



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO FOGO NA QUEBRA DE DORMÊNCIA DAS
SEMENTES DA ESPÉCIE ARBÓREA INVASORA *Leucaena leucocephala* (Lam.) de
Wit. (FABACEAE)**

Carolina Sardinha Pinto Souza

Belo Horizonte

2022

Carolina Sardinha Pinto Souza

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO FOGO NA QUEBRA DE DORMÊNCIA DAS
SEMENTES DA ESPÉCIE ARBÓREA INVASORA *Leucaena leucocephala* (Lam.) de
Wit. (FABACEAE)**

Trabalho de conclusão de curso (TCC II) apresentado ao Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental (DCTA) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Orientadora: Prof. Dra. Andréa Rodrigues Marques Guimarães

Coorientador: Prof. Dr. Ronan Drummond de Figueiredo Rossi

Belo Horizonte

2022

CAROLINA SARDINHA PINTO SOUZA

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DO FOGO NA QUEBRA DE DORMÊNCIA DAS
SEMENTES DA ESPÉCIE ARBÓREA INVASORA *Leucaena leucocephala* (Lam.) de
Wit. (FABACEAE)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 04 de fevereiro de 2022

Banca examinadora:



Andréa Rodrigues Marques – Presidente da Banca Examinadora
Prof. Doutora do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Orientadora



Ronan Drummond de Figueiredo Rossi
Prof. Doutor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Coorientador



Daniel Briantezi
Prof. Doutor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais



Larissa Lopes Lima
Doutoranda do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por todo o apoio durante minha formação e pelos esforços empregados para trilhar meu caminho.

À professora Andréa, por todo o esforço empregado para fazer esse projeto acontecer e garantir que saísse como planejado e pela dedicação constante nas correções e dúvidas, as quais foram muitas. Além disso, agradeço a paciência e amizade dos últimos 2 anos de trabalho juntas.

Ao professor Ronan, por nos ajudar sempre com paciência e gentileza com as explicações e construção do protótipo, para garantir que não houvesse interferências.

À Maria Fernanda, por tornar as reuniões on-line mais leves e descontraídas.

Ao professor Daniel e a Larissa por aceitarem o convite para participarem da banca.

Ao professor Frederico pela ajuda com as dúvidas e correções de formatação do TCC.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, por fornecer toda a estrutura e ensino de excelente qualidade.

À Mariana, por sempre me acompanhar desde o começo da graduação, no desespero, na ansiedade e, também, nos chocolates da Araújo, sempre fazendo um trabalho impecável e cada vez se superando.

À Miriam, por me manter sã e me proporcionar uma amizade incomum e divertida.

À Manuella e Tereza, por todo o trabalho em equipe dos últimos semestres.

Por fim, agradeço ao professor Humberto, por me convencer a não abandonar o curso, porque hoje estou chegando ao final graças a ele.

RESUMO

SOUZA, Carolina Sardinha Pinto. **Avaliação do efeito do fogo na quebra de dormência das sementes da espécie arbórea invasora *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (fabaceae).** 2022. 39f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

O fogo é um fator natural que causa mudanças no ambiente, podendo afetar os bancos de sementes de formas distintas. Várias plantas possuem seus mecanismos de reprodução associados ao fogo, sendo a quebra de dormência física uma delas, como é o caso da *Leucaena leucocephala*, uma planta invasora. Invasões biológicas podem provocar alterações profundas e irreversíveis na estrutura e nas funções dos ecossistemas, por isso são consideradas uma das maiores e mais crescentes ameaças à diversidade biológica global. O objetivo desse trabalho foi avaliar a quebra de dormência física das sementes de *L. leucocephala* recém dispersadas através de uma simulação de fogo da estação de seca para responder as seguintes perguntas a) A passagem do fogo é capaz de quebrar a dormência da leucena ou de matar os embriões das sementes? b) A profundidade do banco de sementes no solo após a passagem do fogo interfere na quebra de dormência da semente? c) O fogo pode ser uma técnica de manejo para controlá-la? Para tanto, desenvolveu-se um protótipo simulador de passagem de fogo e analisou-se a germinação e viabilidade das sementes em diferentes profundidades. Os resultados foram comparados utilizando teste ANOVA seguido de teste Tukey. Uma vez que a temperatura do substrato arenoso não alcançou 80°C, as sementes germinaram valores equivalentes aos de grupos controle de outros estudos, possibilitando responder parcialmente as perguntas propostas. Por esse motivo, é necessário a construção de um novo protótipo.

Palavras-chave: *Leucaena leucocephala*, ecologia do fogo, dormência física.

ABSTRACT

SOUZA, Carolina Sardinha Pinto. **Avaliação do efeito do fogo na quebra de dormência das sementes da espécie arbórea invasora *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (fabaceae).** 2022. 39f. Bachelor's thesis (Environmental and Sanitary Engineering) – Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

Fire is a natural factor that causes changes in the environment, which can affect seedbanks in different ways. Several plants have their reproduction mechanisms associated with fire, as physical dormancy breaking. *Leucaena leucocephala*, an invasive plant, is one of them. Biological invasions can cause profound and irreversible changes in the structure and functions of ecosystems, which is why they are considered one of the biggest and most growing threats to global biological diversity. The objective of this work was to evaluate the physical dormancy breaking of recently dispersed *L. leucocephala* seeds during a dry season fire simulation to answer the following questions a) Is the passage of fire capable of breaking the dormancy of leucaena or destroying the seed embryos? b) Does the depth of the seedbank in the soil after the fire affect the seed dormancy break? c) Can fire be a management technique to control it? For this purpose, a prototype simulating the passage of fire was developed and the germination and viability of the seeds were analyzed at different depths. Results were compared using ANOVA test followed by Tukey test. Since the temperature of the sandy substrate did not reach 80°C, the seeds germinated values were equivalent to those of control groups in other studies, that is why it was only possible to answer partially the questions made. For this reason, it is necessary to build a new prototype.

Key-words: *Leucaena leucocephala*, fire ecology, physical dormancy.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS	13
2.1.	Objetivo Geral	13
2.2.	Objetivos específicos	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1.	Plantas exóticas e invasoras	14
3.2.	Bancos de sementes do solo	15
3.3.	As sementes da espécie invasora <i>Leucaena leucocephala</i>	16
3.4	Efeitos do fogo na quebra de dormência de sementes	18
4	METODOLOGIA	20
4.1	Construção do protótipo simulador de passagem de fogo - Protótipo Teste	20
4.2.	Design experimental	21
4.3.	Testes de germinação e de viabilidade das sementes	23
4.4.	Avaliação dos efeitos do fogo na quebra de dormência das sementes	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1.	Simulação da passagem do fogo – Protótipo Teste	25
5.2.	Efeitos da passagem do fogo na quebra da dormência das sementes	26
6	CONCLUSÕES	30
7	RECOMENDAÇÕES	31
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

LISTA DE FIGURAS

- Figura 4.1** - Desenho esquemático do modelo do protótipo simulador de passagem de fogo.
.....20
- Figura 4.2** - Protótipo do simulador de passagem de fogo. A – Detalhe da secagem do substrato arenoso; B – locais onde os sensores e termopar foram instalados e do revestimento de latinhas; C – biomassa da leucena.21
- Figura 4.3** - Design experimental. A – Aglomerado de árvores de leucena; B – Sacos de nylon com sementes; C – Sementes de leucena na superfície do substrato arenoso; D – Biomassa de leucena no solo do sub-bosque da mata de leucena; E – Biomassa de capim...23
- Figura 5.1** – Temperaturas (°C) durante o tempo (minutos) de combustão da biomassa de leucena medidas por sensores conectados diretamente a um Datalogger HOBO Micro Station e termopar K ao aparelho de medição BSIDE ACM9, posicionados na superfície (nível 0 – fogo), 1 cm de profundidade (nível 1) e 4 cm de profundidade (nível 2).....26
- Figura 5.2** – Temperaturas (°C) durante o tempo (minutos) de combustão da biomassa medidas por sensores conectados diretamente a um Datalogger HOBO Micro Station e termopar K ao aparelho de medição BSIDE ACM9, posicionados na superfície (nível 0 – fogo), 1 cm de profundidade (nível 1) e 4 cm de profundidade (nível 2). A – Biomassa de leucena; B – Biomassa de capim.....28
- Figura 5.3** – Porcentagem de germinação e viabilidade (%) das sementes de *Leucaena leucocephala* exumadas dos diferentes níveis do substrato arenoso: (nível 0 – fogo), nível 1 (1 cm de profundidade) e nível 2 (4 cm de profundidade). A – Simulação de passagem de fogo com biomassa de leucena; B – Simulação de fogo biomassa de capim. Seta: sementes carbonizadas; Barras: médias \pm desvio padrão. Letras diferentes significam diferença

estatística ($P < 0,05$) obtidas por ANOVA oneway e post hoc de Tukey entre os mesmos parâmetros. Letras iguais não há diferenças..

