



**INSTITUTO FEDERAL GOIANO, CAMPUS URUTAÍ - GO
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**EFEITO DE CHOQUES TÉRMICOS NA GERMINAÇÃO DE DUAS
ESPÉCIES DE *HANDROANTHUS* MATTOS DO CERRADO**

**DISCENTE: THAIS DA SILVA LOUZADA
ORIENTADOR: PROF. DR. LEANDRO CARVALHO RIBEIRO**

**Urutaí, GO
2025
THAIS DA SILVA LOUZADA**

**EFEITO DE CHOQUES TÉRMICOS NA GERMINAÇÃO DE DUAS
ESPÉCIES DE *HANDROANTHUS* MATTOS DO CERRADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal Goiano - *Campus* Urutaí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas, sob orientação do Prof. Dr. Leandro Carvalho Ribeiro.

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

Silva Louzada, Thais da
L895e Efeito de choques térmicos na germinação de duas espécies de
Handroanthus Mattos do Cerrado / Thais da Silva Louzada.
Urutai 2025.

19f. il.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Carvalho Ribeiro.
Tcc (Licenciado) - Instituto Federal Goiano, curso de 0122053 -
Licenciatura em Ciências Biológicas - Urutai (Campus Urutai).
1. Espécies Arbóreas. 2. Fogo. 3. Savana. 4. Sementes. 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, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)	Artigo científico
Dissertação (mestrado)	Capítulo de livro
Monografia (especialização)	Livro
* TCC (graduação)	Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor: Chau da Silva Souza Matrícula: 2020101220530180

Título do trabalho: Efeito de cheiros térmicos na germinação de duas espécies de *Randrianthus* Haatten do cerrado

RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: * Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 28/03/2025

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;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, 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;
- Que 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.

Local Urutai Data 24/03/2025

Ciente e de acordo:

Chau da Silva Souza
Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Wenderson Cavalcão Ribeiro
Assinatura do(a) orientador(a)

ATA DE APRESENTAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO

Às 15h00 horas do dia 11 de MARÇO, reuniu-se

() Por vídeo conferência

(X) Presencialmente na sala nº _____ do Prédio Laboratório de Ensino de Ciências Biológicas
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Urutai

a Banca Examinadora do Trabalho de Curso intitulado “Efeito de choques térmicos na
germinação de duas espécies de *Handersonthus Maffei* do Cerrado” composta pelos avaliadores

- 1 Weslley Carvalho Ribeiro
- 2 Luciana Aparecida Siqueira Silva
- 3 Érica Fernandes Leão Araújo
- 4 (suplente, quando necessário) _____

para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito parcial para a obtenção do Grau de **Licenciado/a em Ciências Biológicas**. O(A) Presidente da Banca Examinadora, Prof.(a) Weslley Carvalho Ribeiro, passou a palavra ao licenciando (a) Thais da Silva Kovach para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Banca Examinadora e respectiva defesa do licenciando(a). Logo após, a Banca Examinadora se reuniu, sem a presença do(a) licenciado(a) e do público, para expedição do resultado final. A Banca Examinadora considerou que o(a) discente foi:

(X) **APROVADO**

() **NÃO APROVADO**

por unanimidade, tendo sido atribuído a nota (8,9) ao seu trabalho. O resultado foi então comunicado publicamente ao(a) licenciando(a) pelo Presidente da Banca Examinadora. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Banca Examinadora deu por encerrada a defesa.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora		Notas
1. <u>Weslley Carvalho Ribeiro</u>		9,4
2. <u>Luciana Aparecida Siqueira Silva</u>		9,4
3. <u>Érica Fernandes Leão Araújo</u>		7,9
Média final:		8,9

Urutai-GO, 11 de MARÇO de 2015

Após a defesa, reunir as Fichas de Avaliação e a Ata, assinadas (à mão, Gov.br ou SUAP), e encaminhar uma cópia digital à coordenação de TC. O orientador também deverá ter uma cópia digital. Em caso de documentos físicos, entregar os originais à coordenação de TC.

**FICHA DE AVALIAÇÃO
TRABALHO DE CURSO - CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, IF GOIANO, URUTAÍ**

Nome do(a) estudante:

Thays da Silva Louzada

Data da defesa:

11 de Março de 2025

Título do trabalho:

Efeito de choques térmicos na germinação de duas espécies de Handersonthus Mattos do Cerrado

Nome do(a) Avaliador(a): *

Heandres Carvalho Ribeiro

Crítérios	Pontuação máxima	Pontuação obtida
1. O título do trabalho é conciso e reflete com precisão o conteúdo?	1	1,0
2. O resumo é claro e completo?	1	1,0
3. A introdução foi escrita de forma clara e sequencial que encaminha o leitor a questão que os autores se propuseram a contribuir ou resolver?	1	1,0
4. Os objetivos são claros?	1	1,0
5. A metodologia está de acordo com os objetivos e possui replicabilidade?	1	1,0
6. Os resultados são relevantes e foram analisados de forma correta?	1	0,8
7. A discussão reflete os resultados encontrados?	1	0,9
8. A bibliografia é relevante, coerente e atual?	1	0,8
9. A apresentação oral foi clara e coerente com o trabalho escrito?	1	1,0
10. Na arguição, o(a) aluno(a) demonstrou segurança e capacidade de explicação do trabalho?	1	0,9
Pontuação final (soma)		9,4

