



LUIZ CARLOS DE OLIVEIRA JUNIOR

**ECOFISIOLOGIA DE SEMENTES DE *Solanum lycocarpum* St.
Hil. (LOBEIRA) EM FUNÇÃO DO MÊS DE DISPERSÃO**

**LAVRAS - MG
2022**

LUIZ CARLOS DE OLIVEIRA JUNIOR

**ECOFISIOLOGIA DE SEMENTES DE *Solanum lycocarpum* (LOBEIRA) EM
FUNÇÃO DO MÊS DE DISPERSÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, área de
concentração em Ciências Florestais, para a obtenção
do título de Doutor.

Prof. Dr. José Márcio Rocha Faria
Orientador

Prof. Dr. Anderson Cleiton José
Coorientador

**LAVRAS - MG
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Oliveira Junior, Luiz Carlos de.

Ecofisiologia de sementes de *Solanum lycocarpum* st. hil.
(lobeira) em função do mês de dispersão / Luiz Carlos de Oliveira
Junior. - 2022.

46 p.: il.

Orientador(a): José Márcio Rocha Faria.

Coorientador(a): Anderson Cleiton José.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Fisiologia de sementes. 2. IVG. 3. Sementes florestais. I.
Faria, José Márcio Rocha. II. José, Anderson Cleiton. III. Título.

LUIZ CARLOS DE OLIVEIRA JUNIOR

**ECOFISIOLOGIA DE SEMENTES DE *Solanum lycocarpum* (LOBEIRA) EM
FUNÇÃO DO MÊS DE DISPERSÃO
ECOPHYSIOLOGY OF SEEDS OF *Solanum lycocarpum* (LOBEIRA) AS A
FUNCTION OF THE MONTH OF DISPERSION**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, área de
concentração em Ciências Florestais, para a obtenção
do título de Doutor.

Aprovada em 31 de agosto de 2022.

Dr. José Márcio Rocha Faria	UFLA
Dr. Anderson Cleiton José	UFLA
Dra. Leticia Renata de Carvalho	UFMG
Dr. Wilson Vicente Souza Pereira	UFLA
Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva	UNESP

Prof. Dr. José Márcio Rocha Faria
Orientador

Prof. Dr. Anderson Cleiton José
Coorientador

**LAVRAS - MG
2022**

Em especial, dedico minha pesquisa e formação acadêmica aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por estar sempre ao meu lado, me iluminando e guiando meus passos.

Aos meus pais por serem meus maiores incentivadores durante minha vida acadêmica e por toda minha vida. Ao meu irmão pelas boas conversas e companheirismo sempre.

Aos colegas de laboratório pela companhia e amizade nessa caminhada, em especial a Ludmila Marques dos Santos pela ajuda na coleta, montagem e condução dos experimentos que deram origem a esse trabalho.

Ao professor José Márcio Rocha Faria minha admiração, por sempre me incentivar a fazer o melhor trabalho possível e por ensinar com tanto entusiasmo.

A banca avaliadora, pela disponibilidade de tempo e por contribuírem para a melhora deste trabalho com suas opiniões e conhecimento.

E por fim, a Universidade Federal de Lavras pela estrutura e profissionais excelentes.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Aprender a aprender é a habilidade mais importante da vida” (Tony Buzan)

RESUMO

Solanum lycocarpum St. Hil., conhecida popularmente como lobeira ou fruta do lobo, é uma arvoreta ou arbusto pertencente à família Solanaceae. Apresenta uma grande resistência ao déficit hídrico e o excesso de água pode atrasar a germinação das sementes, o que propicia seu desenvolvimento em regiões de estresse, como áreas degradadas e áreas de pastagens, onde há ressecamento rápido do solo. O objetivo geral com esse trabalho foi de caracterizar variações fisiológicas de sementes de *S. lycocarpum* em função do mês de dispersão, por um período de 12 meses, e associá-las a possíveis variações na dormência. Como objetivos específicos visou-se analisar, a cada coleta, o percentual de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) e relacionar os resultados com os dados climatológicos do local de estudo, nos mesmos meses, visando entender como esses fatores podem ter influenciado na profundidade da dormência. Frutos maduros de lobeira foram coletados mensalmente, entre os meses de julho de 2018 e junho de 2019, em uma população localizada na região de Lavras, MG. Para teste de umidade, após passarem pela sala climatizada por dois dias quatro repetições de cinco sementes de lobeira foram pesadas e colocadas posteriormente em estufa a 105 °C por 24 h. Para teste de germinação foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, lavadas em hipoclorito de sódio (1%; 10 min), dispostas em caixas do tipo gerbox sobre duas folhas de papel de germinação, em germinadores, sob 8 temperaturas, variando de 15 a 40 °C. Em uma BOD foi testada a germinação com variação de foto e termoperíodo (12 h a 30 °C com luz e 12 h a 20 °C sem luz). Foram avaliadas diariamente e no mesmo horário a protrusão de radícula (2 mm), até os 40 dias. Os ensaios de germinação foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), no modelo fatorial duplo 12 (meses de coleta) x 8 (temperaturas). Os dados obtidos revelam que não houve diferença significativa entre a umidade dos lotes coletados, após passarem por dois dias de secagem em sala climatizada. A germinação e IVG de sementes de *Solanum lycocarpum* mudam de acordo com o mês de coleta, nas temperaturas de 25, 30, 35 e 25-30 °C. A germinação é superior nas temperaturas de 20-30 e 30 °C, independentemente do mês de coleta. Para a utilização das sementes em condições de estresse térmico, os melhores meses de coleta são fevereiro e abril, pois foram onde a resposta a condição de estresse foi melhor.

Palavras-chave: Fisiologia de sementes. IVG. Sementes florestais.

ABSTRACT

Solanum lycocarpum St. Hil., popularly known as lobeira or wolf fruit, is a tree or shrub belonging to the Solanaceae family. It presents great resistance to water deficit and excess water can delay its germination, which favors its development in stress regions, such as degraded areas and pasture areas, where there is rapid drying of the soil. The general objective of this work was to characterize physiological variations of *S. lycocarpum* seeds as a function of the month of dispersion, for a period of 12 months, and to associate them with possible variations in dormancy. As specific objectives, it was aimed to analyze, at each collection, the percentage of germination and germination speed index (GSI) and to relate the results with the climatological data of the study location, in the same months, in order to understand how these factors may have influenced the depth of the dormancy. Ripe lobeira fruits were collected monthly, between July 2018 and June 2019, in a population located in the region of Lavras, MG. For the moisture content determination, after passing through the acclimatized room for two days, four replicates of five lobeira seeds were weighed and later placed in an oven at 105 °C for 24 h. For germination test, four replications of 25 seeds were used, washed in sodium hypochlorite (1%; 10 min), placed in gerbox-type boxes on two sheets of germination paper, in germinators, under 8 temperatures, ranging from 15 to 40°C. In a BOD, germination was tested with photo and thermoperiod variation (12 h at 30 °C with light and 12 h at 20 °C without light). The radicle protrusion (2 mm) was evaluated daily and at the same time until 40 days. Germination tests were carried out in a completely randomized design, in a double factorial model 12 (collection months) x 8 (temperatures). The data obtained reveal that there was no significant difference between the moisture content of the collected batches, after two days drying in an acclimatized room. Germination and GSI of *Solanum lycocarpum* seeds changed according to the month of collection, at temperatures of 25, 30, 35 and 25-30 °C. Germination was higher at temperatures of 20-30 and 30 °C, regardless of the month of collection. For the use of seeds under conditions of thermal stress, the best months of collection are February and April, when they show a better performance under stress condition.

Keywords: Seed physiology. GSI. Forest seeds.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Lobeira (<i>Solanum lycocarpum</i> St. Hil.) com frutos	17
Figura 2 – Estágios da coleta até a montagem dos experimentos	26
Figura 3 – Dados de germinação por mês, acumulados ao longo do tempo de germinação	34
Figura 4 – Variação da germinação de acordo com temperatura e mês	37
Figura 5 – Variação do IVG de acordo com temperatura e mês	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variação na germinação em função do mês de coleta e temperatura.....	32
Tabela 2 – Variação no IVG em função do mês de coleta e temperatura	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Cerrado.....	14
2.2 Características da espécie	15
2.3 Sementes florestais e dormência.....	18
2.4 Presença de dormência em sementes de lobeira	19
2.5 Efeito do ambiente na dormência e a germinação.....	20
2.6 Germinação	21
2.7 Vigor de sementes	22
2.8 Estresse térmico	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Coleta e beneficiamento	24
3.2 Teste de umidade	25
3.3 Análise de germinação	27
3.4 Coleta de dados climatológicos.....	27
3.5 Análises estatísticas	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Umidade das sementes	28
4.2 Efeito do estresse térmico e mês de coleta	28
4.3 Efeito das variáveis ambientais na dormência e germinação	35
4.3.1 Temperatura	35
4.3.2 Luz	35
4.3.3 Precipitação e umidade	35
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
6 CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é um complexo vegetacional com uma vasta riqueza de espécies, muitas delas endêmicas. Esse bioma, porém que sofre grande pressão antrópica, principalmente devido as atividades de mineração e pela expansão urbana, o que torna necessário a aplicação de técnicas de recuperação e restauração dessas áreas.

Dentre os recursos necessários para a recuperação de áreas de Cerrado se encontram as sementes florestais, insumo básico para produção de mudas ou semeadura direta que irá viabilizar o ambiente para o crescimento e estabelecimento de nova população nas áreas então degradadas pelo uso humano. Porém, muitas espécies nativas são de difícil propagação em condições laboratoriais e de viveiro, o que torna a produção muito mais complicada. Uma das principais características que dificulta o trabalho com sementes nativas é a germinação lenta e desuniforme, encontrada em muitas espécies e normalmente decorrente da presença de dormência.

Dormência em sementes pode ser considerada como uma das grandes vantagens para que algumas espécies pudessem colonizar áreas de difícil sobrevivência, já que através dela há um maior controle da germinação, evitando que esta ocorra durante um período desfavorável, dado que a fase de plântula é a mais frágil da vida do vegetal.