.....29

1 INTRODUÇÃO

O fogo é um fator natural que causa mudanças no ambiente, podendo ter efeitos positivos ou negativos nas plantas de um ecossistema (COCHRANE e RYAN, 2009; ZIRONDI et al., 2019). Ele pode agir como uma força de seleção natural, mudando as condições do habitat e, por isso, afetar processos vitais como, por exemplo, a floração e a germinação (KEELEY et al., 2011; ZIRONDI et al., 2019). Tais efeitos podem levar a mudanças na dinâmica das comunidades, alterando a hierarquia de competição das plantas. A influência do fogo na vegetação depende de inúmeros fatores, como sua intensidade, temperatura e duração, além das mudanças químicas sofridas pelo solo após sua passagem (BOND e VAN WILGEN, 1996; ZIRONDI et al., 2019).

Várias plantas possuem seus mecanismos de reprodução associados ao fogo, sendo a quebra de dormência física uma delas (KEELEY et al., 2011; LAMONT e HE 2016; ZIRONDI et al., 2019), que ocorre pelo choque térmico que rompe o tegumento permitindo a entrada de água na semente (BASKIN e BASKIN, 2014). Todavia, o fogo pode matar algumas sementes também (DAIBES et al., 2017, 2018). A dormência é uma característica importante para a perpetuação e o estabelecimento de muitas espécies vegetais (COSTA e DURIGAN, 2010). A dormência física, presente em mais de 15 famílias de angiospermas (BASKIN e BASKIN, 2003) é causada pelo tegumento impermeável à água e aos gases, dificultando o processo de absorção de água pela semente e restringindo os processos físicos e as reações metabólicas básicas da germinação (BORGES et al., 2004). Essa característica é fator importante para a formação de banco de sementes (DEGREEF et al., 2002; MARQUES et al., 2014).

Assim, espécies que apresentam dormência física podem se estabelecer e colonizar novas áreas distribuindo a germinação no espaço e no tempo (COSTA e DURIGAN, 2010), levando-as a serem incorporadas no banco de sementes do solo por extensos períodos, contribuindo para que, caso haja perturbações, ocorra a regeneração da população (FONSECA e JACOBI, 2011). O fogo afeta os bancos de sementes de formas distintas. Nas savanas australianas suas sementes são altamente estimuladas pelo fogo ocorrendo a quebra de dormência e germinação (WILLIAMS et al., 2005; SCOTT et al., 2010), enquanto nas savanas brasileiras, alguns estudos (ANDRADE e MIRANDA, 2014; DAIBES et al., 2017,

2018, 2019) mostraram que a dormência não foi aliviada, como também, o banco não foi impactado negativamente.

Leucaena leucocephala, conhecida popularmente como leucena, é uma árvore nativa do México e da América Central que se dispersa, predominantemente, por sementes e possui dormência física (MARQUES et al., 2014). Essa espécie é uma planta exótica invasora e considerada a quadragésima sexta com maior potencial invasor do mundo (GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE, 2020). Já invadiu ou possui potencial invasor nos biomas: Cerrado, Caatinga, Araucária, Pantanal, Mata Atlântica, Manguezais Amazônicos e Atlântico das regiões sul e sudeste e Chaco (ZENNI e ZILLER, 2011). A *L. leucocephala* possui alto potencial econômico, uma vez que pode ser utilizada para o reflorestamento de mata ciliar (PARROTA et al., 1997), a produção de biomassa (SANCHEZ et al., 2003), projetos de adubação verde (BALOTA e CHAVES, 2010), recuperação de áreas degradadas, forragem e produção de madeira (ALVES et al., 2014). Devido a espécie apresentar alta capacidade de adaptação, pode ser uma ameaça ao ser utilizada para esses fins se espalhar para outras áreas, uma vez que, conforme o Marques et al. (2014), a leucena pode formar maciços densos excluindo outras plantas do ambiente natural. Dessa forma, invadido o ambiente natural, a leucena ameaça a biodiversidade local, inibindo a sucessão natural.

Invasões biológicas podem provocar alterações profundas e irreversíveis na estrutura e nas funções dos ecossistemas (SAKAI et al., 2001), por isso são consideradas uma das maiores e mais crescentes ameaças à diversidade biológica global (WILLIAMSON, 1996; GLOBAL INVASIVE SPECIES, 2020). Espécies exóticas invasoras são inseridas pela ação humana, intencionalmente ou não (REJMÁNEK e RICHARDSON, 1996), e são causadoras de impactos diretos ou indiretos sobre a biodiversidade, afetando de indivíduos a comunidades, através de alterações físicas e químicas no meio ou nas interações existentes entre as espécies (RICHARDSON et al., 2000). Segundo Richardson e Kluge (2008) o processo de invasão das plantas está muitas vezes associado ao banco de sementes. Para ser controlado, faz-se necessário a redução dele.

A *L. leucocephala* é uma espécie que apresenta uma gama de usos, alguns deles envolvidos no cuidado do meio ambiente, como é o caso da adubação verde e reflorestamento. Entretanto, sua utilização sem um cuidado para o seu controle adequado pode causar efeitos nocivos ao meio ambiente. Segundo o *Global Invasive Species Database* (2020), ela apresenta algumas características que a torna uma invasora agressiva, como a rebrota após ser cortada, banco de sementes viáveis por mais de 10 anos e dispersão de sementes durante todo o ano. O fogo, entretanto, é uma forma de quebrar a dormência física das sementes de muitas leguminosas como ela ou pode matar os embriões e, portanto, acabar com o banco de sementes estabelecido. Por isso, entender como o fogo afeta o banco de sementes da *L. leucocephala* (Lam.) de Wit. (leucena) pode contribuir para o manejo dela, principalmente de áreas naturais onde o fogo ocorre. Diante desta problemática, algumas questões foram levantadas: a) A passagem do fogo é capaz de quebrar a dormência da leucena ou de matar os embriões das sementes? b) A profundidade do banco de sementes no solo após a passagem do fogo interfere na quebra de dormência da semente? c) O fogo pode ser uma técnica de manejo para controlá-la?

2 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a quebra de dormência física das sementes de *L. leucocephala* (leucena) recém dispersadas através de uma simulação de fogo da estação de seca.

2.2. Objetivos específicos

- Construir um protótipo simulador de passagem de fogo;
- Testar a germinação e a viabilidade das sementes após simulações de fogo com dois tipos diferentes de biomassa;
- Avaliar os efeitos do fogo na quebra de dormência das sementes de leucena na superfície e enterradas em um substrato arenoso.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Plantas exóticas e invasoras

Uma espécie exótica é aquela que está em um ambiente diferente de seu local de origem, devido a ação intencional ou não do homem. Uma espécie invasora é uma espécie com alta capacidade de crescimento, proliferação e dispersão, capaz de modificar a composição, estrutura ou função do ecossistema (MATOS e PIVELLO, 2009; MAGALHAES; SILVA-FORSBERG, 2016; ROCHA, 2017).

As espécies que se tornam invasoras geralmente apresentam características mais competitivas, por exemplo, alta eficiência fotossintética e no uso dos nutrientes, altas taxas de crescimento, tolerância ao desfolhamento e herbivoria, alta capacidade de rebrotamento e regeneração, alta capacidade de reprodução (sexuada e vegetativa), ciclo reprodutivo rápido, intensa produção de sementes de fácil dispersão, alta capacidade de germinação (REJMÁNEK e RICHARDSON, 1996; WILLIAMSON, 1996; EVERETT, 2000; MAGALHAES; SILVA-FORSBERG, 2016). Além disso, a ausência de inimigos naturais, como patógenos, predadores, herbívoros e/ou competidores na região de introdução são outras das vantagens competitivas, as quais causam a invasão biológica da espécie invasora no novo ambiente, uma vez que terá taxas de crescimento populacional bem acima do que ocorre em seu habitat, onde as interações bióticas fazem o controle populacional (SAMPAIO e SCHIMIDT, 2013).

