

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

FERNANDA BUENO SAMPAIO

Superação de dormência e desenvolvimento inicial de plântulas de pequi (*Caryocar
brasiliense*) com e sem espinhos no endocarpo

Uberlândia

2022

FERNANDA BUENO SAMPAIO

Superação de dormência e desenvolvimento inicial de plântulas de pequi (*Caryocar
brasiliense*) com e sem espinhos no endocarpo

Tese apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Agronomia –
Doutorado, área de concentração em
Fitotecnia, para a obtenção do título de
“Doutora”.

Orientadora Prof^a. Dr^a. Denise Garcia de
Santana

Uberlândia
2022

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S192 Sampaio, Fernanda Bueno, 1981-
2022 Superação de dormência e desenvolvimento inicial de
plântulas de pequi (*Caryocar brasiliense*) com e sem
espinhos no endocarpo [recurso eletrônico] / Fernanda
Bueno Sampaio. - 2022.

Orientadora: Denise Garcia de Santana.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Pós-graduação em Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2022.590>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Santana, Denise Garcia de, 1967-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-
graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br


ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese, 04/2022, PPGAGRO				
Data:	Vinte e seis de agosto de dois mil e vinte e dois	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	11:38
Matrícula do Discente:	11813AGR005				
Nome do Discente:	Fernanda Bueno Sampaio				
Título do Trabalho:	Superação de dormência e desenvolvimento inicial de plântulas de pequi (<i>Caryocar brasiliense</i>) com e sem espinhos no endocarpo				
Área de concentração:	Fitotecnia				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em Áreas de Cerrado				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Hugo César Rodrigues Moreira Catão - UFU; Paulo Roberto Magistrali - UFV; Ana Lúcia Pereira Kikuti - IFTM; Mychelle Carvalho - IFTM; Denise Garcia de Santana - UFU orientadora da candidata.

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Dra. Denise Garcia de Santana, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu a Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir a senhora presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de **Doutor**.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Denise Garcia de Santana, Professor(a) do Magistério Superior**, em 04/09/2022, às 11:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Hugo Cesar Rodrigues Moreira Catão, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/09/2022, às 08:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Lucia Pereira Kikuti, Usuário Externo**, em 05/09/2022, às 10:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Roberto Magistrali, Usuário Externo**, em 05/09/2022, às 11:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mychelle Carvalho, Usuário Externo**, em 05/09/2022, às 16:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3885586** e o código CRC **35C8E860**.

DEDICO

*A minha mãe Maria Angélica Bueno,
pelo incentivo, amor e dedicação.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida, e por me ajudar em todos os momentos.

A minha família, pai, mãe, irmãos, primos, primas, tios, tias e avós, pelo apoio, amor e incentivo. Em especial, a minha mãe, pelo carinho e por tudo que sou hoje, agradeço a ela.

À Profª. Drª. Denise Garcia de Santana, por aceitar me orientar, pela dedicação com essa pesquisa e pelos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. João Paulo Ribeiro Oliveira, pela grande contribuição à minha orientação, pela dedicação e pelos ensinamentos.

Aos colegas do Laboratório de Sementes Florestais, Gabriella, Leandro, Alyne e Júnia, por toda ajuda que me ofereceram.

À Fazenda Água Limpa da UFU, à Profª. Drª. Ana Paula Oliveira Nogueira, ao Dr. Marcos Vieira de Faria e ao Bruno, por proporcionarem a realização do experimento.

Aos colegas e professores do Instituto de Ciências Agrárias e do Programa de Pós-graduação em Agronomia.

Às Bibliotecas da Universidade Federal de Uberlândia, por promoverem o acesso à informação, pela contribuição ao desenvolvimento das atividades de pesquisa e pelos treinamentos oferecidos.

À Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade de prosseguir com meus estudos.

Aos membros da banca de defesa, por aceitarem o convite e pela brilhante contribuição para a melhoria deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

E a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a minha formação e para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Obrigada!

RESUMO

O pequizeiro, *Caryocar brasiliense* Cambess, é uma espécie nativa do Cerrado brasileiro, seus frutos são bastante utilizados na culinária regional e apresenta potencial aplicação na indústria farmacêutica e de cosméticos. O pequizeiro com ausência de espinhos no endocarpo foi descoberto em 2004 no norte de Mato Grosso, e, além desta característica, apresenta frutos mais carnudos e um pouco mais doces do que os do pequizeiro comum. Desde a sua descoberta, o pequi sem espinhos no endocarpo vem sendo pesquisado, porém, ainda não há na literatura científica trabalhos publicados sobre germinação e desenvolvimento de mudas. O objetivo da pesquisa foi compreender os efeitos entre tratamentos pré-germinativos e a característica de presença ou ausência de espinhos no endocarpo de pirênios de pequi (*Caryocar brasiliense*) na germinação e no desenvolvimento inicial de mudas; e proporcionar estratégias que maximizem e ampliem a propagação de mudas de pequi com e sem espinho. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, sendo o primeiro fator relativo a tratamentos pré-germinativos (T1: realização de fenda no endocarpo dos pirênios; T2: pirênios sem qualquer tratamento (controle); T3: imersão dos pirênios por 96 horas em solução de GA₃ na dose de 50 mg L⁻¹; T4: imersão dos pirênios por 96 horas em solução de GA₃ na dose de 100 mg L⁻¹ e T5: imersão dos pirênios por 96 horas em água) e o segundo fator, presença ou não de espinho no endocarpo, com quatro repetições, sendo 25 pirênios por parcela, totalizando 40 parcelas. Foram avaliados a porcentagem de germinação, tempo médio, velocidade média, velocidade de emergência e a incerteza. No desenvolvimento inicial das mudas foram avaliadas quanto a altura, diâmetro do caule, aos 30 e 90 dias após a emergência, e classificadas as plântulas em normais e anormais, aos 30 dias após a emergência. Independente da presença ou não de espinhos, a realização de fenda no endocarpo dos pirênios proporcionou maior porcentagem de germinação e maior velocidade de emergência. A presença de espinhos no endocarpo apresentou maior porcentagem de germinação, contudo, a ausência de espinhos no endocarpo resultou em germinação mais rápida. Para os pirênios com fenda no endocarpo, a ausência de espinhos levou ao desenvolvimento de mudas maiores aos 90 dias após a emergência do que na presença de espinhos no endocarpo. Na presença de espinhos no endocarpo, os pirênios imersos em GA₃ na dose de 50 mg L⁻¹ por 96 horas proporcionaram mudas com as maiores alturas aos 90 dias após a emergência.

Palavras-chave: *Caryocar brasiliense*; Cerrado; dormência; ácido giberélico.

ABSTRACT

The “pequizeiro”, *Caryocar brasiliense* Cambess, is a native species of the Brazilian Cerrado, its fruits are widely used in regional cuisine and has potential application in the pharmaceutical and cosmetics industry. The “pequizeiro” without thorns in the endocarp was discovered in 2004 in the north of Mato Grosso and, in addition to this characteristic, fruits are fleshier and a little sweeter than the common pequi trees. Since its discovery, the pequi without thorns in the endocarp has been researched, however, there are still no published scientific works on germination and scientific literature. The objective of the research was to understand the effects between pre-germination treatments and the presence or absence of spines in the endocarp of pequi pyrenes (*Caryocar brasiliense*) on germination and initial development of seedlings; and provides strategies that maximize the research of pequi seedlings with and without thorns. The experiment was carried out in a completely randomized design, in a 5 x 2 factorial scheme, the first factor being related to pre-germination treatments (T1: cleft in the endocarp of the pyrenes; T2: pyrenes without any treatment (control); T3: immersion of the pyrenes for 96 hours in GA₃ solution at a dose of 50 mg L⁻¹; T4: immersion of the pyrenes for 96 hours in GA₃ solution at a dose of 100 mg L⁻¹ and T5: immersion of the pyrenes for 96 hours in water) and the second factor, presence or absence of thorn in the endocarp, with four repetitions, being 25 pyrenes per plot, totaling 40 plots. Germination percentage, average time, average speed, emergence speed and uncertainty were evaluated. In the initial development of seedlings, they were evaluated for height, stem diameter, at 30 and 90 days after emergence, and seedlings were classified as normal and abnormal, at 30 days after emergence. Regardless of the presence or absence of thorns, the creation of a cleft in the endocarp of the pyrenes provided a higher percentage of germination and higher emergence speed. The presence of spines on the endocarp showed a higher percentage of germination, however, the absence of spines on the endocarp resulted in faster germination. For pyrenes with cleft in the endocarp, the absence of thorns led to the development of larger seedlings at 90 days after emergence than in the presence of thorns in the endocarp. In the presence of spines in the endocarp, the pyrenes immersed in GA₃ at a dose of 50 mg L⁻¹ for 96 hours provided seedlings with the highest heights at 90 days after emergence.

Keywords: *Caryocar brasiliense*; Cerrado; numbness; gibberellic acid.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	09
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1	O bioma Cerrado.....	11
2.2	O gênero <i>Caryocar</i>	13
2.3	<i>Caryocar brasiliense</i> Camb. sem espinhos no endocarpo.....	16
2.4	O extrativismo e as diretrizes técnicas para adoção de boas práticas de manejo.....	17
2.5	Dormência em sementes.....	19
2.6	Germinação de sementes.....	23
2.7	O desenvolvimento pós-seminal de <i>Caryocar brasiliense</i>	26
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1	Coleta e beneficiamento de pirênios.....	28
3.2	Tratamentos pré-germinativos.....	30
3.3	Medidas de germinação.....	33
3.4	Desenvolvimento inicial de mudas.....	34
3.5	Análise estatística.....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1	Germinação de sementes.....	37
4.2	Desenvolvimento inicial de mudas.....	43
4.2.1	<i>Altura e Diâmetro</i>	43
4.2.2	<i>Plântulas normais e anormais</i>	45
5	CONCLUSÕES.....	47
	REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado está localizado em vários estados brasileiros, sendo a maior parte concentrada no Planalto Central Brasileiro. Uma das espécies nativas do Cerrado é *Caryocar brasiliense* Camb., conhecida como pequi e pertencente à família Caryocaraceae, que distribuiu-se nos Estados de Pará, Tocantins, Bahia, Maranhão, Piauí, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo e Paraná (PRANCE; PIRANI, 2022). A polpa do fruto (mesocarpo), é o principal produto da culinária regional, consumida *in natura*. A espécie também é utilizada na fabricação de cosméticos, produtos farmacêuticos e na alimentação de animais silvestres. A coleta dos frutos ocorre por meio do extrativismo, que exige grande demanda de mão de obra, assim, a espécie proporciona renda para as diversas famílias que vivem nos locais de ocorrência (SOUSA, 2016). No entanto, o extrativismo intenso dos frutos pode causar diminuição da densidade de plantas jovens, exigindo estratégias de proteção da espécie e das áreas do Cerrado, o que pode ser conseguido através da educação ambiental, manutenção de áreas especialmente protegidas e através de plantios comerciais (LEÃO et al., 2012). Entretanto, a baixa germinação e desuniformidade das sementes dificultam a produção de mudas da espécie em larga escala (LEÃO et al., 2012).

O relato de plantas de pequizeiro (*Caryocar brasiliense*) sem espinhos no endocarpo ocorreu em 2004, no município de São José do Xingú – MT (KERR et al., 2007). Esses frutos sem espinhos apresentam maior quantidade de polpa e sabor mais adocicado do que o pequi comum. Segundo Kerr et al. (2007), o objetivo, após a descoberta, foi favorecer as pesquisas com essa espécie, especialmente quanto às diferenças biológicas e bioquímicas da planta. Porém, ainda não há trabalhos científicos publicados sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento inicial de mudas do pequi sem espinhos no endocarpo.

De forma geral, a baixa germinação está ligada a mecanismos da dormência, fisiológica e física. A espécie apresenta dormência fisiológica não profunda (MENDES, 2015; SOUSA, 2016), de acordo com o sistema de classificação de Baskin e Baskin (2004), causada pela interação entre dois componentes: o embrião e o endocarpo (SOUSA, 2016). O embrião controla a germinação através do seu estado fisiológico, interagindo com os fatores ambientais; e o endocarpo (dormência física) regula a entrada de água e serve como uma barreira mecânica ao crescimento do embrião, limitando a germinação. Para a superação da dormência é necessário um equilíbrio entre as forças do embrião e dos tecidos que recobrem a semente. Esse equilíbrio é controlado pelo balanço hormonal entre o ácido abscísico (ABA) e as giberelinas (GAs) (SOUSA, 2016). Estudos mostraram efeito positivo do GA₃ exógeno na

germinação de sementes de pequi (DOMBROSKI et al., 2010; LEÃO et al., 2012; MENDES, 2015; SOUSA, 2016). O endocarpo rígido impede a retirada manual da semente, fazendo-se necessário o uso de equipamentos, que muitas vezes, devido ao impacto na extração, podem causar injúrias na semente e comprometer a germinação. Por outro lado, o endocarpo tem um papel importante para a vitalidade da semente, de proteção contra patógenos e manutenção da umidade adequada (MENDES, 2015).

Mesmo com informações sobre a dormência das sementes de *C. brasiliense*, os resultados de germinação de sementes são variáveis na literatura, assim como são escassas pesquisas sobre o desenvolvimento inicial das plântulas. Sobre o pequi sem espinhos, as pesquisas são pouco encontradas e faz-se necessário esclarecer se a giberelina, aplicada exogenamente, favorece a sua germinação, assim como no pequi com espinhos (MENDES, 2015; SOUSA, 2016). Trabalhos com estruturas de propagação e tratamentos pré-germinativos com reguladores de crescimento produzem informações valiosas em um sistema de produção de mudas em larga escala ou mesmo para projetos de regeneração, contribuindo para estabelecer estratégias que maximizem e ampliem a propagação de mudas de *C. brasiliense* com espinhos e sem espinhos nos endocarpos.

Compreender os efeitos entre tratamentos pré-germinativos e a característica de presença ou ausência de espinhos no endocarpo de pirênios de pequi (*Caryocar brasiliense*) no processo de germinação das sementes e no desenvolvimento inicial de mudas é o objetivo dessa pesquisa. Além disso, a pesquisa visa proporcionar estratégias que maximizem e ampliem a propagação de mudas de pequi (*C. brasiliense*) com espinhos e sem espinhos no endocarpo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O bioma Cerrado

O Cerrado é o segundo bioma brasileiro em extensão (BRASIL, 2011), depois da Amazônia. É também a savana tropical mais rica do mundo, concentrando um terço da biodiversidade nacional e 5% da flora e da fauna mundiais (FALEIRO et al., 2008). No Brasil, está localizado em sua maior parte no Planalto Central (RIBEIRO; WALTER, 2008) onde ocupa mais de 2.000.000 km², representando cerca de 23% da área do país, em altitudes que variam de 200 a 1.600 m (BRASIL, 2011).

