MENDONÇA et al., 1998; MENDONÇA et al., 2008), tendo Eriocaulaceae e Mimosaceae como as famílias com maiores quantidades de espécies presentes no Cerrado com 262 e 214, respectivamente (MENDONÇA et al., 2008).

Esta grande biodiversidade também está atrelada a extensa distribuição geográfica, tendo seu tamanho ocupando 23,3% de todo o território nacional (IBGE, 2019), possuindo pouco mais de 2 milhões de quilômetros quadrados, sendo assim é o segundo maior bioma nacional. O tamanho territorial proporciona ao ecossistema diversas características únicas como possuir variabilidade climática, uma vez que o Cerrado está localizado em ambientes equatoriais, tropicais e subtropicais (NASCIMENTO & NOVAIS, 2020). Essa variação latitudinal do bioma leva o mesmo a possuir diferentes condições de temperatura, precipitação, duração da estação seca e umidade (Hofmann et al. 2021).

Ab’Saber (1983) descreveu o Cerrado como um bioma heterogêneo, sendo ele um mosaico entre campos, savanas, matas e florestas, sendo essas diferentes fitofisionomias constituídas pelo padrão de desenvolvimento biogeográfico histórico do local e que se estabeleceu com diferentes ecorregiões. Essas ecorregiões são conjuntos de comunidades naturais, geograficamente distintas, que compartilham a maioria de suas espécies, dinâmicas e processos ecológicos além de condições ambientais similares (DINERSTEIN et al., 1995).

Essas condições ambientais similares estão principalmente relacionadas com o clima no Cerrado que é tropical com duas estações muito bem definidas: quente e úmido e outra frio com uma longa estação seca, durante essas estações verão e primavera e a outra outono e inverno, respectivamente, no hemisfério sul. Esse padrão climático provém uma alta incidência solar e, também, de temperatura, predominando assim uma sazonalidade na região muito bem definida. Contudo nas regiões periféricas, principalmente as que fazem fronteira com florestas em especial as ecorregiões presentes no território do Estado de São Paulo, o padrão climático é diferenciado, com umidade e precipitação maiores, e a sazonalidade menor, do que o do cerrado Central (AB'SABER, 1983; PINTOR, 2024; CABACINHA & de CASTRO, 2010; NASCIMENTO & NOVAIS, 2020; MENDONÇA, 2008; BEZERRA, 2018; INMET, 2020).

Em ambas regiões, podemos encontramos o cerrado *sensu stricto*, um dos tipos vegetacionais mais predominantes em toda sua extensão (RIBEIRO & WALTER, 2008). Nesta região o padrão vegetativo é de estrato herbáceo-arbustivo muito bem definido atrelado à um estrato arbóreo esparso (SANO, ALMEIDA & RIBEIRO, 2008; AB'SABER, 1983). Este estrato herbáceo-arbustivo está presente, em diferentes quantidades, por praticamente todo território do Cerrado. Sendo assim, ela se torna sujeita as pressões seletivas que ocorrem no bioma, tais como principais: sazonalidade hídrica, baixa disponibilidade nutricional do solo e altas irradiações. Sendo que entre essas três destacamos a Variabilidade hídrica. (FRANCO 2002; CARLOS & ROSSATO, 2017; SANO, ALMEIDA & RIBEIRO, 2008; OLIVEIRA & RATTER, 2002; FRANCO & ROSSATO, 2017; SONDA, 2023; SOUZA et al, 2015).

## **1.2 Variabilidade Hídrica no Cerrado**

A variabilidade hídrica no cerrado é um processo que ocorre durante os meses de clima mais ameno no hemisfério sul do qual se tem um período de estiagem , como no Cerrado temos um clima definida por um verão quente e chuvoso e um inverno frio e seco, durante o inverno este bioma sofre com essa sazonalidade hídrica. A região central do Cerrado possui uma precipitação média anual é de 1463mm, contudo durante o período de estiagem de 4 a 5 meses (Maio a Setembro), a média de

pluviosidade para cada um destes meses é de 36 mm (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2024; OLIVEIRA & RATTER, 2002; FRANCO & ROSSATO, 2017; SONDA, 2023).

Entretanto na região mais periférica que faz fronteira com a Mata Atlântica encontramos uma menor sazonalidade, com uma precipitação média anual é de 1400 mm, e um período de estiagem de 3 a 4 meses com uma média de 58 mm de chuva para cada mês durante este período (DURIGAN et al., 1995; COLLI-SILVA, IVANUASKAS, BAITELLO, 2021).

Este período de escassez é determinante para o padrão de fitofisionomias, pois onde se tem uma estiagem mais intensa, afetará a absorção de nutrientes e o desenvolvimento das folhas (KREUZWIESER & GESSLER 2010).

Este padrão de precipitação afetará diretamente as fitofisionomias do cerrado, uma vez que decorrente desta diminuição na absorção de nutriente e desenvolvimento de folhas, levará a um padrão de maior quantidade de plantas escleromórficas nessas regiões com maior estiagem (SOUZA et al., 2015; WRIGHT et al., 2001; PRIOR et al., 2005).

### **1.3 Plantas Esclerófilas**

Plantas esclerófilas são aquelas que por passarem por deficiências hídricas sazonais, baixos teores de nutrientes no solo, herbivoria possuem mecanismos de proteção da longevidade das folhas, de maior assimilação de carbono foliar para modificações estruturais foliar (Edwards et al. 2000; BOEGER & WISNIEWSKI, 2003; Ludwig et al. 2004).

Esta plasticidade fisiológica afetará a estrutura e organização da lâmina foliar uma vez que elas possuem modificações estruturais como folhas coriáceas, ou seja, espessa e com cutícula mais desenvolvida para reduzir a perda de água por transpiração e proteger a alta temperatura e incidência luminosa, no caso das espécies esclerófilas (LAMBERS et al., 2008; de SOUZA, 2009).

Estas modificações, foram descrito em espécies arbóreas na literatura (ROSSATO, 2015; CARLOS & ROSSATO, 2017), também levam a investimento numa espessura maior como caracterizado nas escleromórficas é normalmente

acompanhado por camêdas parênquimáticas palicídicos maiores que também esta atrelado à uma maior assimilação de Carbono nessas espécies de árvores.

Há também estudos, como o desenvolvido por Fan et al (2024) que correlaciona, espécies herbáceas, arbóreas, gramíneas, musgos e arbustivas localizadas ao longo de um gradiente de aridez, uma maior quantidade de nitrogênio em espécies em locais áridos, uma vez que o nutriente está atrelado à uma otimização da na fotossíntese e também no uso d'água, estratégias essenciais para a sobrevivência nestes locais.

Além disso, foi observado uma estratégia de maior assimilação de carbono em espécies em ambientes mais secos, podendo otimizar a sua taxa de fotossíntese para equilibrar entre a perda d'água e a captação de CO<sup>2</sup> do ambiente, além de ser utilizada para um crescimento rápido e desenvolvimento foliar maior, estratégias também atrelada à eficiência na fotossíntese (PINEDA-GARCÍA, PAZ, & TINOCO-OJANGUREN, 2011; DONG et al, 2020).

Em contraste, as espécies arbóreas localizadas na região periférica do Cerrado apresentam alta concentração de nitrogênio, uma vez que este nutriente esta atrelado à captação de luz solar difusa no ambiente já que as plantas nas regiões mais afastadas possuem folhas mais finas quando comparado à região central e com maior densidade de vegetação (SOUZA et al, 2015).

Em adição à isto, segundo Souza et al (2015), nas regiões periféricas há maior umidade relativa quando comparada à região mais central do cerrado, esta umidade relativa e padrão de pluviosidade maior leva a uma maior disponibilidade de água e conseqüentemente beneficia a nutrição da planta, fazendo com que em condições favoráveis de chuvas espécies da região mais periférica do cerrado apresentem maior concentração de nutrientes foliares importantes.

Destes nutrientes, além dos citados acima, podemos destacar os elementos: cálcio elemento extremamente importante para desenvolvimento vegetal associados à sinalização de estresse, o Magnésio componente essencial da clorofila, Fósforo que participa ativamente no processo do metabolismo energético e Potássio que atua na regulação da abertura e fechamento dos estômatos (TAIZ & ZEIGER, 2010; LEVITT, 1954; HEPLER, 2005).

Mesmo com essas fitofisionomias diferentes do mesmo ecossistema, evidências de que ambientes secos afetam o padrão nutricional das folhas das

espécies do Cerrado bem como suas características morfológicas através de estratégias de sobrevivência (BUSTAMANTE et al. 2012; SOUZA et al, 2015; CARLOS & ROSSATO, 2017; PINEDA-GARCÍA et al, 2011; DONG et al, 2020).

