

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *LEUCAENA LEUCOCEPHALA* COLETADAS NO PANTANAL SUL-MATO-GROSSENSE E SUBMETIDAS A CHOQUE TÉRMICO EM DIFERENTES POSIÇÕES NO SOLO

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF *LEUCAENA LEUCOCEPHALA* SEEDS COLLECTED IN PANTANAL SUL-MATO-GROSSENSE AND SUBMITTED TO THERMAL SHOCK IN DIFFERENT POSITIONS ON THE SOIL

DOI 10.55028/geop.v18i34

Janaína Guernica Silva*
William Marcos da Silva**
Marcus Vinícius Santiago Urquiza***
Lucí Helena Zanata****

Resumo: A degradação ambiental no Pantanal tem favorecido a propagação da *Leucaena leucocephala*. Neste trabalho objetivou-se avaliar como o choque térmico afeta a qualidade fisiológica de sementes, intactas e escarificadas, posicionadas em diferentes profundidades no solo. Frutos e sementes coletados foram avaliados morfológicamente. Sementes foram submetidas aos testes de germinação e viabilidade. Sementes intactas e escarificadas foram aquecidas tanto na superfície do solo quanto enterradas. Observou-se que a espécie produz elevado número de sementes viáveis, que apresentam maior porcentagem de germinação quando escarificadas e, dentre essas, aquelas aquecidas quando enterradas, exibem maior porcentagem e velocidade de germinação.

Introdução

O Pantanal está localizado no centro da América Central entre o paralelo 15°30'22°30' S e o meridiano 55°00'57°00' W (Alho *et al.*, 2019). É considerado um ecossistema de transição entre os ambientes terrestre e aquático, com nível de água flutuante, promovendo pulsos de inundação (Nunes da Cunha *et al.*, 2015). Conhecido como a maior planície alagável do planeta, o

* Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campus do Pantanal (UFMS/CPan). Laboratório de Ecologia. Curso de Ciências Biológicas. Avenida Rio Branco, 1.270. Bairro Universitário. 79304-902. Corumbá, MS. E-mail: janaina.guernica@ufms.br.

** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campus do Pantanal (UFMS/CPan). Laboratório de Ecologia. Curso de Ciências Biológicas. Avenida Rio Branco, 1.270. Bairro Universitário. 79304-902. Corumbá, MS. E-mail: william.m.silva@ufms.br.

*** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campus do Pantanal (UFMS/CPan). Laboratório de Ecologia. Curso de Ciências Biológicas. Avenida Rio Branco, 1.270. Bairro Universitário. 79304-902. Corumbá, MS. E-mail: marcus.urquiza@ufms.br.

**** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campus do Pantanal (UFMS/CPan). Laboratório de Ecologia. Curso de Ciências Biológicas. Avenida Rio Branco, 1.270. Bairro Universitário. 79304-902. Corumbá, MS. E-mail: luci.zanata@ufms.br.

Palavras-chave: Espécies Exóticas, Espécies Invasoras, Corumbá, Escarificação mecânica, Fogo.

Abstract: The environmental degradation in the Pantanal has favored the dissemination of *Leucaena leucocephala*. This work aimed to evaluate how the heat shock affects the physiological quality of seeds, intact and scarified, positioned at different soil depths. Collected fruits and seeds were morphologically evaluated. Seeds were submitted to germination and viability tests. Intact and scarified seeds were heated either on the soil surface or buried. It was observed that the species produces a high number of viable seeds; present a higher percentage of germination when scarified and, among these, those heated when buried, exhibit a higher percentage and speed of germination.

Keywords: Exotic Species, Invasive Species, Corumbá, Mechanical Scarification, Fire.

Pantanal possui extensão de 150.355 km² e ocupa 1,76 % da área total do território brasileiro (Alho *et al.*, 2019), sendo 2/3 situados no estado de Mato Grosso do Sul (Sartori; Pott, 2018). Em 2020, 87 % da vegetação nativa do Pantanal estava preservada e por isso, era o bioma nacional com menor passivo ambiental a ser recuperado (IBGE, 2020). Nesta vasta planície inundável, a queima é tradicionalmente empregada para o manejo das pastagens nativas, principalmente no período seco - de agosto a setembro - visto que favorece a rebrota e promove a oferta de forragens para os animais criados em sistema extensivo (Rodrigues *et al.*, 2002). Todavia, essa prática também tem sido utilizada para o desmatamento da vegetação natural e a incorporação de atividades agropecuárias (Rocha; Nascimento, 2021), provocando danos à biodiversidade, ao patrimônio e à saúde humana (Soriano *et al.*, 2020).

Atualmente, a combinação da forte estiagem, altas temperaturas e a intensificação das ações antrópicas no Pantanal contribuiu para a ocorrência de grandes incêndios que, entre 2020 e 2021, consumiram 4.350 mil hectares de vegetação nativa (Libonati *et al.*, 2020). Durante a passagem do fogo, a depender da quantidade de macega e restos vegetais, a temperatura pode atingir 800 °C acima da superfície do solo (Rodrigues *et al.*, 2002), mas abaixo ela permanece mais amena, permitindo que plantas com adaptações ao fogo persistam (Ferreira *et al.*, 2021). Neste sentido, plantas com

maior capacidade de rebrota, que produzem grandes quantidades de sementes, principalmente, com tegumentos duros e que formam banco de sementes no solo (Daibes *et al.*, 2019), se tornaram mais propensas a serem encontradas na região, após aqueles desastres.