“A Origem das Espécies” publicada em 1859 por Charles Darwin abordou a questão poderosa poderia ser a influência de uma única espécie invasora fora de seu ambiente natural. Todavia, somente em 1958, com a publicação de *Ecology of Invasions by Animals and Plants* de Charles Elton que se observou a necessidade de controlar a introdução e avanço dessas espécies, uma vez que podem causar a extinção de espécies nativas (MELLO, 2013). Os primeiros estudos científicos em biologia de invasões ocorreram a partir da década de 70 no mundo. No Brasil, foi somente em 1999 que ocorreram as primeiras publicações nessa área (ZENNI et al., 2016). Em 2011, um levantamento feito por Zenni e Ziller (2011) encontrou a ocorrência de espécies invasoras de plantas em todas as cinco regiões do país, concentradas

principalmente nos estados da região sul e nordeste do país. Dentre as principais invasoras em número registradas na União estão: *Urochloa decumbens* (265 registros), *Ricinus communis* (253 registros), *Tecoma stans* (239 registros), *Urochloa humidicola* (225 registros), *Azadirachta indica* (220 registros), *Prosopis juliflora* (212 registros), *Cenchrus ciliaris* (194 registros), *Pinus elliottii* (165 registros), *Leucaena leucocephala* (155 registros), *Pinus taeda* (128 registros) e *Hovenia dulcis* (126 registros) (ZENNI e ZILLER, 2011).

As invasões biológicas são uma crescente ameaça à diversidade biológica do planeta (WILLIAMSON, 1996; GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE, 2020), pois são responsáveis por profundas e irreversíveis alterações nas funções do ecossistema. Por meio dessas alterações, as espécies invasoras, provocam efeitos diretos e indiretos sobre a biodiversidade e os seres humanos (RICHARDSON et al., 2000; GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE, 2020). Dentre os efeitos diretos estão alterar as comunidades microbianas no solo, alteração da bioquímica do solo, desbalanceado a quantidade de nutrientes no solo, interferindo no processo de ciclagem do solo, diminuição do crescimento de espécies nativas, alteração da qualidade da água, alteração da dinâmica competitiva das populações em geral. Dentre os efeitos indiretos estão perda de biodiversidade e alteração na competição entre espécies nativas (WEIDENHAMER e CALLAWAY, 2010).

3.2. Bancos de sementes do solo

Roberts (1981) conceituou o termo banco de semente do solo como o reservatório viável de sementes atual em uma determinada área de solo. Baker (1989) conceituou como reservatório de sementes não germinadas, com potencial de substituição de plantas adultas que venham a desaparecer, pela morte natural ou alguma perturbação. Há dois tipos bancos de sementes, transiente e persistente, classificados conforme as características de dormência das sementes (GARWOOD, 1989; PARKER, 2017).

Os bancos de sementes transitórios são compostos por espécies que produzem sementes com um breve ou nenhum período de dormência, e que geralmente não germinam antes da próxima rodada de produção de sementes, assim o banco de sementes é continuamente esgotado e restabelecido. Esse tipo de banco é típico de muitas plantas, especialmente perenes

de vida longa, como árvores e arbustos, as quais também dependem de outras estratégias ou estágios da história de vida para persistirem. Já as espécies com bancos de sementes persistentes possuem sementes que podem permanecer dormentes por mais de um ano, o que significa que sempre há alguma semente viável no solo como reserva. Bancos de sementes persistentes são comuns em plantas anuais e algumas plantas leguminosas, nas quais o não sucesso da semente em estabelecer a próxima geração significaria o colapso da população (GARWOOD, 1989; PARKER, 2017).

A chuva de sementes provenientes dos processos de dispersão é a fonte de sementes do banco (HALL e SWAINE, 1980). O banco pode conter sementes de vida curta, aquelas que não apresentam dormência ou sementes dormentes, as quais permanecem disponíveis no solo por mais de um ano. Fatores fisiológicos, como a germinação e dormência, e fatores ambientais - patógenos, predadores, umidade, temperatura e radiação, determinam a permanência das sementes no banco (GARWOOD, 1989; VIVIAN et al., 2008).

Segundo Thompson et al. (1993), as perturbações estão diretamente relacionadas com a função dos bancos de sementes na dinâmica da vegetação. Os bancos serão adaptados às perturbações sofridas, um exemplo é o ecossistema de Cerrado, onde há incêndios frequentemente, e as semente do banco possuem grande capacidade de germinação após o término do fogo ou também em beira de rios e lagos, onde as sementes possuem capacidade de germinação e crescimento rápido o que impede o assoreamento destes ecossistemas (VIEIRA e REIS, 2001). Para uma administração efetiva das comunidades vegetais é essencial compreender a dinâmica dos bancos de sementes, uma vez que as atividades humanas perturbam frequentemente o meio ambiente (BAKER, 1989; VIEIRA e REIS, 2001).

3.3. As sementes da espécie invasora *Leucaena leucocephala*

A espécie exótica invasora *Leucaena leucocephala* Wit. (Fabaceae) é uma leguminosa arbustiva da subfamília Mimosoideae, originária da América Central e introduzida no Brasil na década de 1940, para a recuperação de áreas degradadas, forragem e produção de madeira (ALVES et al., 2014). Popularmente conhecida como leucena, ela possui as chamadas

“sementes duras” pois não germinam em condições ideais. Elas apresentam a característica de dormência devido ao tegumento impermeável que interfere na entrada de água e trocas gasosas, presença de inibidores químicos, barreiras contra a saída de inibidores do embrião e restrição mecânica (PAULINO et al., 2004; GLOBAL INVASIVE SPECIES, 2020).

A leucena possui características que dão a ela muita competitividade, e conseqüentemente um grande potencial de invasora, são elas: rápido desenvolvimento, produção em grande quantidade de sementes e pioneiras heliófilas, capacidade de se reproduzir sexual e assexuadamente, curto período não reprodutivo, alta plasticidade e tolerância a ambientes diversos. Além disso, sua dispersão é prioritariamente autocórica, e por isso não alcança grandes distâncias da matriz (COSTA e DURIGAN, 2010).

L. leucocephala apresenta sementes com dormência, e essa estratégia pode ser um fator que determina o processo de permanência e a colonização de novos ambientes, já que suas sementes sofrem baixa taxa de predação na fase de pre-dispersão, o que as leva a serem incorporadas no banco de sementes do solo por extensos períodos, contribuindo para que, caso haja perturbações, ocorra a regeneração da população (FONSECA e JACOBI, 2011). A dormência pode ser conceituada como estratégia de sobrevivência das espécies de retardar a germinação de suas sementes, até que as condições do ambiente estejam adequadas para o seu estabelecimento e sobrevivência. Ela se apresenta vantajosa para a perpetuação e o estabelecimento de muitas espécies vegetais em diferentes ambientes, pois amplia a possibilidade de estabelecimento de novos indivíduos ou a colonização de novas áreas por distribuir a germinação no espaço e no tempo (AZEREDO et al., 2010).

Existem duas formas de dormência, a física e a fisiológica (YILDIZ et al., 2017). No caso da leucena, suas sementes apresentam dormência do tipo física (BORGES et al., 2004). A dormência física é a presença de um tegumento impermeável que impede a entrada de água e oxigênio na semente ou a saída de substâncias inibidoras presentes nela. Dessa forma, impedindo a germinação da semente até o rompimento do tegumento (YILDIZ et al, 2017). Esse rompimento pode ocorrer através de fatores naturais como o fogo e a flutuação de temperatura do solo (GORGONE-BARBOSA et al., 2016), ou ser feito em laboratório

utilizando tratamentos térmicos, químicos, elétricos ou de pressão, abrasão e armazenamento (TELES et al., 2000), como escarificação, imersão em água quente, fogo, ácido e radiação (YILDIZ et al., 2017).

3.4 Efeitos do fogo na quebra de dormência de sementes

A capacidade das sementes de tolerar condições estressantes é fundamental para que uma espécie estabeleça um banco de sementes e suceda de semente para muda (SALAZAR et al., 2011; BORGHETTI et al., 2018). Em ambientes sazonais como savanas, as sementes podem permanecer no solo por meses até as primeiras chuvas (SCOTT et al. 2010; BORGHETTI et al., 2018). Nesse período, a escassez hídrica, temperaturas extremas e o fogo representam filtros ambientais que podem reduzir as chances grandemente de uma semente sobreviver e germinar (BORGHETTI et al., 2018).

Em sistemas em que a presença do fogo seleciona diversas espécies com atributos inflamáveis que contribuem para a propagação das chamas, ou seja, possuem a capacidade de entrar em combustão e serem consumidas, contribuindo para o regime de fogo do ambiente, a partir de fatores ambientais, como a sazonalidade, e composição de espécies, nomeia-se sistema inflamável (ZANZARINI, 2019).