Nestas fitofisionomias as herbáceas são plantas que compõe uma distribuição geográfica bastante vasta estando presentes em praticamente todas as fitofisionomias do Cerrado (MENDONÇA et al., 2008). Levantamentos florísticos apresentaram o estrato herbáceo como o estrato mais rico diferentes áreas do Cerrado e também sendo considerado o estrato mais rico de todo o Cerrado (WEISER & GODOY, 2001; TANNUS & ASSIS, 2004, FLORA DO BRASIL, 2021). Mesmo com essa vasta ocorrência, até hoje não foi elucidado se espécies herbáceas que estão tanto no cerrado central quanto no periférico apresentam diferenças entre suas características morfológicas e componentes químicos foliares.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo do presente estudo é avaliar se há diferenças nas características morfológicas e nos componentes químicos foliares entre espécies herbáceas que crescem em ambas as regiões central e periférica do Cerrado.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

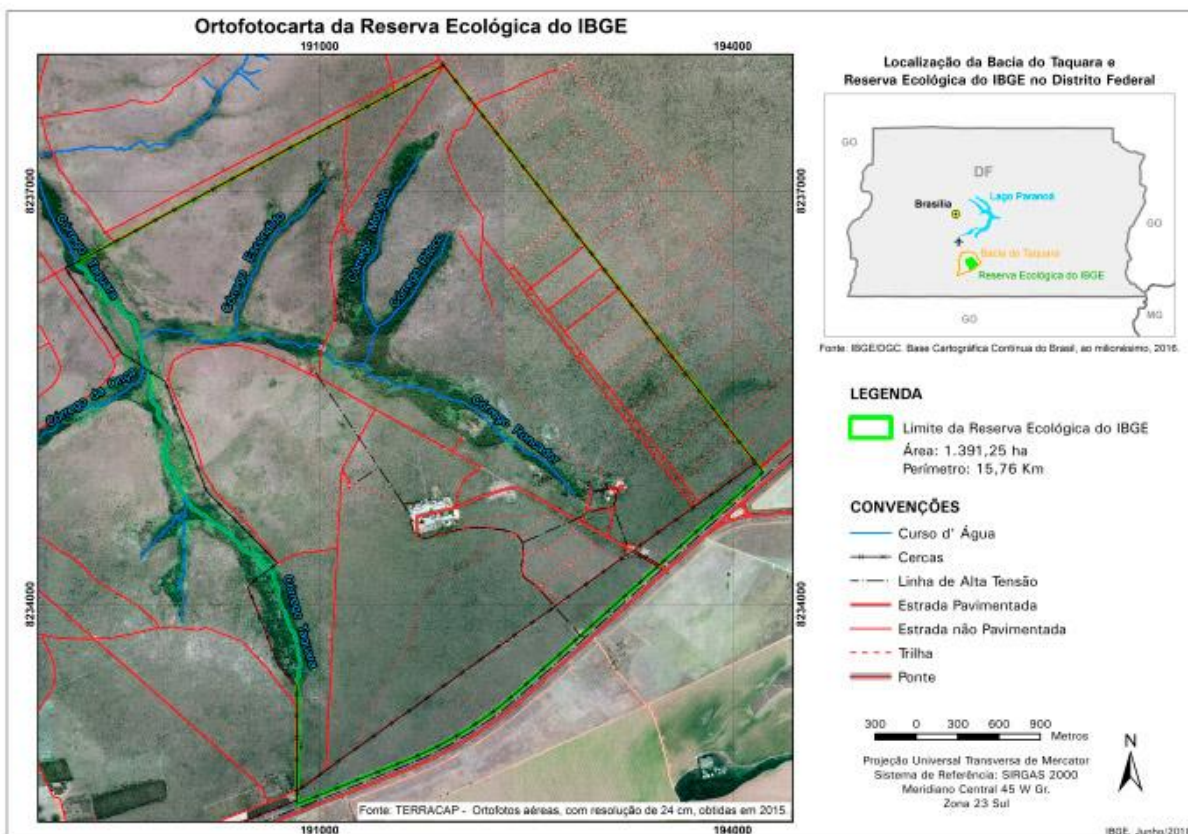
#### 3.1 Caracterização das Áreas de Estudo

Este estudo foi realizado em duas ecorregiões do Bioma Cerrado brasileiro sendo o primeiro caracterizado como região Cerrado Central - a Reserva Ecológica do IBGE (15°57'S 47°52'W), localizada em Brasília, Distrito Federal com elevação 1100 metros acima do nível do mar (Figura 1), sua precipitação média anual de 1463mm, suas temperaturas oscilam entre 27°C e 15°C e um período de estiagem de 4 a 5 meses (Maio a Setembro), com uma média de 36 mm de chuva durante todo este período, neste local encontramos a fitofisionomias Cerrado *sensu stricto*, essa por sua vez é a ecorregião onde o estudo foi realizado (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2024; OLIVEIRA & RATTER, 2002; FRANCO & ROSSATO, 2017; SONDA, 2023).

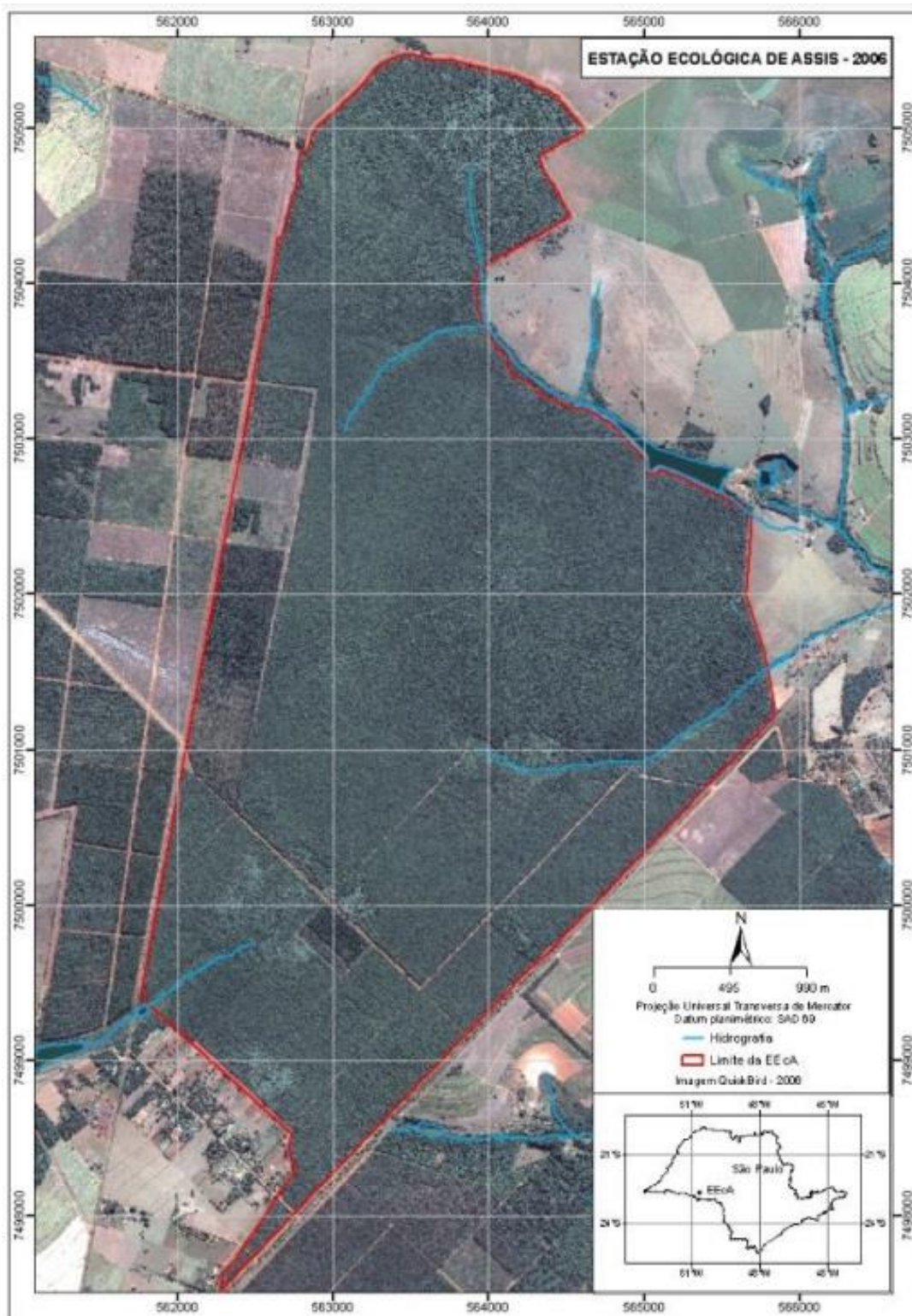
Já a segunda região caracterizada como Cerrado Periférica – a Estação Ecológica de Assis (22°33'20"W e 50°21'27"S) em Assis, São Paulo com elevação de 500 metros acima do nível do mar (Figura 1), sua precipitação média anual é de 1400 mm, e suas temperaturas oscilam diariamente 4,5°C, tendo uma temperatura média anual de 21,8°C, e possui um período de estiagem de 3 a 4 meses com uma média de 360 mm de chuva durante todo este período, neste local encontramos a fitofisionomias Cerrado *sensu stricto* preservado próximo à uma área florestal, essa por sua vez é a ecorregião onde o estudo foi realizado (DURIGAN et al., 1995; COLLI-SILVA, IVANUASKAS, BAITELLO, 2021).



**Figura 01.** Localização da Reserva Ecológica do IBGE, Brasília, e da Estação Ecológica de Assis, Assis – Google Maps



**Figura 02.** Ortofotocarta da Reserva Ecológica do IBGE, Brasília – RECOR



**Figura 03.** Imagem de satélite da Estação Ecológica de Assis, ASSIS – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE ASSIS, 2010

### 3.2 Coleta e caracterização das espécies

Com base em um levantamento florístico a respeito da composição e abundância de plantas herbáceo-arbustivas do cerrado realizado em Assis por Pinheiro et al. (2016) e levantamento não publicado por Rossatto (dados não publicados) para o IBGE, foram escolhidas cinco espécies não arbóreas típicas de cerrado que ocorrem ambas em áreas de cerrado típico da região periférica e da região central. As espécies escolhidas foram as seguintes:

*Anacardium humile* (A.St.Hil.) – Anacardiaceae: são plantas herbáceas, caracterizadas por tronco subterrâneos. Suas folhas são pecioladas e coriáceas, com inflorescência bráctea(s) proximal(is). É uma espécie nativa do Brasil, sendo encontrada no domínio fitogeográficos de ecossistemas Caatinga, Cerrado, Floresta Amazonica e Mata Atlântica, principalmente na Região Central do Brasil, indo de Rondônia até a Bahia, e extremo do Piauí até o estado do Paraná (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020).