A *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae: Mimosoideae) é uma espécie arbórea nativa do México e da América Central que foi introduzida em diversas regiões tropicais e subtropicais para a produção de forragem, lenha, carvão e adubo verde (Oliveira, 2008; Bakewell-Stone, 2023). Apresenta crescimento rápido e é apontada, por alguns autores, como promissora para a recuperação da cobertura vegetal de áreas degradadas (Marques *et al.*, 2014; Dhanda; Chauhan, 2022). Entretanto, além do seu agressivo hábito de crescimento, ela reúne outras características biológicas indicativas de uma espécie potencialmente invasora, incluindo um curto período pré-reprodutivo, autopolinização, alta produção de sementes com elevada longevidade (10 a 20 anos), capacidade de rebrota e tolerância a diversos ambientes (Costa *et al.*, 2015; Dhanda; Chauhan, 2022). Sugere-se, ainda, que o florescimento assíncrono, entre populações ou em uma mesma população, seja uma estratégia da espécie para evitar a predação das sementes (Marques *et al.*, 2014). Considerada pioneira heliófita, se desenvolve bem em solos pobres em nutrientes, especialmente o nitrogênio, devido a sua capacidade de associação com bactérias do gênero *Rhizobium* e fixação do nitrogênio atmosférico (Bakewell-Stone, 2023). Ademais, produz substâncias alelopáticas, que podem inibir o desenvolvimento de outras espécies e por isso Pott e Pott (2002) não recomendam o uso da espécie na recuperação de áreas degradadas.

As sementes de *L. leucocephala* assim como de muitas outras espécies da família Fabaceae apresentam dormência física causada pela presença de um tegumento duro e impermeável à água (Oliveira, 2008). Segundo Marques *et al.* (2014), essa impermeabilidade favorece a manutenção da dormência e a viabilidade da semente, impedindo sua deterioração no solo. Assim, para germinarem as sementes precisam passar por um processo de escarificação natural ou artificial. A escarificação natural é um processo lento e que depende de fatores bióticos - atividade de predadores como roedores, insetos e microrganismos - e abióticos - temperatura, luminosidade e umidade do solo - para ocorrer (Dhanda; Chauhan, 2022). Para a escarificação artificial têm sido utilizados diferentes tratamentos pré-germinativos, como as flutuações de temperatura (Hamad; Anwer, 2021), o fogo (Soares *et al.*, 2021), a escarificação mecânica (Tadros *et al.*, 2011; Marques *et al.*, 2014) e a química (Oliveira, 2008). Porém, a eficiência desses métodos para a quebra da dormência física varia de acordo com a espécie e a adaptação da mesma ao seu ecossistema de origem. Neste sentido, Dhanda e Chauhan (2022) observaram que para o tra-

tamento pré-germinativo a 100 °C, sementes de indivíduos de *L. leucocephala* de áreas mais quentes da Austrália, apresentaram maior porcentagem de germinação que aquelas de regiões cujas temperaturas médias eram mais amenas. Os autores sugeriram que a população da região mais quente é mais tolerante a elevadas temperaturas. Por outro lado, Zupo *et al.* (2016) relataram que o choque térmico a 80 °C não provocou a quebra da dormência de sementes de *Mimosa leiocephala* (Fabaceae) mas também não houve perda significativa da viabilidade das mesmas. Segundo esses autores, os resultados demonstraram que as sementes do Cerrado não são estimuladas pelo fogo, mas podem ser tolerantes a ele.

Após os grandes incêndios supracitados tem-se observado um aumento da população de *L. leucocephala* tanto na cidade de Corumbá, quanto nas margens da BR-262, no início da Estrada Parque e na Área de Proteção Ambiental (APA) Baía Negra, no Pantanal Sul-mato-grossense. Todavia, não se pode afirmar que a expansão da espécie na região foi promovida pelo fogo, uma vez que ainda não foram realizados estudos que comprovem sua proliferação, provocando a redução da abundância ou o deslocamento de espécies nativas (Neves da Costa; Durigan, 2010), após os incêndios. Neste contexto, torna-se clara a necessidade de produção de dados que contribuam para esclarecer o padrão de comportamento da espécie *L. leucocephala* na região de Corumbá. A hipótese é que o choque térmico promoverá a quebra da dormência e a porcentagem de germinação das sementes e não afetará a viabilidade das mesmas, visto que a espécie se desenvolve em ambiente megatérmico. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi apresentar algumas características morfológicas de frutos e sementes de *L. leucocephala* coletados no município de Corumbá, MS. E, também, avaliar o efeito do choque térmico sobre a qualidade fisiológica das sementes, intactas e escarificadas, posicionadas em diferentes profundidades no solo.