Em área contínua abrange os Estados de Goiás, Tocantins e Distrito Federal, parte dos Estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo. Também está presente em áreas disjuntas ao norte nos Estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao Sul em pequenas ilhas no Paraná (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima Aw cobre uma grande área no Brasil (25,8%). Foi observado principalmente no centro do Brasil em uma extensão de mais de 2.300 km do norte do Maranhão ao sul do Mato Grosso do Sul. O clima Aw é marcadamente sazonal. O clima Cwa é típico do sudeste do Brasil e cobre apenas 2,5% do território nacional. São Paulo tem 17,4% de seu território classificado como Cwa. Aproximadamente 25,5% do território mineiro é classificado como Cwa, no sul de Minas Gerais, cobrindo altitudes entre 800 e 900 m, também, em grande parte do Triângulo Mineiro, e na Cadeia do Espinhaço em altitudes entre 500 e 800 m. No Planalto Central Brasileiro, Estado de Goiás, o clima Cwa é encontrado em paisagens acima de Aw e abaixo de Cwb (ALVARES et al., 2013).

Na estação seca a evaporação é alta e a umidade relativa é baixa, com possibilidade de não haver precipitação nos meses de junho, julho e agosto. Em 67% do Cerrado a estação seca estende-se por cinco ou até seis meses do ano, cuja duração varia de acordo com as influências da Amazônia e da Caatinga. Considera-se seco o mês em que a precipitação é inferior a 60 mm, sabendo-se que essa quantidade de chuva é incapaz de manter uma cultura agrícola. Durante a estação chuvosa, as precipitações podem ser irregulares, e as chuvas intensas alternadas por períodos pequenos de estiagem, denominados “veranicos”, que podem causar danos ao desenvolvimento de algumas culturas (GUIMARÃES et al., 2006). As

chuvas estão praticamente concentradas entre os meses de outubro a março (RIBEIRO; WALTER, 2008).

A temperatura média anual é de 22°C no sul e 27°C no norte (LOPES; DAHER, 2008). O contraste entre as superfícies mais baixas, as longas chapadas e a extensa distribuição em latitude lhe conferem uma diversificação térmica bastante grande (RIBEIRO; WALTER, 2008). A umidade relativa do ar, em mais de 90% dessa região, apresenta média anual entre 60% e 80%.

Os solos, apesar da grande variação em termos de características morfológicas e físicas, têm em comum elevada acidez e toxidez de alumínio e, em certos casos, de manganês; deficiência de nutrientes, devido ao alto grau de intemperização, especialmente do fósforo; e baixa CTC (ALMEIDA NETO, 1980; LOPES, 1985). Em relação à configuração e forma, as características mais marcantes dos solos são a coloração vermelha ou vermelha amarelada, grande profundidade, porosidade, permeabilidade, boa capacidade de drenagem, sendo por esses motivos, muito lixiviados (GUIMARÃES et al., 2006). Por outro lado, a boa estabilidade dos agregados, profundidade e boa drenagem favorecem a mecanização (LOPES; DAHER, 2008). São solos antigos, resultantes de vários tipos de rochas sedimentares e ígneas (GUIMARÃES et al., 2006). A textura pode variar desde extremamente argilosos até arenosos, e este é um dos principais atributos que levam às alterações do manejo, quando se almeja obter, na agricultura, produtividades máximas (LOPES; DAHER, 2008).

Quanto à fitofisionomias, diferentes autores adotam critérios distintos para padronizar os tipos de fitofisionomias do Cerrado, apoiados em princípios e origens diversas. Segundo Ribeiro; Walter (2008), para o bioma, são descritos onze tipos principais de vegetação, englobados em formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre). Considerando também os subtipos, neste sistema são reconhecidas 25 fitofisionomias.

A espécie vegetal objeto de estudo deste trabalho, *Caryocar brasiliense*, encontra-se nas categorias formações florestais e savânicas, dentro de Cerradão, Cerrado sentido restrito e Parque de Cerrado (RIBEIRO; WALTER, 2008). O Cerradão é a formação florestal com características esclerófilas; apresenta preferencialmente espécies que ocorrem no Cerrado sentido restrito e também espécies de florestas. O Cerrado sentido restrito caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, e geralmente com evidências de queimadas. Os troncos das plantas lenhosas em geral possuem cascas com cortiça espessa, fendida ou sulcada, e as gemas apicais de muitas espécies são

protegidas por densa pilosidade. Em virtude da complexidade dos fatores condicionantes, originam-se subdivisões fisionômicas do Cerrado sentido restrito, sendo as principais o Cerrado Denso, o Cerrado Típico, o Cerrado Ralo e o Cerrado Rupestre. O Parque de Cerrado é uma formação savânica caracterizada pela presença de árvores agrupadas em pequenas elevações do terreno, algumas vezes imperceptíveis e outras com muito destaque, que são conhecidas como “murundus” ou “monchões” (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Muitos fatores podem afetar a distribuição de espécies de plantas no Cerrado, como o clima, fertilidade e pH do solo, disponibilidade de água, geomorfologia e topografia, latitude, frequência de fogo e fatores antrópicos, além da interação complexa entre estes fatores (FURLEY; RATTER, 1988). O Cerrado apresenta alta biodiversidade, com cerca de 160.000 espécies descritas, dentre plantas, animais e fungos. O número de arbustos e árvores no Cerrado *sensu stricto* pode exceder a 800 espécies, das quais, aproximadamente 80% são endêmicas (RATTER et al., 1997). Além disso, existem oito principais bacias hidrográficas no Brasil, e as fontes superiores de grande parte delas estão na região do Cerrado (RANAL et al., 2009).

Políticas de ocupação e o desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento agropecuário do solo permitiram que, em poucas décadas, enormes áreas de vegetação nativa do bioma Cerrado fossem suprimidas, apesar do aumento da produtividade de algumas culturas nos últimos anos (BRASIL, 2011), como também, extinção de espécies, além do seu comprometimento evolutivo em função da perda de variabilidade genética (MELO JÚNIOR et al., 2004). A gradativa conversão da vegetação nativa por atividades agropecuárias e o consumo de carvão vegetal já levaram à perda de aproximadamente a metade da área original do Cerrado (BRASIL, 2011). Por outro lado, a consciência da riqueza ambiental e cultural do Cerrado vem aumentando a cada dia e o apelo para a sua proteção está presente em vários segmentos sociais.

2.2 O gênero *Caryocar*

Uma espécie nativa do Cerrado brasileiro, porém não endêmica do Brasil é o pequizeiro, *Caryocar brasiliense*, amplamente distribuída pelos Cerrados do Brasil Central e áreas adjacentes da Bolívia e Paraguai (PRANCE; PIRANI, 2022). O gênero *Caryocar*, pertence à família Caryocaraceae, e conta com 18 espécies, sendo 12 encontradas no Brasil (OLIVEIRA et al., 2008; PRANCE; PIRANI, 2022). A espécie mais frequente no Cerrado do Planalto Central é *Caryocar brasiliense* Cambess., que tem como nomes comuns: pequi,

amêndoa-de-espinho, grão-de-cavalo, pequiá, pequiá-pedra, pequerim, piqui, piquiá, piquiá-bravo, suari (LORENZI, 1998).

É uma árvore que pode ultrapassar 10 m de altura, ou ter porte pequeno, devido a fatores genéticos ou à baixa fertilidade do solo (Figura 1). O caule possui casca espessa e os ramos são grossos e angulosos. As folhas são opostas, trifolioladas e pubescentes. As flores são hermafroditas, com cinco sépalas de coloração verde-avermelhada e cinco pétalas de coloração amarela clara, vistosas, com numerosos estames brancos (Figura 1). As inflorescências são racemos terminais, contendo de 10 a 30 flores. O fruto é uma drupa, contendo de um a quatro pirênios (ou putâmens), podendo atingir até seis pirênios (endocarpo + semente). O epicarpo é fino e apresenta coloração verde ou arroxeada, enquanto o mesocarpo, que é amarelado, pode ser mais ou menos espesso, sendo muito rico em óleo e com forte odor característico. Os pirênios são envolvidos pelo mesocarpo carnoso (polpa comestível), de coloração que varia do branco ao amarelo e alaranjado. O endocarpo contém textura pétrea e é recoberto por fibras esclerificadas (espinhos), estreitamente compactas (BARRADAS, 1972; ALMEIDA et. al., 1998), embora já há registros de pequizeiro sem espinhos (LONDE, 2010). A semente tem formato reniforme, cor branca, e tegumento de coloração marrom e consistência papirácea (SOUSA, 2016).

Figura 1 – Árvore e flores de *Caryocar brasiliense*.



Fonte: Brasil (2016).

No Brasil a espécie ocorre nas regiões Norte (Pará e Tocantins), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás e Mato Grosso), Sudeste (Minas Gerais e São Paulo) e Sul (Paraná) (PRANCE; MEDEIROS, 2014). Segundo Prance; Pirani (2022), distribui-se geograficamente também pelos Estados da Bahia, Maranhão, Piauí e Mato Grosso do Sul. É nativo em cerrado distrófico e mesotrófico, cerrado denso, cerrado stricto sensu e cerrado ralo (ALMEIDA et al., 1998). Ocorre em regiões de boa luminosidade e de menor fertilidade natural do solo (SILVA, 1993), clima subtropical ou tipicamente tropical, com estação seca bem definida, em solo profundo, sílico-argiloso e bem drenado (ANDERSEN; ANDERSEN,

1988). A espécie apresenta grande plasticidade, adaptando-se com facilidade aos diversos tipos de solos e de condições de crescimento ocorrentes na região de Cerrado (NAVES, 1999).

Plantas da espécie são rústicas, sendo, aparentemente, pouco exigentes em relação aos solos (LONDE, 2010). Ocorrem naturalmente em solos de fertilidade química baixa, com acidez elevada e o pH em torno de 4,5 a 5,0 e demonstram baixa exigência nutricional durante o processo de formação de mudas (CARLOS et al., 2014). No sudeste de Goiás, as plantas se adaptam bem em solos com nível nutricional baixo e o padrão de desenvolvimento está associado ao tipo e ao nível nutricional dos solos; além disso, a maior densidade de plantas ocorre nos Cambissolos e Neossolos litolíticos em relação aos Latossolos (SANTANA; NAVES, 2003).

O principal produto do pequi em termos de utilização é a polpa do fruto. Possui teores médios de vitamina C de 72,27 mg/100g (SANO; ALMEIDA, 1998), valor superior ao encontrado em frutos cítricos como a laranja-da-bahia (47,0 mg), tangerina (46,8 mg) e o limão-galego (11,8 mg) (FRANCO, 1992). Os teores de proteínas variam de 6,71% a 13,5% (FERREIRA et al., 1988; OLIVEIRA, 1988) superiores aos encontrados no abacate, em média, 1,80% (FRANCO, 1992). A porcentagem de cinzas foi de 2%, enquanto na semente foi de 5%, indicando que os minerais se concentram mais nessa parte do fruto (FERREIRA et al., 1988; OLIVEIRA, 1988) e, com isso, é importante a atenção em termos de seu aproveitamento na nutrição humana (OLIVEIRA et al., 2008).

Na culinária, o fruto é consumido, principalmente, cozido com frango ou arroz. A polpa é utilizada na produção de geleias, doces, ração e obtenção do óleo. Da polpa fermentada é produzido um tipo de licor, muito apreciado em algumas regiões do Brasil. O mesocarpo carnoso se destaca também por conter óleos que são utilizados como condimentos; na indústria de lubrificantes e de cosméticos (sabão, sabonete, xampus e cremes) e na tradição popular para tratar problemas respiratórios (BRASIL, 2016).

O pequiheiro apresenta teores elevados de carotenóides totais, apesar de serem bastante variáveis, entre 6,75 a 11,34 mg por 100 g em função do grau de maturação dos frutos (OLIVEIRA et al., 2004). A conserva é outra forma de processamento que ultimamente vem ganhando destaque nas regiões produtoras, sendo, inclusive, exportada. A sua produção é baseada nas técnicas de fabricação de outros tipos de conservas (palmito, azeitona), respeitando as normas e limites de aditivos (BRASIL, 2016). O óleo tem potencial de uso na produção de combustíveis e lubrificantes (LONDE, 2010). As pesquisas revelaram na sua primeira fase que, misturado ao diesel ele reduz em 30% a emissão de poluentes (LONDE,

2010). Encontra-se em fase de testes em carros, caminhões, tratores, geradores de energia elétrica e locomotivas o biocombustível obtido da polpa.

A casca do fruto (epicarpo) processada em farinha apresenta alto teor de fibra alimentar (39,97%), lipídios (1,54%), proteínas (5,76%) e carboidratos totais (50,94%) (BRASIL, 2016). A casca contém tanino e produz uma tintura castanho-escura, por meio de maceração, utilizada para tingimento artesanal (RIBEIRO et al., 1982). Também pode ser aproveitada na alimentação animal e para compostagem. As folhas também são ricas em taninos das quais são obtidas tinturas, além de substâncias com propriedades medicinais para combater e tratar algumas doenças.

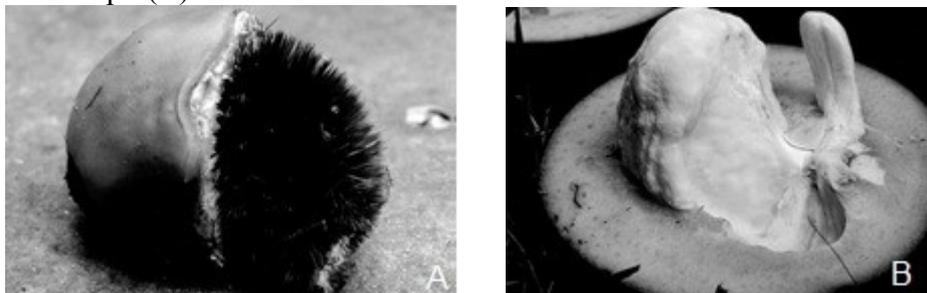
A madeira com densidade de $0,803 \text{ g/cm}^3$, peso específico de $0,88 \text{ g/cm}^3$ e resistência média de 67 kg/cm^2 é considerada de boa qualidade e de grande resistência aos agentes de deterioração. É utilizada na fabricação de móveis rústicos, caibros, dormentes, moirões, postes, esteios, xilografia, construção civil e em embarcações, além de outro uso menos indicado como a produção de carvão. Ocasionalmente, a planta pode ser utilizada como ornamental. As flores são polinizadas principalmente por morcegos, e foi reportada polinização secundária por aves diurnas (PRANCE; PIRANI, 2022). Emas (*Rhea*) atuam como dispersores das sementes (PRANCE; PIRANI, 2022).