Devido à importância dessa estratégia, o estudo da dormência tem chamado cada vez mais a atenção, principalmente os processos moleculares envolvidos nessa habilidade de distribuir a germinação no tempo. Para as espécies agrônômicas, esse estudo já se encontra em níveis mais avançados, porém em espécies florestais, pode-se observar que os mecanismos de dormência de muitas delas permanecem pouco estudados ou até mesmo desconhecidos, o que muitas vezes dificulta a propagação dessas espécies.

Sementes de lobeira apresentam germinação lenta e desuniforme (PINTO *et al.*, 2007), característica da presença de dormência e, apesar de sua importância tanto do ponto de vista ecológico quanto econômico, existem poucos estudos envolvendo essa espécie. Com base em estudos com sementes de tomate, pertencente à mesma família da lobeira (Solanaceae), pode-se hipotetizar que, de alguma forma, o balanço hormonal durante a germinação pode estar diretamente relacionado com esse comportamento, influenciado pelos fatores que ocorrem durante a formação das sementes.

Baseado nesse contexto, entender como os fatores externos durante a formação da semente afetam a germinação é um grande passo para expandir o conhecimento nesse campo, assim como abrir uma porta para esse tipo de estudo para outras espécies florestais, além de um

maior embasamento no momento de tomada de decisão sobre como utilizar essas sementes com maior eficiência.

Assim, o objetivo geral com esse trabalho foi de caracterizar variações fisiológicas de sementes de *S. lycocarpum* em função do mês de dispersão, por um período de 12 meses, e associá-las a possíveis variações na dormência.

Como objetivos específicos visou-se analisar, a cada coleta, o percentual de germinação e índice de velocidade de germinação e relacionar os resultados com os dados climatológicos do local de estudo, nos mesmos meses, visando entender como esses fatores podem ter influenciado na profundidade da dormência, além de comparar como cada sementes coletadas em cada mês do ano reagem ao ambiente de estresse térmico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cerrado

Conservar e explorar de maneira sustentável os recursos naturais é um dos grandes desafios da sociedade atual, nos aspectos ecológico, econômico e culturais (PARISI *et al.*, 2019), visto a crescente demanda por produtos madeireiros e não-madeireiros, além da necessidade de áreas para crescimento urbano e agrário.

O Brasil possui a flora mais rica do mundo, com uma estimativa de 56.000 espécies (GIULIETTI *et al.*, 2009) e abriga dois dos 34 *hotspots* de biodiversidade do mundo, sendo eles a Mata Atlântica e o Cerrado (MITTERMEIER *et al.*, 2005). Sendo a maior savana do mundo, o Cerrado conta com aproximadamente 12 mil plantas catalogadas, com pelo menos um terço delas endêmicas. (MARTINELLI e MORAES, 2013). É considerado um *hotspot* global de biodiversidade devido à sua diversidade e endemismo, ao mesmo em que recebe grande pressão humana que ameaça drasticamente sua área original (MYERS *et al.*, 2000). Estima-se que o bioma apresente 13.140 espécies de plantas vasculares, com pelo menos seis mil lenhosas, com elevado grau de endemismo (FERNANDES *et al.*, 2016; MMA, 2021) o faz ser considerado prioritário para a conservação.

A característica climática mais marcante do Cerrado é a de que esse bioma apresenta duas estações bem definidas: uma estação seca de inverno e outra úmida de verão (KÖPPEN, 1948). A concentração das chuvas em determinado período do ano tem influência direta sobre a vegetação, uma vez que processos dependentes da chuva deixaram o solo pobre em minerais essenciais (NASCIMENTO e NOVAIS, 2020).

Logo, as espécies precisam lidar com a seca, as quais anualmente são submetidas, e eventuais queimadas que ocorrem nesse período. Assim, pode-se ver plantas com adaptações diversas, com o objetivo de acumular e evitar a perda de água e de se proteger do fogo. Dentre as adaptações, pode-se destacar: raízes profundas, dormência no período da seca, alta capacidade de armazenamento de água e nutrientes, folhas que evitam perda excessiva de água; dentre outras. Em relação ao fogo, muitas espécies se recuperam rapidamente das queimadas, algumas possuem troncos com casca espessa ou mesmo troncos subterrâneos que as protegem e muitas possuem o processo reprodutivo estimulado pelo fogo (FURQUIM *et al.*, 2018).

Diante desse acelerado processo de destruição devido à expansão das fronteiras agrícolas e mineração, o Cerrado entre as zonas prioritárias para conservação no mundo, uma

vez que o mesmo possui alta riqueza e alto grau de endemismo de espécies (MYERS *et al.*, 2000).

A perda de extensão e de qualidade do hábitat tem sido a maior ameaça, especialmente para as espécies com distribuição restrita e não protegidas em unidades de conservação. Desta forma, desenvolver técnicas de restauração de áreas perturbadas e/ou degradadas deste bioma assim como conhecer melhor a biologia e fisiologia das espécies é fundamental para seu manejo sustentável e consequente conservação e restauração.

2.2 Características da espécie

Solanaceae é uma família constituída por cerca de 100 gêneros e mais de 2.300 espécies, algumas com grande importância econômica como a batata (*Solanum tuberosum* L.), o tomate (*Solanum lycopersicum* L.), o fumo (*Nicotiana tabacum* L.), a pimenta (*Capsicum* spp.) e a berinjela (*Solanum melongena* L.) (OLMSTEAD, 2013). No Brasil, ocorrem 34 gêneros e 466 espécies, metade das quais endêmicas. *Solanum* é o quinto maior gênero das angiospermas e se destaca também na flora brasileira, com 263 espécies, seguido de *Cestrum*, com 25. Grande parte das espécies alimentares da família estão distribuídas entre os gêneros *Solanum* L., *Capsicum* L. e *Physalis* L. (SAMUELS, 2015). Muitas espécies apresentam potencial farmacológico de grande valia para a medicina (MOURA e CAIRES, 2021). Plantas da família Solanaceae são normalmente arbustivas, mas podem ser árvores, ervas ou lianas e encontradas nos mais variados ambientes. As folhas são folhas alternas, simples, inteiras, sem estípulas, muitas vezes com odor desagradável pela presença de alcaloides. As flores estão geralmente reunidas em inflorescências cimosas, são gamopétalas, têm comumente cinco estames, anteras com deiscência rimosa ou poricida (*Solanum* e *Lycianthes*) e um gineceu bicarpelar. Os frutos são bagas ou cápsulas que, em geral, têm muitas sementes (MARTINELLI e MORAIS, 2013; GIACOMIN e GOMES, 2018). *Solanum* merece destaque, tanto pela riqueza quanto pelos endemismos. Embora várias espécies de *Solanum* sejam consideradas comuns habitando clareiras e bordas de florestas, há muitas com distribuição restrita, que crescem apenas em locais não perturbados (MARTINELLI e MORAIS, 2013).

Solanum lycocarpum St. Hil., conhecida popularmente como lobeira ou fruta do lobo, é uma arvoreta ou arbusto pertencente à família Solanaceae (ALMEIDA *et al.*, 1998). Apresenta de 3 a 5 metros de altura, com copa arredondada e rala. Possui tronco tortuoso, com casca grossa e fissurada longitudinalmente (Figura 1). As folhas são simples, alternas, pecioladas, providas de espinhos ao longo da raque e pecíolo. As flores são solitárias ou em pequenas panículas

terminais. Ocorre em praticamente todo o Brasil, com predominância na região do Cerrado. (LORENZI *et al.*, 1998).

Possui fruto indeiscente, carnosos, do tipo baga, globoso e polispérmico. Cada fruto apresenta de 7 a 16 centímetros de diâmetro, com endocarpo verde mesmo após maduro, tomentoso e com pelos que se desprendem com o toque. Possui polpa succulenta, amarelada e aromática (CASTELLANI *et al.*, 2008).

As sementes apresentam em média 7,04 milímetros de comprimento, 5,33 milímetros de largura e 1,71 milímetro de espessura. São albuminosas, com endosperma de coloração esbranquiçada. O embrião é cilíndrico e espiralado (CASTELLANI *et al.*, 2008). Sua germinação é relativamente lenta e desuniforme, o que pode trazer problemas durante o processo de produção de mudas (VIDAL *et al.*, 1999; PINTO *et al.*, 2007).

A lobeira apresenta uma grande resistência ao déficit hídrico e o excesso de água pode atrasar sua germinação (VIDAL *et al.*, 1999), o que propicia seu desenvolvimento em regiões de estresse, como áreas degradadas e áreas de pastagens, onde há ressecamento rápido do solo.

A espécie também parece ser promissora no que diz respeito a produção natural de compostos medicinais antioxidantes, anti-inflamatórios e bactericidas. Também apresenta potencial como auxílio no tratamento de diabetes e prevenção ao câncer, não apresentando efeitos genotóxicos (FARINA *et al.*, 2010; MUNARI *et al.*, 2014; COSTA *et al.* 2015).

Figura 1 – Lobeira (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) com frutos



Fonte: Do autor (2022).

2.3 Sementes florestais e dormência

As sementes de espécies florestais são muito utilizadas para plantios de recuperação de áreas degradadas e áreas de reflorestamento, tanto em projetos voluntários como em comerciais, intensificando assim o mercado de produção de sementes. A crescente demanda por sementes florestais exige um conhecimento da qualidade fisiológica de espécies que antes eram pouco estudadas, visto que o conhecimento da biologia e fisiologia dessas auxilia na tomada de decisão nas etapas finais da produção, armazenamento e comercialização destas sementes (ROSÁRIO *et al.*, 2022).

A dormência e as condições ambientais influenciam nas condições ideais para germinação das sementes e emergência das plântulas. Cada espécie florestal possui uma resposta diferenciada nesses processos fisiológicos. Dessa forma, é de fundamental importância ter total conhecimento das condições ótimas para a germinação e emergência de cada espécie.

No Brasil, a maioria dos reflorestamentos com espécies nativas é realizada com mudas produzidas por sementes, o que permite manter ou ampliar a base genética das futuras populações regeneradas. O estudo de dormência em sementes vem ganhando visibilidade com o passar dos anos, visto a baixa quantidade de informações disponíveis na literatura, quando comparado ao número de espécies que apresentam sementes dormentes.