Metodologia

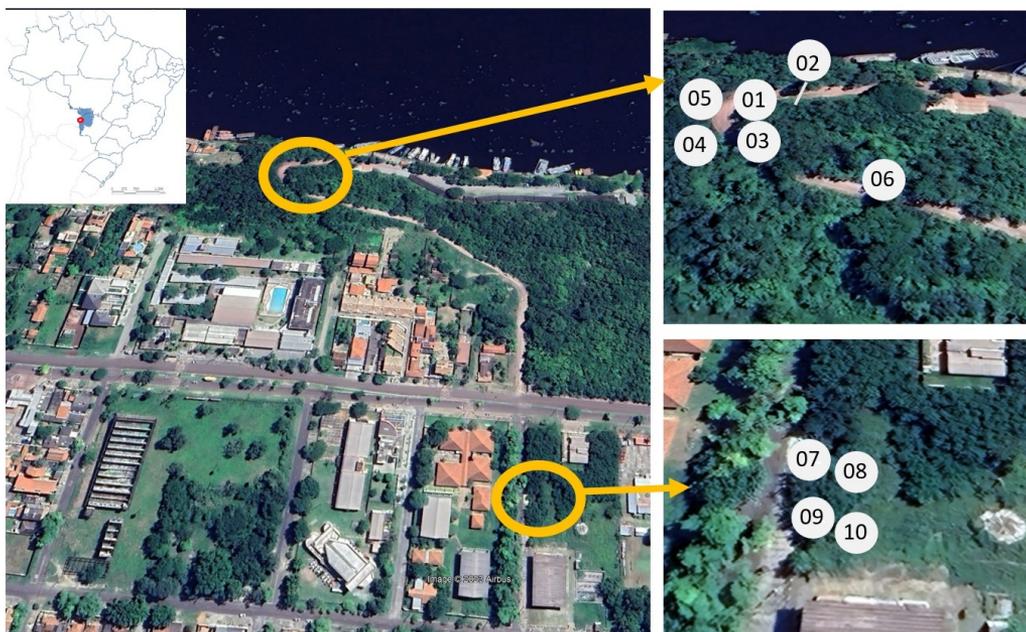
Área de estudo e coleta de sementes

Duas áreas foram escolhidas para a coleta das sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., ambas no município de Corumbá, no Pantanal Sul-mato-grossense. A primeira foi próxima ao rio Paraguai (18°59'55"S e 57°37'47"W) e a segunda no centro urbano (19°00'07"S e 57°37'47"W) da cidade de Corumbá (Figura 1). Esse município, segundo a classificação climática de Köppen, pertence ao tipo climático Aw, ou seja, clima tropical de altitude, megatérmico (temperatura média do mês mais frio é superior a 18 °C), com inverno seco e chuvas no verão. A precipitação anual varia de 1.000 a 1.400 mm (Soriano *et al.*, 2020), concentran-

do-se nos meses de novembro a março. No dia 12 de abril, quando a coleta foi realizada, não houve registro de chuva e as temperaturas variaram de 26 a 31 °C.

Frutos maduros de 10 indivíduos de *L. leucocephala* foram colhidos manualmente e transportados para o laboratório em sacos plásticos devidamente identificados. Dez vagens íntegras e sem sinais de deterioração de cada indivíduo foram separadas para caracterização morfológica dos frutos e das sementes. O restante das vagens sãs, por indivíduo, foi aberto em bandejas plásticas e as sementes, visivelmente saudáveis, foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas a 25 °C até o início dos experimentos.

Figura 1 – Localização da cidade de Corumbá no território brasileiro. As áreas de amostragem e a distribuição dos dez pontos de coleta



Fonte: www.wwf.org.br e <http://earth.google.com>, com modificações dos autores.

Caracterização morfológica dos frutos e sementes

Para a caracterização morfológica dos frutos e sementes utilizou-se 10 frutos íntegros coletados de cada indivíduo (10 repetições por indivíduo). O comprimento e a largura dos frutos foram medidos individualmente com o auxílio de uma fita métrica (cm). Após a abertura, foram estabelecidas: a massa fresca dos frutos (MFF, g) por pesagem em balança analítica de precisão e o número de sementes por fruto (NSF), por contagem direta. O comprimento (CS), largura (LS) e espessura (ES) das sementes foram estabelecidos utilizando-se um paquímetro

digital (Caliper - 0 a 150 mm) e os resultados apresentados em mm. Finalmente, as sementes de cada fruto foram examinadas individualmente procurando aquelas atrofiadas, com orifícios provocados por insetos ou com sinais visíveis de crescimento de fungo. O número total de sementes com defeitos foi registrado e as mesmas foram descartadas. O resultado foi expresso como porcentagem de sementes danificadas por fruto (% SDF).

Vinte gramas de sementes oriundas dos frutos sadios de cada um dos dez indivíduos foram pesados e agrupados formando uma amostra composta. Como preparo para os experimentos, foi realizada a escarificação mecânica, lixando manualmente a extremidade oposta ao eixo embrionário de parte das sementes com lixa d'água n° 100, até a exposição dos cotilédones (Mendonça *et al.*, 2020).

Experimento 1 - Caracterização fisiológica das sementes

Sementes intactas e escarificadas (4 repetições x 15 sementes, por tratamento) foram pesadas, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa a 80 °C até peso constante (BRASIL, 2009). O teor de umidade foi obtido como a diferença ajustada entre a massa fresca e a massa seca das sementes e o resultado expresso em g H₂O 100 g⁻¹ de MF.

Para a realização dos testes iniciais de viabilidade e de germinação, as sementes foram higienizadas em hipoclorito de sódio 2,5 % por 5 min, enxaguadas em água corrente e acondicionadas entre folhas de papel toalha umedecido a 25 °C por 18 h. A viabilidade das sementes foi estabelecida pelo teste do tetrazólio, usando 100 sementes intactas e 100 sementes escarificadas (4 repetições x 25 sementes, por tratamento). Como preparo, após a embebição, foi feito um corte lateral no tegumento das sementes com o auxílio de uma lâmina, seguido de imersão das sementes em água a 30 °C por 1 h e posterior remoção do tegumento. Para a coloração, as sementes foram imersas em 10 mL de solução de tetrazólio 0,15 % no interior de vidros âmbar, envoltos por papel alumínio e mantidos no escuro a 35 °C por 2 h. Ao término do período de coloração, as sementes foram lavadas em água corrente, seccionadas longitudinalmente através do centro do eixo embrionário e avaliadas quanto à uniformidade e à intensidade da coloração apresentada pelos tecidos (Costa; Santos, 2010). Foram consideradas viáveis aquelas com tecidos firmes e coloração rósea uniforme em toda a extensão do embrião (Brasil, 2009).

O teste de germinação foi realizado para avaliar a capacidade germinativa das sementes coletadas (Brasil, 2009). Após a embebição, 100 sementes intactas e 100 escarificadas (4 repetições x 25 sementes, por tratamento) foram colocadas em caixa Gerbox higienizadas com álcool etílico 70 %, forradas com papel filtro

autoclavado e umedecido com nistatina 0,2 % (v/v), o equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. As caixas foram mantidas por 10 dias sob condição ambiente de luz e de temperatura sobre a bancada e próxima à janela, em sala isolada do Laboratório de Ecologia do Câmpus do Pantanal (CPan). Foram consideradas germinadas as sementes com a protrusão radicular de 0,2 mm e os resultados expressos em porcentagem de sementes germinadas (PG), ao final do experimento (10 dias após a semeadura) (Brasil, 2009).

