

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS RIO VERDE BACHARELADO EM
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**TOLERÂNCIA À SECA E ALTAS TEMPERATURAS EM
ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DO CERRADO EM UM
CENÁRIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Jeviny Lopes Mendes

Junho/2025
Rio Verde – GO

Jeviny Lopes Mendes

**TOLERÂNCIA À SECA E ALTAS TEMPERATURAS EM
ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DO CERRADO EM UM
CENÁRIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Projeto de Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia Goiano -
Campus Rio Verde, como parte das
exigências da disciplina “Trabalho de
Curso II”, do curso de Bacharelado em
Ciências Biológicas.

Orientadora: *Fernanda dos Santos Farnese*

Coorientador: *Jobber Condé Evangelista de Freitas*

Junho/2025

Rio Verde – GO

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

L864t Lopes Mendes, Jeviny
 Tolerância à seca e altas temperaturas em espécies arbóreas
 nativas do Cerrado em um cenário de mudanças climáticas. /
 Jeviny Lopes Mendes. Rio Verde 2025.

 21f. il.

 Orientadora: Prof^ª. Dra. Fernanda dos Santos Farnese.
 Coorientador: Prof. Dr. Jober Condé Evangelista de Freitas.
 Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0120054 -
 Bacharelado em Ciências Biológicas - Integral - Rio Verde
 (2018/1) (Campus Rio Verde).
 I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: | |

Nome Completo do Autor: Jeviny Lopes Mendes

Matrícula: 2021102230540131

Título do Trabalho: Tolerância à seca e altas temperaturas em espécies arbóreas nativas do Cerrado em um cenário de mudanças climáticas.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 27/06/25

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 27 de Junho de 2025

Documento assinado digitalmente
 JEVINY LOPES MENDES
Data: 27/06/2025 14:44:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 34/2025 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos vinte e cinco dias do mês de Junho de 2025, às 15 horas e 00 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Fernanda dos Santos Farnese (orientadora), Letícia Ferreira Sousa (membro) e Paulo Eduardo de Menezes Silva (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "Tolerância à seca e altas temperaturas em espécies arbóreas nativas do Cerrado em um cenário de mudanças climáticas" do estudante Jeviny Lopes Mendes, Matrícula nº 2021102230540131 do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Fernanda dos Santos Farnese

Orientadora

(Assinado Eletronicamente)

Letícia Ferreira Sousa

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Paulo Eduardo de Menezes Silva

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Fernanda dos Santos Farnese**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 26/06/2025 16:25:04.
- **Paulo Eduardo de Menezes Silva**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 26/06/2025 16:31:03.
- **Leticia Ferreira de Sousa**, 2023202344060002 - Discente, em 26/06/2025 16:36:33.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/06/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 720593

Código de Autenticação: 9a779ef055



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3624-1000

LISTA SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIações

A - Taxa de assimilação líquida de carbono

ANOVA – Análise de variância.

A/Ci - Eficiência de carboxilação;

A/E - Eficiência do uso da água.

Ci - Conteúdo interno de CO₂.

C_TLP - Capacitância no ponto de perda de turgor.

C_FT - Capacitância no turgor pleno.

Curva de pressão volume (pv).

E – Taxa transpiratória.

gs – Condutância estomática.

Ψ_{am} - Potencial hídrico antemanhã.

Ψ_{md} - Potencial hídrico meio-dia.

Fv/Fm - Fluorescência da clorofila a.

SWC - Conteúdo saturado de água.

IP – Índice de plasticidade.

T50 - temperatura na qual 50% da fluorescência foi inibida.

RESUMO

O Cerrado, o segundo maior bioma do Brasil, é um importante hotspot de biodiversidade, mas também a savana mais ameaçada do mundo devido à expansão do agronegócio e às mudanças climáticas. O aumento da temperatura e a redução da umidade, sobretudo nos últimos 60 anos, têm impactado a fisiologia das espécies vegetais, ameaçando sua capacidade adaptativa e, consequentemente, a conservação da biodiversidade. Plantas do Cerrado, adaptadas a um regime climático de estações seca e chuvosa bem definidas, apresentam uma série de mecanismos fisiológicos para lidar com a escassez de água. No entanto, as mudanças climáticas globais têm ocorrido em um ritmo muito superior à capacidade de adaptação das espécies, o que pode levá-las a um limite crítico de sobrevivência. O presente estudo visa analisar a plasticidade associada aos determinantes de termotolerância em espécies decíduas e sempre-verdes ao longo das estações, buscando compreender como essas plantas respondem ao aumento da temperatura global. Os resultados indicam que, embora algumas espécies exibem estabilidade em seus processos fisiológicos, outras demonstram maior plasticidade foliar, ajustando-se às variações de temperatura e disponibilidade hídrica. Temperaturas acima de 40 °C já se mostraram prejudiciais às folhas, evidenciando que o aparato fotossintético é mais sensível ao aquecimento, o que ressalta a importância de continuar investigando essas respostas para prever os impactos das mudanças climáticas e desenvolver estratégias de conservação adequadas para a flora do Cerrado.

Palavras-chave: Cerrado, Termotolerância, Plasticidade, Biodiversidade

ABSTRACT

The Cerrado, Brazil's second largest biome, is a critical biodiversity hotspot but also the most threatened savanna in the world due to the expansion of agribusiness and climate change. Rising temperatures and decreasing humidity, particularly over the last 60 years, have affected the physiology of plant species, threatening their adaptive capacity and, consequently, biodiversity conservation. Cerrado plants, adapted to a climate with well-defined dry and wet seasons, possess various physiological mechanisms to cope with water scarcity. However, global climate change is progressing much faster than species can adapt, potentially pushing them to a critical survival threshold. This study aims to analyze the plasticity associated with thermotolerance determinants in deciduous and evergreen species throughout the seasons, seeking to understand how these plants will respond to rising global temperatures. The results indicate that while some species exhibit stability in their physiological processes, others show greater leaf plasticity, adjusting to variations in temperature and water availability. Temperatures above 40 °C have already been shown to harm leaves, highlighting that the photosynthetic apparatus is particularly sensitive to warming. This underscores the importance of further investigating these responses to predict climate change impacts and develop appropriate conservation strategies for the Cerrado flora.

Keywords: Cerrado, Thermotolerance, Plasticity, Biodiversity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dados de temperatura e precipitação do período experimental..... 10

Figura 2 – Variáveis de status hídrico avaliadas em espécies nativas do Cerrado em duas estações. A) Potencial hídrico da antemanhã (Ψ_{am}) ; B) Teor relativo de água (TRA) na antemanhã; C) Potencial hídrico ao meio-dia (Ψ_{md}), D) Teor relativo de água (TRA) ao meio-dia. Barras vermelhas e azuis representam plantas na seca e chuvosa, respectivamente. Letras maiúsculas comparam as espécies entre si, dentro de uma mesma estação. Letras minúsculas comparam as estações seca e chuvosa para cada espécie. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ($P > 0,05$). 13

Figura 3 – Variáveis de trocas gasosas avaliadas em espécies nativas do Cerrado em duas estações. (A). fotossíntese; (E). transpiração; (Ci). concentração interno de CO_2 ; (A/Ci). eficiência de carboxilação; (A/E). eficiência no uso da água; (gs) condutância estomática. Barras vermelhas e azuis representam plantas na seca e chuvosa, respectivamente. Letras maiúsculas comparam as espécies entre si, dentro de uma mesma estação. Letras minúsculas comparam as estações dentro de cada espécie. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ($P > 0,05$). 14

Figura 4 – Curva de termotolerância do rendimento quântico potencial do fotossistema II em quatro espécies nativas do Cerrado em estações seca e chuvosa. (F_v/F_m) fluorescência da clorofila a. Barras vermelhas e azuis representam plantas na seca e chuvosa, respectivamente. Linhas contínuas representam médias das espécies, a porção sombreada indicam o intervalo de confiança de 95%. 16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espécies analisadas no trabalho. 10

Tabela 2 - Curva de pressão volume (p_v) das variáveis Conteúdo saturado de água (SWC); Capacitância no ponto de perda de turgor (C_TLP); Capacitância no turgor pleno (C_FT), para diferentes espécies em duas estações (seca e chuvosa). Letras maiúsculas comparam as espécies entre si, dentro de uma mesma estação. Letras minúsculas comparam as estações dentro de cada espécie. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ($P > 0,05$).
..... 16

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, as agências de fomento CAPES e CNPQ, expresso minha gratidão pelo ambiente acadêmico e científico que me proporcionou as ferramentas necessárias para desenvolver não apenas este trabalho, mas também meu crescimento como profissional e como ser humano. Foram momentos de aprendizado e descobertas que levarei para a vida.