A presença de dormência em sementes permite que as mesmas tenham maiores chances de resistir a fatores desvantajosos do ambiente, evitando a germinação até que encontrem condições favoráveis para o estabelecimento da plântula. O que controla a germinação em um período mais adequado são fatores genéticos e as características do próprio meio onde essas sementes foram dispersas (BASKIN e BASKIN, 1998).

A dormência é caracterizada como a incapacidade de sementes maduras, viáveis, germinarem, mesmo quando colocadas em condições favoráveis para a germinação, em certo período de tempo (BEWLEY, 1997). A dormência adquirida pelas sementes durante seu desenvolvimento é chamada de dormência primária. Após a dispersão, caso passem por algum estresse ambiental severo, as sementes também podem desenvolver dormência, nesse caso sendo chamada de dormência secundária (GUBLER *et al.*, 2005).

Além desses tipos de dormência, também existem alguns mecanismos que definem a principal causa no atrasado na germinação, que podem ser divididos em dormência fisiológica, quando causada por inibidores químicos presentes na semente; morfológica, ocasionada pela falta do desenvolvimento completo do embrião; física, devido a impermeabilidade do

tegumento; e dormência combinada, quando a semente apresenta dois dos anteriores, sendo a dormência fisiológica a mais comum (BASKIN e BASKIN, 2004).

Quando se trata da dormência fisiológica, o ácido abscísico (ABA), um hormônio vegetal relacionado a diversos processos metabólicos nas plantas, apresenta função central não somente na aquisição da dormência primária, mas também em manter a dormência em sementes embebidas. A superação da dormência ocorre acompanhada de um decréscimo nos níveis de ABA no embrião da semente, ou pela perda da sensibilidade a esse hormônio, em paralelo a um aumento nos níveis de giberelinas (GAs), outro hormônio vegetal relacionado a germinação (FINKELSTEIN *et al.*, 2002).

ABA e GA desempenham os papéis mais importantes como fitohormônios na mediação da transição entre dormência e germinação, induzidos por luz e temperatura. ABA promove o estabelecimento da dormência durante a maturação das sementes e inibe germinação, enquanto GA promove a germinação (YAN e CHEN, 2020). Durante o desenvolvimento da semente, o ABA é gradualmente acumulado, levando ao estabelecimento e manutenção da dormência da semente, que é necessária para a inibição da germinação precoce (FINKELSTEIN, 2010). Mutantes deficientes em ABA normalmente não apresentam dormência ou essa é menos profunda, como mutantes do gene de biossíntese de ABA DEFICIENT1 (ABA1), ABA2, ABA3, NINE-CIS-EPOXYCAROTENOID DEOXYGENASE 6 (NCED6) e NCED9 (LÉON-KLOOSTERZIEL *et al.*, 1996; LEFEBVRE *et al.*, 2006). Ainda, a mutação em genes de catabolismo de ABA como CYP707As, levam a uma maior dormência da semente (OKAMOTO *et al.*, 2006). Por sua vez, GA bioativo na semente induz a síntese de enzimas hidrolíticas que facilitam a quebra do endosperma e tegumento da semente, mobiliza as reservas de armazenamento que suportam o crescimento das plântulas, o que eventualmente promove o crescimento do embrião e a protrusão da radícula (FINKELSTEIN, 2008).

Entender detalhadamente o tipo e os mecanismos relacionados à dormência em sementes é de extrema importância para a escolha correta de métodos para a sua superação, ou mesmo para entender como determinada espécie se comporta durante seu ciclo natural de reprodução.

2.4 Presença de dormência em sementes de lobeira

Vários estudos mostram que sementes de *Solanum lycocarpum* St. Hil. apresentam germinação lenta e desuniforme (PINTO *et al.*, 2007; GONZAGA *et al.*, 2009; ANESE *et al.*, 2011), porém as causas desse comportamento ainda não estão bem definidas.

Gonzaga *et al.* (2009) testaram métodos de escarificação mecânica (lixa e corte), química (ácido sulfúrico) e física (água quente) para acelerar o processo germinativo e superar a possível dormência tegumentar dessas sementes. Como resultado, as sementes escarificadas com lixa apresentaram germinação final superior às demais, porém não superando os 70 % aos 29 dias, quando foi encerrado o teste.

Pinto *et al.* (2007), em um estudo com sementes de lobeira, observaram que as mesmas não apresentaram dificuldade na absorção de água, o que demonstra ausência de dormência física nessa espécie. Também realizaram a caracterização morfológica do embrião e puderam observar que as sementes são dispersas com os embriões completamente formados, o que indica ausência de dormência morfológica. A possível presença de altos níveis de ABA foi apontada como a principal causa da lentidão e falta de uniformidade na germinação, devido à proximidade com os dados encontrados por Hilhorst *et al.* (1998) para sementes de *Solanum lycopersicum*, apesar desse hormônio não ter sido quantificado nesse trabalho com lobeira. Foi observado também um aumento gradativo da atividade da enzima endo-beta-mananase (EBM) nas sementes durante a germinação, principalmente na região do endosperma micropilar.

É provável que os níveis de ABA presentes na semente estejam diretamente relacionados com a enzima EBM, onde altos níveis desse hormônio causam uma redução da atividade dessa enzima, assim como inibem a expressão de genes como CDK2a, α -EXP e ACT, relacionados, respectivamente, ao ciclo celular, a expansão celular e a formação do citoesqueleto (PINTO *et al.*, 2007; FARIAS *et al.*, 2015).

2.5 Efeito do ambiente na dormência e a germinação

Sabe-se que o ambiente apresenta profunda influência na aquisição de dormência durante a formação das sementes. O quão dormente as sementes estarão durante a dispersão depende de onde essas foram formadas e quais fatores ambientais estavam presentes durante o desenvolvimento e maturação (HE *et al.*, 2014).

Os principais fatores que influenciam na dormência de sementes são o solo, temperatura e luz. No solo, a quantidade de nitrato disponível para a planta mãe durante o desenvolvimento das sementes apresenta grande influência na profundidade da dormência adquirida (HE *et al.*, 2014).

Quanto à temperatura, sementes que são formadas em ambiente com maior temperatura tendem a apresentar menor dormência, enquanto aquelas formadas em ambientes mais frios, maior dormência, porém existem espécies onde uma maior temperatura pode também aumentar

a profundidade da dormência. Essa variação tem relação direta com o balanço entre ABA e GAs (CHANG *et al.*, 2011).

Como um dos fatores ambientais mais importantes na dormência e germinação, variações na temperatura durante a formação e desenvolvimento das sementes afetam drasticamente a profundidade da dormência, sendo que baixas temperaturas tendem a aumentar e altas temperaturas tendem a reduzir a profundidade dessa (GRAEBER *et al.*, 2012; BURGHARDT *et al.*, 2016). A influência da temperatura na dormência é parcialmente mediada pela sinalização do metabolismo de ABA/GA. Kendall *et al.* (2011) observaram que baixas temperaturas durante o desenvolvimento de sementes de *Arabidopsis* pode aumentar o conteúdo de ABA e reduzir o conteúdo de GA4. Os níveis de proteínas e transcritos de DOG1 apresentam uma grande correlação com a temperatura durante a maturação das sementes, sendo que temperaturas baixas aumentam a acumulação de DOG1, o que é associado a um aumento na dormência dessas sementes.

Já a luminosidade nos quesitos quantidade, qualidade e distribuição durante o dia podem afetar não só a dormência como a própria estrutura das sementes, onde aquelas desenvolvidas em ambientes com menor luminosidade tendem a apresentar um tamanho maior que as com maior luminosidade (BEWLEY *et al.*, 2013).

Além de ser utilizada para a fotossíntese, a luz também tem função importante em ser uma fonte de informação para as plantas para que essas possam ajustar seu crescimento e desenvolvimento em resposta as mudanças no ambiente (YAN e CHEN, 2020). A profundidade de dormência não é somente determinada pelos genes, mas também pelo ambiente onde a planta mãe está durante a fase de maturação da semente, com destaque para temperatura, luz, disponibilidade hídrica e nitrato, quando se trata de dormência primária. Após dispersa, a semente pode adquirir dormência secundária devido as condições do banco de sementes no solo (BASKIN e BASKIN, 1998; FINCH-SAVAGE e FOOTITT, 2017; YAN e CHEN, 2020)

2.6 Germinação

Germinação de sementes em teste de laboratório é a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir uma planta normal, sob condições favoráveis de campo (RAS, 2009).

Fisiologicamente, o processo de germinação inicia-se com a absorção de água pela semente e termina com o início do alongamento de eixo embrionário, podendo ser identificado pela protrusão da radícula (BEWLEY e BLACK, 1982).

Conhecer as condições que proporcionam germinação rápida e uniforme das sementes é extremamente útil para fins de semeadura, pois reduzem os cuidados por parte dos viveiristas, uma vez que as mudas se desenvolverão mais rapidamente, promovendo um povoamento mais uniforme no campo (PACHECO *et al.*, 2006), ou mesmo propiciam uma melhor chance de sobrevivência em caso de semeadura direta, pois a plântula se instalará mais rapidamente em campo.

O processo de germinação é um sistema complexo, regulado por fatores intrínsecos e extrínsecos e muitos estudos tem demonstrado que espécies reativas de oxigênio, também chamadas radicais livres, agem diretamente como moléculas sinalizadoras durante a germinação de sementes, envolvidos tanto no aumento das taxas de carbonilação e *turnover* de proteínas, quanto no balanço entre os hormônios, aumentando as giberelinas e diminuindo o ácido abscísico e o etileno, através da ACC (ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano). Essas mudanças podem levar ao reinício do metabolismo em sementes durante a embebição, o que é essencial para a germinação de sementes e emergência de plântulas (BARBA-ESPIN *et al.*, 2010; BARBA-ESPIN *et al.*, 2011; DIAZ-VIVANCOS *et al.*, 2013).

2.7 Vigor de sementes

A AOSA (*Association of Official Seed Analysts*) (2009) define vigor de sementes como aquelas propriedades que determinam o seu potencial para uma emergência rápida e uniforme e o desenvolvimento de plântulas normais sob ampla diversidade de condições de ambiente. Um dos principais testes utilizados para se definir o vigor de um lote de sementes é o índice de velocidade de germinação ($IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$; onde G1, G2, Gn = número de sementes germinadas ou emergidas computadas na primeira, na segunda e na última contagem; e N1, N2, Nn = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem).