Segundo Daibes et al. (2019), em diversos ecossistemas inflamáveis, sementes que apresentam a dormência física apresentam a quebra dela associada ao fogo, fator que interfere em funções dos ecossistemas, causando efeitos positivos ou negativos. Depois de um incêndio, alguns ecossistemas se regeneram, enquanto outros mudam completamente (COCHRANE e RYAN, 2009; ZIRONDI et al., 2019). O fogo altera condições do habitat afetando a germinação das sementes, levando a uma mudança na dinâmica da comunidade biológica, interferindo na diversidade das espécies (WHELAN, 1995; ZIRONDI et al., 2019).

O fogo, ao destruir espécies antes dominantes, abre espaço para a radiação solar, levando a alteração da temperatura do solo, e para novas espécies de leguminosas de sementes duras e de gramíneas, antes impedidas de se estabelecerem nessa área. A exposição ao calor durante o fogo pode quebrar a dormência por romper o tegumento impermeável e permitir a entrada de

água nelas. A fumaça também é um fator que pode promover a germinação delas (SCOTT, 2010; ZUPO et al., 2016; ZIRONDI et al., 2019).

A distribuição vertical das sementes no perfil do solo é crítica para a resposta das sementes armazenadas no solo afetado pelo fogo, uma vez que a temperatura do solo diminui rapidamente com a profundidade. Para que as sementes reajam ao aquecimento do solo e germinem, elas devem estar localizadas numa profundidade do perfil do solo onde a dormência possa ser superada, sem levar a morte das sementes pelo excesso de temperatura. Portanto, o fogo pode causar diferenças na composição da vegetação existente, alterando a dinâmica do banco de sementes (SCOTT, 2010).

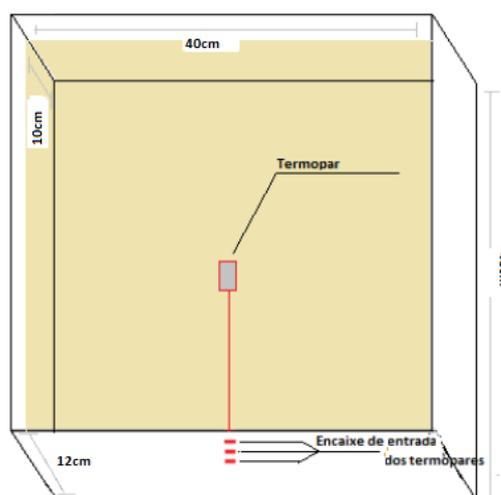
Incêndios superficiais, como é o caso dos que ocorrem no Cerrado, consomem principalmente o combustível fino fornecido pela camada herbácea. Durante os incêndios, a temperatura da chama pode chegar a 800 °C (MIRANDA et al. 1993; MUSSO, 2015) e a temperatura da superfície do solo pode chegar a 280 °C (CASTRO-NEVES e MIRANDA 1996; MUSSO, 2015). Nessa situação, os fogos são de baixa duração e por isso aumentos significativos na temperatura foram registrados apenas no primeiro centímetro do solo, onde mais de 90% do banco de sementes do solo se aloja e, por esse motivo, as sementes não são expostas a temperaturas letais durante os incêndios (MUSSO et al., 2015).

4 METODOLOGIA

4.1 Construção do protótipo simulador de passagem de fogo – Protótipo Teste

Para a simulação da passagem do fogo em um substrato com sementes em diferentes profundidades, uma caixa de madeira nas dimensões 0,4m x 0,4m x 12cm (Fig. 4.1) foi construída e preenchida por um substrato arenoso até 10 cm de altura. A areia de foi secada em vasilhas de alumínio e plástico no sol (Fig. 4.2A). Dois sensores de temperatura e um termopar de tipo K foram inseridos pela lateral para aquisição de dados de temperatura em diferentes profundidades tais como 0, 1 e 4 cm com distanciamento entre si de 3 cm (Fig. 4.1 e 4.2B). Os dois sensores de temperatura de 100 cm de comprimento revestidos por plástico com alcance de leitura até 100 °C foram conectados diretamente a um Catalogar HOBO Micro Station e posicionados nas entradas 1 cm e 4 cm abaixo da superfície (Fig. 4.2B). Na superfície do substrato, em contato com o fogo, foi utilizado um termopar de tipo K de revestimento de plástico acoplado ao aparelho de medição BSIDE ACM91, capaz de fazer leituras acima de 400 °C. Para garantir que o fogo não se espalhasse na madeira, foram recortadas várias latas de alumínio e encaixadas na lateral interior da caixa (Fig. 4.2B). Dois tipos de biomassa foram testados: 1º) biomassa de restos de galhos e frutos secos coletados em um sub-bosque de leucena (Fig. 4.2C); 2º) biomassa de capim seco.

Figura 4.1 – Desenho esquemático do modelo do protótipo simulador de passagem de fogo.



Fonte: Autora, 2021.

Figura 4.2 - Protótipo do simulador de passagem de fogo. A – Detalhe da secagem do substrato arenoso; B – locais onde os sensores e termopar foram instalados e do revestimento de latinhas; C – biomassa da leucena.



Fonte: Autora, 2021.

4.2. Design experimental

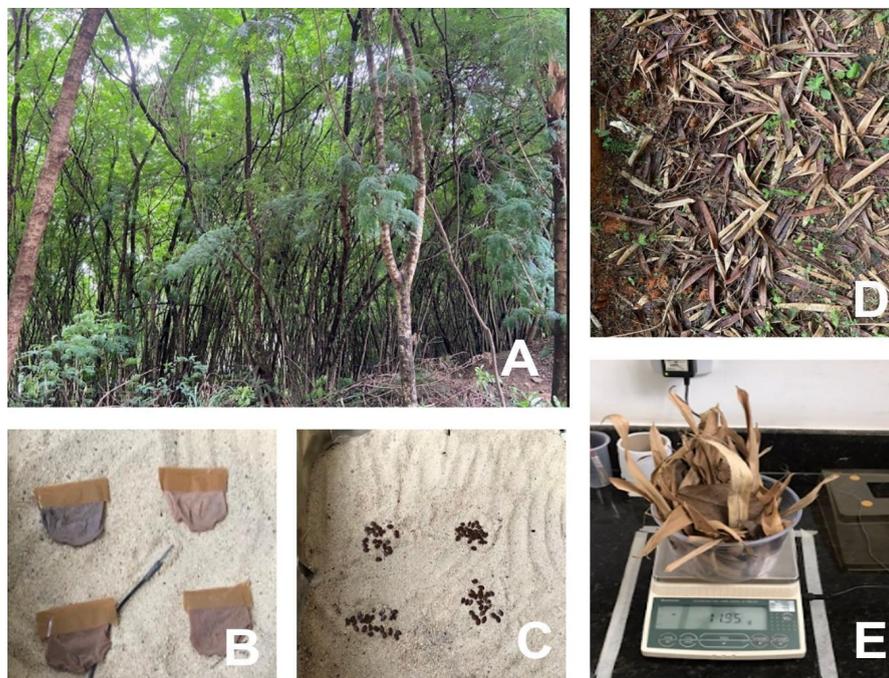
Foram simuladas duas passagens de fogo em um banco de sementes recém estabelecido. Para tanto, o banco de sementes foi criado por sementes recém coletadas, 7 dias antes do experimento, durante o final da estação da primavera no mês de dezembro. A coleta das sementes foi realizada em três árvores em dispersão de um denso aglomerado de leucenas (Fig. 4.3A) dentro do campus da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG ($19^{\circ} 51' 47.503''$ S e $43^{\circ} 57' 35.148''$ W). A região é caracterizada, segundo Assis (2012) pelo clima local Tropical de Altitude da Depressão de Belo Horizonte, mesoclima de tipo A, topoclima de tipo A2, altitude entre 700-800m, umidade relativa do ar média de 74,5% e cobertura vegetal original de faixa de transição de floresta ombrófila semidecidual e formações típicas do Cerrado brasileiro. Após a coleta, foi realizada uma triagem das sementes, as quais sementes aparentemente mais saudáveis e viçosas foram selecionadas (sem danos visíveis no tegumento). Amostras de 25 sementes foram acomodadas em sacos de nylon lacrados (Fig. 4.3 B). Para cada nível testado foram enterrados 4 sacos: nível 1 (1 cm de profundidade) e

nível 2 (4 cm de profundidade). Na superfície (nível 0 – fogo) 100 sementes foram espalhadas em quatro lotes (Fig. 4.3C).