Assinatura do(a) Avaliador(a) *

Heandres Carvalho Ribeiro

* Cada avaliador(a) deverá ter no mínimo especialização *latu sensu*. Este documento deverá ser assinado à mão, via Gov.br ou SUAP e entregue à coordenação de TC

FICHA DE AVALIAÇÃO
TRABALHO DE CURSO - CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, IF GOIANO, URUTAÍ

Nome do(a) estudante:

Chais da Silva Louzada

Data da defesa: *11 de março 2025*

Título do trabalho:

Efeito de choques térmicos na germinação de duas espécies de Heandrocantus matto do cerrado

Nome do(a) Avaliador(a): * *Luciana Aparecida Siqueira Silva*

Crerios	Pontuação máxima	Pontuação obtida
1. O título do trabalho é conciso e reflete com precisão o conteúdo?	1	1
2. O resumo é claro e completo?	1	1
3. A introdução foi escrita de forma clara e sequencial que encaminha o leitor a questão que os autores se propuseram a contribuir ou resolver?	1	1
4. Os objetivos são claros?	1	1
5. A metodologia está de acordo com os objetivos e possui replicabilidade?	1	1
6. Os resultados são relevantes e foram analisados de forma correta?	1	1
7. A discussão reflete os resultados encontrados?	1	1
8. A bibliografia é relevante, coerente e atual?	1	0,8
9. A apresentação oral foi clara e coerente com o trabalho escrito?	1	0,8
10. Na arguição, o(a) aluno(a) demonstrou segurança e capacidade de explicação do trabalho?	1	0,8
Pontuação final (soma)		9,4

Assinatura do(a) Avaliador(a) *

Luciana AS Silva

* Cada avaliador(a) deverá ter no mínimo especialização *latu sensu*. Este documento deverá ser assinado à mão, via Gov.br ou SUAP e entregue à coordenação de TC

**FICHA DE AVALIAÇÃO
TRABALHO DE CURSO - CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, IF GOIANO, URUTAÍ**

Nome do(a) estudante: *Thais da Silva Souza*

Data da defesa: *11/03/2025*

Título do trabalho: *Efeitos de choques térmicos na germinação de duas espécies de Randriocanthus MATTOZ do Cerrado*

Nome do(a) Avaliador(a): * *Érica J. Leão Araújo*

Critérios	Pontuação máxima	Pontuação obtida
1. O título do trabalho é conciso e reflete com precisão o conteúdo?	1	08
2. O resumo é claro e completo?	1	08
3. A introdução foi escrita de forma clara e sequencial que encaminha o leitor a questão que os autores se propuseram a contribuir ou resolver?	1	07
4. Os objetivos são claros?	1	09
5. A metodologia está de acordo com os objetivos e possui replicabilidade?	1	09
6. Os resultados são relevantes e foram analisados de forma correta?	1	08
7. A discussão reflete os resultados encontrados?	1	07
8. A bibliografia é relevante, coerente e atual?	1	07
9. A apresentação oral foi clara e coerente com o trabalho escrito?	1	08
10. Na arguição, o(a) aluno(a) demonstrou segurança e capacidade de explicação do trabalho?	1	08
Pontuação final (soma)		79

Assinatura do(a) Avaliador(a) *

Érica J. Leão Araújo

* Cada avaliador(a) deverá ter no mínimo especialização *latu sensu*. Este documento deverá ser assinado à mão, via Gov.br ou SUAP e entregue à coordenação de TC

Urutaí, GO
2025
AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me permitir entrar na faculdade e por poder conseguir concluí-la. Mesmo depois de muita vontade de desistir, Deus me manteve de pé e de cabeça erguida, para seguir esse sonho.

Em segundo lugar, agradeço a minha filha Anny Beatriz por estar sempre ao meu lado, e sempre me manter focada. Foi uma caminhada longa e cansativa, mais a cada dia que olho no rosto dela, isso me deixa mais firme em minha decisão de seguir em frente.

Agradeço muito por ter minha família comigo, por todo carinho e apoio.

Aos meus amigos e amigas que sempre estiveram comigo em momentos de dificuldades e sempre me apoiando.

Agradeço ao meu professor e orientador Dr. Leandro Carvalho Ribeiro, por ter se dedicado a me orientar nessa jornada e por todos seus ensinamentos em sala de aula, por sua dedicação e por sua amizade, por todo apoio que me ofereceu, até mesmo nos momentos que eu pensava em desistir. Me apoiou em todo momento e me orientou com seus conselhos, me passando o melhor dos seus conhecimentos.

A todos meus professores, pelos ensinamentos que permitiram apresentar um grande desempenho em minha formação. Em especial, ao professor Luiz Fernando de Camargos, que gentilmente cedeu o espaço e equipamentos do Laboratório de Biotecnologia do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, que viabilizaram a condução da parte experimental do meu trabalho.

Aos meus colegas de curso que sempre estiveram comigo, que me apoiavam, pelo companheirismo e pelas trocas de conhecimentos.