Experimento 2 - Choque térmico x germinabilidade das sementes

As sementes foram submetidas a choques térmicos experimentais para reproduzir o efeito do calor provocado pelo fogo, na germinação, considerando a posição das sementes no solo. Foram simuladas as seguintes condições: sementes diretamente expostas à superfície do solo (S) ou sementes enterradas a 2 cm de profundidade (P). Foram utilizadas sementes intactas (I) e sementes mecanicamente escarificadas (E). Para testar a primeira condição, béqueres de vidro de 500 mL foram forrados com 2 cm de solo e sementes intactas ou escarificadas foram espalhadas sobre a superfície desse solo, caracterizando os tratamentos IS e ES, respectivamente. Os béqueres foram cobertos com papel alumínio e aquecidos em forno mufla a 100 °C por 5 min. A segunda condição foi testada espalhando sementes intactas ou escarificadas sobre a superfície do solo, conforme descrito anteriormente e, em seguida, as cobrindo com outra camada de 2 cm de solo, simulando estarem enterradas (tratamentos IP e EP, respectivamente). Foram realizadas 6 repetições com 50 sementes por tratamento e cada réplica foi exposta ao forno mufla separadamente para evitar pseudo-replicata. A temperatura de 100 °C foi aplicada, pois é considerada a intensidade de calor típica relacionada ao fogo (Daibes *et al.*, 2019, Soares *et al.*, 2021). Já a duração do choque térmico foi baseada no tempo médio de pulso de calor durante os incêndios em ecossistemas de áreas úmidas neotropicais, que são alimentados por biomassa de gramíneas e folhas mortas, mostrando taxas de propagação rápidas (Soares *et al.*, 2021).

Imediatamente após a retirada do forno mufla, as sementes de cada tratamento foram agrupadas em um saco de papel e resfriadas em dessecador. Sessenta sementes de cada tratamento (4 repetições x 15 sementes, por tratamento) foram utilizadas para determinação do teor de umidade, conforme descrito anteriormente. O restante das sementes de cada tratamento foi higienizado em hipoclorito de sódio 2,5 % por 5 min e enxaguado em água corrente. Em seguida, essas sementes foram colocadas para embeber a 25 °C por 18 h para a realização dos testes de viabilidade e de germinação das sementes conforme descrito anteriormente (4 repetições de 25 sementes, por tratamento). Além da porcentagem de sementes

germinadas (PG) ao final do experimento, foi realizada a contagem diária das sementes germinadas por 10 dias e calculado o índice de velocidade de germinação (IVG), conforme o proposto por Maguire (1962). Finalmente, sementes germinadas de 6 indivíduos, por tratamento, foram cultivadas por 15 dias em vermiculita e irrigadas diariamente com água destilada para observar o efeito do choque térmico sobre o desenvolvimento das plântulas (Brasil, 2009).

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Bioestat 5.3[®] (Ayres *et al.*, 2007). Os resultados foram expressos como a média \pm desvio padrão das repetições. Os dados foram testados para normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Bartlett) e, em seguida, submetidos a análise de variância. Quando as diferenças foram detectadas pela ANOVA, as médias foram comparadas pelo teste *post hoc* de Tukey em nível de 1 % de significância ($P \leq 0,01$).

Resultados e discussão

Caracterização dos frutos e sementes

Os frutos de *Leucaena leucocephala* coletados para esse experimento, apresentaram-se achatados e acuminados com tamanho médio de $18,84 \pm 4,49$ cm de comprimento por $1,95 \pm 0,16$ cm de largura. Esses dados são semelhantes aos apresentados por Drumond e Ribaski (2010), Marques *et al.* (2014) e Bakewell-Stone (2023). Como descrito por esse último autor, os frutos são simples monocárpicos, secos, bivalves e polispérmicos, cujas as sementes são exalbuminosas, elípticas, achatadas, com tegumento ceroso, liso, brilhante, de coloração marrom escuro a negro.

A massa fresca média dos frutos coletados foi de $1,49 \pm 0,40$ g. O número médio de sementes produzidas por fruto foi de $18,27 \pm 4$ (Tabela 1). Já a porcentagem de sementes com defeitos por fruto coletado e que foram descartadas variou desde 0 até 76,92 % (Tabela 1). A alta taxa de produção de sementes e a capacidade das mesmas permanecem viáveis no solo por mais de 10 anos (Marques *et al.*, 2014, Campbell *et al.*, 2019) têm sido relacionadas à tendência invasiva da *L. leucocephala* (Costa *et al.*, 2015, Drumond; Ribaski, 2010). Segundo Marques *et al.* (2014), essas características biológicas indicam o potencial da espécie para ocupar rapidamente ambientes alterados e manter substanciais bancos de sementes que garantirão a continuidade de suas populações. Por outro lado, o elevado número de sementes com defeitos causados principalmente por fungos e insetos, pode ser devido à

elevada precipitação no município em 2023. As chuvas se estenderam até o início do mês de abril e a maior umidade do solo pode ter favorecido a infecção fúngica e a presença de insetos. Condição semelhante foi observada por Marques *et al.* (2014) em sementes coletadas em período chuvoso. Sugere-se a realização de estudos que avaliem o efeito dessa infestação sobre o banco de sementes da espécie.