Muitas pesquisas vêm sendo feitas com o pequi devido a sua importância social e regional. De acordo com a Pesquisa de Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2016, o Brasil teve uma produção de fruto de 17.859 toneladas. Minas Gerais reuniu 79,23% da produção nacional em 2016, com 14.149 toneladas de frutos de pequi, dos quais, 12.388 toneladas foram provenientes dos municípios de Montes Claros e Januária, na região norte do Estado (IBGE, 2016).

2.3 *Caryocar brasiliense* Camb. sem espinhos no endocarpo

No norte de Mato Grosso, no ano de 2004, encontrou-se uma planta de pequi que apresentava frutos sem espinhos no caroço (Figura 2) (KERR et al., 2007). Imediatamente foi organizada uma mini-expedição para a região com a finalidade de coletar sementes e após algum tempo, através da técnica de propagação de enxertia pode-se obter as primeiras mudas. Frutos sem espinhos são carnudos e um pouco mais doces do que os do pequizeiro comum (KERR et al., 2007). Essa característica pode os transformar numa fruta de mercado, tanto para populações locais quanto para mercados regulares de frutas nacionais ou estrangeiras.

Figura 2 – *Caryocar brasiliense* com espinhos no endocarpo (A); e Sem espinhos no endocarpo (B).



Fonte: Kerr et al. (2007).

Uma teoria sugere que a característica presença ou ausência de espinhos no caroço tenha relação com a divergência genética das populações de pequi analisadas de MG, TO, GO, MT (com espinho) e MT (sem espinho), originada por mutação pontual, apesar da alta similaridade genética entre as populações (LONDE, 2010). Resultados da autora sugeriram que a deficiência de ferro nas raízes provoca, na população sem espinho, um estresse ambiental, que leva à supressão dos espinhos, ou seja, a planta sofre um estresse oxidativo devido à deficiência em redutase férrica; enquanto que nas populações com espinho, a presença da catalase (enzima antioxidante que degrada a água oxigenada) impede o estresse oxidativo. Ainda, a ausência de espinhos não está relacionada às diferenças numéricas ou de bandeamento cromossômico nas populações analisadas e a análise cariotípica revelou que *Caryocar brasiliense* possui 46 cromossomos em seu número diplóide (LONDE, 2010).

Segundo a Emater (2020), a história da variedade sem espinhos se iniciou há 15 anos, quando um agricultor de Cocalinho, município no Mato Grosso que faz divisa com Goiás, notou que uma planta gerava aquele tipo de fruto. O agricultor procurou auxílio da Emater que passou a realizar estudos de progênese para viabilizar a multiplicação. De acordo com os pesquisadores, os estudos estão em fase de conclusão e as mudas serão disponibilizadas no mercado depois de passarem pelos trâmites legais necessários. O fruto de pequi sem espinhos está em processo de registro junto ao MAPA (EMATER, 2020).

2.4 O extrativismo e as diretrizes técnicas para adoção de boas práticas de manejo

Segundo a Portaria nº 54, de 05 de março de 1987 do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, é proibido o corte e a comercialização do pequizeiro (*Caryocar brasiliense*) em todo o território nacional. Porém, a fiscalização deficitária não impede que o

pequizeiro seja uma das muitas espécies desmatadas do Cerrado, principalmente para o uso alternativo do solo em propriedades rurais (BRASIL, 2016). O corte, somado ao extrativismo intenso com a coleta de quase todos os frutos, principalmente aqueles com características superiores, impede a regeneração natural da espécie. Assim, a possibilidade da perda de plantas com alto valor nutricional, econômico aliada à preocupação com a conservação da espécie no Cerrado, justificam a realização de procedimentos que visem à identificação e propagação de genótipos.

A coleta dos frutos é realizada por extrativistas que têm essa atividade como renda complementar. Muitos desses trabalhadores estão envolvidos em cooperativas e associações, apoiadas por projetos, programas e órgãos públicos, que visam organizar a produção, tornando os produtos derivados mais atrativos e competitivos no mercado. As principais regiões produtoras segundo estudos realizados pelo Ministério do Meio Ambiente, apontam para o norte de Minas Gerais (Montes Claros, Japonvar, Lontra e Mirabela), Ceará (Crato, Santana do Cariri e Jardim) e leste de Goiás (Damianópolis, Mambaí e Sítio d'Abadia) (BRASIL, 2012).

Alguns Estados têm criado suas próprias leis. No caso do Estado de Minas Gerais, por exemplo, existe a Lei 13.965, de 27 de julho de 2001, que cria o Programa Mineiro de Incentivo ao Cultivo, à Extração, ao Consumo, à Comercialização e à Transformação do Pequi e demais Frutos e Produtos Nativos do Cerrado – PRÓ-PEQUI, com o objetivo de integrar as populações que tradicionalmente exploram o Cerrado no uso e manejo racional desse bioma, numa perspectiva de sustentabilidade ambiental. No Estado do Mato Grosso, o Decreto N. 1.229 de 19 de março de 2008 proíbe o corte e a comercialização da madeira da espécie *Caryocar brasiliense*.

O pequi (*C. brasiliense*) é importante fonte de renda para as comunidades no norte de Minas Gerais e sul da Bahia. Em Japonvar, Minas Gerais, por exemplo, estima-se que um terço da renda do município seja proveniente da extração do pequi (BRASIL, 2012). Com isso torna-se importante desenvolver estratégias de proteção desta espécie. Para isso, a educação ambiental é um dos meios para a conscientização das populações que têm essa atividade como fonte de renda.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2012), as diretrizes técnicas para adoção de boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável orgânico do pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess.) iniciam-se com a localização e caracterização das áreas produtivas onde será realizada a coleta dos frutos, com o objetivo de incrementar a produção e a manutenção das estradas e caminhos de acesso às áreas de ocorrência do pequi.

A segunda etapa, denominada de Coleta, é a etapa em que se realiza a extração do produto, com planejamento e identificação dos indivíduos produtivos, com o objetivo de atender as necessidades da fauna local e regeneração natural da espécie. A terceira etapa, Pós-coleta, consiste num conjunto para garantir que os produtos (matéria-prima) cheguem ao local de beneficiamento com boa qualidade. A manutenção das áreas de ocorrência natural, nome dado à quarta etapa, é ponto primordial para assegurar a conservação das populações naturais, e consiste na adoção de medidas que minimizem os impactos do extrativismo. Por último, a quinta etapa, de Monitoramento, é uma atividade importante para que se possa acompanhar o crescimento e o recrutamento dos indivíduos produtivos, bem como, o ingresso de novos indivíduos produtivos e aparecimento de regeneração natural nas áreas de coleta.

Além da educação ambiental como um meio para conscientização das comunidades que têm o extrativismo como fonte de renda, o plantio comercial também é uma alternativa para aumentar o número de plantas jovens, cuja densidade vem diminuindo ao longo do tempo, devido ao extrativismo intenso e uso da terra para atividades agrossilvipastoris. Porém, a germinação das sementes de pequiheiro é baixa e desuniforme, limitando a produção de mudas em grande quantidade e uniformidade para o cultivo comercial.

2.5 Dormência em sementes

Dormência é o mecanismo pelo qual, sementes de uma determinada espécie não germinam mesmo sendo viáveis e estando num ambiente considerado adequado, necessitando de estímulos ou fatores específicos para que ela seja superada. “É uma condição morfológica e/ou fisiológica de uma semente, restritiva de sua germinação mesmo em condições ambientais favoráveis para que esta ocorra” (KERBAUY, 2004). A dormência é uma característica complexa controlada tanto por fatores endógenos quanto exógenos, que conseqüentemente, determinam diferentes níveis de dormência, em uma mesma espécie ou em espécies diferentes (SILVA, 2013).

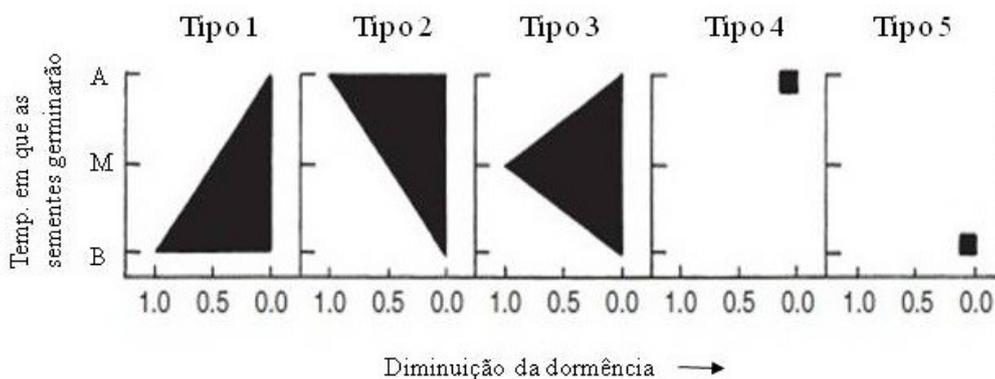
Baskin e Baskin (2004) propuseram um sistema hierárquico de classificação da dormência em cinco classes: morfológica, fisiológica, morfofisiológica, física e a combinação física e fisiológica. De acordo com esses autores, a definição de dormência é:

Uma semente dormente (ou outra unidade de germinação) é aquela que não tem a capacidade de germinar em um determinado período de tempo sob qualquer combinação de fatores físico-ambientais (temperatura, claro/escuro, etc), que de outra forma é favorável para sua germinação, ou seja, após a semente se tornar não dormente (BASKIN; BASKIN, 2004).

A dormência primária é aquela que se desenvolve durante a maturação da semente na planta-mãe (BASKIN; BASKIN, 2004). Uma semente não dormente tem a capacidade de germinar sobre a mais ampla gama de fatores físicos e ambientais normais possíveis para o genótipo. A dormência secundária se desenvolve na semente madura, instalando-se após o desligamento da semente da planta-mãe, e surge, geralmente, quando se encontra uma situação de estresse ambiental (KERBAUY, 2004).

A dormência fisiológica é a mais comum entre as gimnospermas e angiospermas, reconhecida em três níveis: profunda, intermediária e não profunda (BASKIN; BASKIN, 2004). As características de sementes com dormência fisiológica foram obtidas a partir da produção de mudas através do embrião excisado, utilização de giberelina (GA) exógena para promover a germinação, estratificação fria ou quente para a superação da dormência, armazenamento a seco e escarificação, os quais as separam dentre os três níveis. “A grande maioria das sementes com dormência fisiológica tem dormência fisiológica não profunda” (BASKIN; BASKIN, 2004). Além disso, cinco tipos de dormência fisiológica não profunda são reconhecidos: Tipos 1, 2, 3, 4 e 5, com base nos padrões de mudanças nas respostas fisiológicas à temperatura durante a superação de dormência (Figura 3).

Figura 3 – Tipos de dormência fisiológica não profunda em sementes (Modificado de Baskin e Baskin, 2004a).



Fonte: Baskin e Baskin (2004, tradução).

Durante a progressão da dormência para não dormência, a faixa de temperatura na qual as sementes podem germinar aumenta gradualmente (eixo y) de baixa para alta (Tipo 1); alta a baixa (Tipo 2); ou média a alta e baixa (Tipo 3). As sementes do Tipo 4, durante a superação de dormência, ganham a capacidade de germinar apenas em altas temperaturas, e aquelas com Tipo 5, apenas em baixas temperaturas. Sementes da grande maioria das espécies

com dormência fisiológica não profunda estudadas pertencem aos tipos 1 ou 2, e apenas algumas têm o tipo 3 (BASKIN; BASKIN, 2004).

Neste sistema de classificação, a dormência mecânica do sistema Baskin; Baskin, 1998 (CARDOSO, 2009) é vista como um componente da dormência fisiológica, e assim, uma camada de cobertura restringe o crescimento do embrião. Assim como a dormência química, que refere-se a inibição da germinação por compostos orgânicos ou íons inorgânicos na camada de cobertura de sementes no sistema antigo, é vista como um componente da dormência fisiológica no sistema Baskin e Baskin (2004), visto que as vias metabólicas envolvendo inibidores, promotores e modificações na membrana, estão envolvidos na bioquímica e biofísica da indução ou superação de dormência das sementes com dormência fisiológica.

A dormência pode ser resultado de uma estratégia fenológica da planta para otimizar a germinação ao longo do tempo, ou ainda de favorecer a sobrevivência das espécies em situações climáticas desfavoráveis, evitar a competição e propiciar a formação do banco de sementes do solo, aumentando as chances de estabelecimento das plântulas (SOUSA, 2016). As sementes de *C. brasiliense* são dispersas com teor de água em torno de 40%, e são tolerantes à desidratação (SILVA, 2013; MENDES, 2015; SOUSA, 2016), sendo capazes de permanecer viáveis com teor de água em torno de 7% (MENDES, 2015; SOUSA, 2016). Silva (2013) observou que o pequi apresenta características de sementes ortodoxas, e que a 12% de teor de água constatou-se alto valor de emergência de plântulas. Embora a dormência seja vista com diversas vantagens, como parte do processo de evolução das sementes, é um fenômeno que prejudica a produção de mudas uniformes em larga escala, dificultando o seu estabelecimento em viveiros, no campo e em processos de reflorestamento de áreas degradadas.

No Cerrado brasileiro, é muito comum a ocorrência de espécies que apresentam dormência fisiológica. Em *Caryocar brasiliense* há evidência de que a dormência é fisiológica não profunda devido, em parte, ao endocarpo que restringe o crescimento do embrião, dificultando ou atrasando a germinação (SOUSA, 2016). Isso pode ser evidenciado pelas maiores taxas de germinação após a retirada do endocarpo (DOMBROSKI et al., 2010; MENDES, 2015; SOUSA et al., 2017). Por outro lado, o endocarpo exerce importante função de proteção à semente de *C. brasiliense*. Como a absorção de água não é significativamente limitada pelo endocarpo, as sementes não apresentam dormência física (BASKIN; BASKIN, 2014).