À minha orientadora, Prof.^a Fernanda Farnese, faltam palavras para descrever minha gratidão. Sua paciência infinita, sabedoria inquestionável e apoio constante foram fundamentais para que eu pudesse trilhar este caminho cheio de desafios. Você me ensinou muito além do conteúdo acadêmico – me mostrou a importância da persistência, da curiosidade científica e da humildade em aprender sempre. Este trabalho é, em grande parte, um reflexo da sua orientação cuidadosa e dedicada.

Ao meu co-orientador Jober Condé, agradeço imensamente pela confiança depositada em mim e por me instigar a ir além dos meus limites. Ao Prof. Paulo Menezes Silva que se tornou um amigo e uma fonte de conhecimento valiosa ao longo dessa jornada. Sua ajuda, suas conversas e conselhos foram importantes para ampliar minha visão e agregar muito ao meu aprendizado.

Agradeço ao Laboratório de Estudos Aplicados em Fisiologia Vegetal (LEAF), e toda a equipe. As experiências vividas no laboratório, os colegas de trabalho, e todo o suporte técnico e estrutural foram indispensáveis para a concretização deste projeto.

À minha família, especialmente aos meus pais Divino Aparecido Mendes e Sandra Lopes de Araújo, que sempre acreditaram em mim, mesmo quando eu duvidava. Vocês são meu porto seguro, minha base, e sem o amor e incentivo incondicionais de vocês, essa conquista não seria possível. Obrigado por cada palavra de apoio, por cada abraço de conforto, e por estarem ao meu lado em todos os momentos, bons ou difíceis.

Aos meus amigos Isabella, Gesley, Gustavo, Amanda Isabel, Valdeir, Brenner, Jamily e as minhas primas Géssica e Andréia que ao longo dessa jornada foram mais do que companheiros, mas verdadeiros pilares. Vocês me animaram nas horas de desânimo, me deram forças quando as minhas faltaram, e celebraram comigo cada pequena vitória. Obrigado por cada conversa, cada gesto de carinho e por acreditarem no meu potencial.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivo geral	9
2.2 Objetivos específicos	9
3 MATERIAIS E MÉTODOS	9
3.1 Design Experimental.....	9
3.2 Relações Hídricas.....	10
3.2.1 <i>Potencial hídrico na antemanhã e ao meio dia</i>	10
3.2.2 <i>Curva de termotolerância e margem de segurança fotossintética termal</i>	11
3.3 Análises fisiológicas	11
3.3.1 <i>Trocas gasosas</i>	11
3.3.2 <i>Curva de pressão volume (pv)</i>	11
3.4 Análises estatísticas.....	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	17
6 REFERÊNCIAS	17

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O domínio Cerrado é caracterizado por ser o segundo maior em extensão do país, compreendendo cerca de 25% de todo o território brasileiro. Com um clima tropical, esse domínio apresenta duas estações bem definidas, divididas em uma estação seca, com três a sete meses de duração, com precipitação média de 33,2 mm mensais, e outra de chuvas constantes, com média de 229,5 mm mensais (Pereira et al.; 2011). Apesar de ser um dos maiores hotspots de biodiversidade mundial (Myers et al., 2000; Resende e Guimarães, 2007), o Cerrado é também a savana mais ameaçada do mundo, o que se deve sobretudo às ações antrópicas, como a baixa proteção legal aliada à expansão do agronegócio (Sano et al., 2019). A elevada remoção de cobertura vegetal no Cerrado tem imposto ainda um outro desafio para as plantas: a intensificação das mudanças climáticas. De fato, nos últimos 60 anos a temperatura média no Cerrado aumentou entre 2,2 e 4 °C na estação seca, enquanto a umidade diminuiu em aproximadamente 15%, valores muito acima dos anteriormente previstos por modelagem climática (Hofmann et al., 2023). Essas alterações impactam diretamente os aspectos fisiológicos e adaptativos das espécies, o que compromete a conservação e a manutenção da biodiversidade, podendo resultar na mortalidade e no consequente desaparecimento de até 25% das espécies nativas (Cordeiro et al., 2008; Souza et al., 2014).

Eventos de mortalidade de espécies vegetais em decorrência de aumentos na temperatura e eventos de seca têm sido documentados em todo o mundo, desencadeando alterações substanciais na estrutura e funcionamento dos ecossistemas (McDowell et al., 2022). O principal processo responsável pela morte vegetal durante a restrição hídrica consiste na falha hidráulica, devido à ocorrência de eventos de embolismo. Para prevenir uma falha hidráulica causada pela falta de água, uma das respostas fisiológicas iniciais das plantas sob condições de seca é reduzir as taxas de transpiração, o que inclui o fechamento dos estômatos e a consequente diminuição da condutância estomática (g_s) (Schymansk et al, 2013; Menezes-Silva et al., 2017). Eventos de seca comumente ocorrem associados a incrementos na temperatura. Quando expostas a altas temperaturas, as plantas aumentam a produção de compostos osmoprotetores para proteger suas células e ativam sistemas antioxidantes para neutralizar as espécies reativas de oxigênio (ROS), que aumentam com o estresse térmico e podem causar danos celulares e comprometer os principais processos fisiológicos vegetais, como a fotossíntese (BARROS et al, 2021). O T_{50} representa a temperatura na qual a eficiência máxima da fotossíntese (avaliada pela razão F_v/F_m da fluorescência da clorofila) é reduzida em 50%. Esse valor é fundamental para compreender a tolerância térmica das plantas, especialmente em cenários de estresse causado por altas temperaturas. Essas respostas ajudam as plantas a sobreviverem em ambientes quentes, mas podem afetar negativamente sua produtividade (Perez et al, 2023; Barbosa et al, 2023). O grau com o qual uma determinada espécie será afetada pelas mudanças climáticas, particularmente

pelos aumentos na temperatura e pela restrição hídrica depende, portanto, de uma complexa rede de processos interdependentes que envolvem a termotolerância, a perda de água pelas plantas, a existência de armazenamentos internos de água, a tolerância do xilema à seca e a privação de carbono (Blackman et al., 2016; McDowell et al., 2022).