Para a geração do fogo foi utilizada biomassa da leucena (como, frutos secos, galhos e folhas) coletados no sub-bosque do aglomerado de leucena (Fig. 4.3D) e biomassa de capim, típico das queimadas de curto prazo na região de Cerrado. Para calcular a biomassa necessária para uma queimada de aproximadamente 3 minutos, foi realizada anteriormente um teste. Uma quantidade de biomassa conhecida (pesada) (Fig. 4.3E) foi queimada e o tempo cronometrado. O resultado foi que para cada 27g de biomassa de leucena são necessários 1 minuto para total combustão e 11,7 g de folhas de capim. Foram estimadas as quantidades de biomassas a partir destes dados para 3 minutos de combustão.

Durante as simulações, a medição da temperatura foi realizada durante o processo de queima de cada tipo de biomassa (aquecimento) e após (resfriamento da areia). Ao final da simulação da passagem do fogo, as sementes foram exumadas e levadas ao laboratório para os testes de germinação e viabilidade.

Figura 4.3 - Design experimental. A – Aglomerado de árvores de leucena na área de coleta; B – Sacos de nylon com sementes; C – Sementes de leucena na superfície do substrato arenoso; D – Biomassa de leucena no solo do sub-bosque da mata de leucena; E – Biomassa de capim.



Fonte: Autora, 2021.

4.3. Teste de germinação e viabilidade das sementes

Testes de germinação das sementes exumadas foram realizados em 24 placas de Petri com papel filtro umedecido com água destilada e incubadas a 25°C em câmara germinadora com fotoperíodo de 12 horas no escuro por 8 dias. A germinação foi avaliada diariamente, sendo o controle aquelas sementes que não passaram pelo aquecimento do fogo, e a indicação de que a semente estava germinada o aparecimento de uma radícula. Após esse período de observação, as sementes que não germinaram passaram por um teste de viabilidade. Aquelas que embeberam a água e não tiveram protusão de radícula foram submetidas ao teste de tetrazólio conforme metodologia de França-Neto e Krzyzanowski (2018). Aquelas que não germinaram e não embeberam, tiveram seus tegumentos escarificados mecanicamente e foram incubadas novamente por 24 hs.

4.4. Avaliação dos efeitos do fogo na quebra de dormência das sementes

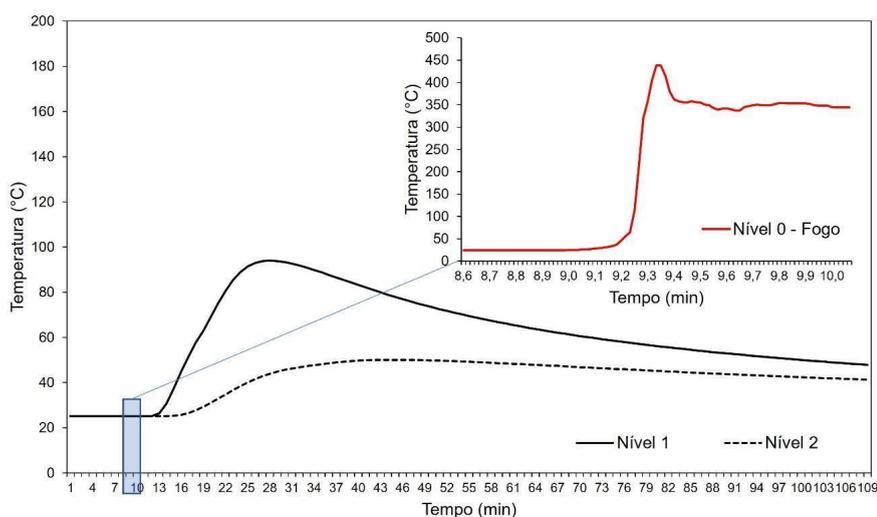
Para a avaliação dos efeitos da passagem do fogo na quebra de dormência física das sementes de leucenas foram realizados o cálculo da porcentagem de germinação (G%) e viabilidade (V%) das sementes. Para as comparações estatísticas os valores de porcentagem foram transformados em arc. sen. $\sqrt{(\%G/100)}$. Os valores médios das G% e V% entre as profundidades após a passagem do fogo, para cada tratamento, foram comparados através de ANOVA one-way seguido do teste Tukey HSD ($P < 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Simulação da passagem do fogo – Protótipo Teste

Os resultados de aquecimento do substrato arenoso obtidos para o protótipo-teste construído (sem enterrar os sacos de nylon com sementes) com a utilização de biomassa de leucena estão apresentados na Figura 5.1. A combustão da biomassa da leucena no teste permaneceu durante 1 minuto e 29 segundos. A temperatura máxima do nível 0 foi 438°C, no entanto, o termopar do equipamento passou a apresentar problemas de leitura e voltou a funcionar quando a combustão foi diminuindo. Observou-se que após a superfície do substrato atingir a temperatura máxima, a temperatura do nível 1 (1 cm abaixo da superfície) alcançou seu pico após 18 minutos (93,85°C), enquanto a do nível 2 após 33 minutos (50,06°C). O substrato arenoso do protótipo teste manteve-se aquecido no nível 1 por 21 minutos acima de 80°C, 34 minutos acima de 70°C, 52 minutos acima de 60°C e 1 hora e 47 minutos acima de 45°C, e no nível 2, 52 minutos acima de 45°C (Tabela 5.1).

Figura 5.1 – Temperaturas (°C) durante o tempo (minutos) de combustão da biomassa de leucena medidas por sensores conectados diretamente a um Datalogger HOBO Micro Station e termopar K ao aparelho de medição BSIDE ACM9, posicionados na superfície (nível 0 – fogo), 1 cm de profundidade (nível 1) e 4 cm de profundidade (nível 2).



Fonte: Autora, 2022.

Tabela 5.1 - Temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) de combustão da biomassa alcançadas em diferentes tempos (minutos), medidas por sensores conectados diretamente a um Datalogger HOBO Micro Station posicionados a 1 cm de profundidade (N1) e 4 cm de profundidade (N2), nos diferentes testes: protótipo-teste, simulação com combustão de biomassa de leucena e de capim com sementes enterradas.

	80 $^{\circ}\text{C}$	70 $^{\circ}\text{C}$	60 $^{\circ}\text{C}$	55 $^{\circ}\text{C}$	45 $^{\circ}\text{C}$	40 $^{\circ}\text{C}$
Protótipo Teste N1	21min	34min	52min	N/A	107min	-
Protótipo Teste N2	N/A*	N/A	N/A	N/A	52min	-
Leucena N1	N/A	8min	25min	34min	63min	-
Leucena N2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	45min
Capim N1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Capim N2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

* N/A: Temp. não alcançada pelo tratamento, “-” não calculado.

Fonte: Autora, 2022

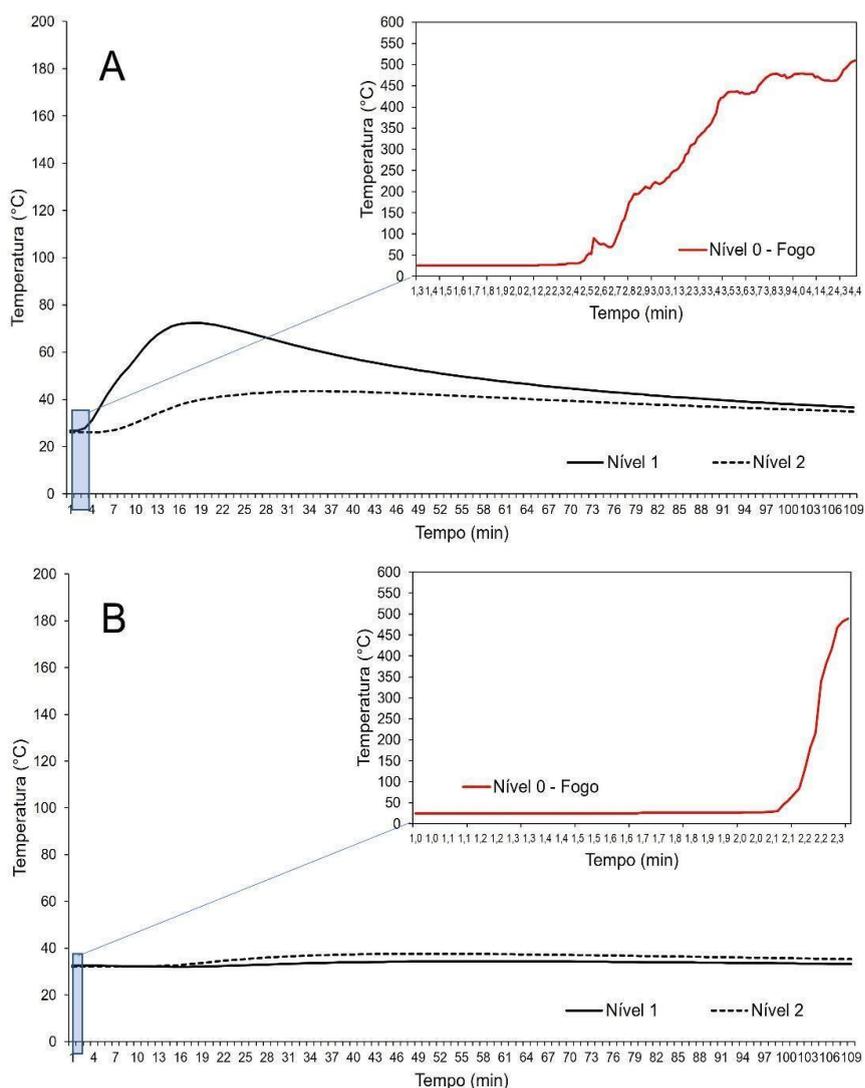
5.2. Efeitos da passagem do fogo na quebra da dormência das sementes