A todos que passaram em minha vida e contribuíram de alguma forma para o crescimento de minha formação acadêmica.

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, por essa grande oportunidade de poder cursar a graduação que eu queria, de forma gratuita. Que todos possam ter acesso!

Meus agradecimentos a todos vocês. Levarei a experiência comigo, para onde for.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. (A) <i>Handroanthus serratifolius</i> (ipê-amarelo-flor-de-algodão). (B) <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (ipê-amarelo).....	16
Figura 2. Sementes em placa de Petri, após a aplicação dos choques térmicos, para posterior incubação em câmara de crescimento.	18
Figura 3. Contagem e remoção de sementes germinadas, considerando a emissão da radícula e sua curvatura gravitrópica	18
Figura 4. Resposta germinativa de sementes de <i>Handroanthus chrysotrichus</i> submetidas a diferentes tratamentos térmicos. Valores representados pela mesma letra, sobre as barras, não diferem entre si pelo teste de Sidak ($P < 0,05$)	19
Figura 5. Resposta germinativa de sementes de <i>Handroanthus serratifolius</i> submetidas a diferentes tratamentos térmicos. Valores representados pela mesma letra, sobre as barras, não diferem entre si pelo teste de Sidak ($P < 0,05$)	20
Figura 6. Sementes de <i>Handroanthus chrysotrichus</i> mortas durante o tratamento de 110°C por 5 minutos	21
Figura 7. Sementes de <i>Handroanthus serratifolius</i> mortas durante o tratamento de 140°C por 5 minutos.	21

SUMÁRIO

1. Introdução	14
2. Materiais e Métodos	15
2.1. Seleção de espécies	15
2.2. Área de coleta	16
2.3. Desenho experimental	17
2.4. Análise estatística.....	18
3. Resultados.....	19
5. Referências	22

Resumo

O Cerrado é considerado um dos biomas mais ricos em biodiversidade, com espécies vegetais adaptadas a condições ambientais extremas, incluindo queimadas frequentes, de origem tanto natural quanto antrópica. A frequência e a intensidade do fogo podem interferir na capacidade reprodutiva de plantas através dos seus efeitos no banco de sementes do solo, seja promovendo a germinação ou causando redução significativa da germinação e, até mesmo a morte de sementes. Considerando tais aspectos, este estudo teve como objetivo investigar o efeito de choques térmicos na germinação de sementes de *Handroanthus chrysotrichus* e *H. serratifolius*, espécies arbóreas nativas de fisionomias savânicas do Cerrado. Para tal, as sementes foram submetidas a temperaturas de 80, 110, 140 e 170°C por 2,5 e 5 minutos. Posteriormente, foram acondicionadas em placas de Petri umedecidas e mantidas em câmara de crescimento a 25°C. Os resultados indicaram que sementes de *H. chrysotrichus* toleram temperaturas de até 80°C, mas tem sua germinabilidade reduzida em temperaturas superiores a 110°C. Já sementes de *H. serratifolius* demonstraram maior tolerância ao calor, com germinação observada até 140°C por 2,5 minutos. Para as duas espécies estudadas, a exposição a temperaturas a partir de 170°C foi letal para suas sementes. Os resultados reforçam a ideia de que a tolerância ao fogo varia entre as diferentes espécies e depende da intensidade da queimada.

Palavras chave: Espécies arbóreas. Fogo. Savana. Sementes.

HEAT SHOCK EFFECTS ON SEED GERMINATION OF TWO *HANDROANTHUS* MATTOS SPECIES FROM BRAZILIAN CERRADO

Abstract

The Brazilian Cerrado is considered one of the richest biomes in biodiversity, with plant species adapted to extreme environmental conditions, including frequent fires, of both natural and anthropic origin. The frequency and intensity of fire can interfere with the reproductive capacity of plants through its effects on the soil seed bank, either promoting germination or causing a significant reduction in germination and even seed death. Considering these aspects, this study aimed to investigate the effect of heat shocks on seed germination of *Handroanthus chrysotrichus* and *H. serratifolius*, woody species occurring in savanna physiognomies of the Cerrado. For this, the seeds were subjected to temperatures of 80, 110, 140 and 170°C for 2.5 and 5 minutes. Subsequently, they were stored in moistened Petri dishes and incubated in a growth chamber at 25°C. The results indicated that *H. chrysotrichus* seeds tolerate temperatures up to 80°C, but have their germination reduced at temperatures above 110°C. On the other hand, *H. serratifolius* seeds showed greater tolerance to heat, with germination observed up to 140°C for 2.5 minutes. For both species studied, exposure to temperatures above 170°C was lethal for their seeds.

Keywords: Woody species. Fire. Savanna. Seeds.

1. Introdução

O Cerrado é considerado a segunda maior formação vegetal da América do Sul e ocupava, originalmente, cerca de 23% do território nacional, sendo um dos biomas mais ricos em biodiversidade do mundo (Borghetti *et al.*, 2019). Atualmente, estima-se que aproximadamente 50% da cobertura vegetal original do Cerrado tem sido usada para atividades relacionadas a agropecuária (Lahsen *et al.*, 2016). Este bioma apresenta uma alta diversidade de espécies vegetais adaptadas a condições ambientais particulares, tais como solos ácidos e pobres em nutrientes, amplitudes térmicas elevadas, longos períodos de seca e a ocorrência frequente de queimadas (Miranda; Bustamante; Miranda, 2009).