Os testes de vigor têm sido utilizados principalmente para identificar diferenças associadas ao desempenho de lotes de sementes durante o armazenamento ou após a semeadura, procurando destacar lotes com maior eficiência para o estabelecimento do estande sob ampla variação das condições de ambiente (MARCOS FILHO *et al.*, 2009).

2.8 Estresse térmico

A maioria das plantas vive em ambientes nos quais são constantemente expostas a um ou mais tipos de estresses abióticos, como temperaturas extremas, salinidade, seca e iluminação excessiva e bióticos, causados por organismos vivos como patógenos (bactérias, fungos, vírus), herbívoros, nematóides, assim como outras plantas que podem influenciar, consideravelmente, seu crescimento e desenvolvimento (ATKINSON e URWIN, 2012; SHARMA *et al.*, 2013). Ao se tornarem sésseis, tem que desenvolver mecanismos específicos para detectar precisamente as mudanças no ambiente e responder, adequadamente, ao tipo de estresse a que está submetida, minimizando danos e conservando recursos importantes para sua manutenção assim como para reprodução (RIZHSKY e al., 2002).

Essa interação é extremamente complexa, envolvendo mudanças morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares, o que dificulta a identificação dos componentes de maior importância envolvidos, na regulação e resposta das plantas ao estresse (SHARMA *et al.*, 2013), o que mostra a necessidade de diversos estudos, em pontos específicos, para se conseguir um conhecimento mais amplo sobre o assunto. Estudos relacionados com a resposta germinativa de sementes, em condições de estresse, têm sido cada vez mais requisitados, a fim de se ter um maior entendimento dos processos envolvidos, bem como estudos de técnicas que tornem as sementes mais resistentes a esses ambientes. Apesar dos vegetais apresentarem mecanismos necessários, para tolerar ambientes de difícil desenvolvimento, muitas vezes, a resposta não é eficiente ou rápida o suficiente para que ocorra o desenvolvimento da forma ideal

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta e beneficiamento

Frutos maduros de lobeira foram coletados mensalmente, entre os meses de julho de 2018 e junho de 2019, em uma população localizada na região de Lavras, MG. Os frutos foram coletados logo após a sua queda natural, conforme recomendação de Pinto *et al.* (2007).

No início de cada mês, a equipe se deslocou até o local e coletou frutos que estavam no chão, conforme a disponibilidade. Após coleta, os frutos foram armazenados em sacos plásticos e imediatamente transportados para o Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Já no viveiro, os frutos foram abertos individualmente a fim de se observar se as sementes daquele fruto estavam maduras. Frutos com aroma forte e característico da espécie, amolecidos e com facilidade de abertura normalmente continham sementes bem formadas e foram selecionados, enquanto frutos duros e sem cheiro, ao serem abertos, normalmente apresentavam sementes de cor esbranquiçada e mal formadas, sendo imediatamente descartados. A figura 2 A e 2 B demonstram o gradiente de maturação de frutos que foram normalmente encontrados no campo. A figura 2 C ilustra um fruto completamente maduro e com sementes bem formadas, modelo adotado para o beneficiamento e prosseguimento dos experimentos. Frutos muito deteriorados normalmente estavam infestados de insetos e para evitar algum tipo de influência nas sementes não foram utilizados.

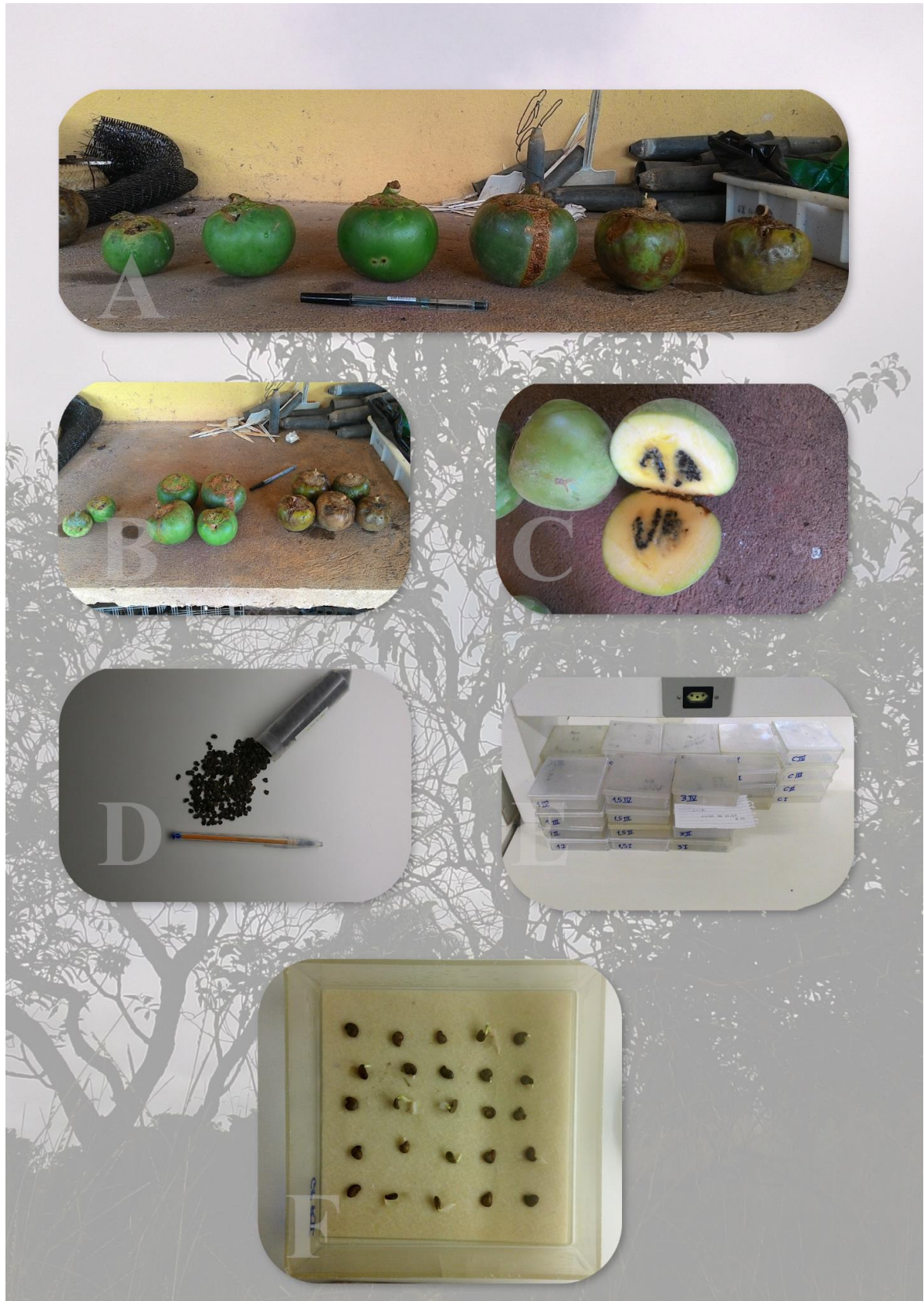
Os frutos que atenderam essa seleção foram então despulpados com a utilização de peneiras e água corrente, visando à remoção e limpeza das sementes. Para isso, os frutos foram abertos com uma faca e as sementes com polpa retiradas com as mãos e depositadas sobre peneira. Com água corrente e com auxílio das mãos em movimentos circulares, as sementes foram totalmente separadas da polpa.

Após o beneficiamento, as sementes foram levadas para o Laboratório de Sementes Florestais onde foram colocadas em sala climatizada em 25 °C para secagem superficial, por dois dias, seguindo imediatamente após esse período para os experimentos, sem que houvesse período de armazenamento em câmara fria. A figura 2 D mostra sementes de lobeira após os dois dias de secagem, colocadas em um tubo Falcon para facilitar o manuseio durante os experimentos.

3.2 Teste de umidade

Após o processo de secagem foi obtida uma amostra de sementes de cada lote para a determinação do grau de umidade. Para tal, quatro repetições de cinco sementes foram pesadas e colocadas posteriormente em estufa a 105 °C por 24 h. Após esse período, foram então pesadas novamente e através de cálculo foi possível estimar o teor de água de cada lote / mês.

Figura 2 – Estágios da coleta até a montagem dos experimentos



A e B - Frutos obtidos após coleta no chão evidenciando a variação de tamanho e estágio de maturação; C - Fruto maduro; D - Sementes; E - Gerbox; F - Germinação.

Fonte: Do autor (2022).

3.3 Análise de germinação

Os testes de germinação foram conduzidos no Laboratório de Sementes Florestais do DCF/UFLA. Mensalmente foi montado um teste de germinação com sementes colhidas naquele mês, que passaram por todo o processo descrito anteriormente.

Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, lavadas em hipoclorito de sódio (1%; 10 min), dispostas em caixas do tipo gerbox (figura 2 E), sobre duas folhas de papel de germinação, em germinadores, sob 8 temperaturas, variando de 15 a 40 °C. Em uma BOD foi testada a germinação com variação de foto e termoperíodo (12 h a 30 °C com luz e 12 h a 20 °C sem luz). Foram avaliadas diariamente e no mesmo horário a protrusão de radícula (2 mm, figura 2 F), até os 40 dias. Ao final do teste, foram calculados e organizados em gráficos e tabelas os seguintes parâmetros: percentual de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e germinação acumulada durante os dias.

3.4 Coleta de dados climatológicos

Os dados climatológicos necessários para avaliar a influência do clima na germinação de sementes de lobeira foram obtidos através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no Banco de Dados Meteorológicos (<https://bdmep.inmet.gov.br/>). Foram coletadas as médias mensais dos dados de insolação total, precipitação total, umidade relativa do ar, temperatura média, máxima e mínima.

3.5 Análises estatísticas

Os ensaios de germinação foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), no modelo fatorial duplo 12 (meses de coleta) x 8 (temperaturas), sendo cada tratamento composto por quatro repetições de 25 sementes.