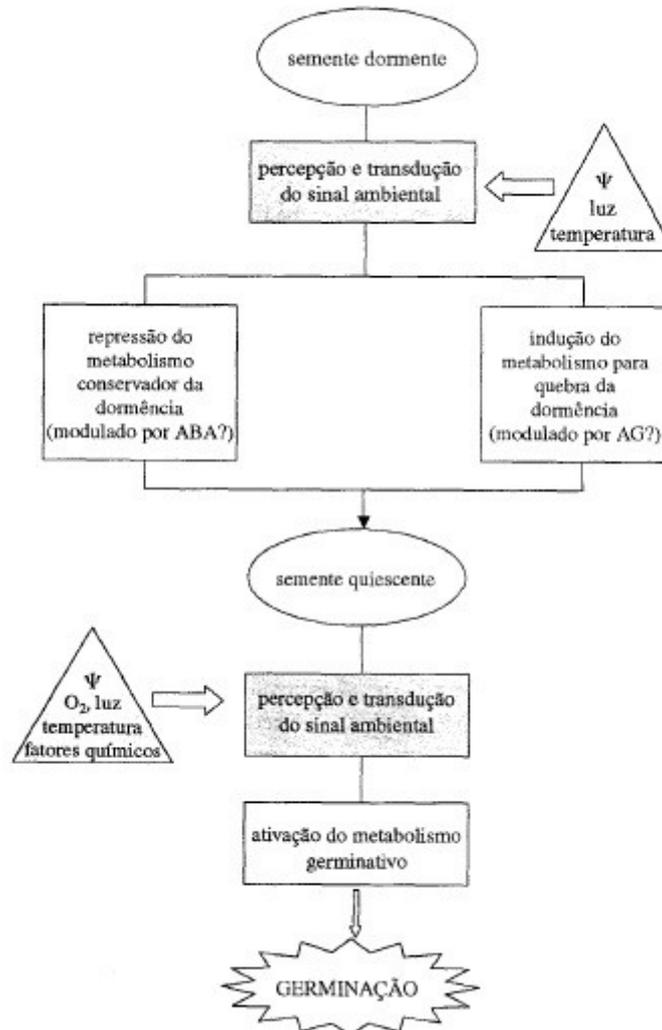
As sementes de *Caryocar brasiliense* apresentam dormência do tipo fisiológica não-profunda (DOMBROSKI et al., 2010; MENDES, 2015; SOUSA, 2016), causada pela interação entre dois componentes, o embrião e o endocarpo (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006; NONOGAKI et al., 2010; BASKIN; BASKIN, 2014). O embrião controla a germinação através do seu estado fisiológico, interagindo com os fatores ambientais (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006). O endocarpo regula o fluxo de água e impõe restrição mecânica ao crescimento do embrião, limitando a germinação.

É imprescindível, para a superação da dormência e início da germinação, o balanço hormonal entre ácido abscísico (ABA) e giberelinas (GAs), cujo balanço é responsável por controlar o equilíbrio entre as forças do embrião e os tecidos que recobrem as sementes. Maiores taxas de germinação também podem ser evidenciadas pela utilização de GA exógeno em *C. brasiliense* como tratamento pré-germinativo (DOMBROSKI et al., 2010; LEÃO et al., 2012; SOUSA et al., 2017). O ABA exerce um efeito inibitório sobre a germinação da semente, enquanto a giberelina exerce uma influência positiva. Bewley (1997a) apud Baskin e Baskin (2004) afirmou que GAs parecem não estar envolvidos no controle da dormência em si, mas sim são importantes na promoção e manutenção da germinação, isto é, eles agem após a inibição da germinação mediada por ABA ter sido superada. O aumento da taxa GAs/ABA, através da aplicação exógena de giberelinas, pode elevar ou acelerar o potencial de crescimento do embrião, induzindo o enfraquecimento dos tecidos adjacentes, e favorecendo a germinação (MIRANSARI; SMITH, 2014).

O ABA regula a expressão de genes que codificam proteínas, inibindo a germinação e impedindo a extensão radicular (SOUSA, 2016). Altas concentrações de ABA foram obtidas em sementes fortemente dormentes. Por outro lado, as GAs aumentam a capacidade de expansão do embrião, favorecendo a germinação. Os hormônios etileno e brassinosteróides reduzem a capacidade do ABA de inibir a germinação; em contrapartida, o ABA também inibe a biossíntese do etileno, enquanto os brassinosteróides a aumentam (TAIZ et al., 2017). No entanto, ainda são necessários mais estudos relacionados ao uso exógeno de GA₃ em sementes de *C. brasiliense* como tratamento pré-germinativo, especialmente em pequiheiro sem espinhos.

Segundo Kerbauy (2004), assim como a indução, a superação da dormência envolve a percepção e transdução de sinais do meio ambiente, desencadeando mudanças no metabolismo da semente, tornando a semente dormente em quiescente. Para isso, o autor propôs um modelo simplificado dos processos e fatores que estão envolvidos na superação da dormência e início da germinação (Figura 4).

Figura 4 – Principais eventos associados à superação de dormência de sementes. (Modificado de Bewley, 1997.)



Fonte: Kerbauy (2004).

2.6 Germinação de sementes

“A germinação inicia-se com a entrada de água na semente (embebição), a qual irá desencadear a ativação do metabolismo, culminando com o crescimento do eixo embrionário” (KERBAUY, 2004). A germinação inicia com a absorção de água pelas sementes e termina com o alongamento do eixo embrionário e protrusão da raiz, rompendo os tecidos que os rodeiam (SOUSA, 2016). A água desempenha funções importantes durante a germinação, desencadeando a ativação do metabolismo, como enfraquecimento dos tecidos, aumento do tamanho do embrião, ruptura do revestimento da semente, auxílio na difusão de gases,

permissão para as células ativarem o metabolismo para o fornecimento de energia, necessário para o desenvolvimento do embrião (SOUSA, 2016). Por outro lado, a reidratação das sementes após a dessecação pode causar danos às membranas, extravazamento de conteúdo celular, formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) e danos às proteínas (SOUSA, 2016).

Normalmente, a absorção de água pelas sementes após a dessecação ocorre em três fases. Na fase I, ocorre uma absorção rápida e passiva de água pelas sementes, seguida por uma fase de latência (estabilização) de absorção de água (segunda fase), e novamente as sementes absorvem água mais rapidamente (fase III) (ROSENTAL et al., 2014). Na fase I, o processo é puramente físico e dirigido principalmente pelo potencial matricial (SOUSA, 2016) em que ocorrem eventos fisiológicos e metabólicos como, respiração, vasamento de solutos, síntese e reparo de mitocôndrias e síntese proteica a partir de mRNA pré-existentes (KERBAUY, 2004).

Rosental afirma que, "...uma função importante da recuperação rápida do metabolismo celular no início da embebição é provavelmente gerar um estado redox para promover a atividade de enzimas essenciais e produzir energia para apoiar os processos essenciais para a protrusão da raiz.

Na fase II, sementes viáveis estão diretamente envolvidas em eventos metabólicos essenciais para concluir a germinação, tais como, reparo de membranas, DNAs, organelas e mitocôndrias danificadas, síntese de novas proteínas e enzimas, síntese de hormônios, expressão de genes e mobilização de reservas (SOUSA, 2016). O controle desses eventos metabólicos nas sementes é complexo e envolve vários genes que são influenciados pelo ambiente (SOUSA, 2016). "As sementes dormentes podem estar envolvidas em distintos processos metabólicos, porém um evento desconhecido pode impedir o alongamento do eixo hipocótilo-radícula, e, por conseguinte, a germinação" (BEWLEY, 1997). Na fase III de embebição de água pelas sementes, o processo é dirigido através da diferença de potencial de pressão e osmótico, e eventos metabólicos como mitoses e síntese de DNAs, alongamento celular e mobilização de reservas estão também envolvidos (KERBAUY, 2004).

Em *C. brasiliense*, estudos relacionados à caracterização da curva de embebição das sementes mostraram que, sementes secas isoladas do endocarpo, com 7% de umidade, absorvem água rapidamente durante a fase I e atingem a fase II da germinação aos 2 dias de semeadura, com aproximadamente 40% de conteúdo de água, e a fase III entre 4 e 6 dias de semeadura, verificada pela emissão da raiz e/ou crescimento da plúmula (SOUSA, 2016). Por outro lado, em sementes envolvidas pelos endocarpos, a absorção ocorre lentamente, e a fase II da germinação é alcançada entre 10 e 15 dias e a fase III após 40 dias (MENDES, 2015).

Para a germinação ocorrer, as reservas embrionárias (carboidratos, lipídios e proteínas) precisam ser mobilizadas para proporcionar o crescimento e desenvolvimento das plântulas (SOUSA, 2016). Em *C. brasiliense*, as reservas seminais são predominantemente lipídicas e encontram-se armazenadas no hipocótilo (SOUSA, 2016). Estudo relacionando à reservas seminais e sua mobilização, em *C. brasiliense*, concluíram que, em sementes secas, os componentes de reservas predominantes são proteínas e lipídios, que são os principais componentes dos protoplastos das células e estão presentes em todo embrião (SOUSA, 2016).

Testes histoquímicos também identificaram a presença de carboidratos no endosperma e compostos fenólicos (taninos) no tegumento das sementes de *C. brasiliense* (SILVA, 2013). Ainda segundo a autora, os compostos fenólicos no tegumento podem estar relacionados à impermeabilidade de água e oxigênio para o interior das sementes.

O entendimento da dinâmica da mobilização de reservas em diferentes espécies com elevados teores de óleos nas sementes é importante para entender o sucesso do crescimento e desenvolvimento das plântulas durante e após a germinação. A mobilização de reservas é controlada pelos níveis internos de hormônios no embrião, como giberelinas e ácido abscísico (KUCERA et al., 2005). Em sementes de *Arabidopsis* o ABA inibe a expressão de genes que codificam enzimas que participam do ciclo do glioxilato e da β -oxidação na mobilização de reservas lipídicas (PRITCHARD et al., 2002). Porém, a aplicação desses hormônios não fornece respostas diretas, tendo um efeito indireto, inibindo a germinação ou o crescimento das plântulas, através da diminuição da síntese e da atividade de enzimas hidrolíticas (BEWLEY et al., 2013). Sousa (2016) evidenciou intensa mobilização de reservas e expansão e alongamento celular significativos nas avaliações anatômicas realizadas em sementes recém-germinadas de *C. brasiliense*.

É sabido que a mobilização de reservas diminui o potencial osmótico, aumentando a turgidez das células (ROSENTAL et al., 2014), e que as giberelinas causam afrouxamento da parede celular, eventos que favorecem a expansão e o alongamento das células (SOUSA, 2016). As giberelinas também atuam na regulação e expressão de genes que codificam enzimas responsáveis pela mobilização de reservas, envolvidas na germinação (SOUSA, 2016).

Os teores de água das sementes tratadas com GA₃ foram maiores em todos os tempos após a semeadura em relação ao tratamento controle (SOUSA, 2016). A autora também concluiu que tanto em sementes isoladas quanto inseridas nos endocarpos, o tratamento com GA₃ promoveu aumento na germinação.

O uso do ácido giberélico nas diferentes concentrações foi eficiente na emergência de plântulas de pequi (*C. brasiliense*) mesmo com a presença do endocarpo (diásporo) envolvendo a semente (SILVA, 2013). Vários autores relataram o efeito favorável do GA₃ sobre a germinação de sementes de *C. brasiliense* (DOMBROSKI et al., 2010; LEÃO et al., 2012; MENDES, 2015; SOUSA, 2016), como também sobre a embebição e aumento das dimensões das sementes (SOUSA, 2016).

2.7 O desenvolvimento pós-seminal de *Caryocar brasiliense*

Os tipos de germinação podem ser classificados quanto: 1- a posição dos cotilédones relativa à posição da semente (hipógea e epígea), 2- a exposição dos cotilédones da semente (criptocotiledonar e fanerocotiledonar) e quanto 3- a forma e função dos cotilédones, quando não apresentam reservas são do tipo foliar, finos e apresentam função fotossintetizante ou haustorial (absorvendo as reservas do endosperma e/ou perisperma); e quando possuem reservas são grossos e não-fotossintetizantes (FERRAZ; CALVI, 2010). Essas características podem ser combinadas resultando em diferentes tipos de germinação, encontradas em espécies florestais tropicais. Em todas as combinações, a protrusão do embrião ocorre em somente um lado da semente, na região da micrópila, denominada como germinação unipolar (FERRAZ; CALVI, 2010). Porém, em algumas sementes como das espécies da família Caryocaraceae, o hipocótilo é o órgão de armazenamento e os cotilédones são rudimentares ou ausentes; e a raiz e a parte aérea emergem em lados opostos, determinado como germinação bipolar (em dois pólos da semente) (FERRAZ; CALVI, 2010).

Os embriões de *Caryocar brasiliense* são hipocotiledonares, com radícula indiferenciada, hipocótilo volumoso, cotilédones rudimentares e plúmula desenvolvida (SOUSA, 2016). Na plúmula, os primórdios e cotilédones apresentam acúmulo de reservas e envolvem o meristema apical. O revestimento externo da semente, na região do hipocótilo, apresenta células colapsadas com acúmulo de compostos fenólicos; e o revestimento interno é corrugado, porém fortemente aderido à protoderme do embrião. O hipocótilo apresenta floema com elementos de tubo crivado diferenciados (SOUSA, 2016). O revestimento externo da semente, próximo ao pólo radicular, também apresenta células ricas em compostos fenólicos.

Em sementes recém-germinadas de *C. brasiliense*, a epiderme que reveste o epicótilo apresentou células com estrias nas paredes anticlinais; e as células parenquimáticas apresentaram vacúolos volumosos hialinos indicando descarregamento das reservas (SOUSA,

2016). Na região periférica dorsal do hipocótilo, ocorreu crescimento secundário, com atividade cambial na região interfascicular. Com a protrusão radicular ocorreu a ruptura do revestimento da semente e da protoderme do embrião, simultaneamente à diferenciação da protoderme radicular. A autora ainda concluiu que a radícula apresentou coifa bem desenvolvida revestindo o promeristema, composto por células com núcleo denso e intensa divisão celular.