A intensificação simultânea de estresses como seca e altas temperaturas é particularmente prejudicial para as plantas porque esses fatores interagem de maneira sinérgica, amplificando os danos individuais. Reduções na transpiração foliar, por exemplo, embora essenciais para proteger as plantas durante a restrição de água no solo, também tornam as folhas mais sensíveis às variações de temperatura, uma vez que impedem que mecanismos de resfriamento ocorram completamente, e podem provocar a senescência prematura das folhas (Fauset et al., 2018). De forma similar, a queda na fixação de carbono, causada pelo fechamento dos estômatos em resposta à seca, pode ser maximizada pelos danos causados no aparato fotossintético pelas altas temperaturas (Sato et al., 2024). Em relação às plantas do Cerrado, decréscimos no resfriamento foliar devido ao fechamento estomático durante a estação seca teoricamente não ocasionariam danos extensos às plantas no que se refere à segurança térmica, uma vez que a estação seca ocorre justamente nos meses mais frios do ano. Nos últimos anos, no entanto, aumentos na temperatura têm ocorrido sobretudo durante a estação seca (Hofmann et al., 2023), impondo um novo desafio às plantas do Cerrado. É possível, portanto, que os mesmos traços foliares que aumentam a tolerância à seca e a margem de segurança hidráulica, e que foram selecionados ao longo de séculos de evolução nas plantas do Cerrado, comprometam a sobrevivência das espécies em um cenário de mudanças climáticas, diminuindo a margem de segurança térmica. Até o momento, no entanto, existem poucas informações disponíveis sobre a termotolerância de plantas nativas do Cerrado (Araújo et al., 2021).

Entender como as mudanças climáticas impactam na biologia das espécies vegetais é um passo importante não somente para a conservação dessas, mas dos domínios e ecossistemas como um todo, visto que a vegetação também regula fatores ecossistêmicos num ciclo que se retroalimenta entre ecossistemas conectados climaticamente (Malecha et al, 2024). Devido aos crescentes desafios que um mundo em aquecimento impõe para as plantas do Cerrado, e levando em consideração a importância da preservação da biodiversidade florística do Cerrado brasileiro, o presente trabalho visa caracterizar a plasticidade associada aos determinantes do status hídrico e da termotolerância em quatro espécies vegetais do Cerrado ao longo das estações seca e chuvosa. Foi testada a hipótese de que planta mais tolerantes à seca apresentam características que reduzem a perda de água e, conseqüentemente, são mais sensíveis a altas temperaturas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar a tolerância à seca e altas temperaturas em espécies arbóreas do Cerrado,

durante as estações seca e chuvosa, visando caracterizar a plasticidade dos componentes envolvidos nesse processo ao longo do ano.

2.2 Objetivos específicos

Dentre os objetivos específicos, pretende-se: (i) Caracterizar os potenciais hídricos na antemanhã e ao meio-dia de quatro espécies arbóreas do Cerrado, nas estações seca e chuvosa; (ii) Caracterizar as trocas gasosas de plantas do Cerrado nas estações seca e chuvosa; (iii) Caracterizar a curva de pressão-volume das espécies em ambas estações; (iv) Caracterizar a curva de termotolerância fotossintética de espécies do Cerrado nas estações seca e chuvosa.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Design Experimental

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, durante os meses de julho e agosto de 2023 (ápice da estação seca), e dezembro e janeiro de 2024 (estação chuvosa). As coletas foram realizadas no Jardim Botânico dessa Instituição e as amostras foram direcionadas ao Laboratório de Estudos Aplicados em Fisiologia Vegetal (LEAFv), onde as análises foram realizadas. Foram analisadas quatro espécies do Cerrado (*Eugenia dysenterica*, *Caryocar brasiliense*, *Curatella americana* e *Hymenaea courbaril*), sendo duas decíduas e duas sempre-verdes, conforme indicado na Tabela 1. Os dados biológicos foram analisados utilizando-se o teste T, a 5% de probabilidade na linguagem de programação R. Foram comparadas as médias das diferentes espécies em ambas as estações. Dados ambientais (Figura 1) foram obtidos a partir do site do Instituto Nacional de Meteorologia.

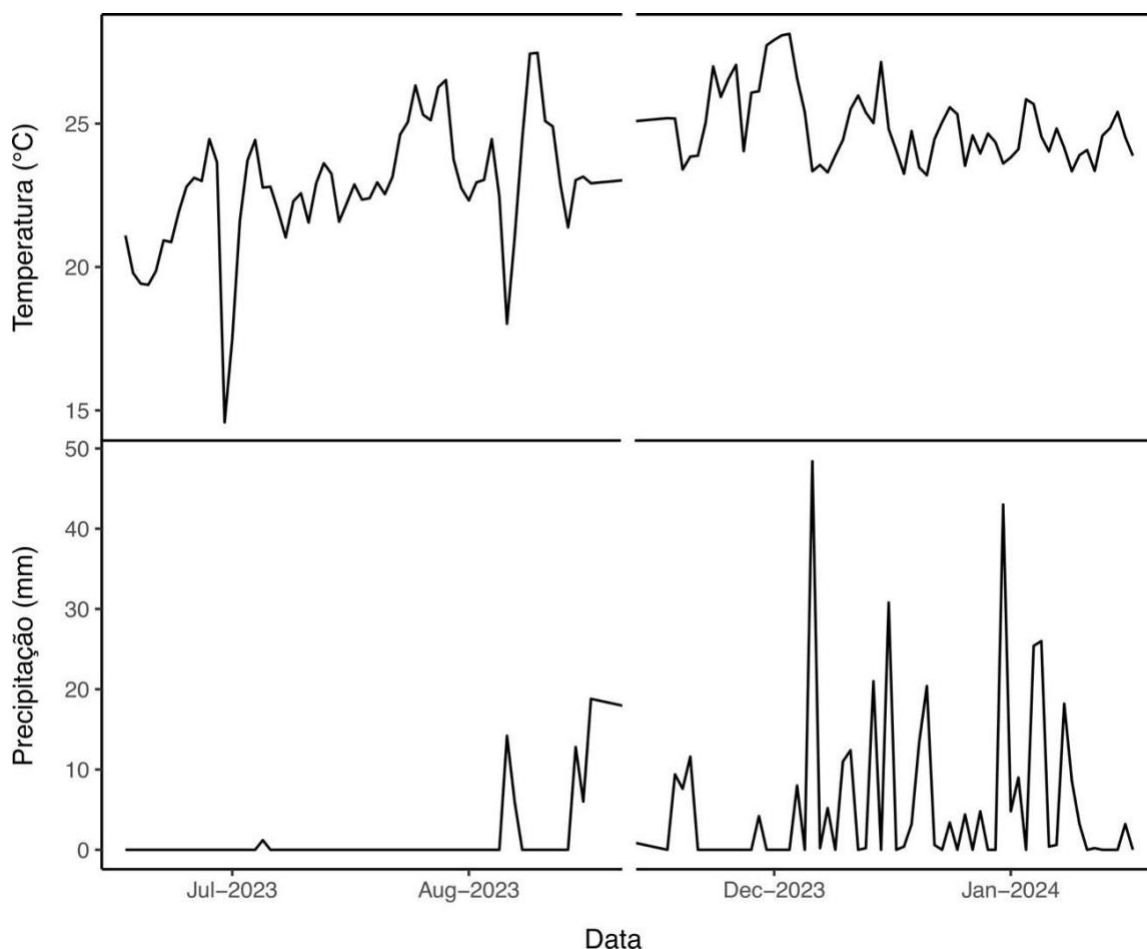


Figura 1 – Dados de temperatura e precipitação do período experimental.

Tabela 1. Espécies analisadas no trabalho.