Tabela 1 – Valores médios de massa fresca (MFF, g), de número de sementes (NSF) e porcentagem de sementes com defeitos (SDF, %) por frutos de *Leucaena leucocephala*, coletadas no município de Corumbá, MS

Planta	MFF	NSF	SDF
1	1,30 ± 0,27	16,90 ± 2,60	5,49 ± 8,09
2	1,35 ± 0,15	15,90 ± 2,33	2,69 ± 5,77
3	1,66 ± 0,27	18,90 ± 3,96	21,75 ± 18,14
4	1,04 ± 0,16	15,00 ± 2,54	23,41 ± 33,05
5	1,12 ± 0,43	14,20 ± 2,90	23,75 ± 25,66
6	1,57 ± 0,34	21,90 ± 3,03	20,97 ± 17,48
7	1,52 ± 0,31	17,40 ± 3,92	4,20 ± 4,79
8	1,83 ± 0,47	20,20 ± 3,76	9,42 ± 10,16
9	1,91 ± 0,31	19,90 ± 3,31	9,49 ± 7,55
10	1,61 ± 0,19	22,40 ± 1,84	5,12 ± 8,99
Média	1,49 ± 0,40	18,27 ± 4,00	12,54 ± 17,95

* Os valores representam a média de 10 frutos por planta ± desvio padrão.

As dimensões médias estabelecidas para as sementes foram de $7,99 \pm 0,68$ mm de comprimento por $5,45 \pm 0,48$ mm de largura e $1,71 \pm 0,18$ mm de espessura (Tabela 2). A massa fresca média da semente variou de 49,8 a 52,05 mg, o que a caracteriza como uma semente grande (> 10 mg, Bond *et al.*, 1999). A relação entre o tamanho das sementes e a resistência à elevadas temperaturas foi relatada por alguns autores, entre eles Hanley *et al.* (2003), Daibes *et al.* (2019) e Soares *et al.* (2021). De modo geral, as sementes grandes presentes no banco de sementes, são capazes de emergir de camadas mais profundas dos solos e, dependendo de sua capacidade de suportar elevadas temperaturas, podem responder bem a incêndios relativamente intensos (Hanley *et al.*, 2003).

Tabela 2 – Valores médios de comprimento (CS, mm), largura (LS, mm) e espessura (ES, mm) e massa fresca (MFS, g) de sementes de *Leucaena leucocephala*, coletadas no município de Corumbá, MS

Planta	CS	LS	ES	MFS
1	7,23 ± 0,60	5,01 ± 0,38	1,69 ± 0,08	0,78 ± 0,21
2	7,81 ± 0,33	5,30 ± 0,41	1,70 ± 0,12	0,80 ± 0,08
3	8,14 ± 0,34	5,94 ± 0,47	1,58 ± 0,21	0,85 ± 0,22
4	7,24 ± 0,73	5,55 ± 0,40	1,82 ± 0,22	0,59 ± 0,12
5	7,39 ± 0,37	5,27 ± 0,40	1,93 ± 0,12	0,79 ± 0,19
6	8,24 ± 0,47	5,00 ± 0,38	1,75 ± 0,16	0,92 ± 0,24
7	8,54 ± 0,25	5,99 ± 0,23	1,69 ± 0,13	0,93 ± 0,22
8	8,50 ± 0,31	5,57 ± 0,24	1,64 ± 0,14	1,20 ± 0,28
9	8,59 ± 0,65	5,61 ± 0,23	1,71 ± 0,16	1,19 ± 0,21
10	8,24 ± 0,38	5,24 ± 0,37	1,60 ± 0,11	1,00 ± 0,12
Média	7,99 ± 0,68	5,45 ± 0,48	1,71 ± 0,18	0,90 ± 0,26

* Os valores representam a média de 10 frutos por planta ± desvio padrão.

Experimento 1 - Caracterização fisiológica das sementes

Os teores médios de umidade inicialmente apresentados pelas sementes variaram de 6,05 a 8,99 g 100 g⁻¹ MF (P<0,01; F= 45,16) para as sementes intactas e escarificadas, respectivamente. A PG foi inferior a 30% para ambos os tratamentos, mas a viabilidade das sementes foi superior a 80% (Tabela 3).

Apesar dos maiores teores de umidade nas sementes escarificadas, os resultados indicam que as sementes são ortodoxas, ou seja, elas passam por um período de dessecação ao final do desenvolvimento (Wolk *et al.*, 1989). Esses valores são maiores que os obtidos por Antunes *et al.* (2020), que encontraram teores médios de umidade de 2,43 % quando avaliaram a qualidade fisiológica de sementes de *L. leucocephala* coletadas em diferentes municípios do estado da Bahia. Por outro lado, Oliveira (2008), em estudo realizado em Fortaleza, obteve teor de 11,20 % para sementes de *L. leucocephala* var. K-72. Teores de umidade mais baixos favorecem a conservação das sementes, porém podem acelerar a absorção de água durante processos de embebição e afetar negativamente a germinação (Wolk *et al.*, 1989). De fato, no presente experimento houve uma baixa porcentagem de germinação tanto para as sementes intactas quanto para as escarificadas (< 30%). Contudo,

não se pode inferir que houve dano por embebição devido aos procedimentos adotados, uma vez que o resultado da viabilidade média das sementes foi superior a 80 %, para ambos os tratamentos. Os resultados aqui obtidos foram superiores aos encontrados por Marques *et al.* (2014) para as sementes intactas (~ 5%) de *L. leucocephala* coletadas em Belo Horizonte, MG. Todavia, esses autores observaram maior porcentagem de germinação em sementes mecanicamente escarificadas (~ 90%), cultivadas em temperaturas entre 25 a 35 °C por 30 dias.

Tabela 3 – Teor de umidade (g 100 g⁻¹ MF), porcentagem de germinação (PG) e viabilidade (%) de sementes de *Leucaena leucocephala*, coletadas no município de Corumbá, MS

Tratamentos das sementes	Teor de umidade	PG	Viabilidade
Intactas	6,05 ± 0,44b	20,00 ± 3,61	90 ± 8,82
Escarificadas	8,99 ± 0,26a	26,66 ± 3,22	88,21 ± 11,89

*Os valores representam médias de 4 repetições ± desvio padrão. Médias representadas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 1 % de probabilidade.