Os dados de umidade, germinação e IVG foram analisados por ANOVA e quando encontradas diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas por teste de Scott-knott, utilizando-se o software estatístico R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Umidade das sementes

O grau de umidade de uma semente é fator de extrema importância para a manutenção de sua qualidade fisiológica, sendo fundamental para a escolha da temperatura e o tempo de secagem das sementes (BARBOSA, 2021).

Os dados obtidos revelam que não houve diferença significativa entre a umidade dos lotes coletados. Após passarem por dois dias de o processo de secagem, os lotes apresentaram média de 12,0 % em sala climatizada. Essa constatação é importante, pois gera confiança nos resultados posteriores. Caso a Lotes de sementes com diferentes graus de umidade, o teste poderia ficar comprometido, poderia dificultar a interpretação dos resultados dos testes germinação considerando os fatores a serem analisados, já que sementes com maior umidade, iriam possivelmente, germinariam mais rapidamente, mas não pela influência dos fatores analisados somente e sim por já estarem mais avançadas nos processos germinativos que envolvem a embebição. Marangoni *et al.* (2014) demonstraram como a umidade afeta a germinação em sementes de *Parapiptadenia rigida*, onde na faixa de 8,4 a 20,6% a germinação é superior aos demais teores testados, assim como Lopes e Macedo (2008) que constataram que a germinação de sementes de *Brassica pekinensis* variou significativamente de acordo com os teores iniciais de água da semente, à exceção da semente sobre areia, em sementes com grau de umidade de 8%.

Logo, ao colocar as sementes de lobeira coletadas em cada mês para germinar nas mesmas condições de temperatura e nos mesmos equipamentos, distribuídas conforme delineamento inteiramente casualizado, com a mesma umidade inicial, é possível se fazer inferências sobre como os fatores ambientais durante a formação e dispersão das sementes, assim como aqueles colocados durante o processo germinativo, afeta a germinação e velocidade de germinação das sementes.

4.2 Efeito do estresse térmico e mês de coleta

Sementes são capazes de iniciar a germinação quando embebidas sobre condições favoráveis. A temperatura do ambiente ao entorno das sementes durante a embebição tem impacto significativo no potencial germinativo (YAN e CHEN, 2020).

Quando sementes são embebidas em temperaturas abaixo ou acima do ótimo, o potencial germinativo é frequentemente inibido. A supressão na germinação pela temperatura é normalmente chamada de termoinibição, que apresenta importância ecológica na determinação do momento certo da semente germinar (BASKIN e BASKIN, 1998).

Foi possível constatar que a germinação de sementes de lobeira é amplamente afetada tanto pelo mês de coleta, quanto pela temperatura de germinação (tabela 1). Assim como descrito por PINTO (2007), a germinação de sementes de lobeira é extremamente baixa e lenta nas faixas de temperatura fora da ideal.

Observa-se que nas temperaturas de 10, 15, 20 e 40 °C a germinação foi praticamente nula, independente do mês de coleta. Isso implica que a espécie não possui adaptação para germinar nessas condições desfavoráveis. Borges *et al.* (2020) constataram que temperaturas de 16° C e 40 °C também reduziram drasticamente a germinação em cultivares de milho. Sementes de *Combretum leprosum* não respondem adequadamente nas temperaturas de 25 e 35 °C acentuam quanto a germinação e formação inicial de mudas (LEAL *et al.*, 2020). Pinto *et al.* (2007) relatou que nas temperaturas citadas houve germinação praticamente nula.

Já nas temperaturas de germinação de 20-30, 25, 30 e 35 °C pode-se observar que houve diferenças significativas quanto ao mês de coleta, dentro de cada uma das temperaturas, o que indica que o mês de formação e dispersão dos frutos tem interferência na capacidade germinativa dessas sementes. É interessante observar como foi o período de julho de 2018 a junho de 2019 nas variáveis insolação, precipitação, umidade do ar, temperatura média, mínima e máxima.

Foi possível observar que na temperatura experimental de 35 °C a germinação foi nula entre os meses de julho e outubro de 2018, porém a partir do mês de novembro as sementes começaram a germinar nessa temperatura, sendo a germinação nos meses nov-18, mar-19, abr-19 e jun-19 foram estatisticamente superiores aos outros meses, sendo que a germinação no mês de fev-19 foi superior as demais nessa temperatura, atingindo um pico de 69%, nessa temperatura.

Já na temperatura de 30 °C os resultados foram um pouco menos claros. Houve diferença significativa entre os meses de coleta nessa temperatura, sendo que o mês de fevereiro apresentou a germinação mais alta, na casa dos 69%, seguido dos meses de agosto, setembro, novembro, janeiro, março e maio. A germinação mais baixa foi encontrada nos meses de julho, outubro, dezembro e junho.

A germinação foi altamente prejudicada nas sementes que foram colocadas para germinar na temperatura de 25 °C, porém ocorreu um pico germinativo nos meses de fevereiro

e março, que acompanha o ocorrido nas demais temperaturas, com esses meses apresentando melhores resultados.

Agora, ao aprofundar nos resultados na temperatura alternada de 20-30 °C, e fotoperíodo, condições ideais propostas por PINTO (2007), é possível confirmar que realmente essa é a condição ideal de germinação para lobeira, quando comparado a todas as outras temperaturas e meses de coleta, essa condição se apresentou melhor. Porém, é interessante notar que mesmo nessa condição ideal, também houve diferença significativa entre os meses de coleta, sendo alguns meses muito superiores que outros. Curiosamente, os meses de fevereiro e março que apresentaram germinação superior em ambiente de estresse térmico não foram os que apresentaram melhores resultados aqui, na verdade se enquadrando nos piores resultados.

Foi possível observar que os meses com maior germinação nessa temperatura foram julho, agosto, setembro, novembro, dezembro, abril, maio e junho, não diferenciando entre eles. Foram seguidos dos meses de outubro, janeiro e por último os meses de janeiro e fevereiro. É possível observar que existe uma mudança característica na germinabilidade de sementes de lobeira durante um ano.

Voltando as temperaturas mais baixas de temperatura de germinação, observa-se que não foi possível diferenciar alguma resposta entre a época de coleta, pois a espécie não responde ao clima frio. Porém, os gráficos de temperatura mostram que durante o inverno as temperaturas média e mínima atingem facilmente a casa dos 15, 20 °C, momentos em que existem sementes no solo. Elas formam o banco de sementes e nesse ponto que se destaca a importância da dormência fisiológica, devidamente descrita por BASKIN e BASKIN (1998) e BEWLEY (1997).

Sementes de lobeira apresentam germinação nula quando expostas a baixas temperaturas, mantendo a dormência fisiológica profunda, porém quando expostas a temperaturas mais altas o processo de superação da dormência se instaura e essas sementes podem então germinar.

A germinação nas condições de temperatura elevada (30 e 35 °C), mas não tão extrema como 40 °C, que provavelmente matou as sementes, começa a ocorrer com mais intensidade justamente na fase do ano onde a temperatura máxima, mínima e média estão maiores, juntamente com o acúmulo de chuva que começou em outubro e foi até abril. Isso demonstra que a planta é capaz de perceber os estímulos ambientais e produzir sementes com dormência menos profunda, capazes de germinar em condições mais favoráveis de temperatura e precipitação que irão garantir uma maior chance de estabelecimento das plântulas e, por consequência, a perpetuação da espécie.

Observa-se que apesar da germinação ter sido menor na temperatura ideal durante esses meses, ela foi maior nas temperaturas de estresse térmico, indicando que o lote não era menos vigoroso e sim estava mais preparado para responder a condições mais extremas. Isso pode ser respondido pelo período de seca que se aproximava, visto que as respostas ao estresse das plantas estão interrelacionadas, porém a germinação voltou a subir no mês de abril e se manteve elevada até o fim do experimento, possivelmente repetindo o ciclo, o que pode demonstrar que a planta já estava produzindo sementes vigorosas o suficiente para formar um banco de sementes e sobreviver ao período de seca e frio, para então germinar após o retorno das chuvas.

A Tabela 2 demonstra os resultados de IVG, que podem auxiliar no entendimento do comportamento da germinação de sementes de lobeira durante um ano. As medidas de vigor em sementes normalmente acompanham resultados muito discrepantes de germinação, logo observa-se o mesmo comportamento quando as temperaturas baixas de 10, 15 e 20 °C, com IVG nulo e também na temperatura de 40 °C, onde nada germinou logo não há IVG.

Tabela 1 – Variação na germinação em função do mês de coleta e temperatura

Meses	10 °C	15 °C	20 °C	20-30 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C
jul-18	0 Ad	2 Acd	5 Acd	95 Aa	19 Cbc	24 Db	0 Cd	1 Ad
ago-18	0 Ac	0 Ac	3 Ac	90 Aba	3 Cc	49 Bb	0 Cc	3 Ac
set-18	0 Ac	0 Ac	5 Ac	97 Aa	7 Cc	44 BCb	0 Cc	0 Ac
out-18	0 Ac	0 Ac	0 Ac	75 BCDA	1 Cc	29 CDb	0 Cc	1 Ac
nov-18	0 Ac	0 Ac	0 Ac	93 Aba	2 Cc	47 BCb	11 BCc	6 Ac
dez-18	1 Ac	0 Ac	0 Ac	91 Aba	1 Cc	29 CDb	3 Cc	1 Ac
jan-19	0 Ac	0 Ac	4 Ac	70 Cda	1 Cc	43 BCb	7 Cc	0 Ac
fev-19	0 Ab	0 Ab	4 Ab	66 Da	64 Aa	69 Aa	69 Aa	0 Ab
mar-19	0 Ac	0 Ac	0 Ac	44 Ea	42 Ba	31 BCDab	14 BCbc	3 Ac
abr-19	0 Ac	0 Ac	0 Ac	92 Aba	6 Cc	76 Aa	28 Bb	2 Ac
mai-19	0 Ac	0 Ac	0 Ac	85 ABCa	4 Cc	33 BCDb	8 Cc	0 Ac
jun-19	0 A	0 Ac	0 Ac	80 ABCDA	2 Cc	20 Db	14 BCbc	0 Ac

Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas comparando temperaturas e maiúsculas comparando os meses) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Fonte: Do autor (2022).