As queimadas no Cerrado podem ter origem natural ou antrópica. Queimadas naturais geralmente são desencadeadas pela ocorrência de raios, especialmente no início da estação chuvosa, quando a vegetação está mais suscetível ao fogo. Em contrapartida, queimadas provocadas pela ação humana são mais frequentes durante a estação seca e estão mais relacionadas à limpeza de pastagens, expansão agrícola ou mesmo por descuido, como o descarte inadequado de cigarros acesos e fogueiras mal apagadas (Schmidt *et al.*, 2021). Independentemente de sua origem, o fogo desempenha um papel ecológico fundamental no Cerrado, promovendo a renovação da vegetação e influenciando diretamente na dinâmica das comunidades vegetais, seja favorecendo a persistência de espécies tolerantes ou eliminando as mais sensíveis (Simon; Pennington, 2012).

O regime de fogo no Cerrado está intimamente ligado às condições climáticas locais, como altas temperaturas, baixa umidade relativa do ar e ventos intensos que favorecem a propagação das chamas (Ribeiro; Cavalcanti; Moura, 2019). As espécies vegetais que compõem esse bioma apresentam adaptações morfofisiológicas que permitem sua sobrevivência em ambientes sujeitos a queimadas frequentes, tais como folhas rígidas e coriáceas, troncos com casca espessa, fendida ou sulcada e alto investimento em biomassa subterrânea, características essas que permitem às suas espécies apresentarem uma elevada capacidade de rebrota (Hoffmann; Orthen; Franco, 2004).

O fogo também pode interferir na capacidade reprodutiva de plantas através dos seus efeitos no banco de sementes do solo (Ikeda *et al.*, 2008; Keeley *et al.* 2011), seja promovendo a germinação (Auld; Denhan, 2006) ou causando redução significativa da germinação (e até mesmo a morte) de sementes (Ribeiro; Pedrosa; Borghetti, 2013; Ribeiro; Borghetti, 2014; Ribeiro *et al.*, 2015). Sob tal perspectiva, os efeitos de uma queimada na resposta germinativa

das sementes dependerão, basicamente, da temperatura e do tempo de exposição das sementes ao fogo (Keeley; Fotheringham, 2000).

Atualmente, o impacto das queimadas sobre a vegetação no Cerrado está sendo intensificado, tanto devido ao uso inadequado do fogo, quanto às mudanças climáticas globais. Para as savanas da América do Sul, como é o caso do Cerrado, são esperadas mudanças nos regimes de fogo (Guariguata *et al.*, 2008). Nesse caso, os modelos climáticos preveem queimadas mais frequentes e duradouras (Siqueira; Peterson, 2003). Neste sentido, a alteração no comportamento do fogo poderá atuar como um fato de pressão seletiva, limitando o recrutamento de espécies sensíveis ao fogo e favorecendo o recrutamento de espécies tolerantes a este fator ambiental.

O aumento da frequência e da intensidade das queimadas pode comprometer a viabilidade das sementes no banco, afetando negativamente a sua sobrevivência e, conseqüentemente, afetando a regeneração natural do bioma (Vale; Amaral; Souza, 2022). Portanto, compreender o limite de tolerância de sementes de espécies nativas do Cerrado frente a determinados filtros ambientais, como é o caso do fogo, é essencial para avaliar o potencial de regeneração natural das plantas deste bioma, especialmente diante do cenário de mudanças climáticas, que preveem queimadas mais frequentes e intensas para o Cerrado (Felipe; Moraes; Santos, 2023).

Considerando tais aspectos, este estudo teve como objetivo verificar o efeito de choques térmicos na sobrevivência e na germinação de sementes de duas espécies arbóreas nativas do Cerrado, a fim de contribuir para o entendimento de como o fogo pode afetar a distribuição de espécies vegetais neste bioma.

2. Material e Métodos

2.1. Seleção de espécies

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram escolhidas duas espécies arbóreas nativas do Cerrado: *Handroanthus serratifolius* (A.H.Gentry) S.Grose, popularmente conhecida como ipê-amarelo-flor-de-algodão (Zuntini; Lohmann, 2018a), e *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos, comumente conhecida como ipê-amarelo ou ipê-tabaco (Zuntini; Lohmann, 2018b). Os principais critérios para a escolha dessas espécies foram a ocorrência de ambas em fisionomias savânicas do Cerrado, bem como o fato de suas sementes serem dispersas nos meses de agosto e setembro, o que as torna expostas ao fogo.