Após a conclusão da germinação, em sementes de *C. brasiliense*, a mobilização de reservas ocorreu inicialmente nas regiões próximas à plúmula e ao pólo radicular, seguindo para as regiões centrais e internas do hipocótilo (SOUSA, 2016). Após a semeadura, à medida que as proteínas foram sendo consumidas, ocorreu o esvaziamento e a fusão dos corpos protéicos formando um grande vacúolo. Simultaneamente, ocorreu formação de vesículas dentro do vacúolo devido ao consumo de grãos de amido. Isso foi evidenciado também nas células do polo radicular com a protrusão da raiz, e acúmulo de proteínas e grão de amido na região de crescimento da raiz. A mobilização de lipídios foi verificada mais tardiamente, na região de inserção dos cotilédones, após a protrusão da raiz, constatada pela presença das invaginações nas membranas das células e sua coalescência em alguns pontos (SOUSA, 2016).

Para a produção de mudas de *Caryocar brasiliense* recomenda-se semear os pirênios de pequi em sementeiras com leito de 10 cm de espessura de areia grossa e peneirada, e recobertos com outra camada de 1 cm de espessura de vermiculita média ou pó-de-serra curtido, por apresentarem maior capacidade de retenção de água, favorecendo a germinação das sementes (PEREIRA et al., 2000). Recomenda-se também a semeadura diretamente em recipiente, sacos de polietileno, e as mudas demandam cerca de 1 ano em viveiro após a germinação, para atingir porte adequado para o plantio (CARVALHO, 2009).

Em geral a germinação da espécie é baixa e lenta, atingindo 50 a 60% ao longo do ano, e, no entanto, indica-se acelerar a germinação e concentrá-la no período de três a quatro meses após a semeadura, com o uso de ácido giberélico, o qual, além de acelerar a germinação, promove também maior crescimento das mudas (PEREIRA et al., 2000). A germinação das espécies do gênero *Caryocar* é baixa e lenta, entre 2,5 e 68,4% ao longo do ano, conforme o tratamento utilizado para superação da dormência das sementes (OLIVEIRA et al., 2008).

Os critérios para a classificação da qualidade de mudas baseiam-se, fundamentalmente, no aumento do percentual de sobrevivência das mudas, após o plantio; e na diminuição da frequência dos tratos culturais de manutenção do povoamento recém-

implantado. Para conceituar a qualidade de mudas, os pesquisadores fundamentam-se nos parâmetros de duas naturezas, os morfológicos e os fisiológicos. Como principais parâmetros morfológicos para determinar a qualidade de uma muda são sugeridos a altura da parte aérea e o diâmetro do colo (CARNEIRO, 1995).

Para o crescimento em altura das mudas de *Caryocar brasiliense*, os tratamentos com omissão de Zn, K e Mg mostraram resultados iguais ao completo 1, devido ao fato da semente ser grande e rica em nutrientes, principalmente Zn (CARLOS et al., 2014). Os mesmos autores concluíram também que durante o período de formação de mudas, nenhuma ausência de nutrientes afeta o desenvolvimento em diâmetro das plantas de pequi, devido ao fato da espécie estar adaptada a solos pobres e ácidos e, ou apresentar sementes volumosas e com um razoável teor de nutrientes para suprir a fase de formação das mudas.

O crescimento inicial das mudas de pequizeiro (*C. brasiliense*) em campo foi contínuo, ao longo das avaliações, e pode ser representado por equações de primeiro grau nas quais a altura varia de forma linear e positiva (LEÃO et al., 2012). Segundo os mesmos autores, nas avaliações de emergência houve taxa de crescimento absoluto intermediária, porém, satisfatória, atingindo aproximadamente 30 cm de comprimento aos 120 dias após o plantio das mudas no campo.

No entanto, estudos sobre o desenvolvimento pós-seminal de *Caryocar brasiliense* ainda são poucos. Torna-se necessário realizar mais estudos sobre o desenvolvimento pós-seminal para esta espécie, os quais auxiliam o desenvolvimento de técnicas de cultivo adequadas, complementam estudos taxonômicos e ecológicos, aumentando, assim, o conhecimento da biologia reprodutiva da espécie.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta e beneficiamento dos pirênios

Frutos de *Caryocar brasiliense* foram obtidos de 43 indivíduos em janeiro de 2021 coletados do chão logo após a sua abscisão natural, identificada pela cicatriz de cor amarelada na região do hilo, e integridade do exocarpo e mesocarpo. Os indivíduos estavam previamente identificados quanto à presença ou não de espinhos, sendo 25 indivíduos com frutos com espinhos nos endocarpos e 18 indivíduos com frutos sem espinhos nos endocarpos (Figura 5). Os indivíduos estão distribuídos na Fazenda Água Limpa da Universidade Federal de

Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil (19° 05' 59,6" S; 48° 21' 16,6" W e altitude 779) (Figuras 5 e 8a).

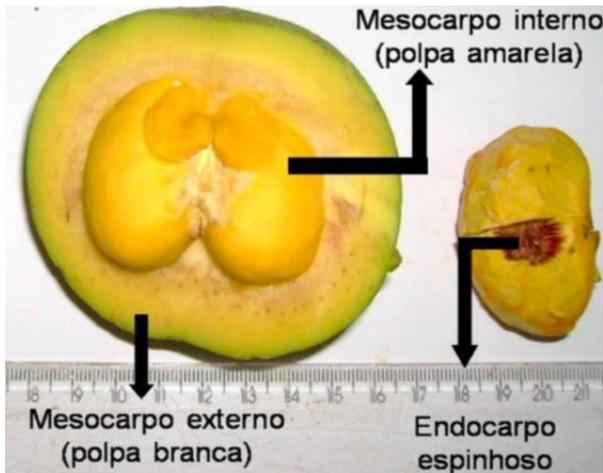
Figura 5 – Área com as árvores matrizes de pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess.) com e sem espinhos no endocarpo na Fazenda Água Limpa da UFU, Uberlândia, MG, 2021 (A); Identificação em uma das árvores (B).



Fonte: a própria autora.

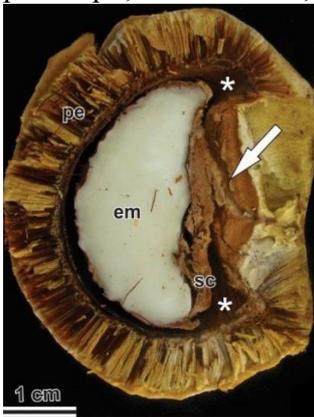
No beneficiamento, o epicarpo e o mesocarpo externo dos frutos foram retirados manualmente com o auxílio de uma faca, e os pequis foram fermentados para facilitar a retirada da polpa (mesocarpo interno) (Figuras 6 e 7), separadamente por indivíduos. Nesse processo, os frutos permaneceram em local seco, arejado e protegido, com temperatura variando entre 26,5°C e 30,1°C, por até 28 dias. Para acelerar a fermentação e não desidratar as sementes, foi borrifado água de 2 em 2 dias (Figura 8b). A retirada da polpa foi realizada manualmente, em água corrente e com auxílio de uma peneira e luvas, separadamente por indivíduos (Figura 8c). Foram escolhidos 10 pirênios (endocarpo+semente) de cada indivíduo, e estes, foram aferidos quanto ao peso em balança digital. Houve indivíduo com peso médio de 10 pirênios de 11 g, menor peso, e houve indivíduo com peso médio de 10 pirênios de 53 g, maior peso, dos indivíduos com pirênios com espinhos no endocarpo. Dos indivíduos com pirênios sem espinhos no endocarpo, houve indivíduo com peso médio de 10 pirênios de 9 g e indivíduo com peso médio de 10 pirênios de 26 g. Foram realizados registros fotográficos dos frutos e dos pirênios com espinhos e sem espinhos no endocarpo.

Figura 6 – Aspectos morfológicos do fruto do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Cambess.).



Fonte: Ribeiro (2011), apud Flauzino (2020).

Figura 7 – Pirênio de *Caryocar brasiliense* com tecido corticoso na região do hilo (seta). pe: pericarpo; em: embrião; sc: revestimento.



Fonte: Sousa (2016).

Figura 8 – Indivíduo de pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess.) (a); Fermentação da polpa (b); Pirênios após remoção da polpa (c).



Fonte: a própria autora.

3.2 Tratamentos pré-germinativos

Os pirênios provenientes dos 25 indivíduos com espinhos no endocarpo foram misturados e homogeneizados para que uma parcela não ficasse com pirênios grandes e outra com pirênios pequenos. Da mesma forma, os pirênios oriundos dos 18 indivíduos sem espinhos no endocarpo foram misturados e homogeneizados. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, sendo o primeiro fator relativo a tratamentos pré-germinativos e o segundo fator presença ou não de espinhos no endocarpo, com quatro repetições, sendo 25 pirênios por parcela, totalizando 40 parcelas.

Os tratamentos pré-germinativos foram: T1: realização de fenda no endocarpo dos pirênios; T2: pirênios sem qualquer tratamento (Controle); T3: imersão dos pirênios por 96 horas em solução de GA₃ na dose de 50 mg L⁻¹; T4: imersão dos pirênios por 96 horas em solução de GA₃ na dose de 100 mg L⁻¹ e T5: imersão dos pirênios por 96 horas em água. Para a realização da fenda no endocarpo foi utilizada metodologia adaptada de Mendes (2015), na qual as extremidades do endocarpo foram prensadas em um torno manual de bancada até causar uma fenda na região do hilo, com cuidado para não danificar a semente (Figura 9b). A semente não foi extraída do endocarpo (Figura 9b).

Figura 9 – Detalhe da estufa (a); Fenda no endocarpo (b).



Fonte: a própria autora.

Os pirênios foram semeados em bandejas de 32 células (dimensões 53 x 28 x 12 cm e volume de cada célula de 200 mL), e colocadas em estufa agrícola de filme plástico (150 micras transparente) em fevereiro de 2021 (Figura 9a). A semeadura foi realizada em substrato constituído por uma mistura de sete partes do condicionador de solo, duas partes de areia média e uma parte de matéria orgânica (esterco de gado confinado), sendo 180 g da mistura por célula da bandeja, cada célula drenada com brita pequena, e semeando um pirênio por célula à profundidade de 2 cm. A mistura foi encaminhada ao Laboratório de análises de

solo e tecido vegetal (LABAS), da Universidade Federal de Uberlândia, para análise química de macro e micronutrientes, no início e no final do experimento, após 180 dias (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição química da mistura para substrato utilizado para a germinação de sementes de pequi com espinho e sem espinho no endocarpo, no início (amostra inicial) e no final do experimento após 180 dias (amostra final). Uberlândia – MG, 2021.

Amostr ras	pH	P	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	T	T	V	M
	1:2, 5mg dm ⁻³cmol _c dm ⁻³%.....	
Inicial	6,1	6,20	21,0	0,00	12,32	2,03	3,56	14,40	14,40	17,96	80,20	0,00
Final	4,8	5,76	37,2	1,12	3,54	2,66	11,17	6,30	7,42	17,47	36,07	15,09

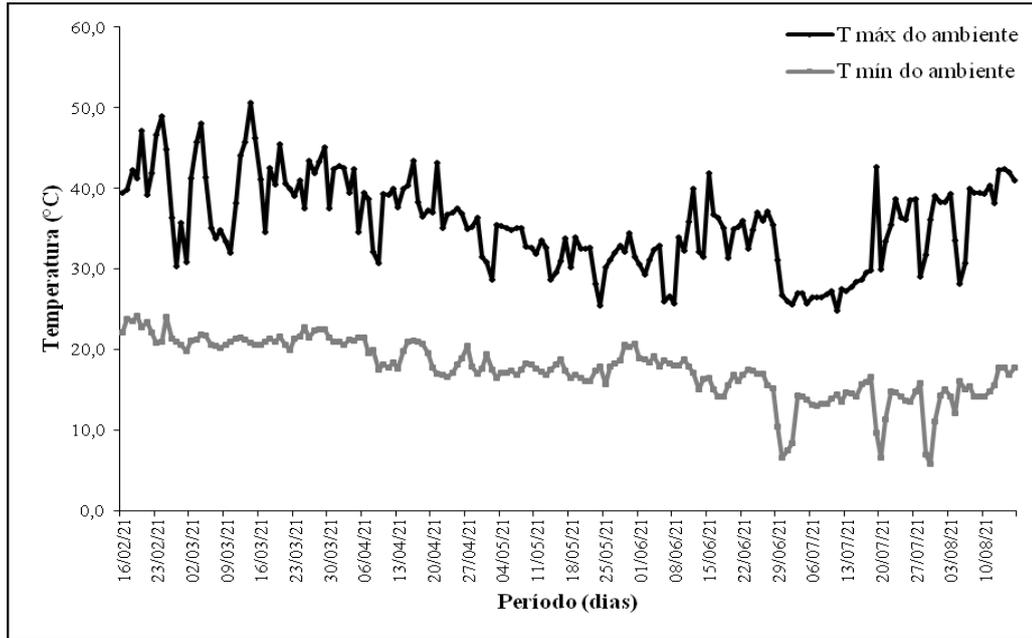
pH em água, relação 1:2,5; P, Na, K (Extrator Mehlich-1); Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ (Extrator KCl 1,0 mol L⁻¹); H+Al (acidez potencial); t (capacidade de troca catiônica efetiva – t=SB+Al); T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0); SB (soma de bases trocáveis – Ca, Mg, K e Na); m (saturação de Al³⁺ na CTC efetiva – m=100 Al/t); V (saturação por bases na CTC potencial – V=100 SB/T).

Amostr ras	S	B	Zn	Cu	Mn	Fe	M.O.
		mg dm ⁻³dag kg ⁻¹ ..
Inicial	30,47	0,03	6,07	1,92	19,66	12,42	4,75
Final	10,54	0,03	9,26	1,20	12,22	23,10	3,86

Fe, Zn, Mn, Cu (Extrator Mehlich-1); MO (Matéria Orgânica – Método Colorimétrico); S (fosfato monocálcico).

A irrigação foi feita diariamente, de forma a deixar o solo sempre úmido, mas não encharcado. O monitoramento da temperatura máxima e mínima e umidade do ambiente interno da estufa foi realizado diariamente por meio de um termo-higrômetro digital. As temperaturas mínimas e máximas do ambiente durante a condução do experimento oscilaram entre 5,8 e 50,6° C (Figura 10).