Nome Popular	Nome Científico	Família	Grupo
Cagaita	<i>Eugenia dysenterica</i>	Myrtaceae	Sempre-verde
Jatobá	<i>Hymenaea coubaril</i>	Fabaceae	Sempre-verde
Pequi	<i>Caryocar brasiliense</i>	Caryocaraceae	Decídua
Lixeira	<i>Curatella americana</i>	Dilleniaceae	Decídua

3.2 Relações Hídricas

3.2.1 Potencial hídrico na antemanhã e ao meio dia

O potencial hídrico (Ψ_w) foliar foi aferido na antemanhã e ao meio-dia utilizando-se uma bomba de pressão do tipo Scholander. Para as coletas ao meio-dia, as folhas coletadas foram previamente cobertas com papel alumínio por, no mínimo, 5 h de antecedência. Todas as folhas foram colocadas em sacos do tipo ziplock e armazenadas numa câmara úmida até a chegada no laboratório. Para o cálculo do teor relativo de água (TRA), ramos foram coletados, pesados, reidratados e secos, a fim de obter-se as massas frescas, túrgida e seca das amostras. O cálculo foi realizado por $TRA = (massa\ fresca - massa\ seca) / massa\ túrgida$.

3.2.2 Curva de termotolerância fotossintética

Para determinação da curva de vulnerabilidade à temperatura, ramos de todas as espécies foram coletados em cada estação e reidratados durante a noite. No dia seguinte, discos foliares foram retirados das folhas hidratadas e separados em grupos de 4 discos de cada folha, para cada temperatura. Cada grupo de discos foliares foi imerso em água com uma temperatura diferente (25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 e 65 °C), durante 20 minutos. Após esse período, os discos foram retirados, mantidos no escuro por 30 min e a fluorescência foi determinada utilizando-se um fluorômetro de imagem para a obtenção do rendimento quântico potencial do fotossistema II (F_v/F_m). Os dados foram plotados para determinação da temperatura na qual 50% da fluorescência foi inibida (T_{50}).

3.3 Análises fisiológicas

3.3.1 Trocas gasosas

A taxa de assimilação líquida do carbono (A), a condutância estomática (g_s), a concentração interna de CO_2 (C_i), a concentração externa de CO_2 (C_a) e a taxa transpiratória (E) foram determinadas em sistema aberto, sob luz saturante ($1.000 \mu mol m^{-2} s^{-1}$) e pressão parcial de CO_2 de 40 Pa. Para determinação desses parâmetros foi utilizado um analisador de gases infravermelho (LI-6800, Li-Cor Inc. Nebraska, EUA), equipado com uma fonte de luz azul/vermelha. 3.3.2 Curvas pressão volume (p_v).

3.3.2 Curvas pressão volume (p_v)

Folhas foram coletadas na antemanhã e levadas ao laboratório. Para garantir a máxima hidratação, as folhas foram reidratadas por pelo menos 6 horas antes do início das análises. As curvas de pressão-volume foram construídas para cada folha, medindo-se repetidamente o potencial hídrico (Ψ_w) usando uma câmara de pressão do tipo Scholander e posteriormente a massa para determinar a relação entre Ψ_w e teor relativo de água (Scholander et al., 1965; Tyree & Hammel, 1972). Para evitar a evaporação durante a medição do potencial hídrico foi mantido papel toalha úmido na câmara de pressão. Após as medições, as folhas foram acondicionadas em estufa a 72°C por aproximadamente 72 horas, em seguida pesadas para obtenção da massa seca.

3.4 Análises Estatísticas

A análise estatística dos dados foi conduzida com o software Sisvar. Inicialmente, realizou-se uma Análise de Variância (ANOVA). Em seguida, para comparar as médias entre as diferentes espécies dentro de uma mesma estação, foi utilizado o teste (SNK). Já para a comparação das médias de uma mesma espécie entre as estações seca e chuvosa, foi aplicado o teste t. Todas as análises foram executadas com um nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados obtidos neste estudo revelaram diferenças entre as estações chuvosa e seca. Este resultado sugere que a variação na disponibilidade hídrica no solo tem uma influência notável no grau de hidratação das plantas e regula processos fisiológicos importantes, como as trocas gasosas (Souza, 2020). O potencial hídrico da antemanhã (Ψ_{am}) apresentou variação entre as estações seca e chuvosa, com *Eugenia dysenterica* e *Hymenaea courbaril* registrando os menores valores em ambas as condições. O mesmo padrão foi observado ao meio-dia, durante o período de maior temperatura diária. *Curatella americana* apresentou valores de potencial hídrico semelhantes aos de *Caryocar brasiliense* na antemanhã, contudo, ao meio-dia, houve diferenças entre as estações. Por sua vez, *C. brasiliense* manteve o maior potencial hídrico da estação seca ao meio-dia (**Fig. 2C**). O teor relativo de água (TRA) apresentou padrões semelhantes entre as espécies na antemanhã, sendo essa tendência também observada na análise dos dados ao meio-dia e não variou entre as estações (**Fig. 2D**).

O potencial hídrico reflete a energia livre da água dentro dos tecidos vegetais, enquanto o TRA indica a quantidade de água presente em relação à capacidade máxima de saturação dos tecidos. Em condições de alta disponibilidade hídrica, o potencial hídrico tende a ser maior, indicando que a planta possui um suprimento adequado de água para sustentar seus processos fisiológicos (Huo, Jianqiang et al., 2021). Nesse contexto, o TRA também se mantém elevado, refletindo a capacidade dos tecidos de reter ou de repor a água perdida pela transpiração. Por outro lado, em períodos de seca, o potencial hídrico se torna menor, indicando uma maior dificuldade na captação de água do solo (Santos, 2021). No entanto, algumas espécies conseguem manter um TRA elevado mesmo sob déficit hídrico, sugerindo mecanismos de ajuste osmótico e capacitância hídrica eficientes. O acúmulo de solutos compatíveis, como açúcares e aminoácidos, reduz o potencial osmótico das células, favorecendo a retenção de água, o que resulta em um alto TRA, ainda que o potencial hídrico esteja baixo (FREITAS, 2012; MOURA et al., 2016). Essa estratégia mantém o turgor, contribuiu para o crescimento e minimiza o risco de colapso celular.