H. serratifolius (Figura 1A) pode chegar a 30 metros de altura, possui inflorescência amarela, e é usado como planta ornamental na arborização urbana. Possui características de planta intermediária em processos de sucessão ecológica e pode ser usado para recuperação ambiental (Felfili *et al.*, 2000; Zuntini; Lohmann, 2018a). As sementes são afotoblásticas, ou seja, germinam na presença ou ausência de luz, em faixa ótima de temperatura que varia de 20 a 30°C (Zuntini; Lohmann, 2018a). Por sua vez, *H. chrysotrichus* (Figura 1B) pode atingir até 10 metros de altura e, assim como *H. serratifolius*, possui inflorescência amarela, sendo usada em arborização urbana, principalmente em pequenas ruas, devido ao seu pequeno porte (Lorenzi, 1992; Zuntini; Lohmann, 2018b). Suas sementes germinam em faixa ótima de temperatura situada entre 15 e 30°C, sendo também afotoblásticas (Santos; Sugahara; Takaki, 2005; Zuntini; Lohmann, 2018b).



Figura 1. (A) *Handroanthus serratifolius* (ipê-amarelo-flor-de-algodão). (B) *Handroanthus chrysotrichus* (ipê-amarelo). Fonte: A autora (2025).

2.2. Área de coleta

As sementes foram coletadas nas imediações e dentro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – campus Urutaí (IF Goiano – campus Urutaí) (Latitude: 17°29'11"S; Longitude: 48°12'47"O), localizado na Rodovia Geraldo Silva Nascimento, km 2,5 no município de Urutaí-GO. Foram coletadas, aleatoriamente e diretamente das árvores

matrizes, sementes de aproximadamente cinco indivíduos de cada espécie, sendo que as sementes de *H. chrysotrichus* e *H. serratifolius* foram coletadas, respectivamente, em setembro de 2023 e em agosto de 2024. A fim de prolongar ao máximo sua viabilidade, as sementes foram colocadas dentro de sacos de papel, sendo posteriormente armazenadas em laboratório, nas seguintes condições: umidade relativa do ar (65-85%) e temperatura (20-24°C). Os ensaios experimentais foram conduzidos no Laboratório de Biotecnologia do IF Goiano, Campus Urutaí.

2.3. Desenho experimental

Para os tratamentos de choques térmicos simulando a passagem do fogo, as sementes de cada espécie foram colocadas em estufa com circulação e renovação de ar ajustada para fornecer as seguintes temperaturas: 80, 110, 140 e 170°C. Os tempos de exposição, para cada temperatura utilizada, foram de 2,5 e 5 minutos. Tais combinações de temperatura e tempo de exposição foram estabelecidas com base em medidas feitas na superfície do solo de fisionomias savânicas do Cerrado durante queimadas prescritas (Miranda; Bustamante; Miranda, 1993).

Após a aplicação dos choques térmicos, as sementes foram colocadas em placas de Petri forradas com uma folha de papel de filtro (Figura 2), umedecida com água destilada, que era repostada, em média, a cada 2 dias. Após a montagem das placas, estas foram colocadas em câmara de crescimento, regulada a 25°C, sob fotoperíodo de 12 horas. O controle experimental consistiu em avaliar a germinação de sementes não submetidas a choque térmico.



Figura 2. Sementes em placa de Petri, após a aplicação dos choques térmicos, para posterior incubação em câmara de crescimento. Fonte: A autora (2024).

Para cada espécie, foram utilizadas 60 sementes (3 réplicas de 20) por tratamento. Em todos os experimentos, as placas de Petri foram examinadas diariamente para a contagem e remoção de sementes germinadas, até a estabilização da resposta. O critério utilizado para considerar a semente germinada foi a emissão da radícula, seguida de sua curvatura gravitrópica (Figura 3).



Figura 3. Contagem e remoção de sementes germinadas, considerando a emissão da radícula e sua curvatura gravitrópica. Fonte: A autora (2024).

Após a finalização dos experimentos, foi calculada a porcentagem de germinação ou germinabilidade (G) como variável de resposta, conforme a equação a seguir (ver Labouriau 1983):

$$G = (\sum ni \cdot N^{-1}) \cdot 100 (\%)$$

Em que $\sum ni$ é o número total de sementes germinadas em relação ao número de sementes colocadas para germinar (N); ni é o número de sementes germinadas dentro de determinado intervalo de tempo t_{i-1} e t_i .

2.4. Análise estatística

Para determinar como os choques térmicos afetaram a germinabilidade das sementes, foi realizada, para cada espécie, análise por Modelos Lineares Generalizados, em que os

tratamentos térmicos foram considerados fatores fixos e os dados de germinação, que possuem distribuição binomial (germina ou não germina), foram considerados como resposta. A comparação do percentual de germinação entre os diferentes tratamentos for realizada através do teste de Sidak, a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas no *software* SPSS, IBM.

3. Resultados

O nível de tolerância aos choques térmicos foi diferente para as sementes das duas espécies deste estudo. No caso, sementes de *H. chrysotrichus* mostraram-se tolerantes a choques térmicos de 80°C independente do tempo de exposição (Figura 4). No entanto, temperaturas iguais ou superiores a 110°C reduziram significativamente o percentual de germinação de suas sementes, ou foram letais para as mesmas, dependendo do tempo de exposição (Figura 4).