Tabela 2 – Variação no IVG em função do mês de coleta e temperatura

Meses	10 °C	15 °C	20 °C	20-30 °C	25 °C	30 °C	35 °C	40 °C
jul-18	0,00 Ac	0,02 Ac	0,04 Ac	1,88 ABa	0,17 BCc	0,35 Eb	0,00 Bc	0,05 Ac
ago-18	0,00 Ac	0,00 Ac	0,02 Ac	2,10 Aac	0,05 Cc	0,86 CDb	0,00 Bc	0,06 Ac
set-18	0,00 Ac	0,00 Ac	0,04 Ac	1,76 ABCa	0,09 Cc	1,00 BCb	0,00 Bc	0,00 Ac
out-18	0,00 Ac	0,00 Ac	0,00 Ac	1,50 BCDA	0,03 Cc	0,72 CDEb	0,00 Bc	0,06 Ac
nov-18	0,00 Ac	0,00 Ac	0,00 Ac	1,22 Da	0,04 Cc	0,63 CDEb	0,10 Bc	0,08 Ac
dez-18	0,03 Ac	0,00 Ac	0,00 Ac	1,69 ABCa	0,03 Cc	0,59 CDEb	0,05 Bc	0,04 Ac
jan-19	0,00 Ac	0,00 Ac	0,12 Ac	1,51 BCDA	0,03 Cc	1,03 BCb	0,23 Bc	0,00 Ac
fev-19	0,00 Ac	0,00 Ac	0,06 A	1,45 BCDA	0,77 Ab	1,71 Aa	1,50 Aa	0,00 Ac
mar-19	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Ab	0,70 Ea	0,59 ABa	0,53 DEa	0,30 Bab	0,08 Ab
abr-19	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Ab	1,52 BCDA	0,07 Cb	1,37 ABa	0,31 Bb	0,02 Ab
mai-19	0,00 Ac	0,00 Ac	0,00 Ac	1,40 CDA	0,07 Cc	0,66 CDEb	0,10 Bc	0,00 Ac
jun-19	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Ab	1,69 ABCDA	0,04 Cb	0,42 DEb	0,33 Bb	0,00 Ab

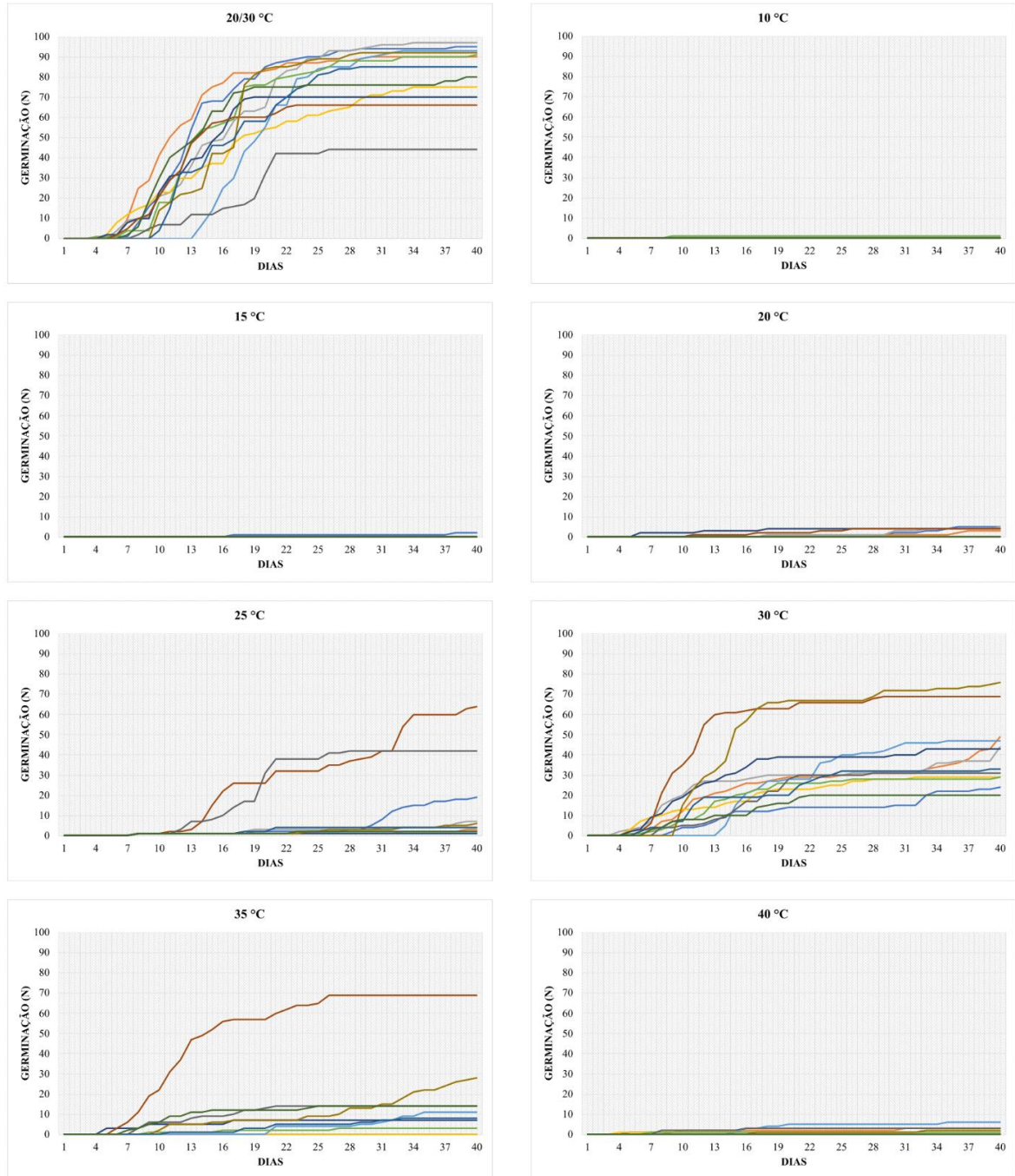
Médias seguidas pela mesma letra (minúsculas comparando temperaturas e maiúsculas comparando os meses) não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Fonte: Do autor (2022).

A figura 5 ilustra os dados acumulados de germinação ao longo dos 40 dias, nas oito temperaturas estudadas, sendo que cada linha representa um mês de coleta. Esses gráficos são interessantes pois demonstram visualmente o que a medida IVG quer dizer. Neles é possível observar o comportamento individual e cumulativo da contagem diária da germinação. Esse gráfico também ajuda a observar o momento em que as sementes começam a germinar, normalmente entre os dias 4 e 10, nas melhores condições e como as diferentes temperaturas afetam o momento inicial de germinação, visto que todas começaram com a mesma umidade.

As temperaturas onde não ocorreu germinação foram mantidas para fins de exemplificação da germinação nula. Na temperatura de 35 °C é possível se observar o destaque do mês de fevereiro, que no dia 13 já tinha quase 60% das sementes germinadas, enquanto os demais meses estavam na faixa de 10%.

Na temperatura de 30 °C a germinação já foi mais proeminente, observando-se que se iniciou entre os 4 e 13 dias, com grande destaque para os meses de fevereiro e abril. Na temperatura de 25 °C, somente as sementes coletadas nos meses de fevereiro e março apresentaram germinação satisfatória, mesmo assim com um atraso em relação as temperaturas de 30 e 20-30 °C. Já em 20-30 °C com fotoperíodo de 12h, as sementes começaram a germinar entre o dia 4 e 9.

Figura 3 – Dados de germinação por mês, acumulados ao longo do tempo de germinação



— jul-18 — ago-18 — set-18 — out-18 — nov-18 — dez-18
 — jan-19 — fev-19 — mar-19 — abr-19 — mai-19 — jun-19

Fonte: Do autor (2022).

4.3 Efeito das variáveis ambientais na dormência e germinação

4.3.1 Temperatura

No presente estudo pode-se observar que nos períodos de menor temperatura do ano, entre maio e agosto, sementes de lobeira apresentaram maior germinação, o que indica uma menor dormência nesses períodos. Isso indica que a formação e maturação das sementes possivelmente ocorram durante os períodos mais quentes do ano e pelo tempo entre a fecundação até a maturidade fisiológica foi possível constatar esse comportamento (Figura 6 e 7).

Ainda, sementes que foram dispersas entre os meses de janeiro e março, os mais quentes do ano, apresentaram menores valores de percentual de germinação na temperatura ótima, o que indica que essas foram desenvolvidas possivelmente durante os períodos mais frios do ano, mostrando que sementes de lobeira talvez necessitem de longos períodos para sua formação e os níveis de ABA endógeno são mantidos até que a semente seja dispersa.

4.3.2 Luz

Foi possível se observar que sementes coletadas em meses com maior insolação total mensal (h) apresentaram maior percentagem de germinação na condição ótima de temperatura.

Tem sido demonstrado que a luz controla a dormência e germinação através do controle de ABA e GA. A germinação mediada pelo fitocromo está associada a um decréscimo do conteúdo de ABA e um aumento dos níveis de GA, principalmente através da luz vermelho (SAWADA *et al.*, 2008). Porém, os estudos são focados durante o processo germinativo das sementes já beneficiadas e não se sabe profundamente se a luz afeta as sementes durante a fase de formação e desenvolvimento da mesma maneira.