Os resultados do aquecimento do substrato arenoso com os lotes de sementes enterrados em diferentes profundidades obtidos durante a combustão das biomassas de leucena e capim estão apresentados na Figura 5.2 A e B, respectivamente. A chama durante a combustão da biomassa da leucena permaneceu acesa durante 2 minutos e 19 segundos. A temperatura da superfície do solo subiu rapidamente alcançando 510 $^{\circ}\text{C}$. No entanto, o equipamento parou de funcionar após 1 minuto e 57 segundos de combustão (Fig. 5.2A). A chama da biomassa do capim em combustão permaneceu acesa durante 1 minuto e 7 segundos, com temperatura máxima de 489 $^{\circ}\text{C}$. As medidas desta simulação de passagem de fogo também foram interrompidas devido ao equipamento ter parado de funcionar. Após 14 minutos da combustão

completa da biomassa de leucena, a temperatura máxima do nível 1 foi atingida (72,44 °C) e em 31 minutos a do nível 2 (43,5 °C) (Fig. 5.2A). No entanto, na simulação da passagem de fogo com a biomassa de capim, após 47 minutos da combustão completa a temperatura máxima atingida do nível 1 foi 37,59 °C e após 52 minutos a do nível 2 foi de 34,36 °C (Fig. 5.2B).

Apesar das superfícies dos substratos arenosos atingirem temperaturas acima de 450°C, a queima da biomassa do capim não foi o suficiente para aquecer o substrato tanto quanto a da leucena. Por isso, a temperatura do substrato nos níveis 1 e 2 não atingiram 40°C (Fig. 5.2B). Em contrapartida, o aquecimento proveniente da combustão da biomassa da leucena manteve o substrato aquecido no nível 1 por 8 minutos e 52 segundos acima de 70°C, 25 minutos acima de 60°C, 30 minutos acima de 55°C e 1 hora acima de 45°C, e no nível 2, 45 minutos acima de 40°C (Tabela 5.1).

Figura 5.2 – Temperaturas (°C) durante o tempo (minutos) de combustão da biomassa medidas por sensores conectados diretamente a um Datalogger HOBO Micro Station e termopar K ao aparelho de medição BSIDE ACM9, posicionados na superfície (nível 0 – fogo), 1 cm de profundidade (nível 1) e 4 cm de profundidade (nível 2). A – Biomassa de leucena; B – Biomassa de capim.

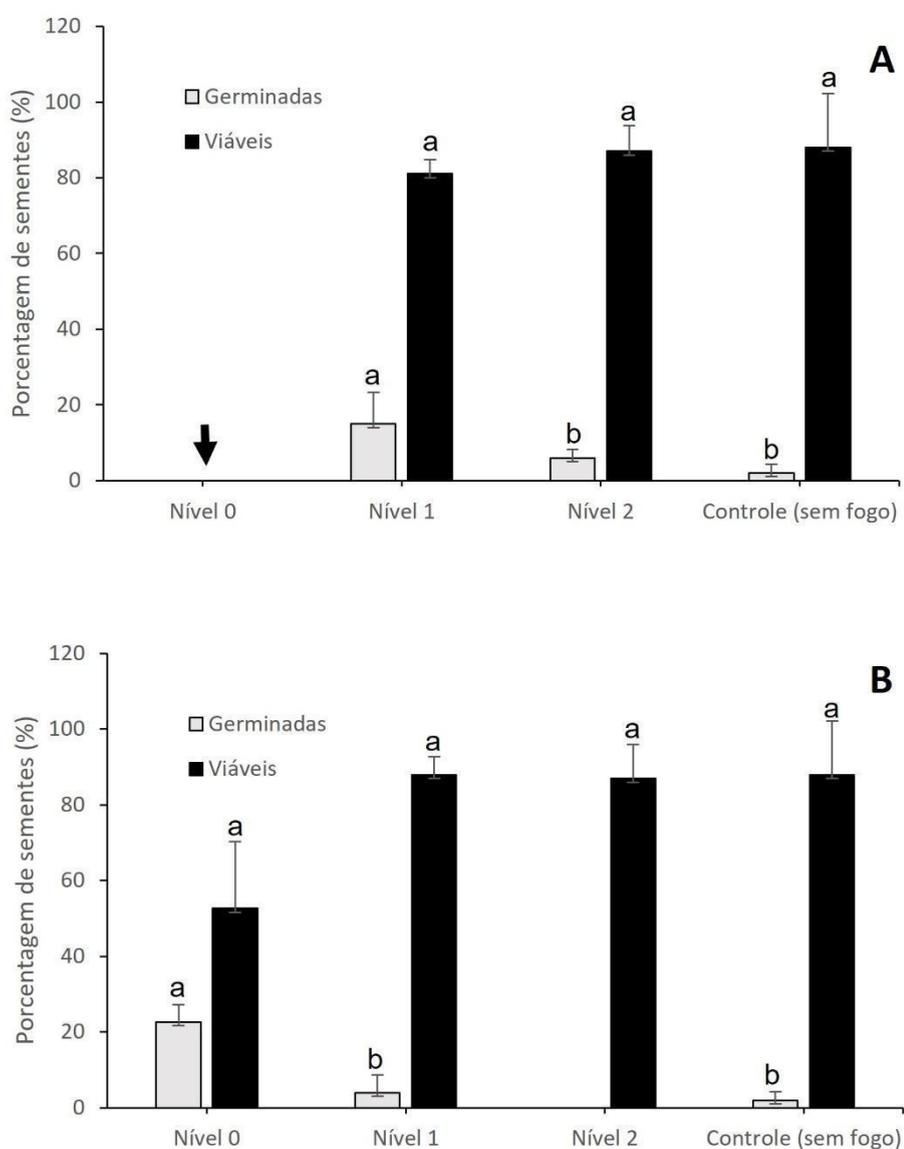


Fonte: Autora, 2022

A Figura 5.3 mostra os resultados das porcentagens de germinação e das viabilidades após a passagem do fogo das diferentes biomassas. Observou-se que muitas das sementes foram carbonizadas e queimaram ao contato direto com o fogo da biomassa da leucena, sendo que nenhum embrião sobreviveu (Fig. 5.3A). No entanto, a temperatura alcançada no nível 1 foi o significativamente suficiente ($F= 6,76$; $P=0,016$) para quebrar a dormência de 15% das sementes em relação ao nível 2 e ao controle. Porém, Teles et al. (2000), já havia encontrado valores de 32,7% de germinação do grupo controle, o que demonstra que esse valor é bem baixo para considerar como quebra de dormência. Os testes de viabilidade mostraram que mais de 80% das sementes estavam viáveis independente dos tratamentos (Fig. 5.3A).