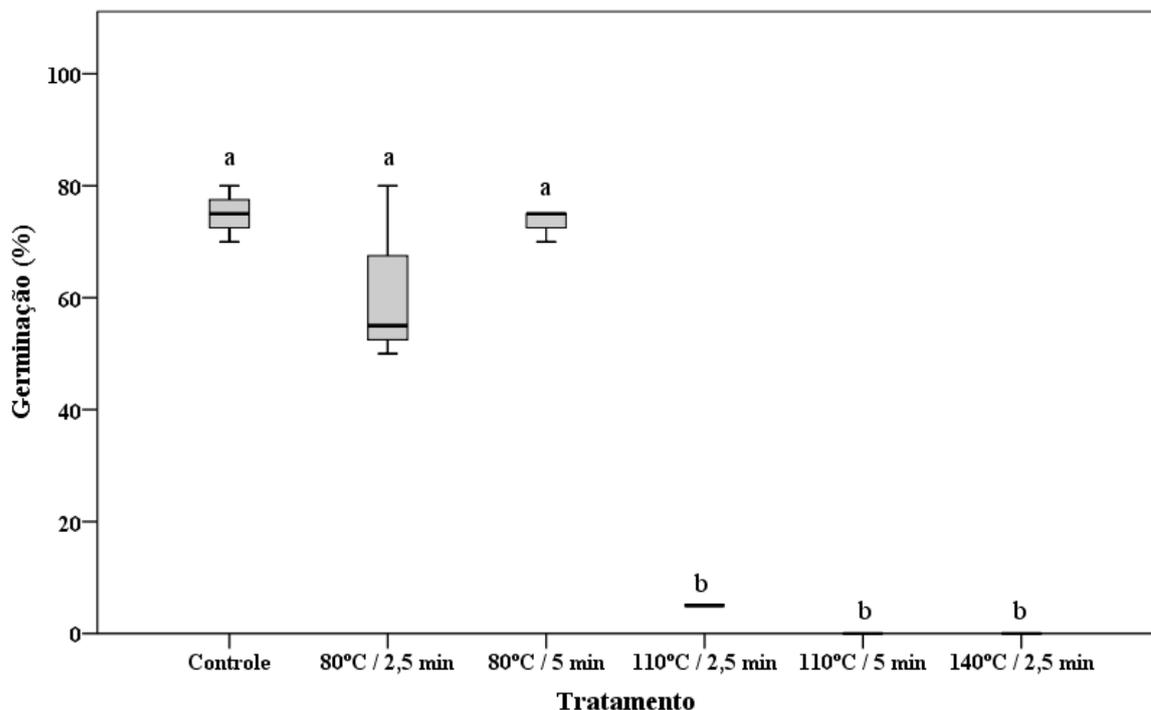


Figura 4. Resposta germinativa de sementes de *Handroanthus chrysotrichus* submetidas a diferentes tratamentos térmicos. Valores representados pela mesma letra, sobre as barras, não diferem entre si pelo teste de Sidak ($P < 0,05$). Fonte: A autora (2024).

Por sua vez, sementes de *H. serratifolius* foram capazes de germinar quando expostas a choques térmicos de até 140°C por 2,5 minutos, apesar de reduções significativas dos

percentuais de germinação terem sido observados nos tratamentos a partir de 80°C por 5 minutos (Figura 5). Para esta espécie, choques térmicos letais para suas sementes foram observados nos tratamentos térmicos de 140°C por 5 minutos e acima de 170°C (Figura 5).