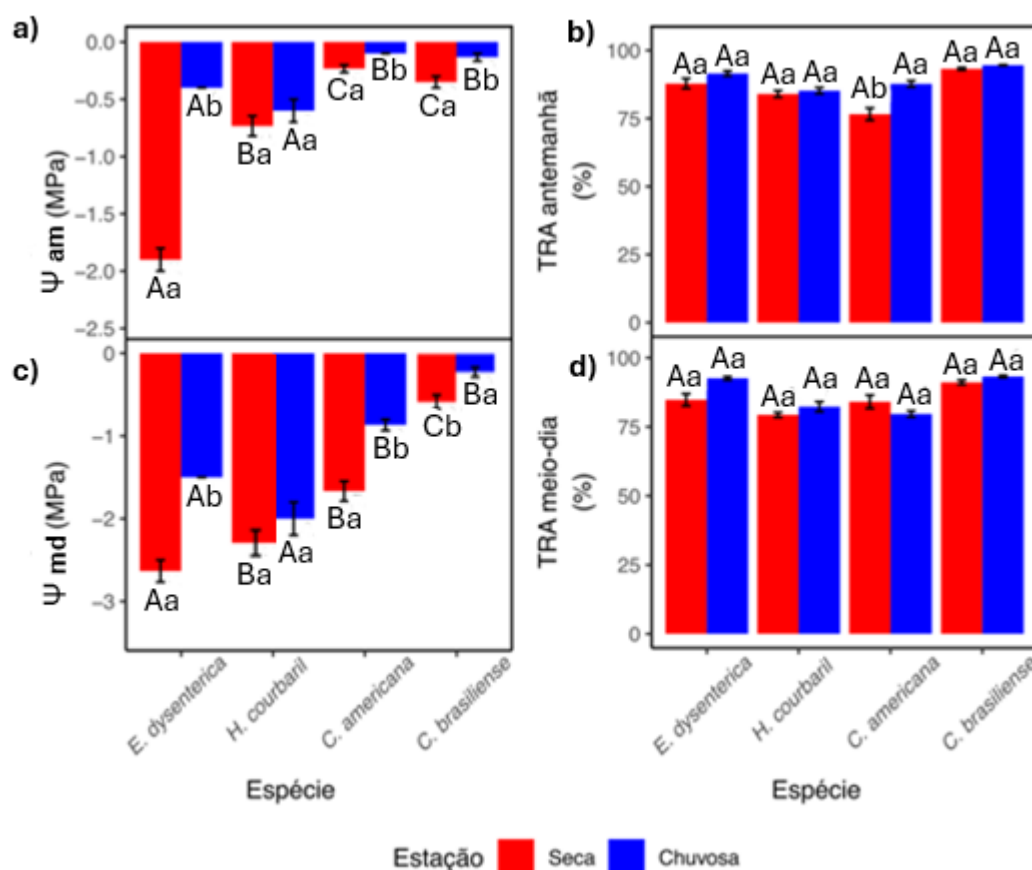


Figura 2 – Variáveis de status hídrico avaliadas em espécies nativas do Cerrado em duas estações. A) Potencial hídrico da antemanhã (Ψ_{am}) ; B) Teor relativo de água (TRA) na antemanhã; C) Potencial hídrico ao meio-dia (Ψ_{md}), D) Teor relativo de água (TRA) ao meio-dia. Barras vermelhas e azuis representam plantas na seca e chuvosa, respectivamente. Letras maiúsculas comparam as espécies entre si, dentro de uma mesma estação. Letras minúsculas comparam as estações seca e chuvosa para cada espécie. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ($P > 0,05$).

A fotossíntese é um dos processos fundamentais na produção de energia pelas plantas. A análise dos dados obtidos revelou que, na estação chuvosa, as espécies *C. brasiliense* e *H. courbaril* apresentaram os maiores valores para a taxa de assimilação líquida de carbono (A). O mesmo pode ser visto para as espécies na eficiência da carboxilação (EC), durante esse período (**Fig. 3A**). Além disso, observou-se uma redução na taxa de transpiração (E) durante a estação seca para todas as espécies, o que reflete a menor disponibilidade hídrica e a necessidade de conservação de água. A eficiência do uso da água (EUA), determinada pela relação entre a taxa de assimilação de carbono e a transpiração, foi superior para *H. courbaril* e *C. americana* na estação seca (**Fig. 3E**), mostrando que consegue realizar fotossíntese sem perder muita água. A eficiência da carboxilação reflete o desempenho da Rubisco, enzima crucial na primeira etapa do ciclo fotossintético. Os menores valores dessa eficiência foram registrados na estação seca, particularmente em *E. dysenterica*, *C. brasiliense* e *C. americana* (**Fig. 3D**), resultando em taxas

reduzidas de fotossíntese. Apesar de *C. brasiliense* apresentar a maior condutância estomática durante esse período (**Fig. 3F**), a baixa eficiência da carboxilação pode indicar um possível comprometimento enzimático (Silva Leandro da et al., 2010). A seca impacta negativamente o desempenho da Rubisco, mas por razões distintas. Em temperaturas elevadas, a queda na eficiência é atribuída ao aumento da função oxigenase da enzima, que é uma consequência da maior solubilidade do oxigênio. (Braga et al., 2021). Esse comportamento é ainda mais evidente ao analisar os distintos padrões de conteúdo interno de CO₂ entre as espécies (**Fig. 3C**).

A condutância estomática apresentou valores elevados durante a estação seca, excetuando-se *H. courbaril*, cuja taxa de *gs* permaneceu semelhante à observada na estação chuvosa. Esse comportamento contribui para a manutenção da fotossíntese na espécie, podendo, entretanto, resultar em maior desidratação dos tecidos (do Carmo et al., 2009). Os valores elevados de condutância estomática registrados no período seco contrastam com o padrão fisiológico geralmente observado em plantas sob estresse hídrico, uma vez que o fechamento estomático é uma resposta inicial à seca (Martin-StPaul et al., 2017). Como esse mecanismo não foi evidente, sugere-se que essas espécies tenham investido em estratégias alternativas, como a abscisão foliar, para minimizar a perda de água (Dutra et al., 2012) ou alterações morfo-anatômicas, como a produção de uma cutícula mais hidrofóbica (ARRUDA et al., 2009). Dessa forma, as folhas remanescentes mantêm os estômatos abertos, garantindo a realização da fotossíntese e a manutenção da planta, visto que a redução na área foliar requer que as estruturas restantes maximizem a assimilação de carbono.

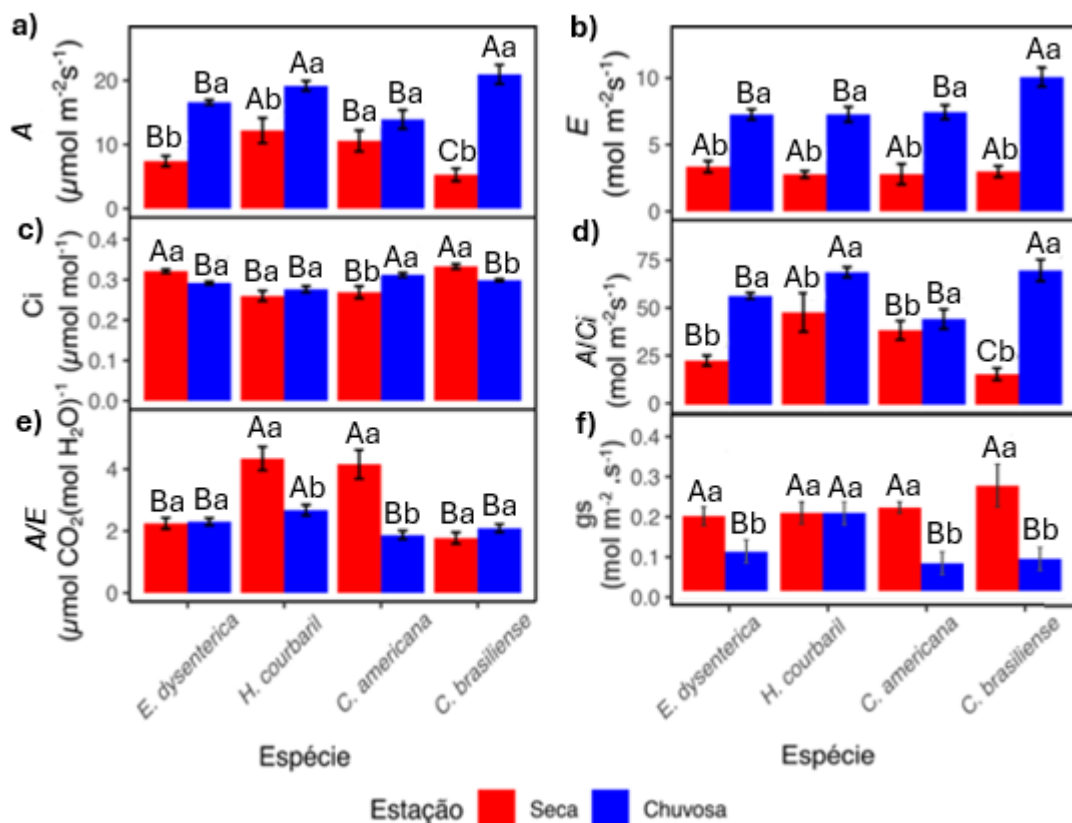


Figura 3 – Variáveis de trocas gasosas avaliadas em espécies nativas do Cerrado em duas estações. A) Taxa de Assimilação líquida de carbono (A); B) Taxa transpiratória (E); C) concentração interno de CO_2 (C_i); D) Eficiência da carboxilação (A/C_i); E) Eficiência no uso da água (A/E); F) Condutância estomática (g_s). Barras vermelhas e azuis representam plantas na seca e chuvosa, respectivamente. Letras maiúsculas comparam as espécies entre si, dentro de uma mesma estação. Letras minúsculas comparam as estações seca e chuvosa para cada espécie. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ($P > 0,05$).