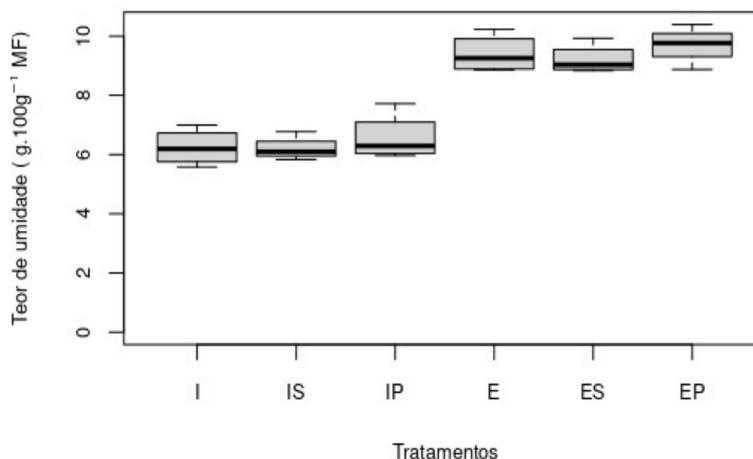
O teor de umidade e a dureza das sementes, assim como a composição do tegumento variam em função das condições climáticas dos municípios, o estágio de maturidade das sementes (Antunes *et al.*, 2020), os regimes de irrigação e o tempo de armazenamento (Tadros *et al.*, 2011) e todos esses fatores podem afetar a PG. Além disso, Oliveira (2008) destaca a alternância de temperatura (25 a 35 °C) como a melhor condição para a germinação de sementes de *L. leucocephala*. Nesse sentido, os resultados obtidos demonstram que a escarificação mecânica não comprometeu a viabilidade das sementes, mas não foi suficiente para promover a germinação. Provavelmente, a temperatura nos dias do teste pode ter comprometido a porcentagem de germinação, o que precisa ser melhor investigado.

Experimento 2 - Choque térmico x germinabilidade das sementes

A escarificação mecânica teve maior efeito sobre o teor de umidade das sementes que o choque térmico. Resultados significativamente superiores foram observados nas sementes *E* (9,44 g 100 g⁻¹ MF) em comparação às sementes *I* (6,34 g 100 g⁻¹ MF) (P<0,01; F=49,91), independente do tratamento térmico (Figura 2). A escarificação mecânica e o choque térmico contribuíram para a PG e o IVG. Sementes *E* apresentaram maiores PG e IVG que as *I*, sendo encontrados valores significativamente superiores para as sementes *EP* em comparação às *E* e *ES* (Tabela 4).

O teor de umidade da semente é uma característica crucial para determinar a sua tolerância ao calor em ecossistemas propensos a incêndios (Soares *et al.*, 2021), como o Pantanal Sul-mato-grossense. A capacidade das sementes sobreviverem a elevadas temperaturas está relacionada às suas características físicas e fisiológicas e aquelas com baixo teor de umidade podem suportar temperaturas significativamente superiores (Tangney *et al.*, 2018). No presente estudo, o teor de umidade não comprometeu a capacidade de sobrevivência das sementes, uma vez que em todas as condições testadas, não houve diferença significativa na viabilidade, que se manteve maior que 70 %.

Figura 2 – Boxplot do teor de umidade ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ MF) das sementes de *Leucaena leucocephala* coletadas no município de Corumbá, MS, submetidas ao choque térmico



Legenda: I - semente intacta, IS - semente intacta posicionada na superfície; IP - semente intacta posicionada a 2 cm de profundidade, E - semente escarificada, ES - escarificada posicionada na superfície, EP - semente escarificada posicionada a 2 cm de profundidade.

Os resultados obtidos neste experimento ratificam dados da literatura que afirmam que a escarificação mecânica (Marques *et al.*, 2014), assim como outros tratamentos pré-germinativos como a escarificação química (Oliveira, 2008), o aquecimento em água (Tadros *et al.*, 2011; Dhanda; Chauhan, 2022), o choque térmico associado ou não ao fogo e/ ou à alternância de temperaturas (Zupo *et al.*, 2016; Daibes *et al.*, 2019; Soares *et al.*, 2021) têm promovido a germinação de sementes de espécies com tegumentos impermeáveis, entre elas a *L. leucocephala*. Todavia, os resultados observados na literatura variam, principalmente, com a espécie e as condições de tempo e de temperatura de cada experimento.

Tabela 4 – Porcentagem de germinação (PG, %), índice de velocidade de germinação (IVG) e viabilidade de sementes (%) de *Leucaena leucocephala* coletadas no município de Corumbá, MS, submetidas ao choque térmico

Tratamentos	PG	IVG	Viabilidade
I	9,0 ± 12,80	1,24 ± 1,46	87,7 ± 1,50
IS	6,0 ± 6,93	0,94 ± 1,09	80,3 ± 10,05
IP	4,0 ± 4,61	0,63 ± 0,95	73,6 ± 27,23
Média	6,33B	0,94B	80,53
E	44,0 ± 24,2b	9,75 ± 6,06b	83,9 ± 14,94
ES	44,0 ± 3,27b	8,92 ± 1,05b	74,2 ± 12,57
EP	73,0 ± 10,52a	16,96 ± 2,81a	75,0 ± 6,80
Média	53,67A	11,88A	77,7

I - semente intacta, IS - semente intacta posicionada na superfície; IP - semente intacta posicionada a 2 cm de profundidade, E - semente escarificada, ES - escarificada posicionada na superfície, EP - semente escarificada posicionada a 2 cm de profundidade. Os valores representam médias de 4 repetições ± desvio padrão. Médias representadas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 1 % de probabilidade, comparando os diferentes tratamentos pré-germinativos. Médias representadas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 1 % de probabilidade para o mesmo tratamento pré-germinativo e diferentes padrões de choques térmicos.