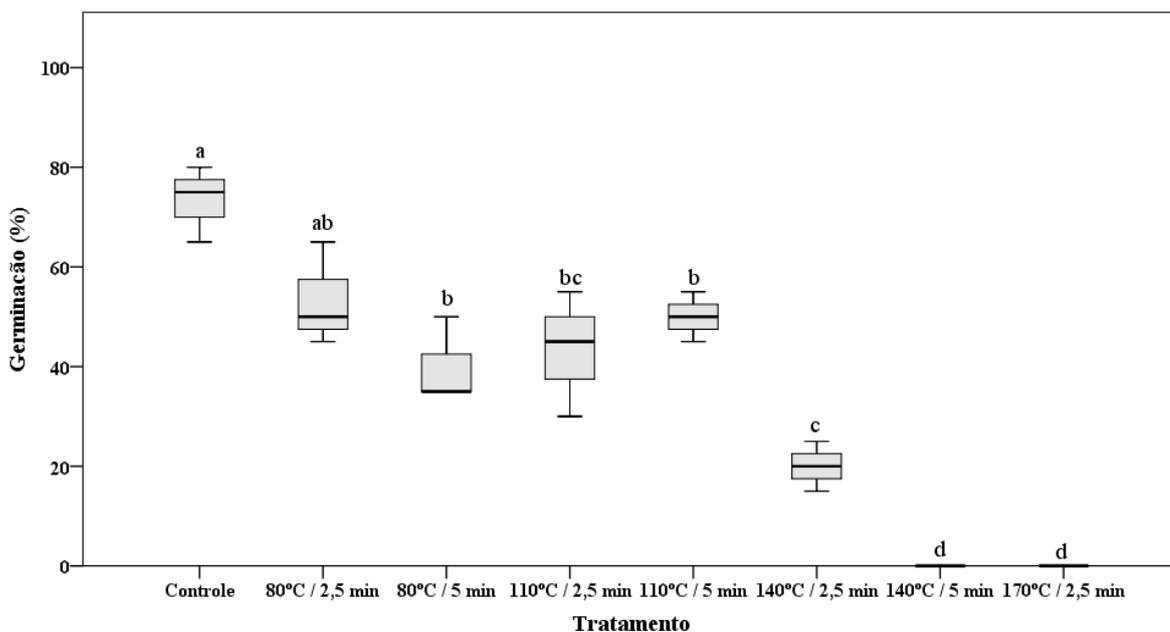


Figura 5. Resposta germinativa de sementes de *Handroanthus serratifolius* submetidas a diferentes tratamentos térmicos. Valores representados pela mesma letra, sobre as barras, não diferem entre si pelo teste de Sidak ($P < 0,05$). Fonte: A autora (2024).

4. Discussão

Neste estudo, foram testados os efeitos de choques térmicos na sobrevivência e na germinação de sementes de duas espécies arbóreas nativas do Cerrado. Os dados mostraram que a tolerância ao choque térmico é espécie-específica, mesmo em espécies filogeneticamente próximas, e depende de alguns fatores relacionados ao comportamento do fogo durante a queimada, tal como a intensidade e duração.

Para as espécies deste estudo, verificou-se que temperaturas de até 80°C por 2,5 minutos não afetou a germinação de suas sementes, comportamento também verificado para diversas espécies de savanas tropicais (Hanley; Lamont, 2000; Thomas; Morris; Auld, 2007; Ribeiro; Borghetti, 2014; Ribeiro *et al.*, 2013). Por outro lado, temperaturas mais altas combinadas com tempos de exposição mais longos podem levar a uma redução significativa da germinação ou serem letais para as sementes de espécies de diferentes ecossistemas (Ribeiro *et al.*, 2015;

Ribeiro; Barbosa; Borghetti, 2021), como pôde ser observado para as duas espécies de *Handroanthus* deste estudo.

Temperaturas elevadas podem comprometer a integridade estrutural das sementes. Sabe-se que o calor extremo pode provocar a morte celular ao danificar tecidos internos e enzimas essenciais para o metabolismo da semente. Além disso, sementes viáveis normalmente possuem mecanismos de defesa química, como a produção de compostos antifúngicos, que podem ser degradados pelo calor excessivo, reduzindo sua resistência a infecções (Keeley *et al.*, 2011). Dessa forma, a perda de viabilidade causada pelos choques térmicos intensos pode ter favorecido o ataque de fungos e acelerado o processo de decomposição das sementes, conforme observado para as sementes das espécies deste estudo (ver figuras 6 e 7).



Figura 6. Sementes de *Handroanthus chrysotrichus* mortas durante o tratamento de 110°C por 5 minutos. Fonte: autora (2024).



Figura 7. Sementes de *Handroanthus serratifolius* mortas durante o tratamento de 140°C por 5 minutos. Fonte: autora (2024).

A tolerância das sementes ao fogo também pode estar relacionada a fatores intrínsecos, como, por exemplo, o tamanho (massa) da semente. Diversos estudos têm mostrado que existe uma correlação positiva entre o tamanho e a tolerância a choques térmicos para sementes de espécies de diferentes comunidades vegetais (Gashaw; Michelsen, 2002; Delgado *et al.*, 2008; Ikeda *et al.*, 2008; Keeley *et al.*, 2011; Ribeiro *et al.*, 2015), em que sementes “pequenas” (menor massa) são mais sensíveis aos efeitos de uma queimada do que sementes “grandes” (maior massa). Neste estudo, a maior tolerância a choques térmicos observada para sementes de *H. serratifolius*, em comparação com as de *H. chrysotrichus*, pode estar relacionada ao maior tamanho (massa) de suas sementes (observação pessoal).

5. Considerações finais

Os resultados desse estudo indicam que os impactos dos choques térmicos variam entre as espécies analisadas, evidenciando diferentes níveis de tolerância ao fogo. As sementes de *Handroanthus chrysotrichus* demonstraram maior sensibilidade ao efeito do calor, enquanto sementes de *Handroanthus serratifolius* mostraram-se mais resistentes ao efeito do calor. Considerando o atual cenário de mudanças climáticas e o aumento da frequência e intensidade das queimadas, torna-se imprescindível aprofundar o entendimento sobre os impactos do fogo na regeneração das espécies nativas do Cerrado. A implementação de práticas de manejo sustentável, que levem em conta a dinâmica do fogo e seus efeitos sobre a biodiversidade, é fundamental para a conservação desse bioma. O conhecimento gerado por estudos como este pode subsidiar estratégias de preservação e restauração ecológica de diferentes fisionomias do Cerrado.

5. Referências

BORGHETTI, F., BARBOSA, E., RIBEIRO, L., RIBEIRO, J. F., & WALTER, B. M. T. **South American Savannas**. Savanna woody plants and large herbivores, p. 77-122, 2019.

DELGADO, J. A., *et al.* Seed size and seed germination in the Mediterranean fire-prone shrub *Cistus ladanifer*. **Plant Ecology**, v. 197, p. 269–276, 2008.