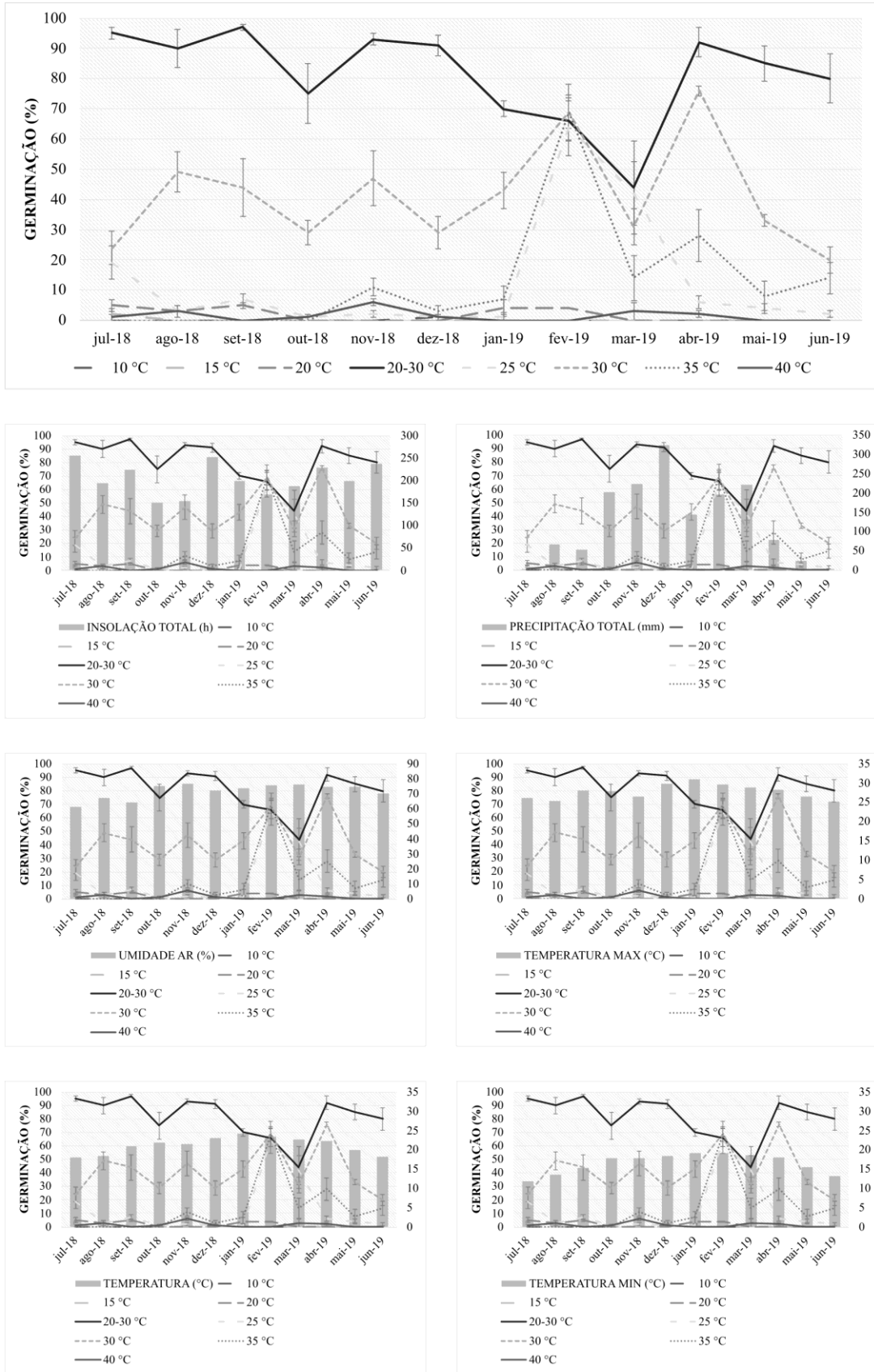
4.3.3 Precipitação e umidade

Foi possível constatar que as mudanças na precipitação anual no local de estudo são bem marcadas com uma estação seca entre os meses de abril até setembro. Apesar da literatura focar principalmente que a influência na dormência e germinação das sementes devido ao balanço de ABA/GA são devidos a temperatura, luz e nitratos, nesse trabalho também se constatou que a curva de germinação anual na condição ótima apresentou maior germinação

quando as sementes foram dispersas em períodos de seca, com decréscimo durante o período chuvoso. A umidade relativa do ar permaneceu praticamente a mesma durante todo o período do experimento.

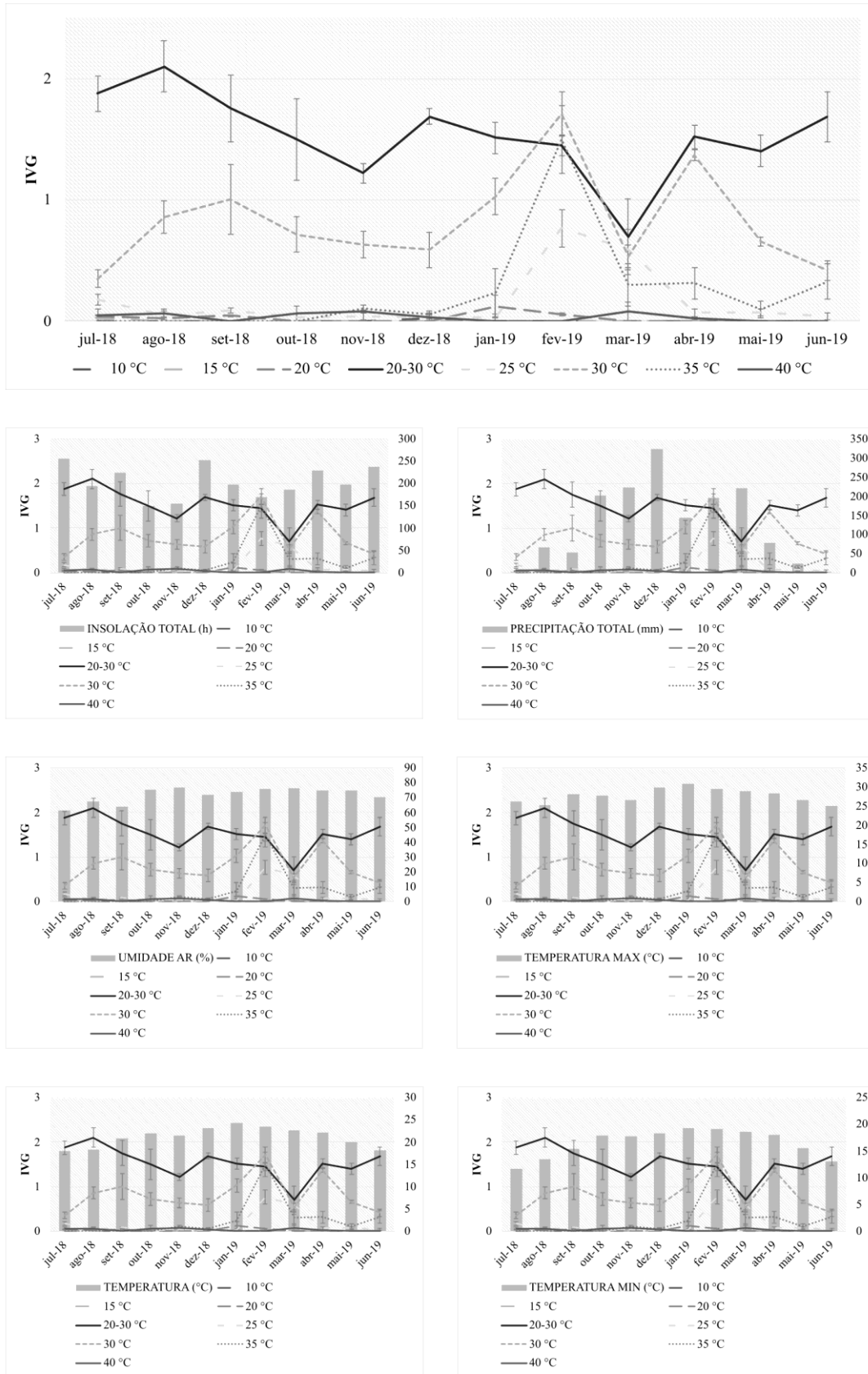
Uma possível teoria é a de que visto o fruto de lobeira ser carnosos e rico em água, o fator ambiental de precipitação pode não interferir diretamente na germinação como os demais fatores e essa resposta tenha ocorrido devido a temperatura do ambiente e não pela precipitação.

Figura 4 – Variação da germinação de acordo com temperatura e mês



Barras indicam o erro padrão da média. Fonte: Do autor (2022).

Figura 5 – Variação do IVG de acordo com temperatura e mês



Barras indicam o erro padrão da média. Fonte: Do autor (2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho foi possível avaliar como sementes de lobeira coletadas em diferentes meses, durante um ano respondem as condições de estresse térmico, assim como a influência dos fatores climáticos do local de coleta no comportamento germinativo dessa espécie. É inquestionável a importância dessas informações para expandir os conhecimentos da ecofisiologia de *Solanum lycocarpum*, o que é o caminho para o desenvolvimento de técnicas para produção e manejo de mudas dessa espécie para recuperação de áreas degradadas do Cerrado.

O entendimento de como as sementes respondem as condições propostas no estudo proporcionam material para a tomada de decisão mais certa na hora de escolha da época de coleta de sementes, do tempo necessário para iniciar a germinação até que todo o lote tenha germinado, de como a temperatura afeta a germinação, de como os fatores ambientais como temperatura, precipitação e umidade influenciam no vigor e de como a dormência fisiológica age abruptamente nessa espécie.

Recomenda-se que estudos futuros sejam realizados visando entender de forma molecular o que leva a esse comportamento na germinação, assim como expandir para o nível de viveiro os resultados encontrados aqui, de forma a coletar sementes em várias épocas do ano e testar na produção de mudas, com irrigação, substrato dentre outras variáveis.

6 CONCLUSÕES

- A germinação e IVG de sementes *de Solanum lycocarpum* mudam de acordo com o mês de coleta, nas temperaturas de 25, 30, 35 e 25-30 °C;
- A germinação é superior nas temperaturas de 20-30 e 30 °C, independentemente do mês de coleta;
- Para a utilização das sementes em condições de estresse térmico, os melhores meses de coleta são fevereiro e abril, pois foram onde a resposta a condição de estresse foi melhor;
- As condições de climáticas: Temperatura ambiente, umidade e insolação afetam a germinação de sementes de lobeira.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. P. *et al.* **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: Embrapa Cerrados, v. 464, 1998.

BAALBAKI, R. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln, 2009. 105 p.

ATKINSON, N. J.; URWIN, P. E. The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field. **Journal Of Experimental Botany**, v. 63, n. 10, p. 3523-3543, 2012.

BARBA-ESPÍN, G. *et al.* Interaction between hydrogen peroxide and plant hormones during germination and the early growth of pea seedlings. **Plant, Cell and Environment**, v. 33, n. 6, p. 981-994, 2010.

BARBA-ESPÍN, G. *et al.* Understanding the role of H₂O₂ during pea seed germination: a combined proteomic and hormone profiling approach. **Plant, Cell and Environment**, v. 34, n. 11, p. 1907-1919, 2011.