Quanto ao efeito do choque térmico sobre os parâmetros germinativos avaliados, os resultados demonstram não apenas o efeito positivo da escarificação mecânica sobre a germinação, mas também sugerem que as sementes de *L. leucocephala* são resistentes à temperatura de 100 °C por 5 min. Isso porque a viabilidade das sementes se manteve superior à 70 %. Dessa forma, os dados aqui obtidos confirmam a afirmação de que algumas espécies de ecossistemas propensos ao fogo são insensíveis às altas temperaturas e suas sementes sobrevivem a essa condição, podendo ser consideradas resistentes ao fogo (Zupo *et al.*, 2016; Daibes *et al.*, 2019; Soares *et al.*, 2021). Segundo Zupo *et al.* (2016) após um incêndio, clareiras são abertas na vegetação e levam ao aumento da incidência da radiação solar sobre o solo, deixando as sementes expostas a temperaturas que variam entre 50 e 55 °C. Tais flutuações podem atuar como sinais de germinação em espécies de sementes duras, quebrando a dormência física e promovendo a germinação (Santana *et al.*, 2013). Pode-se, então, inferir que nas condições em que esse experimento foi conduzido, temperaturas mais amenas podem ter atingido as sementes EP, o que justificaria maiores PG e IVG para as sementes desse tratamento.

Finalmente, quanto à qualidade das plântulas cultivadas por 15 dias após a semeadura, não foram observadas diferenças entre os tratamentos (*dados não*

mostrados). As plântulas apresentaram-se com sistema radicular axial desenvolvido com coloração branca-amarelada. Raiz primária delgada, afilada na extremidade e com comprimento médio de $14,5 \pm 4,6$ cm. Raízes secundárias presentes em grande número e com a mesma coloração branca-amarelada da raiz principal. O colo bem definido pela diferença de coloração entre a raiz e o hipocótilo. Ambos os eixos hipocótilo e epicótilo apresentaram-se eretos, delgados e alongados com $23,52 \pm 5,14$ mm e $9,93 \pm 2,57$ mm de comprimento, respectivamente. Os cotilédones verdes e foliáceos, de forma elíptica e com pequenos sinais de cicatrização nas plântulas oriundas dos tratamentos com escarificação mecânica, independentemente do choque térmico. Os folíolos apresentaram-se elípticos, verdes, com bordos inteiros, nervação penínervia, sendo a nervura principal bem evidente em ambas as faces e com $8,27 \pm 0,95$ mm de comprimento por $4,40 \pm 0,11$ mm de largura.

Considerações finais

Os resultados obtidos demonstram que a escarificação exerce maior efeito sobre os parâmetros germinativos avaliados que o choque térmico. Apesar da escarificação natural ser um processo lento, a viabilidade das sementes de *Leucaena leucocephala* é longa. Dessa forma, é possível a permanência das sementes viáveis no banco de sementes do solo por longos períodos, mesmo após seu aquecimento pelo fogo, confirmando a hipótese apresentada. Assim, a alta taxa de produção de sementes por indivíduos dessa espécie, somada a outras características biológicas, indicam seu alto potencial para se tornar uma espécie invasora na região de Corumbá, MS, especialmente após os grandes incêndios que atingiram a região do Pantanal Sul-mato-grossense entre os anos de 2020 e 2021. Os resultados aqui apresentados, apesar de incipientes, auxiliarão no melhor conhecimento da espécie com vistas à promoção de medidas que minimizem sua propagação como espécie invasora nas áreas degradadas da região.

Referências

- ALHO, C. J. R.; MAMEDE, S. B.; BENITES, M.; ANDRADE, B. S.; SEPÚLVEDA, J. J. O. Threats to the biodiversity of the Brazilian Pantanal due to land use and occupation, **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 22, 2019.
- ANTUNES, M. N.; PINTO, K. D. A. J.; CARDOSO, A. D.; DUTRA, F. V.; QUEIROZ, G. B.; SÃO JOSÉ, A. R. Qualidade fisiológica de sementes de leucena. In: Oliveira, R. J. (org.). **Engenharia Florestal: desafios, limites e potencialidade**. 1 ed. Guarujá: Científica Digital Ltda., 2020. p. 709-719.
- AYRES, M.; AYRES JUNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **BioEstat 5.3: aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biomédicas**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2007. 324 p.
- BAKEWELL-STONE, P. *Leucaena leucocephala* (leucaena). **CABI Compendium**, fev. 2023.

BOND, W. J.; HONIG, M.; MAZE, K. E. Seed size and seedling emergence: an allometric relationship and some ecological implications. *Oecologia*, v. 120, p. 132-136, fev. 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CAMPBELL, S.; VOGLER, W.; BRAZIER, D.; VITELLI, J.; BROOKS, S. Weed leucaena and its significance, implications and control: *Leucaena* como maleza: Importancia, implicaciones y control. *Tropical Grasslands-Forrajões Tropicais*, v. 7, n. 4, p. 280-289, sep. 2019.

COSTA, C. J.; SANTOS, C. P. Teste de tetrazólio em sementes de leucena. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 2, p. 66-72, 2010..

COSTA, J. T.; FONSECA, I. C. B.; BIANCHINI, E. Population structure of the invasive species *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) in a seasonal semi deciduous forest, southern Brazil. *Australian Journal of Botany*, v. 63, n. 7, p. 590-596, 2015.