Figura 10 – Temperaturas máximas e mínimas do ambiente da estufa agrícola durante 180 dias de condução do experimento, Uberlândia – MG, 2021.



Fonte: a própria autora.

3.3 Medidas de germinação

As contagens das plântulas emergidas foram feitas diariamente, adotando-se a emissão da parte aérea da plântula acima do substrato como critério de emergência, durante 180 dias após a semeadura. Além da porcentagem de germinação (G), foi avaliado o tempo para a primeira (t_0) e última (t_f) germinação das sementes ou emergência de plântulas, expresso em dias.

O tempo médio foi calculado segundo a expressão proposta por Labouriau (1983), $\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$, onde: t_i : tempo entre o início do experimento e a i -ésima observação (dia); n_i : número de sementes que germinam no tempo t_i (não o número acumulado, mas o número referido para a i -ésima observação); k : último tempo de germinação de sementes.

A velocidade média foi calculada como $\bar{v} = \frac{1}{\bar{t}}$, onde: \bar{t} : tempo médio de germinação (LABOURIAU, 1970). A incerteza (I), proposta por Labouriau e Valadares (1976), associada à distribuição da frequência relativa de germinação foi definida como $I = -\sum_{i=1}^k f_i (\log_2 f_i)$, sendo $f_i = n_i / \sum_{i=1}^k n_i$, onde f_i : frequência relativa de germinação, n_i : número de sementes germinadas no dia i e k : último dia de observação e a velocidade de emergência (VE) proposta por Maguire (1962), cuja expressão matemática associa número de sementes germinadas e tempo e é dada por:

$$VE = \frac{\text{número de sementes germinadas ou plântulas emergidas}}{\text{dias até a primeira contagem}} + \dots + \frac{\text{número de sementes germinadas ou plântulas emergidas}}{\text{dias até a última contagem}}$$

3.4 Desenvolvimento inicial de mudas

Aos 30 dias após a emergência de cada plântula foi realizado o transplântio para sacos de polietileno de 15 x 26 cm, em substrato constituído pela mesma mistura utilizada nas bandejas, adicionando-se 4 g de adubo 04-14-08 ao substrato por saco. As mudas foram irrigadas diariamente, mantendo o solo úmido.

Foi avaliada a altura e o diâmetro de cada muda aos 30 dias e 90 dias após a emergência (DAE), duas avaliações para cada muda. A altura foi avaliada a partir do solo até a gema apical das mudas, por meio de régua, em centímetros (cm). O diâmetro do caule foi avaliado a 5 cm do solo com auxílio de um paquímetro, em milímetros (mm), e, para as mudas com altura menor que 5 cm, foi medido a 1 cm do solo. Além disso, aos 30 dias após a emergência foi realizada a classificação de cada plântula em normal (PN) ou anormal (PA), conforme Brasil (2009) e Ferraz; Calvi (2010).

Plântulas normais foram classificadas nas seguintes categorias: 1- plântulas intactas, com todas as suas estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas, proporcionais e saudáveis; 2- plântulas com pequenos defeitos em suas estruturas essenciais, desde que mostrassem desenvolvimento satisfatório e equilibrado em relação à plântula intacta (BRASIL, 2009; FERRAZ; CALVI, 2010). Ou 3- plântulas com infecção secundária se a semente não fosse a causa de infecção e se todas as estruturas essenciais estivessem presentes (BRASIL, 2009; FERRAZ; CALVI, 2010).

Plântulas anormais foram classificadas de acordo com as categorias: 1- plântulas danificadas, com qualquer uma das suas estruturas essenciais ausentes ou tão danificadas que não pudesse ocorrer desenvolvimento proporcional; 2- deformadas, com desenvolvimento fraco ou distúrbio fisiológico ou com estruturas essenciais deformadas; ou 3- deterioradas, com estruturas essenciais infectadas como resultado de uma infecção primária (da própria semente) que comprometesse o seu desenvolvimento normal (BRASIL, 2009; FERRAZ; CALVI, 2010).

3.5 Análise estatística

Para a análise estatística dos dados das medidas de germinação e altura e diâmetro do caule das mudas foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para a normalidade dos resíduos da ANOVA e Bartlett para homogeneidade das variâncias residuais. Atendidas as pressuposições, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) seguida por testes de comparações de médias (Teste de Tukey ou Teste de Duncan) a 0,05 de significância, através do software R Studio, versão 4.1.2. Para análise dos dados de altura das mudas aos 30 dias após a emergência, estes foram transformados para arc seno (raiz quadrada (x)).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

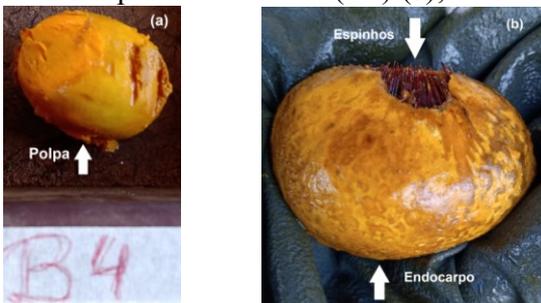
Frutos de *Caryocar brasiliense* são drupoides. O pericarpo é constituído de três regiões distintas: epicarpo de consistência corticosa e coloração verde (Figura 11 a, b, c), mesocarpo externo espesso, carnoso, amarelo esbranquiçado (Figura 11c), e mesocarpo interno amarelo claro à alaranjado, oleaginoso, macio e aromático (Figuras 11c, 12a e 13a) e endocarpo lenhoso muito rígido, com numerosos acúleos finos (com espinhos) (Figura 12b) ou sem acúleos (Figura 13b). Os frutos contêm de um a cinco pirênios formados por endocarpo, constituídos de tecido heterogêneo, o qual, próximo ao hilo, apresentam textura corticosa e esponjosa que aparentemente favorece a hidratação da semente que se encontra envolvida por essa estrutura. A semente tem formato reniforme, cor branca, com aproximadamente 2 cm de comprimento, 1,5 cm de largura e 0,8 cm de espessura (Figura 13c). O tegumento da semente apresenta consistência papirácea de coloração marrom e maior espessura próximo ao hilo (Figura 13c).

Figura 11 – Morfologia de frutos de *Caryocar brasiliense* Cambess. (a e b); Parte do fruto de pequi sem espinhos no endocarpo mostrando epicarpo e mesocarpo externo e interno (c).



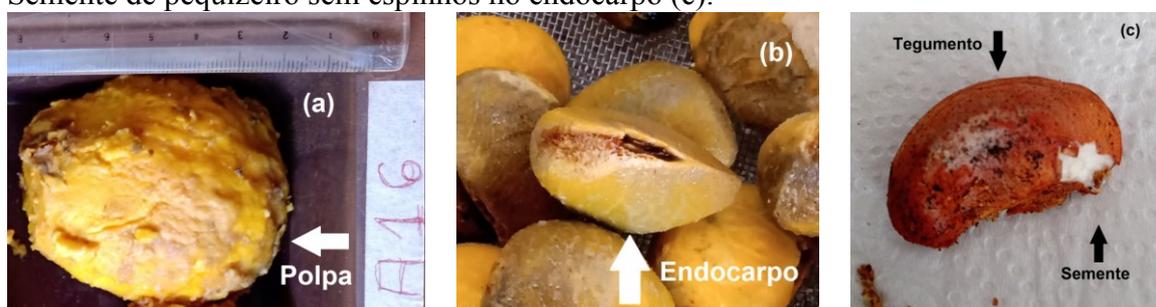
Fonte: a própria autora.

Figura 12 – Pequi com espinhos no endocarpo (*Caryocar brasiliense*) com identificação de uma das plantas matrizes (B4) (a); Pirênio de pequi com espinhos no endocarpo (b).



Fonte: a própria autora.

Figura 13 – Pequi sem espinhos no endocarpo (*Caryocar brasiliense*) com identificação de uma das plantas matrizes (A16) (a); Pirênio de pequi sem espinhos no endocarpo (b); e Semente de pequizeiro sem espinhos no endocarpo (c).



Fonte: a própria autora.

4.1 Germinação de sementes

Para porcentagem de germinação (G), tempo para a primeira (t_0) e última germinação (t_f), tempo médio (\bar{t}), velocidade média (\bar{v}), velocidade de emergência (VE) e incerteza (I), os resíduos do modelo apresentaram distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk) e as variâncias foram homogêneas (teste Bartlett) (Tabela 2). Não houve interação significativa entre os tratamentos pré-germinativos e o fator espinho (presença e ausência).

Tabela 2 – Medidas de germinação de pirênios de *Caryocar brasiliense* com e sem espinhos oriundos de frutos coletados na Fazenda Água Limpa da UFU, MG, safra 2021, em função dos tratamentos pré-germinativos e da presença ou não de espinhos.

Treatamentos pré-Germinativos	3G (%)	3t_0 (dia)	t_f (dia)	\bar{t} (dia)	\bar{v} (dia ⁻¹)	VE (pl dia ⁻¹)	I (bit)
Realização de fenda no endocarpo dos pirênios	23,0 a	20,0 b	36,1 a	27,6 b	0,039 a	0,227 a	2,11 a
Pirênios sem tratamento (Controle)	13,0 b	26,1 a	45,3 a	33,7 ab	0,031 ab	0,103 b	1,21 a
Imersão dos pirênios em solução com GA ₃ 50 mg L ⁻¹ por 96h	21,0 ab	20,3 b	46,1 a	30,2 ab	0,034 ab	0,181 ab	2,01 a
Imersão dos pirênios em solução com GA ₃ 100 mg L ⁻¹ por 96h	17,0 ab	22,5 ab	35,9 a	28,4 ab	0,036 ab	0,151 ab	1,69 a
Imersão dos pirênios em água por 96h	13,5 b	27,7 a	47,4 a	38,5 a	0,027 b	0,099 b	1,52 a
Espinhos	G (%)	t_0 (dia)	t_f (dia)	\bar{t} (dia)	\bar{v} (dia ⁻¹)	VE (pl dia ⁻¹)	I (bit)
Presença	23,4 a	22,8 a	47,9 a	33,8 a	0,031 b	0,191 a	2,29 a
Ausência	11,6 b	23,9 a	36,5 b	29,6 a	0,036 a	0,113 b	1,16 b
$CV(\%)$	44,11	22,72	35,30	21,10	22,07	49,88	50,42
$W(P)$	0,469	0,532	0,159	0,416	0,883	0,408	0,634
$Bartlett(P)$	0,530	0,311	0,586	0,311	0,117	0,103	0,151

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelos testes de Tukey ou Duncan a 0,05 de probabilidade; *G*: porcentagem de germinação; t_0 : tempo para a primeira germinação; t_f : tempo para a última germinação; \bar{t} : tempo médio de germinação; \bar{v} : velocidade média de germinação; *VE*: velocidade de germinação; *I*: incerteza. CV: coeficiente de variação (%). *W*: estatística do teste de Shapiro-Wilk; valores em negrito indicam que os resíduos seguem distribuição normal ($P > 0,05$); teste de Bartlett; valores em negrito indicam homogeneidade entre as variâncias residuais ($P > 0,05$).

A porcentagem de germinação dos pirênios variou pouco entre os tratamentos pré-germinativos, 13 a 23%, e entre a característica presença ou ausência de espinhos no endocarpo, de 11,6 a 23,4% (Tabela 2). Pirênios com fenda no endocarpo apresentaram maior germinação em relação aos pirênios sem qualquer tratamento pré-germinativo e aos pirênios imersos em água por 96 horas. A presença de espinhos no endocarpo proporcionou maior porcentagem de germinação independentemente dos tratamentos pré-germinativos. Não se pode explicar ainda o fato do pequi com espinhos no endocarpo ter apresentado maior germinação do que o pequi sem espinhos no endocarpo através dos resultados, e além disso, na literatura não há trabalhos científicos sobre a germinação do pequi sem espinhos no endocarpo.

As sementes de *Caryocar brasiliense* apresentam dormência do tipo fisiológica não profunda (DOMBROSKI et al., 2010; MENDES, 2015; SOUSA, 2016), causada pela interação entre dois componentes, o embrião e o endocarpo (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006; NONOGAKI et al., 2010; BASKIN; BASKIN, 2014). O embrião controla a germinação através do seu estado fisiológico, interagindo com os fatores ambientais (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006). O endocarpo regula o fluxo de água e impõe restrição mecânica ao crescimento do embrião, limitando a germinação.

O comportamento fisiológico do embrião ligado à germinação é controlado pelo balanço hormonal entre giberelinas (GAs) e ácido abscísico (ABA) (BEWLEY et al., 2013; MENDES, 2015; SOUSA, 2016). O aumento da taxa GAs/ABA, através da aplicação exógena de giberelinas, pode elevar ou acelerar o potencial de crescimento do embrião, induzindo o enfraquecimento dos tecidos adjacentes e favorecendo a germinação (MIRANSARI; SMITH, 2014). Isto explica a baixa porcentagem de germinação encontrada no presente trabalho, por não ter havido um período de armazenamento dos pirênios, provavelmente a taxa de GAs/ABA era baixa, e ainda elevada a concentração de ABA, a qual é maior em sementes recém-dispersas, com a função de manutenção da dormência.

Dombroski et al. (1998) mostraram que maiores valores de porcentagem de emergência foram encontrados quando as sementes, de pequi com espinhos no endocarpo, receberam tratamento com o regulador (GA₃), para superação de dormência. A imersão dos

pirênios de pequi com espinhos no endocarpo por 2 a 4 dias em solução de GA₃ promoveu a superação parcial da dormência, obtendo-se maior emergência de plântulas nas concentrações de 125 a 500 mg dm⁻³ (PEREIRA et al., 2004). Segundo Mendes (2015) um método eficiente para a propagação de *C. brasiliense*, com espinhos no endocarpo, foi o tratamento de pirênios armazenados por 90 dias com solução de 125 mg L⁻¹ de GA₃. Isto pode ocorrer devido aos efeitos das giberelinas relacionadas com eventos da germinação, como ativação do crescimento vegetativo do embrião, mobilização de reservas do endosperma e enfraquecimento da camada do endosperma que circunda o embrião (TAIZ; ZEIGER, 1998).