*Pradosia brevipes* (Pierre) T.D.Penn - Sapotaceae: são plantas subarborescentes caméfito, geralmente sem caule ou com poucos centímetros de altura, raramente ultrapassando 1 metro. As folhas são simples, opostas, oblongas (mais longa que larga), coriáceas (de consistência rija). As flores apresentam uma corola vermelho-vinho, com estames brancos, enquanto os frutos maduros são de coloração laranja. É uma espécie nativa brasileira, sendo encontrada no domínio fitogeográficos de ecossistemas Cerrado, Floresta Amazonica e Mata Atlântica. Estendendo pelos estados Bahia, Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná (TAINAN, 2011).

*Miconia fallax* (D.C.) - Melastomataceae: são plantas subarborescentes com folhas ovais ou elípticas, com margens serrilhadas e glabra. O caule é erguido e ramificado, com coloração verde. As flores se agrupam em inflorescências, normalmente racemosas ou paniculadas, e têm coloração branca ou rosada. Os frutos são pequenos, do tipo baga ou drupa, contendo sementes. É nativa do Brasil, encontrada em diversos estados como: Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Bahia, Maranhã, Paraíba, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do

Sul, Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo, principalmente no bioma Cerrado e Floresta Amazônica (GOLDENBERG et al., 2021).

*Erythroxylum campestre* (A.St.-Hil.) - Erythroxylaceae: é uma espécie caracterizada por suas folhas elípticas, com ápice e base geralmente agudos. Os pedicelos medem entre 3 e 6 mm de comprimento, são grossos, e os florescem em fascículos, geralmente localizados nas axilas foliares. Esta espécie possui uma distribuição geográfica restrita à América do Sul, ocorrendo principalmente no cerrado se estendendo do Tocantins ao Paraná e Bahia ao Mato Grosso (LOIOLA & COSTA-LIMA, 2015).

*Andira humilis* (Max. ex Benth) – Fabaceae: é uma espécie subarborescente que possui como características folhas glabras, com formação de inflorescência em um indumento marrom em cálice, fruto carnoso na coloração amarela. Esta espécie possui uma distribuição ao longo de toda a região do Cerrado, podendo ocorrer também na região Amazônica e Caatinga (RAMOS, CARDOSO & PENNINGTON, 2021).

### **3.3 Parâmetros morfológicos e de composição química foliar**

Os parâmetros morfológicos e da composição química foliar serão analisados em folhas das espécies herbáceas em todas as áreas de estudo em pelo menos três indivíduos de cada espécie.

Após a coleta, as folhas foram levadas ao laboratório em sacos ziplock herméticos fechados. Cada uma das folhas foi digitalizada em um scanner digital HP ScanJet 300 para determinação de parâmetros morfológicos foliares. Os parâmetros comprimento da folha - CF (cm), a largura da folha - LF (cm) e a área foliar - AF (cm<sup>2</sup>) foram medidas utilizando o software ImageJ (ABRAMOFF et al., 2004), após calibração.

Para a determinação da composição química foliar relacionada aos nutrientes, as folhas coletadas foram colocadas em estufa para secagem por um período de 72 horas a 70° C, para posterior moagem. O conteúdo foliar de carbono (%) foi determinado usando um Analisador Elemental CN628 (LECO Corporation), a porcentagem de nitrogênio (%) foi determinada pelo método de micro-Kjeldahl (Allen et al. 1974); Já para fósforo, cálcio, magnésio e potássio (%) foram determinados com as amostras digeridas, utilizando-se mistura triácida (ácidos nítrico, sulfúrico e perclórico)

na proporção de 10:1:2 (Allen et al. 1974). O fósforo no extrato de folhas foi determinado por colorimetria, a 410 nm, utilizando-se uma mistura de soluções de vanadato e molibdato de amônia (1:1). Já para os demais nutrientes foi obtida através de espectrofotometria de absorção atômica ou emissão de chama (Allen et al. 1974). Adicionalmente a concentração de carbono foliar foi determinada por um analisador de carbono por combustão total CNS.

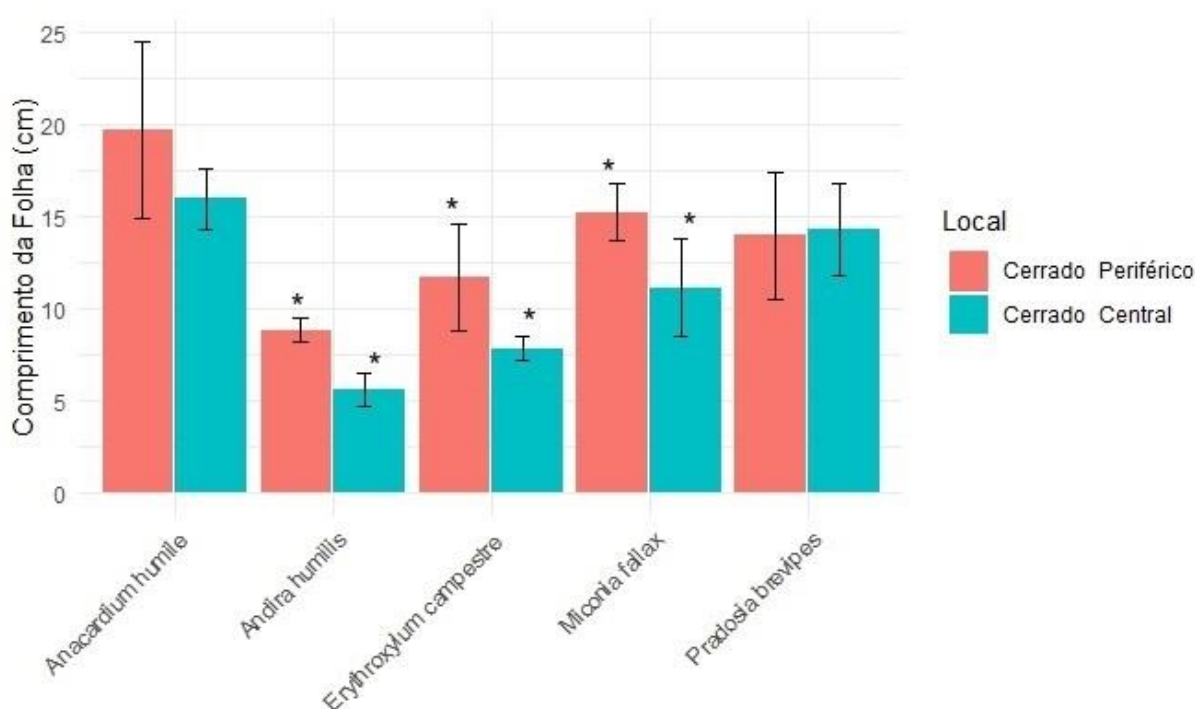
### **3.4 Análise Estatísticas**

A comparação para os atributos mensurados foi realizada através de uma análise de variância (ANOVA), por tratar-se de cinco espécies diferentes. Para todas as análises usaram nível de significância de 5% ( $P < 0,05$ ) e foram realizados usando o RStudio através da análise de variância (ANOVA) e utilizando o teste t-student para analisar a significância de cada uma das espécies em relação aos locais de amostragem.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Característica Morfológica Foliar (CF, LF, AF)

O comprimento foliar diferiu para a maioria das espécies estudadas, variando entre 26,38 (*Anacardium humile* em Assis) e 4,43 (*Andira humilis* em Brasília) centímetros entre todas as espécies, porém houve diferenças significativas somente para as espécies *Andira humilis*, *Erythroxylum campestre* e *Miconia fallax* que apresentaram maior comprimento foliar na região periférica, em Assis – SP (Figura 2).

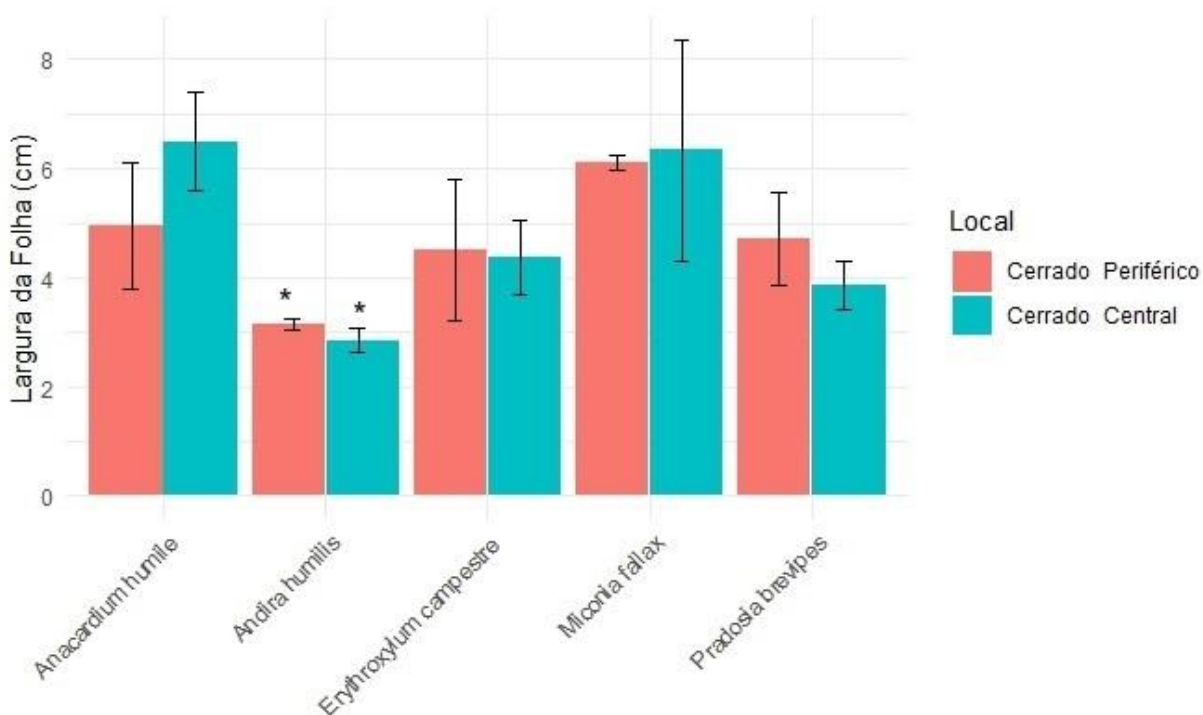


**Figura 04.** Comprimento foliar (cm). Barras com desvio padrão presentes, barras com asterístico denotam diferenças significativas entre as áreas ( $P < 0,05$ ).