DAIBES, L. F.; PAUSAS, J. G.; BONANI, N.; NUNES, J. N.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A. Fire and legume germination in a tropical savanna: ecological and historical factors. *Annals of Botany*, v. 123, p. 1219-1229, 2019.

DHANDA, S.; CHAUHAN, B. S. Seed germination ecology of leucaena (*Leucaena leucocephala*) as influenced by various environmental parameters. *Weed Science*, v. 70, n. 3, p. 335-340, 2022.

DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. **Leucena (*Leucaena leucocephala*):** leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. Colombo: Embrapa Florestas (Comunicado técnico, 262); Petrolina: Embrapa Semiárido (Comunicado técnico, 142), 2010.

FERREIRA, B. H. S.; GUERRA, A.; OLIVEIRA, M. R.; REIS, L. K.; APTROOT, A.; RIBEIRO, D. B.; GARCIA, L. C. Fire damage on seeds of *Calliandra parviflora* Benth. (Fabaceae), a facultative seeder in a Brazilian flooding savana. *Plant Species Biol.*, v. 36, p. 523-534, 2021.

HAMAD, S. H.; ANWER, L. Effect of Pre-treatments and Sowing Depths on Germination and Early Growth of *Leucaena leucocephala* seeds. *ZJPAS*, v. 33, n.1, p. 53-61, 2021.

HANLEY, M. E.; UNNA, J. E.; DARVILL, B. Seed size and germination response: a relationship for fire-following plant species exposed to thermal shock. *Oecologia*, v. 134, p. 18-22, 2003.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contas de ecossistemas:** o uso da terra nos biomas brasileiros: 2000- 2018. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Coordenação de Contas Nacionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. 101 p.

LIBONATI, R.; CAMARA, C. C.; PERES, L. F.; CARVALHO, L. A. S.; GARCIA, L. C. Rescue Brazil's burning Pantanal wetlands. *Nature*, v. 588, p. 216-219, dez. 2020.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v. 2, p. 176-177, 1962.

MARQUES, A. R.; COSTA, C. F.; ATMAN, A. P. F.; GARCIA, Q. S. Germination characteristics and seedbank of the alien species *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) in Brazilian forest: ecological implications. *European Weed Research Society*, v. 54, p. 576-583, 2014.

MENDONÇA, A. J. T.; SILVA, M. C. C.; BERTO, F. H. R.; GONDIM, A. R. O.; MEDEIROS, M. N. V.; LINS, W. L. Superação de dormência em sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. com métodos físicos e químicos. *Revista Verde*, v. 15, n. 3, p. 325-329, 2020.

NEVES DA COSTA, J. N. M.; DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): invasora ou ruderal? *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 34, n. 5, p. 825-833, 2010.

NUNES DA CUNHA, C.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J. **Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e de seus macrohabitats** [recurso eletrônico]. Cuiabá: EdUFMT, 2015. 165 p.

OLIVEIRA, A. B. Germinação de sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.), var. K-72. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 2, p. 166-172, 2008.

POTT, A.; POTT, V. J. **Plantas Nativas para recuperação de áreas degradadas e reposição de vegetação em Mato Grosso do Sul**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte (Comunicado técnico 75), 6 p., 2002.

ROCHA, M. I. S.; NASCIMENTO, D. T. F. Distribuição espaço-temporal das queimadas no bioma Cerrado (1999/2018) e sua ocorrência conforme os diferentes tipos de cobertura e uso do solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n. 3, p. 1220-1235, 2021.

RODRIGUES, C. A. G.; CRISPIM, S. M. A.; COMASTRI-FILHO, J.A. **Queima controlada no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal (Documentos 35). 2002.

SANTANA, V. M.; BAEZA, J. M.; BLANES, M. C. Clarifying the role of fire heat and daily temperature fluctuations as germination cues for Mediterranean Basin obligate seeders. **Annals of Botany**, v. 111, p. 127-134, 2013.

SARTORI, A. L. B.; POTT, A. Conhecimento florístico-taxonômico sobre a Flora Sul-Mato-Grossense: ontem e hoje. **Iheringia**, Série Botânica, v. 73(supl.), p. 18-21, mar. 2018.

SOARES, V. C.; SCREMIN-DIAS, E.; DAIBES, L. F.; DAMASCENO-JUNIOR, G. A.; POTT, A.; LIMA, L. B. Fire has little to no effect on the enhancement of germination, but buried seeds may survive in a Neotropical wetland. **Flora**, v. 278, 9 p., may 2021.

SORIANO, B. M. A.; CARDOSO, E. L.; TOMÁS, W. M.; SANTOS, S. A.; CRISPIM, S. M. A.; PELLEGRIN, L. A. **Uso do fogo para o manejo da vegetação no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal (Documentos 164). 17 p. 2020.

TADROS, M. J.; SAMARAH, N. H.; ALQUDAH, A. M. Effect of different pre-sowing seed treatments on the germination of *Leucaena leucocephala* (Lam.) and *Acacia farnesiana* (L.). **New Forests**, v. 42, p. 397-407, 2011.

TANGNEY, R.; MERRITT, D. J.; FONTAINE, J. B.; MILLER, B. P. Seed moisture content as a primary trait regulating the lethal temperature thresholds of seeds. **Journal of Ecology**, v. 107, p. 1093-1105, oct. 2018.

WOLK, W. D., DILLON, P. F.; COPELAND, L. F.; DILLEY, D. R. Dynamics of imbibition in *Phaseolus vulgaris* L. in relation to initial seed moisture content. **Plant Physiol.**, v. 89, n. 3, p. 805-810, 1989.

ZUPO, T.; BAEZA, M. J.; FIDELIS, A. The effect of simulated heat-shock and daily temperature fluctuations on seed germination of four species from fire prone ecosystems. **Acta Botanica Brasílica**, v. 30, n. 3, p. 514-519, jul.-set. 2016.