A curva de pressão-volume (pv) é uma ferramenta essencial para compreender a dinâmica hídrica das plantas sob diferentes condições ambientais (Tabela 2). O conteúdo saturado de água, que indica a capacidade máxima de armazenamento hídrico pelas plantas, apresentou os maiores valores em *C. brasiliense* e *C. americana*, tanto na estação chuvosa quanto na seca. Em contrapartida, *E. dysenterica* e *H. courbaril* exibiram menores valores. Para a capacitância no turgor pleno (C_{FT}), *C. brasiliense* foi a que apresentou o maior valor em ambas as estações, enquanto as demais espécies exibiram variação nos resultados. Na estação seca, os menores valores de C_{FT} foram apresentados por *H. courbaril* e *E. dysenterica*. Na capacitância no ponto de perda de turgor (C_{TLP}), que atua como um indicador do fechamento estomático, marcando o ponto em que a célula vegetal começa a perder turgor devido à redução da pressão interna causada pela perda de água, todas as espécies apresentaram padrões similares em ambas as estações (Tabela 2).

Os padrões observados nos parâmetros derivados da curva pressão-volume sugerem a existência de diferentes estratégias de regulação hídrica entre as espécies do Cerrado, apoiadas por mecanismos fisiológicos distintos. As espécies *C. brasiliensis* e *C. americana* apresentaram os maiores valores de C_{FT} durante a estação seca. A capacitância é um parâmetro chave na manutenção do status hídrico celular, uma vez que representa a habilidade das plantas em liberar a água armazenada para, dessa forma, tamponar alterações no potencial hídrico causadas pela demanda transpiratória (MARTINS, 2022). Além da capacitância e do SWC, outro fator que provavelmente contribuiu para que *C. americana* e *C. brasiliense* apresentassem maiores potenciais hídricos durante a estação seca refere-se ao hábito foliar dessas espécies. Com efeito, ambas as espécies são decíduas e, portanto, perdem todas ou uma grande parcela de suas folhas durante a estação seca. A deciduidade é uma estratégia importante para a redução da perda de água em decorrência do processo transpiratório, o que pode resultar em um melhor status hídrico menos durante a estação seca (LIMA, 2025).

Tabela 2 - Curva de pressão volume (pv) das variáveis Conteúdo saturado de água (SWC); Capacitância no ponto de perda de turgor (C_{TLP}); Capacitância no turgor pleno (C_{FT}), para

diferentes espécies em duas estações (seca e chuvosa. Letras maiúsculas comparam as espécies entre si, dentro de uma mesma estação. Letras minúsculas comparam as estações seca e chuvosa para cada espécie. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ($P > 0,05$).

Espécie	Tratamento	SWC	C_TLP	C_FT
<i>E. dysenterica</i>	seca	1.02 Ba $\pm$ 0,09	0.12 Aa $\pm$ 0,04	0.57 Ca $\pm$ 0,12
<i>E. dysenterica</i>	chuvosa	1.25 Ba $\pm$ 0,10	0.20 Aa $\pm$ 0,04	0.79 Ba $\pm$ 0,24
<i>H. courbaril</i>	seca	0.92 Ba $\pm$ 0,03	0.10 Aa $\pm$ 0,02	0.87 Ca $\pm$ 0,45
<i>H. courbaril</i>	chuvosa	0.94 Ca $\pm$ 0,008	0.11 Aa $\pm$ 0,02	0.53 Ca $\pm$ 0,11
<i>C. americana</i>	seca	1.86 Aa $\pm$ 0,12	0.20 Aa $\pm$ 0,04	2.10 Ba $\pm$ 0,29
<i>C. americana</i>	chuvosa	1.68 Aa $\pm$ 0,04	0.28 Aa $\pm$ 0,008	1.51 Aa $\pm$ 0,15
<i>C. brasiliense</i>	seca	1.51 Ab $\pm$ 0,08	0.28 Aa $\pm$ 0,07	3.55 Aa $\pm$ 1,12
<i>C. brasiliense</i>	chuvosa	1.79 Aa $\pm$ 0,07	0.20 Aa $\pm$ 0,03	1.59 Aa $\pm$ 0,21

Os resultados das curvas de termotolerância fotossintética (**Figura 4**) revelaram quedas na eficiência fotossintética apenas a partir de 45 °C para todas as espécies, demonstrando que, apesar de efetivamente diminuir a transpiração durante a seca, as plantas do Cerrado apresentam alta termotolerância. De fato, o T_{50} das espécies foi superior as temperaturas máximas já observadas na cidade onde a coleta foi realizada. Os registros históricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), indicam que a temperatura máxima já atingida foi de 39,6 °C, em outubro de 2020, evidenciando alta capacidade das espécies de se manterem fotossinteticamente ativas mesmo em altas temperaturas. Além disso, com exceção de *H. courbaril*, todas as demais espécies alteraram o valor de T_{50} entre as estações, com folhas mais tolerantes na estação seca. Resultados similares já foram observadas para outras espécies de floresta tropical, nas quais a exposição à seca aumentou a termotolerância (Sastry et al., 2017).