Espécie \ Local	<i>Anacardium humile</i>	<i>Miconia Fallax</i>	<i>Andira humilis</i>	<i>Erythroxylum campestre</i>	<i>Pradosia brevipes</i>		
Cerrado Periférico	19,68	15,24	8,86	11,71	13,96		
Cerrado Central	12,77	9,82	5,84	6,29	14,26	Desvio Padrão	4,54

**Tabela 01.** Médias do Comprimento foliar (cm) para cada uma das espécies em suas respectivas áreas e o valor do Desvio Padrão.

Com relação a largura foliar, esta não diferiu para a maioria das espécies estudadas, variando entre 8,52 (*Miconia fallax* em Brasília) e 2,64 (*Andira humilis* em Brasília) centímetros. Houve diferença significativa somente para a espécie *Andira humilis*, que teve maior comprimento foliar na região periférica, em Assis – SP (Figura 3).

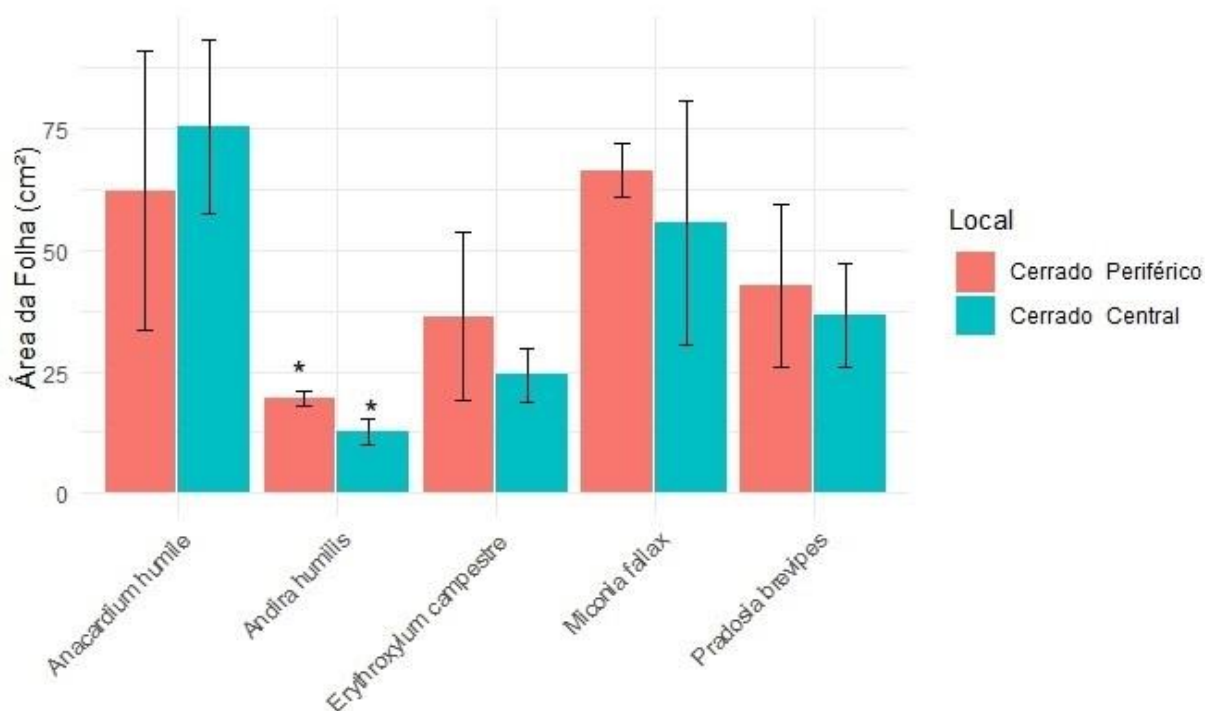


**Figura 05.** Largura foliar (cm). Barras com desvio padrão presentes, barras com asterístico denotam diferenças significativas entre as áreas ( $P < 0,05$ ).

Espécie \ Local	<i>Anacardium humile</i>	<i>Miconia Fallax</i>	<i>Andira humilis</i>	<i>Erythroxylum campestre</i>	<i>Pradosia brevipes</i>		
Cerrado Periférico	4,93	6,11	3,15	4,50	4,70		
Cerrado Central	5,19	5,72	2,89	3,50	3,86	Desvio Padrão	1,48

**Tabela 02.** Médias do Largura foliar (cm) para cada uma das espécies em suas respectivas áreas e o valor do Desvio Padrão.

A área foliar não diferiu para a maioria das espécies estudadas variando entre 108,94 (*Anacardium humile* em Assis) e 9,36 (*Andira humilis* em Brasília) cm<sup>2</sup> entre todas as espécies, porém houve diferença significativa somente para a espécie *Andira humilis*, que teve maior comprimento foliar na região periférica, em Assis – SP (Figura 4).



**Figura 06.** Área foliar (cm<sup>2</sup>). Barras com desvio padrão presentes, barras com asterístico denotam diferenças significativas entre as áreas ( $P = <0,05$ ).

Espécie \ Local	<i>Anacardium humile</i>	<i>Miconia Fallax</i>	<i>Andira humilis</i>	<i>Erythroxylum campestre</i>	<i>Pradosia brevipes</i>		
Cerrado Periférico	62,18	66,47	19,52	36,28	42,78		
Cerrado Central	60,30	52,60	13,37	19,47	36,54	Desvio Padrão	24,24

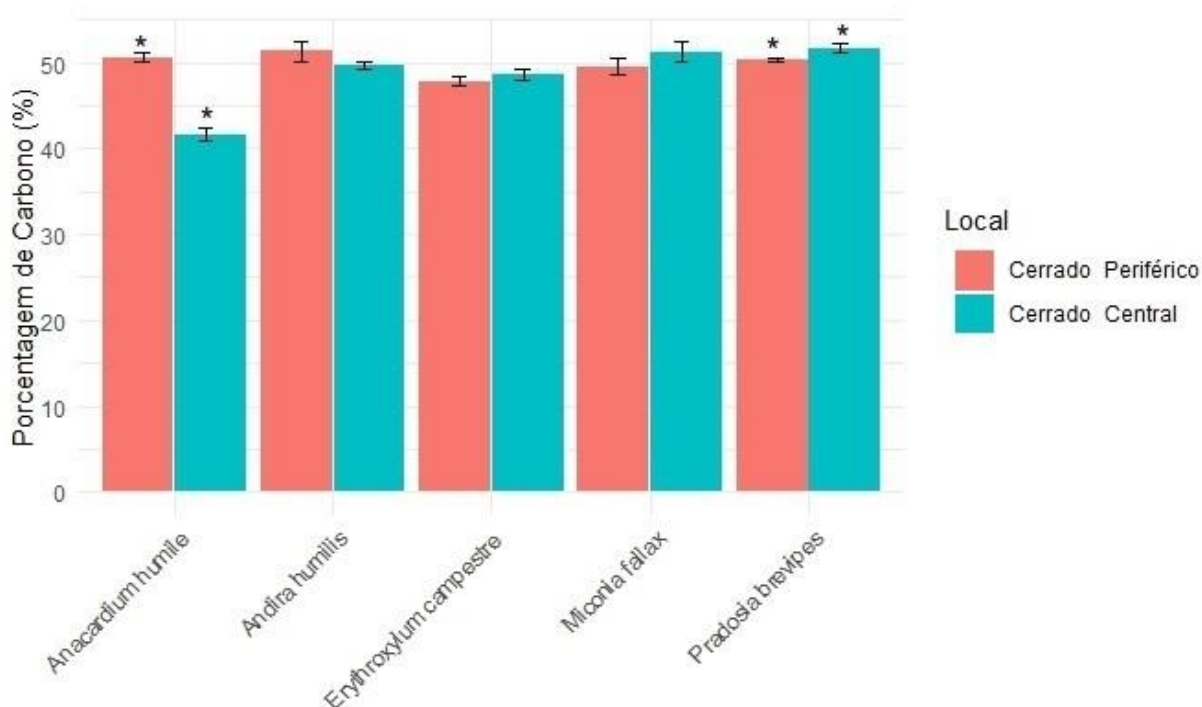
**Tabela 03.** Médias do Área foliar (cm<sup>2</sup>) para cada uma das espécies em suas respectivas áreas e o valor do Desvio Padrão.

As características morfológicas como comprimento foliar, largura foliar e área foliar estão atrelada à diversos mecanismos ligados a adaptação da eficiência fotossintética e também economia foliar com relação a obtenção de recursos (WRIGHT et al, 2004), pois quanto maior a área foliar, maior a capacidade fotossintética e teor de nutrientes foliares (ALVIM et al, 2010; WRIGHT et al, 2004). No entanto, a maioria dos parâmetros morfológicos não se diferenciaram entre as áreas estudadas. Segundo Wang et al (2022), que desenvolveu um estudo com árvores, arbustos e lianas na China, afirmou que aspectos morfológicos apresentam uma variação pequena, de forma que as modificações são pouco dependentes de variáveis climáticas locais. Ainda segundo os autores, somente 8% das espécies estudadas em seu artigo apresentaram algum tipo de variação. Somente uma das espécies estudadas aqui apresentaram uma diferença significativa dentre todas as espécies amostradas (*Andira humilis* teve diferença estatística para comprimento, largura e área foliar, enquanto que outras espécies também tiveram diferença mas somente em um dos componentes morfológicos – comprimento foliar para as espécies *E. Campestre* e *M. fallax*).