Dombroski et al. (1998) observaram melhoria considerável na emergência de sementes de pequi com espinhos com a eliminação do endocarpo, especialmente quando este recebe tratamento com hormônio para superação de dormência. A utilização de GA₃ em sementes (sem endocarpo), de pequi com espinhos no endocarpo, proporcionou maior porcentagem de germinação e menor tempo médio de emergência das plântulas de pequi (BERNARDES et al., 2008). Os mesmos autores sugerem que concentrações de GA₃ próximas a 350 mg L⁻¹, com períodos de 24 h de embebição das sementes sem endocarpo, melhorem a porcentagem de emergência de plântulas. A dose de 50 mg L⁻¹ de GA₃ foi satisfatória para promover a germinação de sementes sem endocarpo, de pequi com espinhos no endocarpo, recém dispersas (SOUSA, 2016). A utilização de sementes de pequi com endocarpo induz a uma baixa porcentagem, e principalmente, maior tempo de emergência das plântulas (OLIVEIRA, 1998).

Vários métodos de extração das sementes do endocarpo de *C. brasiliense* foram citados em trabalhos como, a utilização de betoneira (BERNARDES et al., 2008), despoldadeira elétrica de frutas e hortaliças (SILVA, 2013), motor acoplado com escovas de aço (DOMBROSKI et al., 2010) e torno manual de bancada (MENDES, 2015). Alguns desses métodos descrevem que são necessárias duas etapas: uma úmida, em que se usa a betoneira ou o motor, e outra seca, em que se utilizam moto esmeril ou tesoura de poda, mais alicate para romper o endocarpo e obter a semente. Esses processos são bastante laboriosos. Uma vez que as estruturas que envolvem a semente estão úmidas, aumenta a dificuldade de retirada da semente, tornando-a muito suscetível a danos físicos durante o processo (BERNARDES et al., 2008). Isso pode ser confirmado em estudos de Mendes (2015).

Nesta pesquisa, as sementes não foram extraídas do endocarpo. Os pirênios não foram armazenados após a retirada da polpa e com a alta umidade a semente se torna muito aderida ao endocarpo. O torno manual de bancada foi utilizado apenas para causar uma fenda no endocarpo na região do hilo. Pirênios com fenda no endocarpo apresentaram a maior

porcentagem de germinação (23%) em relação aos pirênios sem tratamento (13%) e aos pirênios imersos em água por 96h (13,5%) (Tabela 2).

A realização de fenda no endocarpo dos pirênios e os pirênios imersos em solução de GA₃ na dose de 50 mg L⁻¹ por 96 horas apresentaram menor tempo para a primeira germinação, ou seja, germinaram mais rapidamente, respectivamente 20,0 dias e 20,3 dias, em relação aos pirênios imersos em água por 96 horas (27,7 dias) e pirênios sem qualquer tratamento pré-germinativo (Controle) (26,1 dias) (Tabela 2). A ausência de espinhos no endocarpo apresentou o menor tempo para a última germinação, 36,5 dias, em relação aos pirênios com a presença da característica (47,9 dias) (Tabela 2). Isso confirma que o pequi sem espinhos no endocarpo germina mais rápido do que o pequi com espinhos no endocarpo. Pirênios com fenda no endocarpo apresentaram menor tempo médio de germinação, 27,6 dias, do que pirênios imersos em água por 96 horas (38,5 dias) (Tabela 2).

Nos estudos de Bernardes et al. (2008), o ponto de tempo mínimo correspondeu a aproximadamente quatorze dias e se deu na concentração de 366 mg L⁻¹ de GA₃, para a emergência de plântulas de pequi originadas de sementes sem endocarpo, de pequi com espinhos no endocarpo, tratadas com diferentes concentrações de GA₃. Assim, além da porcentagem de germinação, o tempo médio de emergência é muito importante para os procedimentos de propagação.

Pirênios com fenda no endocarpo apresentaram maior velocidade média de germinação (0,039 dia⁻¹), em comparação com pirênios imersos em água por 96 horas (0,027 dia⁻¹) (Tabela 2). A ausência de espinhos no endocarpo proporcionou maior velocidade média de germinação (0,036 dia⁻¹), relativamente à presença de espinhos no endocarpo (0,031 dia⁻¹) (Tabela 2).

Pirênios com fenda no endocarpo apresentaram a maior velocidade de emergência, (0,227 plântula dia⁻¹), em relação aos pirênios sem qualquer tratamento (0,103 pl.dia⁻¹) e aos pirênios imersos em água por 96 horas (0,099 plântula dia⁻¹) (Tabela 2). A característica presença de espinhos no endocarpo apresentou maior velocidade de emergência (0,191 pl.dia⁻¹) do que na ausência desta característica (0,113 pl.dia⁻¹), ao contrário da velocidade média de germinação (Tabela 2).

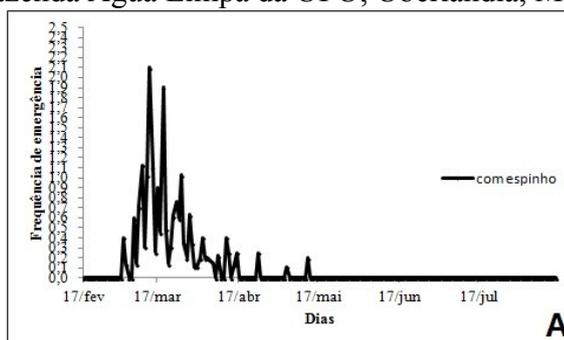
O tempo em torno do qual ocorreu maior frequência de germinação (\bar{t}) variou entre 27,6 e 38,5 dias entre os tratamentos (Tabela 2). Os pirênios com fenda no endocarpo, que apresentaram o menor tempo médio (\bar{t}) (27,6 dias), também apresentaram a maior velocidade média (\bar{v}) (0,039 dia⁻¹) e a maior velocidade de emergência (VE) (0,227 plântula dia⁻¹)

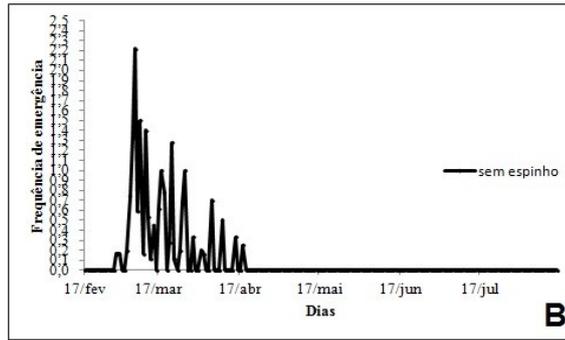
(Tabela 2), visto que \bar{t} e \bar{v} apresentam relação matemática inversa, e a velocidade de emergência (VE) associa matematicamente germinabilidade e tempo.

A presença de espinhos no endocarpo aumentou a incerteza (2,29 bits) em relação à ausência desta característica (1,16 bits) (Tabela 2). Os valores de incerteza, que foram mais próximos de zero, indicam que a germinação foi mais concentrada no tempo para o pequi sem espinhos no endocarpo (1,16 bits) do que para o pequi com espinhos no endocarpo (2,29 bits), ou seja, mostram que houve registros de alta frequência de germinação num mesmo intervalo de tempo para pequi sem espinhos no endocarpo (Tabela 2). A incerteza, associada à distribuição da frequência relativa de germinação, quando aplicada à germinação de sementes, valores baixos indicam germinação mais sincronizada (RANAL; SANTANA, 2006).

Isso pode ser confirmado quando se analisa a frequência relativa de germinação da espécie em função do tempo para pequi com espinhos no endocarpo (Figura 14 a) e sem espinhos no endocarpo (Figura 14 b). A germinação de sementes provenientes de pirênios com espinhos no endocarpo ocorreu de março a maio (Figura 14 a), e de pirênios sem espinhos no endocarpo, de março a abril (Figura 14 b). Mais de 12% da germinação dos pirênios sem espinhos no endocarpo ocorreu em um único dia (vigésimo dia após a semeadura), e 24% se concentraram entre o vigésimo e vigésimo segundo dia após a semeadura.

Figura 14 – Frequência relativa de emergência de plântulas de *Caryocar brasiliense* com espinhos no endocarpo (A) e sem espinhos no endocarpo (B) em função do tempo, oriundas de frutos coletados na Fazenda Água Limpa da UFU, Uberlândia, MG, safra de 2021.

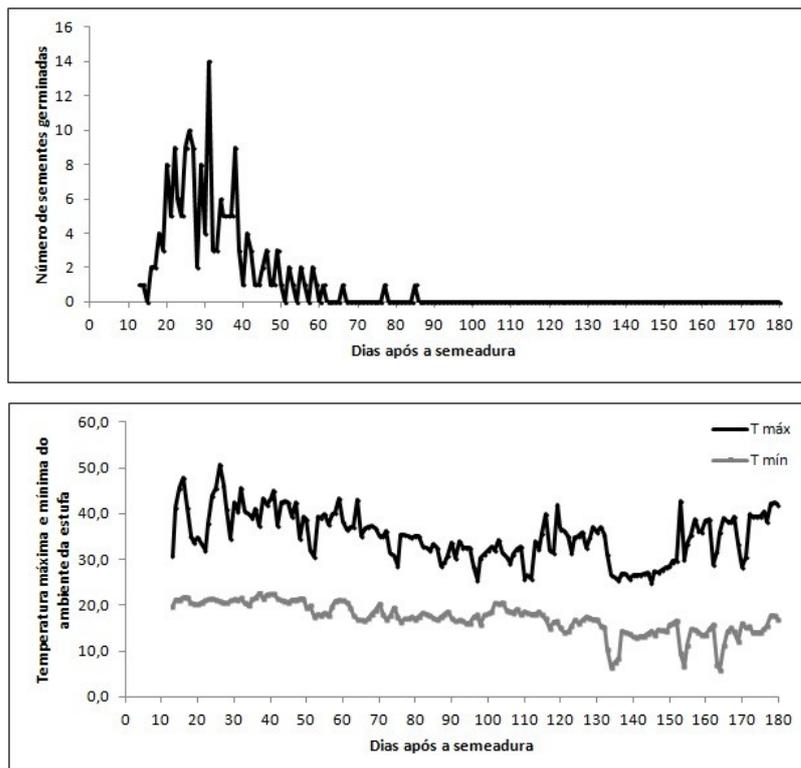




Fonte: a própria autora.

O período de emergência mais considerável coincidiu com as épocas mais quentes, o que pode ser confirmado através do gráfico do número de sementes germinadas em função dos dias após a semeadura em comparação com o gráfico das temperaturas do ambiente da estufa em função dos dias após a semeadura (Figura 15). Isso mostra a relação com os aspectos ecológicos associados à adaptação da espécie aos locais de ocorrência. Além disso, pode ser que as sementes de *C. brasiliense*, que apresentam dormência fisiológica não profunda, pertençam ao Tipo 1, de acordo com o sistema de classificação de Baskin; Baskin (2004), com a diminuição da dormência em função do aumento da temperatura.

Figura 15 – Número de sementes germinadas, de pirênios de *Caryocar brasiliense* com e sem espinho oriundos de frutos coletados na Fazenda Água Limpa da UFU, MG, safra 2021, e temperaturas máximas e mínimas do ambiente da estufa, em função do tempo (180 dias após a semeadura).



Fonte: a própria autora.

4.2 Desenvolvimento inicial de mudas

4.2.1 Altura e Diâmetro

Para as variáveis altura aos 30 dias após a emergência e diâmetro aos 30 e 90 dias após a emergência os resíduos do modelo apresentaram distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk) e as variâncias foram homogêneas (teste Bartlett), com exceção da altura aos 30 dias após a emergência (Tabela 3). Não houve interação significativa entre os tratamentos pré-germinativos e o fator espinho (presença e ausência).

Tabela 3 – Medidas de altura aos 30 dias após a emergência e diâmetro aos 30 e 90 dias após a emergência de mudas de *Caryocar brasiliense* oriundas de pirênios com e sem espinho no endocarpo de frutos coletados na Fazenda Água Limpa da UFU, MG, safra 2021, em função dos tratamentos pré-germinativos e da presença ou não de espinhos.

Tratamentos pré-germinativos	¹ Altura aos 30 dias após a emergência (cm)	Diâmetro aos 30 dias após a emergência (mm)	Diâmetro aos 90 dias após a emergência (mm)
Realização de fenda no endocarpo dos pirênios	16,5700 bc	3,3112 a	3,9625 a
Pirênios sem tratamento (Controle)	15,1300 c	3,3275 a	4,0512 a
Imersão dos pirênios em solução com GA ₃ 50 mg L ⁻¹ por 96h	21,9862 a	3,3562 a	4,1375 a
Imersão dos pirênios em solução com GA ₃ 100 mg L ⁻¹ por 96h	21,0637 ab	3,3646 a	4,0579 a
Imersão dos pirênios em água por 96h	15,2617 bc	3,2817 a	3,8233 a
Espinhos	¹ Altura aos 30 dias após a emergência (cm)	Diâmetro aos 30 dias após a emergência (mm)	Diâmetro aos 90 dias após a emergência (mm)
Presença	17,1140 a	3,4010 a	4,1005 a
Ausência	18,8907 a	3,2555 b	3,9125 a
CV(%)	9,80	6,26	9,45
<i>W</i> (<i>P</i>)	0,0616	0,9851	0,1490
<i>Bartlett</i> (<i>P</i>)	0,0344	0,4832	0,2601

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. CV: coeficiente de variação (%). *W*: estatística do teste de Shapiro-Wilk; valores em negrito indicam que os resíduos seguem distribuição normal ($P > 0,05$); teste de Bartlett: valores em negrito indicam homogeneidade entre as variâncias residuais ($P > 0,05$). *P*: probabilidade. ¹Dados transformados em arcsen(raiz(x)) para realização das análises estatísticas, dados apresentados representam valores originais.

Os pirênios imersos em solução com GA₃ na dose de 50 mg L⁻¹ por 96 horas apresentaram mudas com a maior altura aos 30 dias após a emergência em relação aos pirênios imersos em água por 96 horas, aos pirênios com fenda no endocarpo e aos pirênios sem qualquer tratamento pré-germinativo (Tabela 3). A presença de espinhos no endocarpo proporcionou mudas com maior diâmetro aos 30 dias após a emergência em relação às mudas provenientes de pirênios sem espinhos no endocarpo (Tabela 3).

Para a variável altura aos 90 dias após a emergência, os resíduos do modelo apresentaram distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk) e as variâncias foram homogêneas (teste Bartlett) (Tabela 4). Houve interação significativa entre os tratamentos pré-germinativos e o fator espinho (presença e ausência).