Na simulação da passagem de fogo utilizando a biomassa do capim, observou-se que 36 % de sementes do nível 0 foram carbonizadas no contato direto com o fogo, sendo que dentre as que não foram, 22,7 % das sementes germinaram (Fig. 5.3B). As viabilidades foram altas para todos os lotes de sementes de leucena e, apesar de mais baixa para as sementes do nível 0, não foram estatisticamente diferentes entre si ($F=0,317$; $P=0,89$). Estas sementes tiveram seus tegumentos escarificados pelo fogo sem afetar o embrião, sendo neste caso a dormência física quebrada. Koobonye et al. (2018) observaram que o ar quente a 60°C de um forno por 150 minutos podem resultar em 22,8 % de germinação de um lote de sementes, apesar da alta viabilidade. Esse resultado, assim como o resultado da biomassa de leucena nível 1, está dentro de valores observados em grupos controle, como em Teles et al. (2000), demonstrando que aumentar o tempo de exposição a uma temperatura alta, mas não o suficiente alta, não promoverá a quebra da dormência.

Figura 5.3 – Porcentagem de germinação e viabilidade (%) das sementes de *Leucaena leucocephala* exumadas dos diferentes níveis do substrato arenoso: (nível 0 – fogo), nível 1 (1 cm de profundidade) e nível 2 (4 cm de profundidade). A – Simulação de passagem de fogo com biomassa de leucena; B – Simulação de fogo biomassa de capim. Seta: sementes carbonizadas; Barras: médias \pm desvio padrão. Letras diferentes significam diferença estatística ($P < 0,05$) obtidas por ANOVA oneway e post hoc de Tukey entre os mesmos parâmetros. Letras iguais não há diferenças.



Fonte: Autora, 2022.

Estudos utilizando escarificação térmica com água quente para quebrar a dormência física de sementes de leucena mostraram que 94,7% de germinação pode ser obtida com a imersão por 5 min em água a 80°C (TELES et al., 2000) ou 91,5% em 10 minutos (ANCHEPAZ e RAMIREZ-VILLALOBOS, 2006). Koobonye et al. (2018) obtiveram 84,3% em 5 minutos e Yousif et al. (2020) obtiveram 98% em 3 minutos, e acima de 80% para 6, 9 e 12 minutos com imersão em água fervente, mantendo resultados semelhantes aos estudos anteriores. Esses resultados apontam que a temperatura de 80°C é o mínimo necessário para a quebra de dormência das sementes de leucena, o que explicaria os resultados do experimento, pois nenhum dos tratamentos das sementes alcançaram tal temperatura.

6 CONCLUSÕES

Em conclusão, este estudo responde parcialmente às questões levantadas. A primeira questão que diz respeito se a passagem do fogo é capaz de quebrar a dormência da leucena ou de matar os embriões das sementes, necessita de mais estudos. Isto porque, tanto a combustão da biomassa de leucena quanto de capim não foram o suficiente para que o substrato atingisse a temperatura de 80°C durante no mínimo 5 minutos para que a porcentagem de germinação estivesse próxima à da viabilidade da semente.

A segunda questão levantada de que a profundidade do banco de sementes no solo após a passagem do fogo interfere na quebra de dormência da semente, também necessita de mais estudos. Foi observado que as temperaturas logo após a combustão das biomassas são diferentes. No entanto, o tempo que as temperaturas permanecem nas diferentes profundidades nestes experimentos não foram suficientes para determinar que interferem na quebra de dormência da semente.

A terceira questão levantada de que se o fogo pode ser uma técnica de manejo para controlar a leucena em condições naturais, também necessita de mais estudos, pois sem saber os reais impactos do fogo na quebra da dormência ou morte dos embriões, não é possível identificar a viabilidade de proposição de técnicas de manejo.

7 RECOMENDAÇÕES

Para responder às perguntas propostas integralmente, recomenda-se a construção de um novo protótipo, maior e que caiba mais biomassa para garantir um tempo de combustão por mais tempo. O uso de mais sensores em diferentes partes de cada profundidade para mapear a temperatura em diferentes pontos de cada nível torna-se também importante para analisar a uniformidade da transferência de calor. Além disso, observar a germinação por 30 dias consecutivos permitiria a obtenção de dados mais conclusivos. Outra sugestão seria deixar as sementes enterradas previamente durante alguns meses antes das simulações para garantir que elas passem pelo intemperismo natural, conjuntamente, experimentos paralelos deveriam ser realizados no ambiente natural.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. S.; REIS, L. B. O.; SILVA, E. K. C.; FABRICANTE, J. R.; SIQUEIRA FILHO, J. A. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. In: FABRICANTE, J. R. (ed.) **Plantas exóticas e exóticas invasoras da Caatinga**. Florianópolis: Bookes, 2014. v. 4, p. 13-18.
- ANCHEZPAZ, Y.; RAMIREZ-VILLALOBOS, M. Tratamientos pregerminativos en semillas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. *Revista de la Facultad de Agronomía, Caracas*, v. 23, n. 3, p. 257-272, jul. 2006.
- ANDRADE, L. A. Z.; MIRANDA, H. S. The dynamics of the soil seed bank after a fire event in a woody savanna in central Brazil. **Plant Ecology**, v. 215, p. 1199–1209, 2014.
- ASSIS, W. L. Os climas naturais do município de Belo Horizonte-MG. **ACTA Geografia**. Ed. Especial Climatologia Geográfica, p.115-135, 2012.
- AZEREDO, G. A.; DE PAULA, R. C.; VALERI, S. V.; MORO, F. V. Superação de dormência de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. **Revista brasileira de sementes**, v. 32, n. 2, p. 49-58, jun., 2010.
- BAKER, H. G. Some Aspects of the Natural History of Seed Banks. In: LECK, M.A.; PARKER, T. V.; SIMPSON, R. L. (ed.) **Ecology of Soil Seed Banks**. New York: Academic Press, 1989. p. 9-21.
- BALOTA E. L.; CHAVES, J. C. D. Enzymatic activity and mineralization of carbon and nitrogen in soil cultivated with coffee and green manures. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1573–1583, 2010.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C.C. Classification, biogeography, and phylogenetic relationships of seed dormancy, 2003. In: **Seed**. European Weed Research Society, 2014. v. 54, p. 576–583.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, 2014. 1586 p.
- BOND, W. J.; VAN WILGEN, B. W. **Fire and Plants**. Londres: Chapman & Hall, 1996.
- BORGES, E. E L.; RIBEIRO JUNIOR, J. I.; REZENDE, S. T.; PEREZ, S. C. Alterações fisiológicas em sementes de *Tachigalia multijuga* (Benth.) (mamoneira) relacionadas aos métodos para a superação da dormência. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p. 317-325, jun., 2004.
- BORGHETTI, F. A.; DE ANDRADE, L. A. Z.; SCHIMIDT, I. B.; BARBOSA, R. M. B. Seed germination and seedling recruitment of *Dimorphandra mollis* Benth. in a Neotropical savanna subjected to prescribed fires. **Folia Geobotanica**, v. 54, p. 43–45, 2019.
- CASTRO-NEVES, B. M.; MIRANDA, H. S. Efeitos do fogo no regime térmico do solo de um campo sujo de Cerrado. In: MIRANDA, H. S.; SAITO, C. H.; DIAS, B.F. S. (ed.)

Impactos de Queimadas em Áreas de Cerrado e Restinga. Brasília: Universidade de Brasília, 1996. p. 20–30.

COCHRANE, M.A.; RYAN, K. C. **Fire and fire ecology: concepts and principles.** Springer: Berlin Heidelberg, 2009. p. 25–62.

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

DAIBES, L. F.; ZUPO, T.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A. A field perspective on effects of fire and temperature fluctuation on Cerrado legume seeds. **Seed Science Research**, v. 27, 74–83, 2017.

DAIBES, L. F.; GORGONE-BARBOSA, E.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A. Gaps critical for the survival of exposed seeds during Cerrado fires. **Australian Journal of Botany**, v. 66, p. 116–123, 2018.

DAIBES, L. F.; PAUSAS, J. G.; BONANI, N.; NUNES, J.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A. Fire and legume germination in a tropical savanna: ecological and historical factors. **Annals of Botany**, v. 123, n. 7, 1219–1229, 2019.

DEGREEF J.; ROCHA O. J.; VANDERBORGHT T.; BAUDOIN J. P. Soil seed bank and seed dormancy in wild populations of lima bean (Fabaceae): considerations for in situ and ex situ conservation. **American Journal of Botany**, v. 89, p. 1644–1650, 2002.

EVERETT, R.A. Patterns and pathways of biological invasions. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 15, p. 177–178, 2000.

FONSECA, N. G.; JACOBI, C. M. Desempenho germinativo da invasora *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. e comparação com *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. e *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. (Fabaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 191-197, 2011.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Metodologia do teste do tetrazólio em sementes de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 109 p.