Os resultados nos mostraram que dentro das espécies que tiveram uma diferença estatística, os maiores valores, seja de comprimento, área ou largura foliar era dos indivíduos localizados na região periférica do Cerrado (Assis). Segundo Souza et al. (2015) um estudo desenvolvido com espécie arbóreas, este processo está atrelado à uma maior esclerofilia foliar das plantas do Cerrado central (Brasília), que possuem este padrão por conta de uma maior sazonalidade e menor disponibilidade de nutrientes no solo nesta região, em comparação com regiões periféricas que tem maior disponibilidade hídrica, contudo neste estudo identificamos que em herbáceas essa resposta não ocorre em todas as espécies, mas somente em uma das espécies, diferente do que ocorre com as arvores.

#### 4.2 Composição Química Foliar (Porcentagem de Carbono, Nitrogênio, Potássio, Fósforo, Cálcio e Magnésio)

A quantidade de carbono foliar diferiu para algumas espécies estudadas, que variou para as espécies e o seu local de amostragem. *Anacardium humile* apresentou maiores valores para a região periférica, enquanto que *Pradosia brevipes*, apresentou maior valor em Brasília – DF. Os valores de C foliar variaram entre 52,51% e 41,25% (Figura 5).

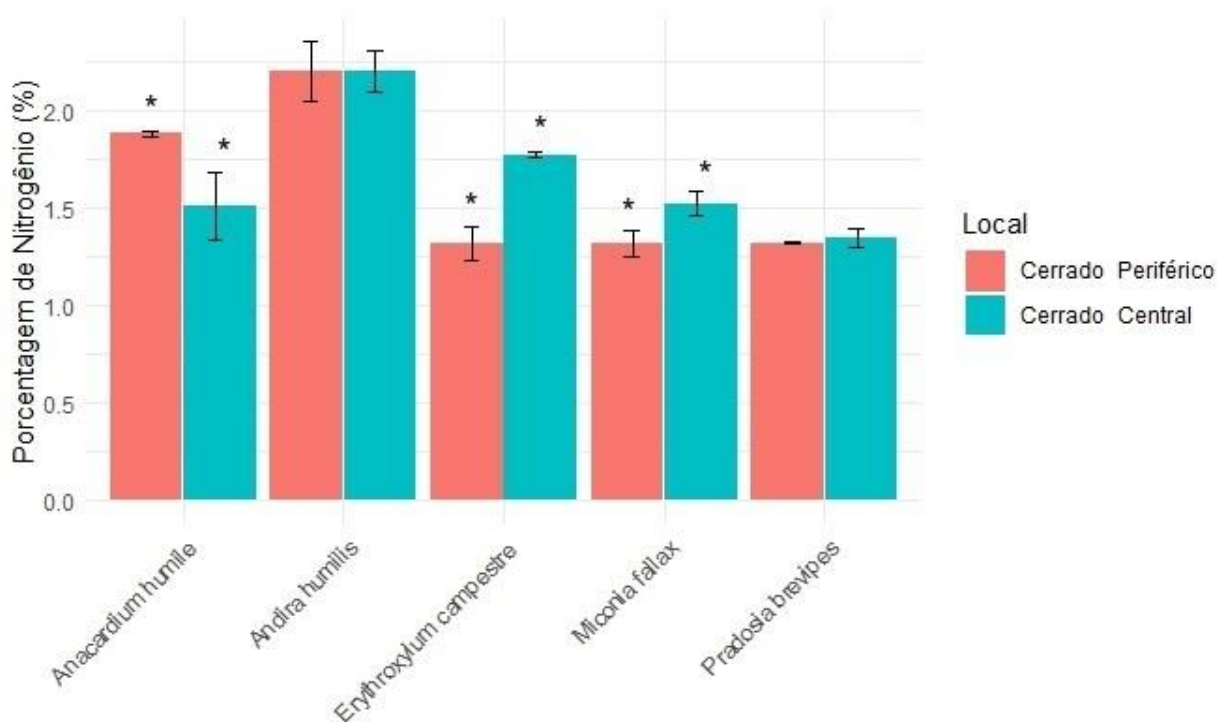


**Figura 07.** Percentagem de carbono (%). Barras com desvio padrão presentes, barras com asterístico denotam diferenças significativas entre as áreas ( $P = <0,05$ ).

Espécie \ Local	<i>Anacardium humile</i>	<i>Miconia Fallax</i>	<i>Andira humilis</i>	<i>Erythroxylum campestre</i>	<i>Pradosia brevipes</i>		
Cerrado Periférico	50,58	49,55	51,32	47,86	50,29		
Cerrado Central	41,65	51,26	49,72	48,62	51,66	Desvio Padrão	2,84

**Tabela 04.** Médias da porcentagem de carbono (%) para cada uma das espécies em suas respectivas áreas e o valor do Desvio Padrão.

Com relação a porcentagem de nitrogênio, esta diferiu para a maioria das espécies estudadas, sendo que para *Erythroxylum campestre* e *Miconia fallax* sua maior porcentagem foi encontrada em Brasília enquanto que para *Anacardium humile* foi em Assis (Figura 5). Além disso os valores totais variaram de 2,38% com *Andira humilis* em Assis e 1,22% com *Erythroxylum Campestre* em Assis (Figura 6).

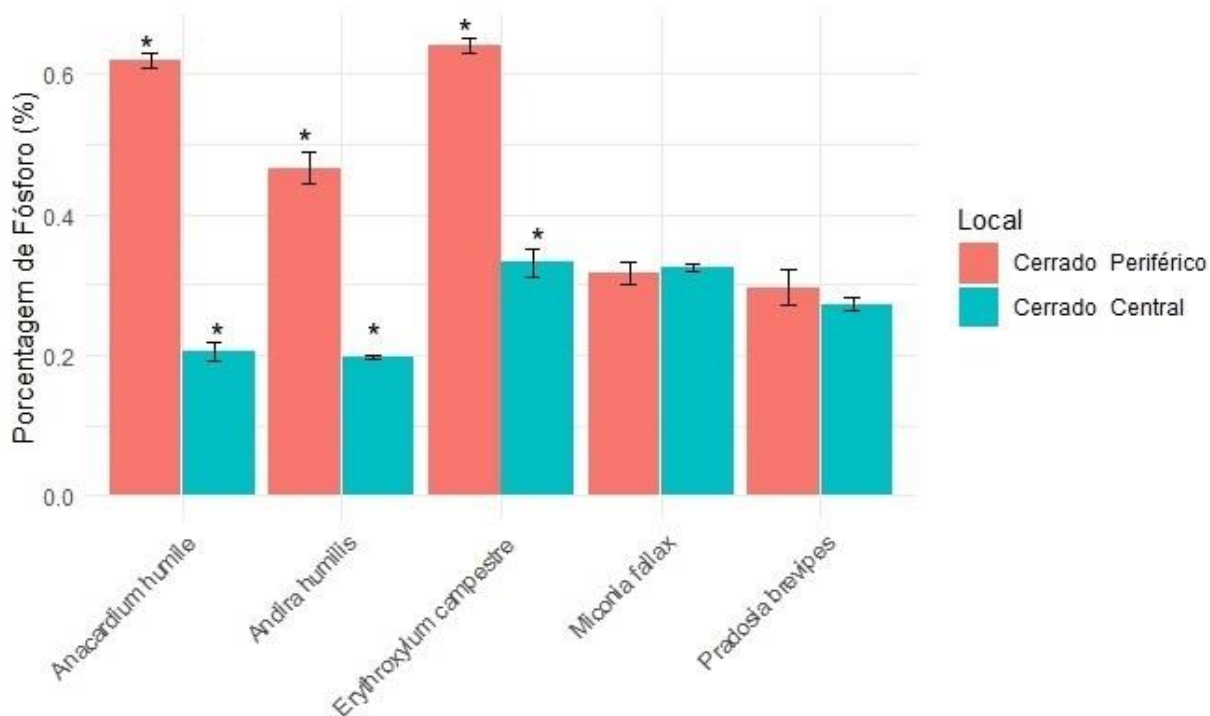


**Figura 08.** Porcentagem de nitrogênio (%). Barras com desvio padrão presentes, barras com asterístico denotam diferenças significativas entre as áreas ( $P = <0,05$ ).

Espécie \ Local	<i>Anacardium humile</i>	<i>Miconia Fallax</i>	<i>Andira humilis</i>	<i>Erythroxylum campestre</i>	<i>Pradosia brevipes</i>		
Cerrado Periférico	1,88	1,32	2,20	1,32	1,32		
Cerrado Central	1,51	1,52	2,20	1,77	1,35	Desvio Padrão	0,34

**Tabela 05.** Médias da porcentagem de nitrogênio (%) para cada uma das espécies em suas respectivas áreas e o valor do Desvio Padrão.

A Porcentagem de fósforo diferiu para a maioria das espécies estudadas. *Anacardium humile*, *Andira humilis* e *Erythroxylum campestre* tiveram maior porcentagem na área periférica (Assis). A faixa de variação para este nutriente esteve entre 0,65% com *Erythroxylum Campestre* em Assis e 0,19% com *Anacardium humile* e *Andira humilis*, ambos em Brasília (Figura 7).