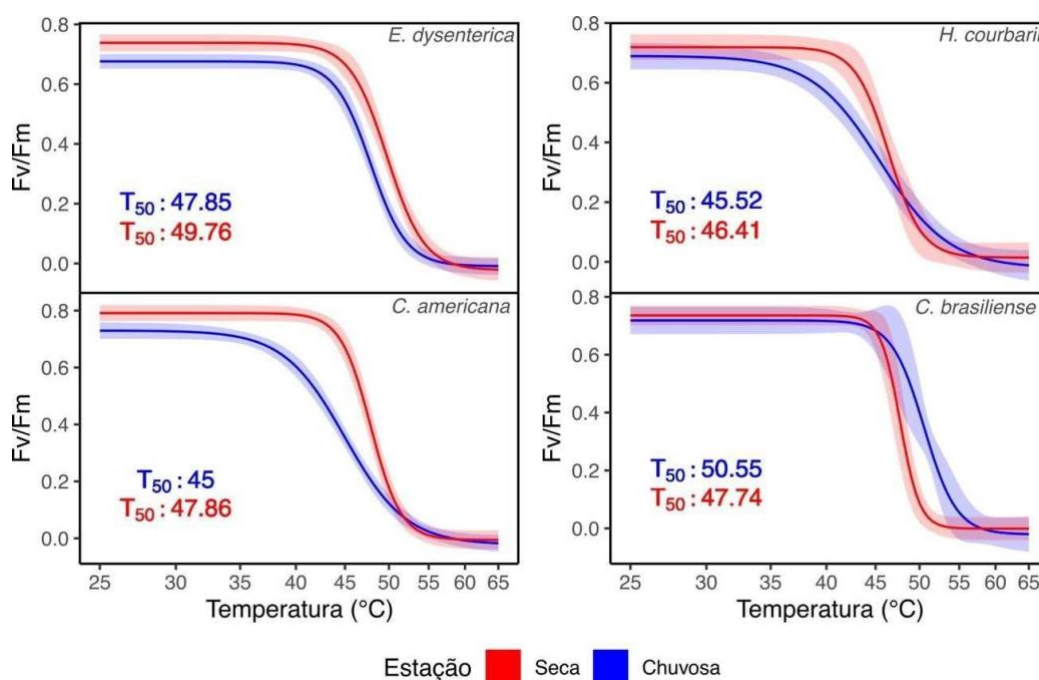


Figura 4 – Curva de termotolerância do rendimento quântico potencial do fotossistema II em quatro espécies nativas do Cerrado em estações seca e chuvosa. (F_v/F_m) fluorescência da clorofila a. Barras vermelhas e azuis representam plantas na seca e chuvosa, respectivamente. Linhas contínuas representam médias das espécies, a porção sombreada indicam o intervalo de confiança de 95%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies *C. brasiliense* e *C. americana* foram capazes de manter um maior potencial hídrico devido a uma combinação de estratégias, como maior acúmulo de água, maior capacitância e hábito foliar decíduo. Contrariando nossa hipótese, as estratégias de tolerância à seca não resultaram em menor termotolerância. Ao contrário, mecanismos como maior conteúdo de água podem ter contribuído para a maior tolerância à altas temperaturas em condições de déficit hídrico, demonstrando uma convergência de estratégias nas plantas do Cerrado que pode contribuir para a resiliência do Domínio frente às mudanças climáticas. A baixa taxa fotossintética das plantas, no entanto, indica que o aumento da extensão ou da frequência de eventos de seca pode diminuir o crescimento das árvores e, consequentemente, a estrutura do Cerrado.

6 REFERÊNCIAS

- AUN, M. A. et al. Evidence of combined flower thermal and drought vulnerabilities portends reproductive failure under hotter-drought conditions. **Plant, Cell & Environment**, v. 47, n. 6, p. 1971-1986, 2024.
- ARAUJO, I.; MARIMON, B.S.; SCALON, M.C.; FAUSET, S.; MARIMON JUNIOR, B.H.; TIWARI, R.; GALBRAITH, D.R.; GLOOR, M.U. Trees at the Amazonia-Cerrado transition are approaching high temperature thresholds. **Environmental Research Letters**, v. 16, n 3, 2021.
- ARRUDA, ROSANI DO CARMO DE OLIVEIRA; VIGLIO, NATASHA SANFILIPPO FONTES; BARROS, ANA ANGÉLICA MONTEIRO DE. Anatomia foliar de halófitas e psamófilas reptantes ocorrentes na restinga de Ipitangas, Saquarema, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 2, p. 333-352, 2009.
- BRAGA, FABÍOLA MENDES et al. Revisão: Crescimento de plantas C3 e C4 em resposta a diferentes concentrações de CO2. **Research, Society and Development**, 2021.
- BLACKMAN, C.J.; PFAUTSCH, S.; CHOAT, B.; DELZON, S.; GLEASON, S.M.; DUURSMA, R.A. Toward an index of desiccation time to tree mortality under drought. **Plant, Cell & Environment**, v. 39, n. 10, p. 2342-2345, 2016.

BARBOSA, MARTA RIBEIRO; DE SOUZA, LINDOMAR MARIA; NASCIMENTO, KATARINA ROMÊNIA PINHEIRO. ROS e o estresse oxidativo por seca em plantas. **Multidisciplinary Sciences Reports**, v. 3, n. 3, 2023.

BERTOLLI, SUZANA CHIARI. Caracterização sistêmica de alterações em redes fisiológicas de plantas C3 e C4 submetidas à deficiência hídrica. 2012.

BARROS, JULIANE RAFAELE ALVES BARROS et al. Feijão-caupi: parâmetros produtivos, biométricos, fisiológicos, bioquímicos e prospecção de genes, frente ao aumento da temperatura e do deficit hídrico. 2021.

BARTLETT, M.K., SCOFFONI, C., SACK, L. The determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: a global meta-analysis. **Ecol. Lett.** 15, 393–405. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01751.x> , 2012.

CORDEIRO, S.A.; SOUZA, CC de; MENDOZA, ZMSH. Florestas brasileiras e as mudanças climáticas. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 11, p. 1-20, 2008.

COWIE, R.H.; BOUCHET, P.; FONTAINE, B. The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation? **Biological Reviews**, v. 97, n. 2, p. 640-663, 2022.

DA SILVA, BIANCA HELENA PORFÍRIO. Termotolerância foliar em espécies de formações savânicas e florestais. 2021.

DO CARMO ARAÚJO, Saulo Alberto; DEMINICIS, Bruno Borges. Fotoinibição da fotossíntese. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, 2009.

DUTRA, CARLA CRISTINA et al. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2657-2667, 2012.

DE MORAES CAMPOS, ANNA JÚLIA; SANTOS, SARAH MEDEIROS; NACARATH, INAIA RHAVENE FREIRE FAGUNDES. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e311101523155-e311101523155, 2021.

DOSS B.D., ASHLEY, D.A, & BENNET, O.L. Effect of soil moisture regime on root distribution of warm season forage species. **Agronomy Journal**, 52(10), 569-572, 1960.

FRANKS, P.J.; FARQUHAR, G.D. The effect of exogenous abscisic acid on stomatal development, stomatal mechanics, and leaf gas exchange in *Tradescantia virginiana*. **Plant physiology**, v. 125, n. 2, p. 935-942, 2001.

FAUSET, S.; FREITAS, H.C.; GALBRAITH, D.R.; SULLIVAN, J.P.; AIDAR, M.P.M.; JOLY, C.A.; PHILLIPS, O.L.; VIEIRA, S.A.; GLOOR, M.U. Differences in leaf thermoregulation and water use strategies between three co-occurring Atlantic Forest tree species. **Plant Cell and Environment**, v. 41(7): 1618-1631, 2018.

FERRAZ, R. L. et al. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 2012.

FIDELIS, A.; ZIRONDI, H.L. And after fire, the Cerrado flowers: a review of post-fire flowering in a tropical savanna. **Flora**, v. 280, p. 151849, 2021.

FREITAS, MARIA AUXILIADORA CONCEIÇÃO DE. Crescimento, trocas gasosas e acúmulo de solutos em três espécies do gênero *Plectranthus* sob diferentes níveis de salinidade e luminosidade. 2012.

HOFMANN, G.S.; CARDOSO, M.F.; ALVES, R.J.; WEBER, E.J.; BARBOSA, A.A. The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. **Global Change Biology**, v. 27, n. 17, p. 4060-4073, 2021.

HUO, J., SHI, Y., ZHANG, H., HU, R., HUANG, L., ZHAO, Y., & ZHANG, Z. More sensitive to drought of young tissues with weak water potential adjustment capacity in two desert shrubs. **Science of the Total Environment**, 790, 148103. 2021.

LENZ, T.I.; WRIGHT, I.J.; WESTOBY, M. Interrelations among pressure–volume curve traits across species and water availability gradients. **Physiologia Plantarum**, v. 127, n. 3, p. 423-433, 2006.

LIMA, L. O. Tolerância de plantas da caatinga com fenologia contrastante a seca, 2025.

LUTTS, S.; KINET, J.M.; BOUHARMONT, J. Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. **Plant Growth Regulation**, v. 19: 207–218, 1996.

LIU, H. et al. Signaling transduction of ABA, ROS, and Ca²⁺ in plant stomatal closure in response to drought. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 23, p. 14824, 2022.