Tabela 4 – Medidas de altura (cm) aos 90 dias após a emergência de mudas de *Caryocar brasiliense* oriundas de pirênios com e sem espinho no endocarpo de frutos coletados na Fazenda Água Limpa da UFU, MG, safra 2021, em função dos tratamentos pré-germinativos e da presença ou não de espinhos.

Tratamentos pré-germinativos	Espinhos	
	Presença	Ausência
Realização de fenda no endocarpo dos pirênios	23,5 abB	34,6 aA
Pirênios sem tratamento (Controle)	21,9 bA	27,4 abA
Imersão dos pirênios em solução com GA ₃ 50 mg L ⁻¹ por 96h	32,5 aA	29,1 abA
Imersão dos pirênios em solução com GA ₃ 100 mg L ⁻¹ por 96h	28,6 abA	28,8 abA
Imersão dos pirênios em água por 96h	26,1 abA	23,7 bA
<i>CV</i> (%)	16,80	
<i>W</i> (<i>P</i>)	0,6060	
<i>Bartlett</i> (<i>P</i>)	0,1598	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. CV: coeficiente de variação (%). *W*: estatística do teste de Shapiro-Wilk; valores em negrito indicam que os resíduos seguem distribuição normal ($P > 0,05$); teste de Bartlett: valores em negrito indicam homogeneidade entre as variâncias residuais ($P > 0,05$). *P*: probabilidade.

Para os pirênios com fenda no endocarpo, a ausência de espinhos no endocarpo demonstrou mudas maiores em altura aos 90 dias após a emergência, sendo melhor em relação à presença de espinhos no endocarpo (Tabela 4). Isto pode ser decorrente de que os pirênios sem espinhos no endocarpo são mais fáceis de serem manuseados durante a operação de realização de fenda no endocarpo por compressão no torno manual de bancada do que os pirênios com espinhos no endocarpo, mesmo assim, tendo que se ter cuidado para não provocar lesões nas sementes, seja por quebraimento, seja por amassamento. Na presença de espinhos no endocarpo, os pirênios imersos em solução com GA₃ na dose de 50 mg L⁻¹ por 96 horas apresentaram mudas com as maiores alturas aos 90 dias após a emergência em

comparação com os pirênios sem qualquer tratamento pré-germinativo (Controle) (Tabela 4 e Figura 16). Na ausência de espinhos no endocarpo, os pirênios com fenda no endocarpo proporcionaram mudas mais altas aos 90 dias após a emergência, em relação aos pirênios imersos em água por 96 horas (Tabela 4).

Figura 16 – Muda de *C. brasiliense* aos 90 dias após a emergência proveniente de pirênio com espinhos no endocarpo oriundo de fruto coletado na Fazenda Água Limpa da UFU, safra 2021. C1: presença de espinho; T3: pirênios imersos em solução com GA₃ na dose de 50 mg.L⁻¹ por 96 horas; R3: repetição.



Fonte: a própria autora.

Para o pequi com espinhos no endocarpo, a utilização de ácido giberélico foi o tratamento que proporcionou a obtenção de mudas maiores e de melhor qualidade, e para o pequi sem espinhos no endocarpo, isto pode ser obtido através da realização de fenda no endocarpo dos pirênios. Isso confirma que não é necessária a utilização de ácido giberélico (GA₃) para o pequi sem espinhos no endocarpo, como é para o pequi com espinhos no endocarpo, que aumenta e acelera a sua germinação, proporcionando mudas melhores.

4.2.2 Plântulas normais e anormais

A maioria das plântulas de *C. brasiliense*, originadas de pirênios com e sem espinhos no endocarpo, aos 30 dias após a emergência, foram classificadas como normais neste experimento (Figuras 17 e 18), sendo 96%, e apenas 04% foram classificadas como anormais.

Figura 17 – Plântula normal de *C. brasiliense* aos 30 dias após a emergência proveniente de pirênio com espinhos no endocarpo oriundo de fruto coletado na Fazenda Água Limpa da UFU, safra 2021. C1: presença de espinho; T2: pirênios sem qualquer tratamento (Controle); R2: repetição.



Fonte: a própria autora.

Figura 18 – Plântula normal de *C. brasiliense* aos 30 dias após a emergência proveniente de pirênio sem espinhos no endocarpo oriundo de fruto coletado na Fazenda Água Limpa da UFU, safra 2021. C2: ausência de espinho; T2: pirênios sem qualquer tratamento (Controle); R3: repetição.



Fonte: a própria autora.

5 CONCLUSÕES

Independente da presença ou não de espinhos, a realização de fenda no endocarpo dos pirênios proporcionou maior porcentagem de germinação e maior velocidade de emergência;

A presença de espinhos no endocarpo apresentou maior porcentagem de germinação, contudo, a ausência de espinhos no endocarpo resultou em germinação mais rápida;

Para os pirênios com fenda no endocarpo, a ausência de espinhos levou ao desenvolvimento de mudas maiores aos 90 dias após a emergência do que na presença de espinhos no endocarpo;

Na presença de espinhos no endocarpo, os pirênios imersos em GA₃ na dose de 50 mg L⁻¹ por 96 horas proporcionaram mudas com as maiores alturas aos 90 dias após a emergência do que os pirênios sem qualquer tratamento;

Na ausência de espinhos no endocarpo, os pirênios com fenda no endocarpo apresentaram mudas maiores aos 90 dias após a emergência do que os pirênios imersos em água por 96 horas.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köpen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, Lexington, n. 14, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1079/SSR2003150>. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/terms>. Acesso em: 10 mar. 2021. <https://doi.org/10.1079/SSR2003150>
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. **Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2014. 1600 p.
- BERNARDES, T. J.; NAVES, V. N.; REZENDE, C. F. A.; BORGES, J. D.; CHAVES, J. Propagação sexuada do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) estimulada pelo ácido giberélico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 71-77, 2008.
- BEWLEY, J. D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, [s.l.], v. 9, p. 1055-1066, 1997. <https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055>
- BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology, of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2013. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Pequi: Caryocar brasiliense Cambess. Série Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável Orgânico**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2012. 28 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: Região Centro-Oeste**. Brasília, DF: MMA, 2016.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: cerrado**. Brasília, DF: MMA, 2011. 200 p.
- CARDOSO, V. J. M. Germinação. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2004. cap. 17, p. 386-408.
- CARLOS, L.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; HIGASHIKAWA, E. M.; GARCIA, M. B.; FARIAS, E. S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 13-21, jan/mar, 2014. <https://doi.org/10.5902/1980509813318>
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CARVALHO, P. E. R. **Pequizeiro Caryocar brasiliense**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 10 p. (Comunicado Técnico, 230).

DOMBROSKI, J. L. D.; PAIVA, R.; ALVES, J. M. C.; SANTOS, B. R.; NOGUEIRA, R. C.; PAIVA, P. D. O.; BARBOSA, S. Métodos para a superação da dormência fisiológica de *Caryocar brasiliense* Camb. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 131-135, 2010.
<https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000200003>

DOMBROSKI, J. L. D.; PAIVA, R.; CAMARGO, I. P. Efeito de escarificação sobre a germinação do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 20, n. 1, p. 68-73, abr. 1998.

EMATER. **Pesquisa com pequi sem espinhos desenvolvida pela Emater é destaque no Programa Goiás no Ar, da TV Record**. [s.l.], 2020. Disponível em:
<https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/plantas-xerofilas/pesquisa-com-pequi-sem-espinhos-desenvolvida-pela-emater-e-destaque-no-programa-2018goias-no-ar2019-da-tv-record#:~:text=da%20TV%20Record-,Pesquisa%20com%20pequi%20sem%20espinhos%20desenvolvida%20pela%20Emater%20C3%A9%20destaque,no%20Ar%27%2C%20da%20TV%20Record&text=culin%C3%A1ria%20goiana,pela%20emissora%20Record%20TV%20Goi%C3%A1s>. Acesso em: 07/04/2021.

FALEIRO, F. G.; GAMA, L. C.; FARIAS NETO, A. L.; SOUSA, E. S. O Simpósio Nacional sobre o Cerrado e o Simpósio Internacional sobre Savanas Tropicais. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (ed.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. cap. 1, p. 33-48.

FERRAZ, I. D. K.; CALVI, G. P. Teste de germinação. In: LIMA JUNIOR, M. J. V. **Manual de procedimentos para análise de sementes florestais**. Manaus: UFAM, 2010. Cap. 5, p. 55-122.

FERREIRA, F. R.; BIANCO, S.; DURIGAN, J. F.; BELINGIERI, P. A. Caracterização física e química de frutos maduros de pequi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 9., 1987, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1988. v. 2. p. 643-646.

FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, [s.l.], v. 171, p. 501-523, 2006. Acesso em: 01 mar. 2021.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01787.x>

FLAUZINO, C. A. O. **Avaliação do potencial nutricional e antioxidante de resíduos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) obtidos após extração do óleo**. Orientadora: Cássia Roberta Malacrida Mayer. 2020. 53 f. Dissertação (Mestrado em Biociências) – Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista, Assis, 2020.

FRANCO, G. **Tabela de composição química de alimentos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1992. 307 p.

FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, [s.l.], v. 15, p. 97 – 108, 1988.
<https://doi.org/10.2307/2845050>

GUIMARÃES, L. D. A.; SILVA, M. A. D. D.; ANACLETO, T. C. **Natureza viva cerrado: caracterização e conservação**. Goiânia: UCG, 2006. 211 p.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Brasília, DF: IBGE, 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 abr. 2021.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2004.

KERR, W. E.; SILVA, F. R.; TCHUCARRAMAE, B. Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). Informações preliminares sobre um pequi sem espinhos no caroço. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 169-171, abr. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000100035>

KUCERA, B.; COHN, M. A.; LEUBNER-METZGER, G. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. **Seed Science Research**, [s.l.], v. 15, p. 281-307, 2005. <https://doi.org/10.1079/SSR2005218>

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. 1983. 174 p.

LABOURIAU, L. G. On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* Sm. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 42, p. 235-262, 1970.

LEÃO, E. F.; PEIXOTO, N.; MORAIS JÚNIOR, O. P. Emergência de plântulas de pequizeiro em função da planta matriz e uso de ácido giberélico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 416-423, out./dez. 2012. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000400009>

LONDE, L. N. **Caracterização molecular e citogenética de frutos de *Caryocar brasiliense* (Cambess) com e sem espinho no caroço**. 2010. 155 f. Tese (Doutorado em Genética e Bioquímica) – Instituto de Genética e Bioquímica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

LOPES, A. S.; DAHER, E. Agronegócio e recursos naturais no Cerrado: desafios para uma coexistência harmônica. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (ed.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. cap. 5, p. 173-212.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1998. v. 2.

MAGUIRE, J. D. **Speed germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor**. *Crop Science*, Madison, v. 2, p. 176-177, 1962. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

MELO JÚNIOR, A. F.; CARVALHO, D.; PÓVOA, J. S. R.; BEARZOTI, E. Estrutura genética de populações naturais de pequi (Caryocar brasiliense Camb.). **Scientia Florestalis**, [s.l.], v. 66, p. 56-65, dez. 2004.

MENDES, D. S. T. **Germinação e armazenabilidade de sementes de pequi**. Orientador: Paulo Sérgio Nascimento Lopes. 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2015.

MIRANSARI, M.; SMITH, D. L. Plant hormones and seed germination. **Environmental and Experimental Botany**, [s.l.], v. 99, p. 110-121, 2014.
<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.005>

OLIVEIRA, K. A. K. B. **Variabilidade genética entre e dentro de populações de pequi (Caryocar brasiliense Camb.) do Estado de Goiás**. 1998. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1998.

OLIVEIRA, M. E. B.; GUERRA, N. B.; BARROS, L. M.; ALVES, R. E. **Aspectos agrônômicos e de qualidade do pequi**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. 32 p. (Documentos, 113).

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; SILVA, D. B.; GOMES, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C. **Quebra da dormência de sementes de pequi**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 15 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 136).

PEREIRA, A. V.; SALVIANO, A.; PEREIRA, E. B. C.; SILVA, J. A.; SILVA, D. B.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Pequi: produção de mudas**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2000. 2 p. (Recomendações Técnicas, 1).

PRANCE, G.T.; PIRANI, J. R. **Caryocar brasiliense Cambess**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 2022. Portal: Flora e Funga do Brasil. Disponível em:
<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB6688>. Acesso em: 20 jan. 2022.

PRANCE, G.T.; PIRANI, J. R. **Caryocar L.** Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 2022. Portal: Flora e Funga do Brasil. Disponível em:
<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB6687>. Acesso em: 06 jul. 2022.

PRANCE, G.T.; PIRANI, J. R. **Caryocaraceae Voigt**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 2022. Portal: Flora e Funga do Brasil. Disponível em:
<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB80>. Acesso em: 20 jan. 2022.

PRITCHARD, S. L.; CHARLTON, W. L.; BAKER, A.; GRAHAM, I. A. Germination and storage reserve mobilization are regulated independently in Arabidopsis. **The Plant Journal**, [s.l.], v. 31, n. 5, p. 639-647, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.2002.01376.x>

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 1-11, jan.-mar., 2006.
<https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G.; SCHIAVINI, I. Are there germination patterns for Cerrado species? *In*: UNESCO. **Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)**. [S.l.]: UNESCO, 2009. Disponível em: <http://www.eolss.net>.

RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. **Annals of Botany**, [s.l.], v. 80, p. 223 – 230, 1997.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. D.; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2008. v. 2. cap. 6, p. 151-212.

ROSENTAL, L.; NONOGAKI, H.; FAIT, A. Activation and regulation of primary metabolism during seed germination. **Seed Science Research**, [s.l.], v. 24, p. 1-15, 2014. <https://doi.org/10.1017/S0960258513000391>

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. xii + 556p.

SANTANA, J. G.; NAVES, R. V. Caracterização de ambientes de cerrado com alta densidade de pequi (Caryocar brasiliense Camb.) na região sudeste do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, [s.l.], v. 33, n. 1, p. 1-10, 2003.

SILVA, G. P. **Qualidade fisiológica de sementes de baru e pequi submetidas à secagem e ao armazenamento**. Orientadora: Juliana de Fátima Sales. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, 2013.

SOUSA, A. M. da S. **Estrutura, qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de Caryocar brasiliense (Caryocaraceae)**. Orientador: Paulo Sérgio Nascimento Lopes. 2016. 95 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792 p.