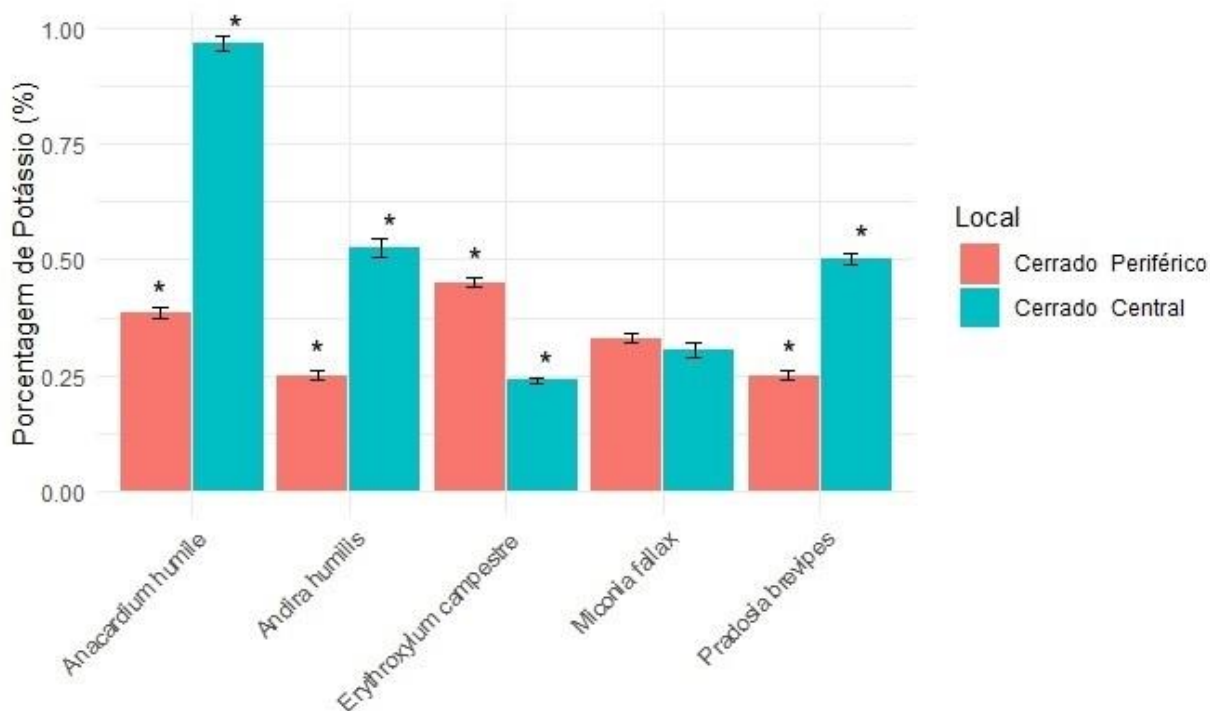


**Figura 09.** Percentagem de fósforo (%). Barras com desvio padrão presentes, barras com asterístico denotam diferenças significativas entre as áreas ( $P = <0,05$ ).

Espécie	<i>Anacardium humile</i>	<i>Miconia Fallax</i>	<i>Andira humilis</i>	<i>Erythroxylum campestre</i>	<i>Pradosia brevipes</i>		
Local							
Cerrado Periférico	0,62	0,32	0,47	0,64	0,30		
Cerrado Central	0,20	0,31	0,20	0,33	0,27	Desvio Padrão	0,15

**Tabela 06.** Médias da porcentagem de fósforo (%) para cada uma das espécies em suas respectivas áreas e o valor do Desvio Padrão.

Para o potássio, foram encontradas o maior número de diferenças significativas das espécies estudadas. *Anacardium humile*, *Andira humilis* e *Pradosia brevipes* apresentaram maiores valores para a área central (Brasília – DF) enquanto que *Erythroxylum campestre*, teve maior porcentagem na área periférica (Assis), além disso os valores totais variaram de 0,98% com *Anacardium humile* e 0,23% com *Erythroxylum campestre* ambos em Brasília (Figura 8).

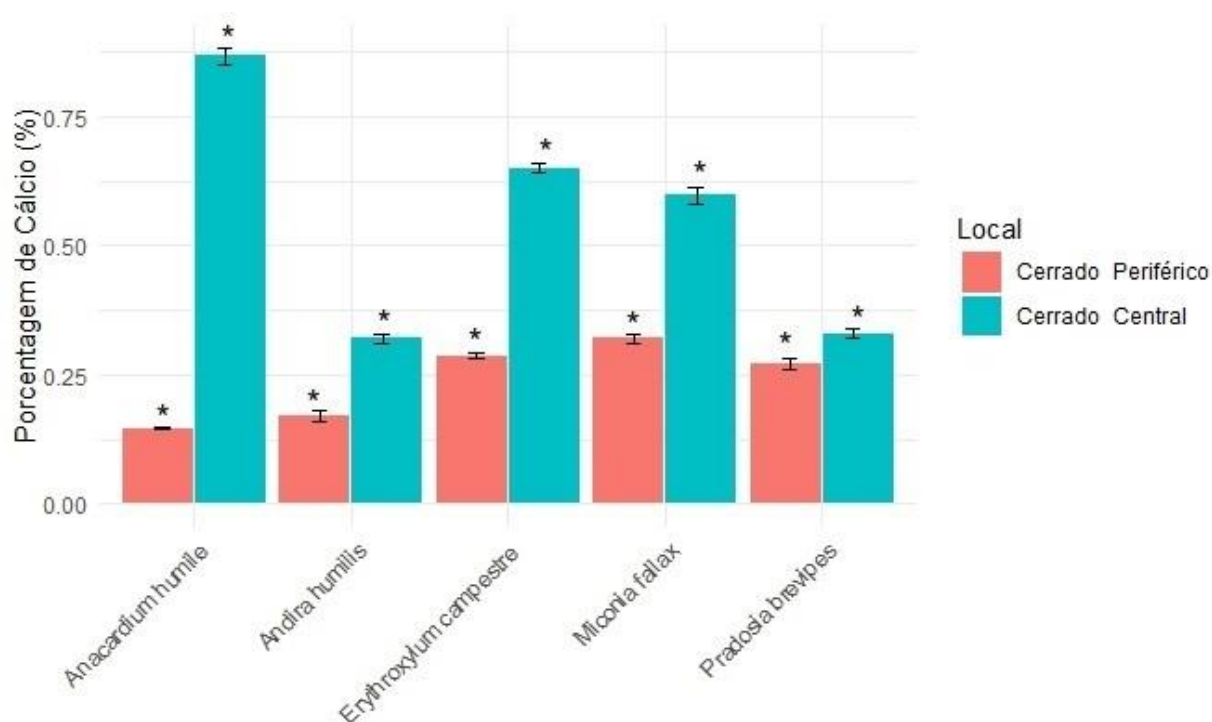


**Figura 10.** Percentagem de potássio (%). Barras com desvio padrão presentes, barras com asterístico denotam diferenças significativas entre as áreas ( $P = <0,05$ ).

Espécie \ Local	<i>Anacardium humile</i>	<i>Miconia Fallax</i>	<i>Andira humilis</i>	<i>Erythroxylum campestre</i>	<i>Pradosia brevipes</i>		
Cerrado Periférico	0,39	0,33	0,25	0,45	0,25		
Cerrado Central	0,97	0,31	0,53	0,24	0,50	Desvio Padrão	0,21

**Tabela 06.** Médias da porcentagem de potássio (%) para cada uma das espécies em suas respectivas áreas e o valor do Desvio Padrão.

A porcentagem de cálcio diferiu para todas as espécies estudadas sendo que a maior porcentagem com diferença estatística foi encontrada na área central (Brasília – DF) de cada uma das espécies, além disso os valores totais variaram de 0,88% com *Anacardium humile* e 0,14%, também com *Anacardium humile* porém em Brasília e Assis, respectivamente (Figura 9).

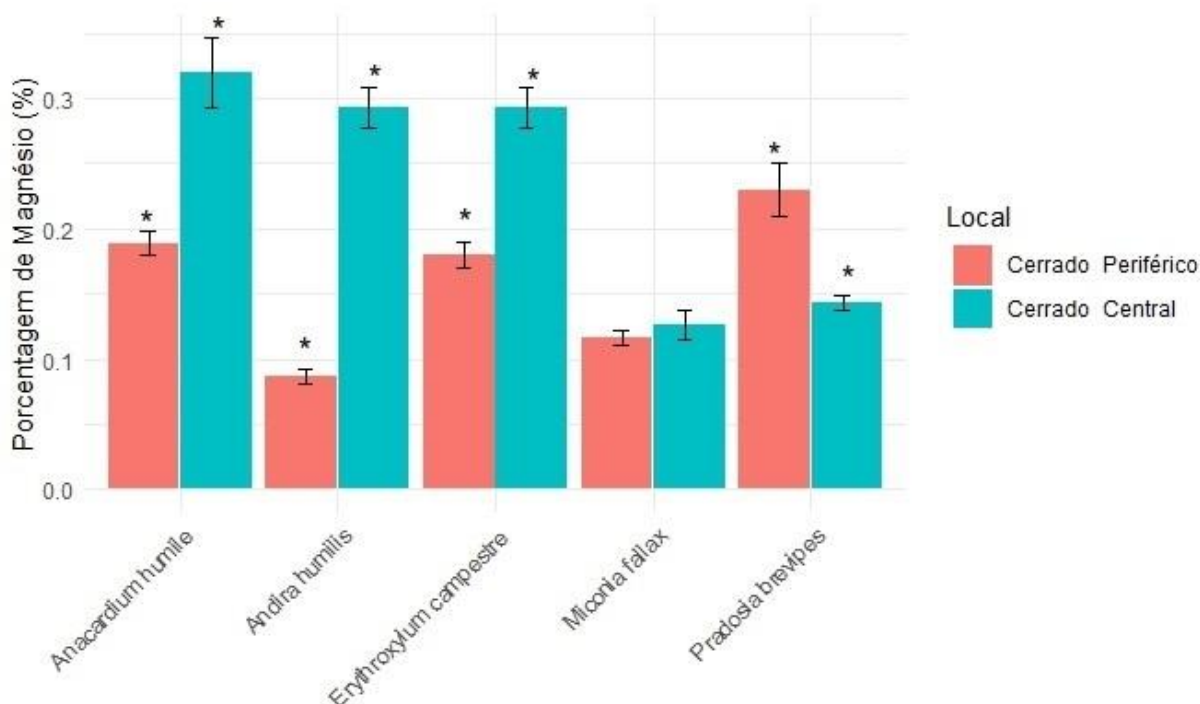


**Figura 11.** Percentagem de cálcio (%). Barras com desvio padrão presentes, barras com asterístico denotam diferenças significativas entre as áreas ( $P = <0,05$ ).