MENEZES-SILVA, P.E.; SANGIARD, L.M.V.P.; ÁVILA, R.T.; MORAIS, L.E.; MARTINS, S.C.V.; NOBRES, P.; PATREZE, C.M.; FERREIRA, M.A.; ARAÚJO, W.L.; FERNIE, A.R.; DAMATTA, F.M.; Photosynthetic and metabolic acclimation to repeated drought events play key roles in drought tolerance in coffee. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 15, p. 4309-4322, 2017.

MARTINS, ANA CLAUDIA. "caracterização dos determinantes da manutenção do status hídrico em plantas decíduas e sempre-verdes no cerrado brasileiro." (2022).

MARTIN-STPAUL, NICOLAS, SYLVAIN DELZON, AND HERVÉ COCHARD. "Plant resistance to drought depends on timely stomatal closure." **Ecology letters** 20.11: 1437-1447, 2017.

MOURA, A. R. D., NOGUEIRA, R. J. M. C., SILVA, J. A. A. D., & LIMA, T. V. D. Relações hídricas e solutos orgânicos em plantas jovens de *Jatropha curcas* L. sob diferentes regimes hídricos. **Ciência Florestal**, 26, 345-354, 2016.

MCDOWELL, N.G.; SAPES, G.; PIVOVAROFF, A.; ADAMS, H.D.; ALLEN, C.D.; ANDEREGG, W.R. Mechanisms of woody-plant mortality under rising drought, CO₂ and vapour pressure deficit. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 3, n. 5, p. 294-308, 2022.

MALECHA, ARTUR, AND MARIANA M. VALE. "As mudanças climáticas e a biodiversidade." **Ciência e Cultura** 76.3: 01-09 2024.

MURREN, C.J.; AULD, J.R.; CALLAHAN, H.; GHALAMBOR, C.K.; HANDELSMAN,

C.A.; HESKEL, M.A.; KINGSOLVER, J.G.; MACLEAN, H.J.; MASEL, J.; MAUGHAN, H.; PFENNIG, D.W.; RELYEA, R.A.; SEITER, S.; SNELL-ROOD, E.; STEINER, U.K.;

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; DA FONSECA, G.A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

MARIAS, D. E. et al. Leaf age and methodology impact assessments of thermotolerance of *Coffea arabica*. **Trees**, v. 31, p. 1091-1099, 2017.

PEREIRA, B.A.S.; VENTUROLI, F.; CARVALHO, F.A. Florestas estacionais no cerrado: uma visão geral. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 446-455, 2011.

PEREZ, TIMOTHY M.; FEELEY, KENNETH J. Photosynthetic heat tolerances and extreme leaf temperatures. **Functional Ecology**, v. 34, n. 11, p. 2236-2245, 2020.

RESENDE, M.L.F.; GUIMARÃES, L.L. Inventários da biodiversidade do bioma Cerrado: biogeografia de plantas. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2007.

SILVA, LEANDRO DA et al. Fotossíntese, relações hídricas e crescimento de cafeeiros jovens em relação à disponibilidade de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 965-972, 2010.

STITT, M.; ZEEMAN, S.C. Starch turnover: pathways, regulation and role in growth. **Current opinion in plant biology**, v. 15, n. 3, p. 282-292, 2012.

SCHLICHTING, C.D. Constraints on the evolution of phenotypic plasticity: limits and costs of phenotype and plasticity. **Heredity**, v. 115, n. 4, p. 293-301, 2015.

SANO, E.E.; RODRIGUES, A.A.; MARTINS, E.S.; BETTIOL, G.M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; BEZERRA, A.S.; COUTO, A.F.; VASCONCELOS, V.; SCHÜLER, J.; BOLFE, E.L. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of environmental management**, v. 232, p. 818-828, 2019.

SANTOS, E. L. S. D. Potencial hídrico e capacidade fotossintética em genótipos de cana-de-açúcar e cana-energia sob deficiência hídrica. SILVA, Maria Lucia Fontineles da et al. intraspecific plasticity drives different drought-tolerance strategies and helps to shape forests phytophysiologicals in the brazilian savannah. 2024.

SCHOLZ, F.G., BUCCI, S.J., GOLDSTEIN, G., MEINZER, F.C., FRANCO, A.C., MIRALLES-WILHELM, F. Biophysical properties and functional significance of stem water storage tissues in Neotropical savanna trees. **Plant. Cell Environ.** 30, 236–248. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01623.x> 2007.

SATO, HIKARU, et al. "Complex plant responses to drought and heat stress under climate change." **The Plant Journal** 117.6 (2024): 1873-1892.

SASTRY, A. et al. Leaf thermotolerance in dry tropical forest tree species: relationships with leaf traits and effects of drought. **AoB Plants**, v. 10, n. 1, p. plx070, 2018.

SASTRY A, GUHA A, BARUA D. Leaf thermotolerance in dry tropical forest tree species: relationships with leaf traits and effects of drought. **AoB Plants**. Dec 11;10(1):plx070. doi: 10.1093/aobpla/plx070. PMID: 29354258; PMCID: PMC5767958, 2017.

SOUZA, B.C.; CARVALHO, E.C.D.; OLIVEIRA, R.S.; DE ARAUJO, F.S.; DE LIMA, A.L.

A.; RODAL, M.J.N. Drought response strategies of deciduous and evergreen woody species in a seasonally dry neotropical forest. **Oecologia**, v. 194, n. 1, p. 221-236, 2020.

SOUSA, R. R. et al. Trocas gasosas e qualidade de mudas de *Microdesmia rigida* sob déficit hídrico e adubação potássica. *Universidade Federal de Campina Grande*, 2021.

SOUZA, E.B.D; CUNHA, A.C.D.; MANZI, A.O.; SAMPAIO, G.; CANDIDO, L.A.; ROCHA, E.J.D. Mudanças ambientais de curto e longo prazo: projeções, reversibilidade e atribuição. Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas, pgs. 320-346, 2014.

SOUZA, A. J. B. D. Investigação dos efeitos da disponibilidade hídrica em parâmetros fotossintéticos e no metabolismo especializado de “pata-de-vaca” *Bauhinia ungulata* na era das mudanças climáticas, 2020.

SILVA, D. F., et al. Comparação das variáveis fisiológicas em plantas sob diferentes condições climáticas. **Plant Journal**, 47(1), 89-97, 2020.

SCHYMANSKI, STANISLAUS J.; OR, DANI; ZWIENIECKI, MACIEJ. Stomatal control and leaf thermal and hydraulic capacitances under rapid environmental fluctuations. **PloS one**, v. 8, n. 1, p. e54231, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. **Artmed Editora**, 2017.

TULYANANDA, TATPONG, AND ERIK T. NILSEN. "The role of idioblasts in leaf water relations of tropical *Rhododendron*." **American journal of botany** 104.6: 828-839, 2017.

VERBEKE, S. et al. Osmotic adjustment in wheat (*Triticum aestivum* L.) during preand post-anthesis drought. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 775652, 2022.

VALLADARES, F.; WRIGHT, S.J.; LASSO, E.; KITAJIMA, K.; & PEARCY, R.W. Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a Panamanian rainforest. **Ecology**, v. 81, n. 7, p. 1925-1936, 2000.

YANG, S. et al. Evaluating global ecosystem water use efficiency response to drought based on multi-model analysis. **Science of the Total Environment**, v. 778, p. 146356, 2021.

ZANDALINAS, SARA I., et al. "Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures." **Physiologia plantarum** 162.1: 2-12, 2018.

ZHANG, JINWEI et al. Early evaluation of adjuvant effects on topramezone efficacy under different temperature conditions using chlorophyll fluorescence tests. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 920902, 2022.