FELFILI, J. *et al.* **Recuperação de matas de galeria**. Documentos: Embrapa Cerrados, v. 21, p. 1-45, 2000.

FELIPE, R. P.; MORAES, C. S.; SANTOS, L. A. Resiliência de sementes em ambientes de fogo: um estudo no Cerrado brasileiro. **Revista de Botânica**, v. 45, n. 3, p. 230-245, 2023.

GASHAW, M.; MICHELSEN, A. Influence of heat shock on seed germination of plants from regularly burnt savanna woodlands and grasslands in Ethiopia. **Plant Ecology**, v. 159, p. 83–93, 2002.

GUARIGUATA, M. R. *et al.* Mitigation needs adaptation: tropical forestry and climate change. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 13, p. 793–808, 2008.

HANLEY, M.E.; LAMONT, B.B. Heat pre-treatment and the germination of soil- and canopy-stored seeds of south-western Australian species. **Acta Oecologica**, v. 21, p. 315–321, 2000.

HOFFMANN, W. A.; ORTHEN, B.; FRANCO, A. C. Impact of fire on the population dynamics of woody plants in the Brazilian Cerrado. **Ecology**, v. 85, n. 1, p. 11-22, 2004.

IKEDA, F. S.; *et al.* Banco de sementes em Cerrado *sensu stricto* sob queimada e sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43, 667-673, 2008.

KEELEY, J. E.; FOTHERINGHAM, C. J. Role of fire in regeneration from seed. In: FENNER, M. (Ed.). **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. 2nd ed. New York: CABI, 2000. p. 311-330.

KEELEY, J. E.; *et al.* Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. **Trends in Plant Science**, v. 8, p. 406-411, 2011.

LAHSEN, M., BUSTAMANTE, M.M.C., DALLA-NORA, E.L. Undervaluing and overexploiting the Brazilian Cerrado at our peril. **Environment: Science and Policy for Sustainable Development**, v. 58, p. 4-15, 2016.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos, 1983. p. 170.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992.

MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. **The fire factor in the Brazilian Cerrado**. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna**. New York: Columbia University Press, 2009. p. 51-68.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Org.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília: Embrapa, 2008. p. 89-166.

RIBEIRO, L. C.; PEDROSA, M.; BORGHETTI, F. Heat shock effects on seed germination of five Brazilian savanna species. **Plant Biology**, v. 15, p. 152-157, 2013.

RIBEIRO, L. C.; BORGHETTI, F. Comparative effects of desiccation, heat shock and high temperatures on seed germination of savanna and forest tree species. **Austral Ecology**, v. 39, p. 267-278, 2014.

RIBEIRO, L. C.; *et al.* The importance of seed mass for the tolerance to heat shocks of savanna and forest tree species. **Journal of Vegetation Science**, v. 26, p. 1102–1111, 2015.

RIBEIRO, L. C.; BARBOSA, E. R. M.; BORGHETTI, F. How regional climate and seed traits interact in shaping stress-tolerance of savanna seeds? **Seed Science Research**, v. 31, n. 4, p. 300-310, 2021.

RIBEIRO, M. N.; CAVALCANTI, A. S.; MOURA, L. C. Condições climáticas e propagação de incêndios no Cerrado. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, p. 135-150, 2019.

SANTOS, D. L.; SUGAHARA, V. Y.; TAKAKI, M. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl. e *Tabebuia roseo-alba* (Ridl) Sand - Bignoniaceae. **Ciência Florestal**, v. 15 n. 1, p. 87-92, 2005.

SCHMIDT, I. B.; PEREIRA, J. C.; CARVALHO, E. M. Queimadas antrópicas no Cerrado: causas e impactos. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 30, n. 1, p. 89-102, 2021.

SIMON, M. F.; PENNINGTON, R. T. Evidence for adaptation to fire in the Cerrado woody flora. **International Journal of Plant Sciences**, v. 173, n. 6, p. 711-723, 2012.

SIQUEIRA, M. F.; PETERSON, A. T. 2003. Consequences of global climate change for geographic distributions of Cerrado tree species. **Biota Neotropica**, v. 3, p. 1–14, 2003.

THOMAS, P. B.; MORRIS, E. C.; AULD, T. A. Response surfaces for the combined effects of heat shock and smoke on germination of 16 species forming soil seed banks in south-east Australia. **Austral Ecology**, v. 32, p. 605–616, 2007.

VALE, D. S.; AMARAL, P. H.; SOUZA, G. R. Mudanças climáticas e a dinâmica do fogo no Cerrado. **Revista de Biogeografia**, v. 18, n. 4, p. 200-218, 2022.

ZUNTINI, A. R.; LOHMANN, L. G. *Handroanthus serratifolius* Ipê-amarelo. In: VIEIRA, R. F.; CAMILLO, J.; CORADIN, L. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial**: plantas para o futuro: Região Centro-Oeste. Brasília, DF: MMA, 2018a.

ZUNTINI, A. R.; LOHMANN, L. G. *Handroanthus serratifolius* Ipê-amarelo. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial**: plantas para o futuro: Região Nordeste. Brasília, DF: MMA, 2018b.