Espécie \ Local	<i>Anacardium humile</i>	<i>Miconia Fallax</i>	<i>Andira humilis</i>	<i>Erythroxylum campestre</i>	<i>Pradosia brevipes</i>		
Cerrado Periférico	0,15	0,32	0,17	0,65	0,27		
Cerrado Central	0,87	0,60	0,32	0,29	0,33	Desvio Padrão	0,22

**Tabela 07.** Médias da porcentagem de cálcio (%) para cada uma das espécies em suas respectivas áreas e o valor do Desvio Padrão.

A porcentagem de magnésio diferiu para a maioria das espécies estudadas sendo que a maior porcentagem com diferença estatística foi na área central (Brasília – DF) para a maioria, *Anacardium humile*, *Andira humilis* e *Erythroxylum campestre*, enquanto que para *Pradosia Brevipes* sua maior concentração foi obtida na área periférica (Assis-SP), além disso os valores totais variaram de 0,34% com *Anacardium humile* em Brasília e 0,08%, com *Andira humilis* em Assis (Figura 10).



**Figura 12.** Percentagem de magnésio (%). Barras com desvio padrão presentes, barras com asterístico denotam diferenças significativas entre as áreas ( $P = <0,05$ ).

Espécie \ Local	<i>Anacardium humile</i>	<i>Miconia Fallax</i>	<i>Andira humilis</i>	<i>Erythroxylum campestre</i>	<i>Pradosia brevipes</i>		
Cerrado Periférico	0,19	0,12	0,09	0,18	0,23		
Cerrado Central	0,32	0,13	0,29	0,29	0,14	Desvio Padrão	0,08

**Tabela 06.** Médias da porcentagem de fósforo (%) para cada uma das espécies em suas respectivas áreas e o valor do Desvio Padrão.

Os dados obtidos para os nutrientes demonstraram que há uma variação entre a quantidade em relação aos locais de amostragem das espécies sendo que em sua maioria apresentavam maior concentração dos compostos na região Central – Brasília, e que as respostas são específicas de acordo com o nutriente e dependem muito da espécie mais do que a região propriamente dita. A região periférica possui em sua maioria Latossolos arenosos, ácidos e de baixa fertilidade (JUHÁSZ et al. 2006) enquanto que os solos da região central (Brasília DF) são bem profundos, drenados, considerados latossolos distróficos fortemente ácidos, com alto conteúdo de alumínio, a presença da microbiota e sua associação com as plantas fortalecem o processo nutricional, como a fixação de compostos como carbono e nitrogênio e também uma maior disponibilidade de outros nutrientes (MENDES, 2010; CARDOSO & NOGUEIRA, 2007)

Além disso, estudo desenvolvido por Fan et al. (2024) com também plantas herbáceas localizadas em regiões cujo o clima oferece condições de alto estresse, como alta incidência solar e longa estiagem, tendem a ter um maior acúmulo dos nutrientes nitrogênio e carbono, e uma diminuição na assimilação de fósforo, para otimizar a fotossíntese e usar menos água durante o processo, dados que corrobora com os dados obtidos neste estudo. Tal assimilação apresentada condiz com a teoria do menor custo (PRENTICE et al. 2014; WRIGHT et al. 2003). Essa teoria é baseada em uma perspectiva, da qual, em ambientes com maior restrição de nutrientes e água, elas otimizam seu uso de recursos para maximizar sua obtenção de nutrientes e manter a suas funções fisiológicas.

Os nossos dados demonstraram que para essas espécies herbáceas no cerrado não ocorre desta forma, no qual há uma variação para a concentração dos elementos em cada espécie que no caso do carbono houve uma maior concentração em Brasília para a espécie *Pradosia brevipes*, o que condiz com os dados observados por Fan et al (2024) mas não foi observado na *Anacardium humile* que houve uma maior concentração na região periférica (Assis). A maior obtenção de carbono foliar está atrelado à um processo de escleromorfia da folha, que resulta numa estratégia de proteção da folha que pode otimizar a sua taxa de fotossíntese para equilibrar entre a perda d'água e a captação de CO<sup>2</sup> do ambiente, além de participar do crescimento e desenvolvimento foliar maior por mais que não foi observada diferenças morfológicas entre as áreas destas espécies (PINEDA-

GARCÍA, PAZ, & TINOCO-OJANGUREN, 2011; DONG et al, 2020).

Já para nitrogênio, além da *Anacardium humile* (que também teve maior concentração na região periférica assim como no carbono), duas espécies tiveram diferença entre as áreas com maior concentração na região central, *Erythroxylum campestre* e *Miconia Fallax*, o que condiz com os dados observado pela Fan et al (2024), do qual a *Erythroxylum campestre*, também teve uma diminuição na quantidade fósforo como aponta a teoria do menor custo, mas somente foi observado nesta espécie (PRENTICE et al. 2014; WRIGHT et al. 2003).

O fósforo foi um dos únicos elementos que, para as espécies que houve diferença entre as áreas, apresentou um padrão do qual todos tiveram maior concentração na região periférica (Assis), o que corrobora com a relação positiva entre a absorção de fósforo e de água, como Assis tem uma sazonalidade menor, ou seja, possui chuvas mais recorrentes durante o ano quando comparada com a região central ocorrerá uma maior quantidade de fósforo foliar (COSTA et al., 2006; SOUZA et al., 2015; FAN et al., 2024)

O cálcio, também seguiu um padrão, da qual todas as espécies obtiveram diferença entre os locais e com uma maior concentração na região do Cerrado Central para todas elas, este resultado está atrelado à um processo de sinalização de estresse, no caso estresse hídrico, intracelular, sinalização cujo o cálcio tem papel principal (TAIZ & ZEIGER, 2010).

Souza et al. (2015) em seu estudo com espécies arbóreas em diferentes áreas do Cerrado, observou uma relação entre a sazonalidade e essas espécies das quais na região periférica houve maior concentração dos componentes químicos avaliados, também, pelo presente projeto (carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo e magnésio) algo que não foi observado pelas espécies herbáceas de ocorrência nestas duas ecorregiões.

Demonstrando que a sazonalidade, ao contrario do que foi observado em outros estudos com diferentes grupos vegetais (FAN et al., 2024; SOUZA et al., 2015), não tem um efeito determinante na morfologia e composição química foliar para todas as espécies de herbáceas avaliadas neste projeto.

#### **4 CONCLUSÃO**

Sendo assim a ação da sazonalidade não tem uma ação nas características foliares seja na morfologia ou na composição de componentes químicos mas sim que as respostas das herbáceas, de ocorrência nestas duas ecorregiões do cerrado, são espécie-específicas.

## 5 REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. **Revista Do Serviço Público**, v. 40, n. 4, p. 41-56, 1983.

AGUIAR, L. M. de S.; CAMARGO, A. J. A. de. *Cerrado: ecologia e caracterização*. Brasília: **Embrapa Cerrados**, 2004.

ALVIM, K. R. de T., BRITO, C. H. de ., BRANDÃO, A. M., GOMES, L. S., & LOPES, M. T. G.. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. **Ciência Rural**, 40(5), 1017–1022, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000500003>

BEZERRA, A S. Considerações sobre Conservação da Biodiversidade nas Ecoregiões do Bioma Cerrado / Amanda Silva Bezerra; orientação de Edson Eyji Sano. Brasília, 2018. 84p. **Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília / Instituto de Geociências**, 2018.

BRUM, A J.A. Modernização da Agricultura: trigo e soja. **Petrópolis: Vozes.**;Ijuí: **FIDENE**, p. 31- 89, 1988

BOEGER, M. R., WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, V.26, n.1, p.61-72, 2003.

BUSTAMANTE M, NARDOTO G, PINTO A, RESENDE J, TAKAHASHI F, VIEIRA L. Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems. **Braz J Biol.** 2012Aug;72(3):655–71. Doi:10.1590/S1519-69842012000400005

CABACINHA C. D. & de CASTRO, S. S. Estrutura Diamétrica e Estado de Conservação de Fragmentos Florestais no Cerrado Brasileiro. **Floresta e Ambiente**; 17(1):51-62, 2010. doi:10.4322/floram.2011.001

CARLOS, N. A., ROSSATTO, D. R. Leaf traits combinations may explain the occurrence of savanna herbaceous species along a gradient of tree encroachment. **Theor. Exp. Plant Physiol**, 2017. 29:155–163 DOI 10.1007/s40626-017-0091-0.

CARDOSO, E. J. B. N. NOGUEIRA, M. A. A Rizosfera e seus Efeitos na Comunidade Icrobiana e na Nutrição de Plantas. **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. PIB do agronegócio brasileiro. **ESALQ**, 2024. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 16 out. 2024.

COLLI-SILVA M, IVANUASKAS NM, BAITELLO JB. Lista de espécies de plantas vasculares da Estação Ecológica de Assis. In: Catálogo de Plantas das Unidades de Conservação do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 2021. Disponível em: [<https://catalogo-ucs-brasil.jbrj.gov.br>]. Acesso em 22/11/2024

COSTA, J. P. V. da ., BARROS, N. F. de ., ALBUQUERQUE, A. W. de ., MOURA Filho, G., & SANTOS, J. R.. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, 10(4), 828–835, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000400007>

DE SOUZA, C. D. Comportamento ecofisiológico de espécies arbóreas nativas do Cerrado e exóticas. **Revista de Biologia Neotropical / Journal of Neotropical Biology**, Goiânia, v. 5, n. 1, p. 77–78, 2009. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/RBN/article/view/5633>. Acesso em: 31 out. 2024.

DINERSTEIN, E.; OLSON, D. M.; GRAHAM, D. J.; WEBSTER, A. L.; PRIMM, S. A.; BOOKBINDER, M. P.; LEDEC, G. Una evaluación del estado de conservación de las eco-regiones terrestres de América Latina y el Caribe. **Washington: WWF**, 135 p., 1995.