GARWOOD, N. C. Tropical Soil Seed Banks: a Review. In: LECK, M.A.; PARKER, T. V.; SIMPSON, R. L. (ed.) **Ecology of Soil Seed Banks**. New York: Academic Press, 1989. p. 149–209.

GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE. Species profile: *Leucaena leucocephala*. 2020. Disponível em: <http://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Leucaena+leucocephala> on 09-10-2020. Acesso em: 8 out. 2020.

GORGONE-BARBOSA, E. PIVELLO, V. R.; BAEZA, M. J.; FIDELIS, A. Disturbance as a factor in breaking dormancy and enhancing invasiveness of African grasses in a Neotropical Savanna. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 30, n. 1, p. 131-137, 2016.

HALL, J. B.; SWAINE, M. D. Seed Stocks in Ghanaian Forest Soils. **Biotropica**, v. 12, p. 256-263, 1980.

KEELEY, J. E.; PAUSAS, J. G.; RUNDEL, P. W.; BOND, W. J.; BARDSTOCK, R. A. Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits. **Trends in Plant Science**, v. 16, p. 406–411, 2011.

KOOBONYE, M.; MAULE, B. V.; MOGOSTI, K. Mechanical scarification and hot water treatments enhance germination of *Leucaena leucocephala* (Lam.) seeds. *Livestock Research for Rural Development*, v. 30, n.1, 2018.

LAMONT, B.; HE, T. Fire-Proneness as a Prerequisite for the Evolution of Fire-Adapted Traits. *Trends in Plant Science*. v.22,n .4, 2016.

MAGALHAES, L. C. S.; SILVA-FORSBERG, M. C. Espécies Exóticas Invasoras: caracterização e ameaças aos ecossistemas. **Scientia Amazonia**, v. 5, n.1, 63-74, 2016.

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. **Weed Research**, v. 54, p. 576-583, 2014.

MATOS, D. M. S.; PIVELLO, V. R. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres: alguns casos brasileiros. **Ciencia e Cultura**, v. 61, n. 1, p. 27-30, 2009.

MELLO, T. J. Invasão biológica em ilhas oceânicas: o caso de *Leucaena leucocephala* (Leguminosae) em Fernando de Noronha. 2013. Dissertação (Mestrado em Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H. S.; DIAS, I. F. O.; DIAS, B. F. S. Soil and air temperatures during prescribed created fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 9, p. 313–320, 1993.

MUSSO, C.; MIRANDA, H. A.; BASTOS, A.; SOARES, A.; LOUREIRO, S. Simulated post-fire temperature affects germination of native and invasive grasses in Cerrado (Brazilian savanna), **Plant Ecology & Diversity**, v. 8, n. 2, p. 219-227, 2015.

PARKER, V. T. Soil seed bank. *Encyclopaedia Britannica*. 2017. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/soil-seed-bank>>. Acesso em: 13 nov. 2020.

PARROTTA J. A.; TURNBULL J. W.; JONES N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v. 99, p. 1–7, 1997.

PAULINO, V. T., FREITAS, J. C. T., JÚNIOR, C. R., VEDOVE, D. J. F. D., SOUZA, C. F. J., NATAL, V. Escarificação de sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) cultivares Cunnighan e Piracicaba. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, n. 6, 2004.

REJMANEK, M.; RICHARDSON D.M. What attributes make some plant species more invasive? **Ecology**, v. 77, p. 1655–1661, 1996.

RICHARDSON, D. M.; KLUGE R. L. Seed banks of invasive Australian Acacia species in South Africa: role in invasiveness and options for management. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 10, p. 161–177, 2008.

RICHARDSON, D. M.; PYSEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, F.; PANETTA, F. R.; WEST, C. J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and Distributions**, v. 6, p. 93-107, 2000.

ROBERTS, H. A. Seed Banks in Soil. *Advanced Applied Biology*. v.6, p.1-55, 1981

ROCHA, L. F.; LIMA, G.; MARTINS, S.; TORRES, F.; REIS, C. Avaliação de espécies exóticas em unidades de conservações estaduais de Minas Gerais, Brasil. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 15, n. 2, p. 238-248, 2017.

SAKAI, A. K.; ALLENDORF, F. W.; HOLT, J. S.; LODGE, D. M.; MOLOFSKY, J.; BAUGHMAN, S.; CABIN, R. J.; COHEN, J. E.; ELLSTRAND, N. C.; O'NEIL, P.; PARKER, I. P.; THOMPSON, J. N.; WELLER, S. G. The population biology of invasive species. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 32, p. 305-332, 2001.

SALAZAR, A.; GOLDSTEIN, G.; FRANCO, A. MIRALLES-WILHELM, F. Timing of seed dispersal and dormancy, rather than persistent soil seedbanks, control seedling recruitment of woody plants in Neotropical savannas. **Seed Science Research**, v. 21, p. 103–116, 2011.

SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, Brasília, v. 3, n. 2, p. 32-49, 2013.

SANCHEZ A.; MIQUILENA O.; FLORES R. Comportamiento de la *Leucaena leucocephala* durante el establecimiento regada por goteo artesanal em ambiente semiarido. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 20, p. 352–563, 2003.

SCOTT, K.; SETTERFIELD, S.; DOUGLAS, M.; ANDRESEN, A. Soil seed banks confer resilience to savanna grass-layer plants during seasonal disturbance. **Acta Oecologica**, v. 36, p. 202–210, 2010.

TELES, M. M; ALVES, A. A.; OLIVEIRA, J.C. G.; BEZERRA, A. M. E.. Métodos para quebra da dormência em sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 387-391, 2000.

THOMPSON, K.; BAND, S. R.; HODGSON, J. G. Seed size and shape predict persistence in soil. **British Ecological Society**, v. 7, n. 2, p. 236-241, 1993.

- VIEIRA, N. K.; REIS, A. O papel do banco de sementes na restauração de áreas degradadas. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001. Disponível em: <http://www.lpv.esalq.usp.br/sites/default/files/9%20%20Referencia%20regeneracao%20de%200areas%20degradadas.pdf> . Acesso em: 27 set 2020.
- VIVIAN, R.; SILVA, A. A.; GIMENES, M.; FAGAN, E. B.; RUIZ, S. T.; LABONIA, V. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência: breve revisão. **Planta daninha**, v. 26, n. 3, p. 695-706, 2008.
- WEIDENHAMER, J.; CALLAWAY, R. Direct and Indirect Effects of Invasive Plants on Soil Chemistry and Ecosystem Function. **Journal of chemical ecology**, v. 36, p. 59-69, 2010.
- WHELAN, R. J. **The Ecology of Fire**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 348 p.
- WILLIAMS P. R; CONGDON, R.; GRICE, A.; CLARKE, P. Germinable soil seed banks in a tropical savanna: seasonal dynamics and effects of fire. **Austral Ecology**, v. 30, p. 79-90, 2005.
- WILLIAMSON M. H.; FITTER, A. The characters of successful invaders. **Biological Conservation**, v. 78, p. 163–170, 1996.
- YILDIZ, M.; BEYAZ, R.; GURSOY, M.; AYCAN, M.; KOC, Y.; KAYAN, M. Seed dormancy. In: JIMENEZ-LOPEZ, J. C. (ed) **Seed biology**. Londres: IntechOpen, 2017. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/advances-in-seed-biology/seed-dormancy>>. Acesso em: 10 out. 2020.
- YOUSIF, M. A. I.; WANG, Y. R.; DALI, C. Seed dormancy overcoming and seed coat structure change in *Leucaena leucocephala* and *Acacia nilotica*. **Forest Science and Technology**, v. 16, n. 1, p. 18-25, 2020.
- ZANZARINI, V. A. **Inflamabilidade de espécies do estrato herbáceo do Cerrado**. 2019. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Biodiversidade) - Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2019.
- ZENNI, R. D.; DECHOUM, M. S.; ZILLER, S. R. Dez anos do informe brasileiro sobre espécies exóticas invasoras: avanços, lacunas e direções futuras. **Biotemas**, v. 29, n. 1, p. 133-153, 2016.
- ZENNI, R. D.; ZILLER, S. R. An overview of invasive plants in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 3, p. 431-446, 2011.
- ZIRONDI, H. L.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A. T. Fire effects on seed germination: Heat shock and smoke on permeable vs impermeable seed coats. **Flora**, v. 253, p. 98–106, 2019.

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 Botânica Brasilica**, v. 30, n. 3, p. 514-519, 2016.