BARBOSA, L. D.; ALVES, L. S. **Política nacional da biodiversidade**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Direito) – Centro Universitário de Várzea Grande, Várzea Grande. 2018.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. London: Elsevier, 1998. 666 p.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, v. 14, n. 1, p. 1-16, 2004.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M.I. Dormancy. In: **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. Berlin: Springer, 1982. p. 60-125.

BEWLEY, J. D. *et al.* **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. Springer Science e Business Media, 2012.

BEWLEY, J. D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, v. 9, n. 7, p. 1055, 1997.

BORGES, A. M. *et al.* Germinação de cultivares de milho em diferentes temperaturas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 58993-59002, 2020.

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

BURGHARDT, L. T. *et al.* Multiple paths to similar germination behavior in *Arabidopsis thaliana*. **New Phytologist**, v. 209, n. 3, p. 1301-1312, 2016.

CASTELLANI, E. D. *et al.* Morfologia de frutos e sementes de espécies arbóreas do gênero *Solanum* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 102-113, 2008.

- CHIANG, G. C. K. *et al.* DOG1 expression is predicted by the seed-maturation environment and contributes to geographical variation in germination in *Arabidopsis thaliana*. **Molecular Ecology**, v. 20, n. 16, p. 3336-3349, 2011.
- COSTA, G. A. F. *et al.* Antioxidant, antibacterial, cytotoxic, and anti-inflammatory potential of the leaves of *Solanum lycocarpum* A. St. Hil. (Solanaceae). **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2015, 2015.
- DIAZ-VIVANCOS, P. *et al.* Elucidating hormonal/ROS networks during seed germination: insights and perspectives. **Plant Cell Reports**, v. 32, n. 10, p. 1491-1502, 2013.
- DURGBANSHI, A. *et al.* Simultaneous determination of multiple phytohormones in plant extracts by liquid chromatography – electrospray tandem mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 22, p. 8437-8442, 2005.
- FARIAS, E. T. *et al.* Expression studies in the embryo and in the micropylar endosperm of germinating coffee (*Coffea arabica* cv. Rubi) seeds. **Plant Growth Regulation**, v. 75, n. 2, p. 575-581, 2015.
- FARINA, F. *et al.* Glycemic and urinary volume responses in diabetic mellitus rats treated with *Solanum lycocarpum*. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 35, n. 1, p. 40-44, 2010.
- FERNANDES, G.W. *et al.* **Cerrado - um bioma rico e ameaçado**. In: Peixoto, A. L.; Luz, J.R.P., Brito, M.A. (Eds) *Conhecendo a Biodiversidade*, p. 68-83. Rio de Janeiro: Editora Vozes. 2016.
- FINCH-SAVAGE, W. E.; FOOTITT, S. Seed dormancy cycling and the regulation of dormancy mechanisms to time germination in variable field environments. **Journal of Experimental Botany**, v. 68, n. 4, p. 843-856, 2017.
- FINKELSTEIN R. R. The role of hormones during seed development and germination. In: **Plant Hormones**. Springer, p. 549-573, 2010.
- FINKELSTEIN, R. R. *et al.* Abscisic acid signaling in seeds and seedlings. **The Plant Cell**, v. 14, n. 1, p. 15-45, 2002.
- FINKELSTEIN, R. *et al.* Molecular aspects of seed dormancy. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 387-415, 2008.
- FURQUIM, L. C. *et al.* Relação entre plantas nativas do Cerrado e água. **Científica-Multidisciplinary Journal**, v. 5, n. 2, p. 146-156, 2018.
- GIACOMIN, L. L.; GOMES, E. S. C. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Solanaceae. **Rodriguésia**, v. 69, p. 1373-1396, 2018.
- GIULIETTI, A. M. (coord./ed.). **Plantas raras do Brasil**. Belo Horizonte: Conservation International/Brasil - CI, 2009. 496p.

GONZAGA, A. P. D. *et al.* Germinação de sementes e estabelecimento de plântulas de *Solanum lycocarpum* St.-Hill (Solanaceae) submetidas a escarificação mecânica, química e térmica. **Congresso de Ecologia do Brasil**, 23 a 28 de setembro de 2007, Caxambu.

GRAEBER, K. A. I. *et al.* Molecular mechanisms of seed dormancy. **Plant, Cell and Environment**, v. 35, n. 10, p. 1769-1786, 2012.

GUBLER, F. *et al.* Dormancy release, ABA and pre-harvest sprouting. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 8, n. 2, p. 183-187, 2005.

HE, H. *et al.* Interaction between parental environment and genotype affects plant and seed performance in Arabidopsis. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 22, p. 6603-6615, 2014.

HILHORST, H. W. M. *et al.* The tomato seed as a model system to study seed development and germination. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 47, n. 2, p. 169-183, 1998.

KENDALL, S. L. *et al.* Induction of dormancy in Arabidopsis summer annuals requires parallel regulation of DOG1 and hormone metabolism by low temperature and CBF transcription factors. **The Plant Cell**, v. 23, n. 7, p. 2568-2580, 2011.

KÖPPEN, W. Climatologia. México. **Fundo de Cultura Econômica**, v. 9, 1948.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, 1997. 198 p.

LEAL, C. C. P. *et al.* Estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.) em diferentes temperaturas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 1, 2020.

LEFEBVRE, V. *et al.* Functional analysis of Arabidopsis NCED6 and NCED9 genes indicates that ABA synthesized in the endosperm is involved in the induction of seed dormancy. **The Plant Journal**, v. 45, n. 3, p. 309-319, 2006.

LÉON-KLOOSTERZIEL, K. M. *et al.* Isolation and characterization of abscisic acid-deficient Arabidopsis mutants at two new loci. **The Plant Journal**, v. 10, n. 4, p. 655-661, 1996.

LOPES, J. C.; MACEDO, C; M; P. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 79-85, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, volume 02, 1998. 352p.

MARANGONI, L. D. *et al.* Influência do teor de umidade na germinação de sementes de *Parapiptadenia rígida* (BENTH.) BRENAN. **Nativa**, v. 2, n. 4, p. 224-228, 2014.

- MARCOS FILHO, J. *et al.* Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.
- MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**; tradução Flávia Anderson, Chris Hieatt. – 1. ed. – Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **O Bioma Cerrado**. Online. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/cerrado>. Acesso em: 5 de maio de 2021.
- MITTERMEIER, R. A. P. *et al.* **Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Threatened Terrestrial Ecoregions**. Mexico City: Cemex Conservation International and Agrupacion Sierra Madre, Monterrey. 2005. 390p.
- MOURA, J. N.; CAIRES, C. S. A família Solanaceae Juss. no município de Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. **Paubrasilia**, v. 4, p. 49, 2021.
- MUNARI, C.C. *et al.* Antiproliferative activity of *Solanum lycocarpum* alkaloidic extract and their constituents, solamargine and solasonine, in tumor cell lines. **Journal of Natural Medicines**, v.68, p.236-241, 2014.
- MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.
- NASCIMENTO, D. T. F.; NOVAIS, G. T. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas. **Eliséé**, v. 9, n. 2, p. e922021, 2020.
- NÉE, G. *et al.* The release of dormancy, a wake-up call for seeds to germinate. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 35, p. 8-14, 2017.
- OKAMOTO, M. *et al.* CYP707A1 and CYP707A2, which encode abscisic acid 8'-hydroxylases, are indispensable for proper control of seed dormancy and germination in Arabidopsis. **Plant Physiology**, v. 141, n. 1, p. 97-107, 2006.
- OLMSTEAD, R. G. Phylogeny and biogeography in Solanaceae, Verbenaceae and Bignoniaceae: a comparison of continental and intercontinental diversification patterns. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 171, n. 1, p. 80-102, 2013.
- PACHECO, M. V. *et al.* Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (Anacardiaceae). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.359-367, 2006.
- PARISI, J. J. D. *et al.* Patologia de sementes florestais: danos, detecção e controle, uma revisão. **Summa Phytopathologica**, v. 45, p. 129-133, 2019.
- PINHO, G. P. *et al.* A new spectrophotometric method for determining the enzymatic activity of endo- β -mannanase in seeds. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 25, n. 7, p. 1246-1252, 2014.

PINTO, L. V. A. *et al.* Mechanism and control of *Solanum lycocarpum* seed germination. **Annals of Botany**, v. 100, n. 6, p. 1175-1187, 2007.

RIZHISKY, L. *et al.* The combined effect of drought stress and heat shock on gene expression in tobacco. **Plant Physiology**, v. 130, n. 3, p. 1143-1151, 2002.

ROSÁRIO, W. C. *et al.* Fisiologia, sanidade e controle de fitopatógenos em sementes florestais da Reserva Extrativista Quilombo do Frechal em Mirinzal-MA. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 2, p. 959-978, 2022.

ROSELLÓ, P. L. *et al.* Differential hormonal and gene expression dynamics in two inbred sunflower lines with contrasting dormancy level. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 102, p. 133-140, 2016.

SAMUELS, J. Biodiversity of food species of the Solanaceae family: a preliminary taxonomic inventory of subfamily Solanoideae. **Resources**, v. 4, n. 2, p. 277-322, 2015.

SAWADA, Y. *et al.* Phytochrome- and gibberellin-mediated regulation of abscisic acid metabolism during germination of photoblastic lettuce seeds. **Plant Physiology**, v. 146, n. 3, p. 1386-1396, 2008.

SHARMA, R. *et al.* Recent advances in dissecting stress-regulatory crosstalk in rice. **Molecular Plant**, v. 6, n. 2, p. 250-260, 2013.

SILVEIRA, L. E. D. *et al.* **Expressão de genes no embrião e endosperma durante a germinação de sementes de lobeira (*Solanum lycocarpum* St. Hill)**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Botucatu, 2014.

VIDAL, M. C. *et al.* Crescimento de plântulas de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (lobeira) em casa de vegetação. **Acta Botanica Brasilica**, v. 13, p. 271-275, 1999.

YAN, A.; CHEN, Z. The control of seed dormancy and germination by temperature, light and nitrate. **The Botanical Review**, v. 86, n. 1, p. 39-75, 2020.