DONG, N., PRENTICE, I. C., WRIGHT, I. J., EVANS, B. J., TOGASHI, H. F., CADDY-RETALIC, S., MCINERNEY, F. A., SPARROW, B., LEITCH, E., & LOWE, A. J.. Components of leaf-trait variation along environmental gradients. **New Phytologist**, 228(1), 82-94, 2020. doi:10.1111/nph.16558

EDWARDS, C., READ, J. & SANSON, G. Characterising sclerophylly: some mechanical properties of leaves from heath and forest. **Oecologia** 123:158-167. 2000.

FAN, B., WESTERBAND, A. C., WRIGHT, I. J., GAO, P., DING, N., AI, D., TIAN, T., ZHAO, X., & SUN, K. (2024). Shifts in plant resource use strategies across climate and soil gradients in dryland steppe communities. **Plant and Soil**, 497, 277–296. doi: 10.1007/s11104-023-06401-z

Flora e Funga do Brasil. *Anacardium humili*. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 13/11/2024

FLORA DO BRASIL. Cerrado. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 10 dez. 2024.

FRANCO, J. B. S. O PAPEL DA EMBRAPA NAS TRANSFORMAÇÕES DO CERRADO. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 2, n. 3, p. 31–40, 2001. DOI: 10.14393/RCG2315258. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15258>. Acesso em: 31 out. 2024.

FRANCO, A.C. Ecophysiology of woody plants. In: Oliveira, P.S & Marquis, R.J.

2002. The cerrados of Brazil. **Columbia University Press**, New York. 178-197.

FRANCO, J. B. S. O PAPEL DA EMBRAPA NAS TRANSFORMAÇÕES DO CERRADO. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 2, n. 3, p. 31–40, 2001. DOI: 10.14393/RCG2315258. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15258>. Acesso em: 31 out. 2024.

GOLDENBERG, R.; BACCI, L.F.; CADDAH, M.K.; MEIRELLES, J. *Miconia in Flora e Funga do Brasil*. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 2021. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB19659>>. Acesso em: 15 nov. 2024

HEPLER, P. K. Calcium: a central regulator of plant growth and development. **Plant Cell**. 2005 Aug;17(8):2142-55. doi: 10.1105/tpc.105.032508.

HOFMANN, G. S., CARDOSO, M. F., ALVES, R. J., WEBER, E. J., BARBOSA, A. A., de TOLEDO, P. M., ... & de OLIVEIRA, L. F. The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. **Global Change Biology**, 27(17), 4060-4073, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro, **Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. 168 p. Relatórios metodológicos, v. 45, 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Inverno 2024: Brasília teve uma estação seca sem ocorrência de chuva. 2024. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/inverno-2024-bras%C3%ADlia-teve-uma-esta%C3%A7%C3%A3o-seca-sem-ocorr%C3%Aancia-de-chuva>. Acesso em: 22 nov. 2024.

Juhász, C.E.P., Cursi, P.R., Cooper, M., Oliveira, T.C. & Rodrigues, R.R. (2006) Soil water dynamics in a toposequence under Savanna Woodland (Cerradão) in

Assis, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 30: 401-412.

KREUZWIESER J AND GESSLER A. Global climate change and tree nutrition: influence of water availability. **Tree Physiol** 30: 1221-1234, 2010..

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

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

LEVITT LS. The role of magnesium in photosynthesis. **Science**. 1954 Jul 2;120(3105):33-5. doi: 10.1126/science.120.3105.33

LOIOLA, M.I.B., COSTA-LIMA, J.L. Erythroxylaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 2015.

MENDES, I. de C. 20 perguntas e respostas sobre fixação biológica de nitrogênio. **EMBRAPA – CERRADOS**, 19 p. 2010.

MENDONÇA R., FELFILI J., WALTER B., SILVA Jr. J.C., REZENDE A., Filgueiras T. & NOGUEIRA P. Flora vascular do Cerrado. In: S. Sano & S. Almeida (eds.). Cerrado. Ambiente e flora. pp. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa - Cerrados, Planaltina, Brasil**. P. 288-556. 1998.

MENDONÇA, R. C., FELFILI, J. M., WALTER, B. M. T., da JÚNIOR, M. C. S., REZENDE, A. V., de FILGUEIRAS, T. S., ... & FAGG, C. W. Flora vascular do bioma Cerrado. **Cerrado: ecologia e flora**. (Eds SM Sano, SP de Almeida, JF Ribeiro) pp, 1028-1059, 2008.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013. **MMA: Brasília**, 2015. 67 p.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. O Bioma Cerrado. **MMA: Brasília** Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br> . Acesso em: 31/10/2014

MYERS N, MITTERMEIER RA, MITTERMEIER CG, da FONSECA GA, KENT J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. Feb 24;403(6772):853-8, 2000. doi: 10.1038/35002501.

PINEDA-GARCÍA, F., PAZ, H., & TINOCO-OJANGUREN, C.. Morphological and physiological differentiation of seedlings between dry and wet habitats in a tropical dry forest. **Plant, Cell and Environment**, 34(9), 1536–1547, 2011. doi:10.1111/j.1365-3040.2011.02351.x

PINHEIRO, L.F.S., KOLB, R.M., ROSSATTO, D.R. Changes in irradiance and soil properties explain why typical non-arboreal savanna species disappear under tree encroachment. **Australian Journal of Botany** 64: 333-341, 2016.

PINTOR, M. S.. O efeito do fogo na produção de frutos carnosos em um fragmento de Cerrado / Matheus Shimamoto Pintor. -- **Rio Claro**, 2024 25 p. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/3e158199-9ecd-4118-ab37-efa088b10cfd/content>. Acesso em: 31/10/2024

PRENTICE IC, DONG N, GLEASON SM, MAIRE V, WRIGHT IJ. Balancing the costs of carbon gain and water transport: testing a new theoretical framework for plant functional ecology. **Ecol Lett** 17:82–91, 2014.

RAMOS, G.; CARDOSO, D.B.O.S.; PENNINGTON, R.T. *Andira in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro*, 2021. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB29443>>.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. *Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008.* Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/busca-de-publicacoes/-/publicacao/570911/cerrado-ecologia-e-flora>.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. *Plantas pequenas do Cerrado. Instituto Florestal, 2018* Disponível em: <https://arquivo.ambiente.sp.gov.br/publicacoes/2018/12/plantaspequenasdocerrado.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2024.

SCALON, M. C., REIS S. A., ROSSATO D. R. Shifting from acquisitive to conservative: the effects of *Phoradendron affine* (Santalaceae) infection in leaf morpho-physiological traits of a Neotropical tree species. **Australian Journal of Botany**. v.65. p. 31-37, 2017. DOI: 10.1071/BT16177.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE ASSIS. Plano de manejo Estação Ecológica de Assis. 2010

SONDA - Estação de Brasília. Estação de Brasília - Climatologia Local. **Estação Climatológica de Brasília, 2023.** Disponível em: [https://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/brasilia\\_clima.html](https://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/brasilia_clima.html). Acesso em: 13 nov. 2024.

SOUZA MC & HABERMANN G. 2012. Towards a new ecophysiological approach to understand citrus crop yield under abiotic stresses mirroring in the brazilian savanna genetic resources. **Intech**, p. 152-164, 2012. doi: 10.5772/31271

SOUZA MC, FRANCO AC, HARIDASAN M, ROSSATTO DR, ARAÚJO JFD, MORELLATO LPC, HABERMANN G.. The length of the dry season may be associated with leaf scleromorphism in cerrado plants. **An Acad Bras Ciênc.** 2015Sep;87(3):1691–9. Doi:10.1590/0001-376520150381

TAINAN M., MORAES M. D'A. *Pradosia brevipes* (SAPOTACEAE). **Lista Vermelha da Flora Brasileira: Centro Nacional de Conservação da Flora/ Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 2011.

TAIZ, L. ZEIGER E. *Plant Physiology*. **Oxford University Press**, 5<sup>o</sup> ed, 2010

TANNUS, J. L. S; ASSIS, M. A. Composição de espécies vasculares de campo sujo e campoúmido em área de cerrado, Itirapina-SP, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, p. 489-506, 2004

WEISER, V. de L.; GODOY, S. A. P. de. Floristic composition in a hectare of cerrado stricto sensu hectare in the ARIE-Cerrado Pé-de-Gigante, Santa Rita do Passa Quatro, SP. **Acta botanica brasílica**, v. 15, n. 2, p. 201-212, 2001.

WRIGHT IJ, REICH PB AND WESTOBY M. Strategy shifts in leaf physiology, structure and nutrient content between species of high-and-low-rainfall and high and low-nutrient habitats. **Func Ecol** 15: 423-434, 2001.

WRIGHT IJ, REICH PB, WESTOBY M. Least-cost input mixtures of water and nitrogen for photosynthesis. **Am Nat** 161:98–111, 2003.

WRIGHT, .J.; REICH, P.B.; WESTOBY, M.; ACKERLY, D.D.; BARUCH, Z.; BONERS, F.; CAVENDAR-BARES, J.; CHAPIN, T.; CORNELISSEN, J.H.C.; DIEMER, M.; FLEXAS, J.; GARNIER, E.; GROOM, P.K.; GULIAS.J.; HIKOSAKA, K.; LAMONT, B.B.; LEE, T.; LEE,B.; LUSK, C.; MID GLEY, J.J.; NAVAS, M-L.; NIINEMETS, Ü.; OLEKSYN, J.; OSADA, N.; POORTER, H.; POOT, P.; PRIOR, L.; PIANKOV, V.I.; ROUMET, C.; THOMAS, S.C.; TJOELKER,M.G.; VENEKLAAS, E.J.& VILLAR, R. The leaf economics spectrum worldwide. **Nature** 428:821-827, 2004..

PRIOR LD, BOWMAN DMJS AND EAMUS D. Intra-specific variation in leaf attributes of four savanna tree species across a rainfall gradient in tropical Australia.

**Aust J Bot** 53: 323-335, 2005.