

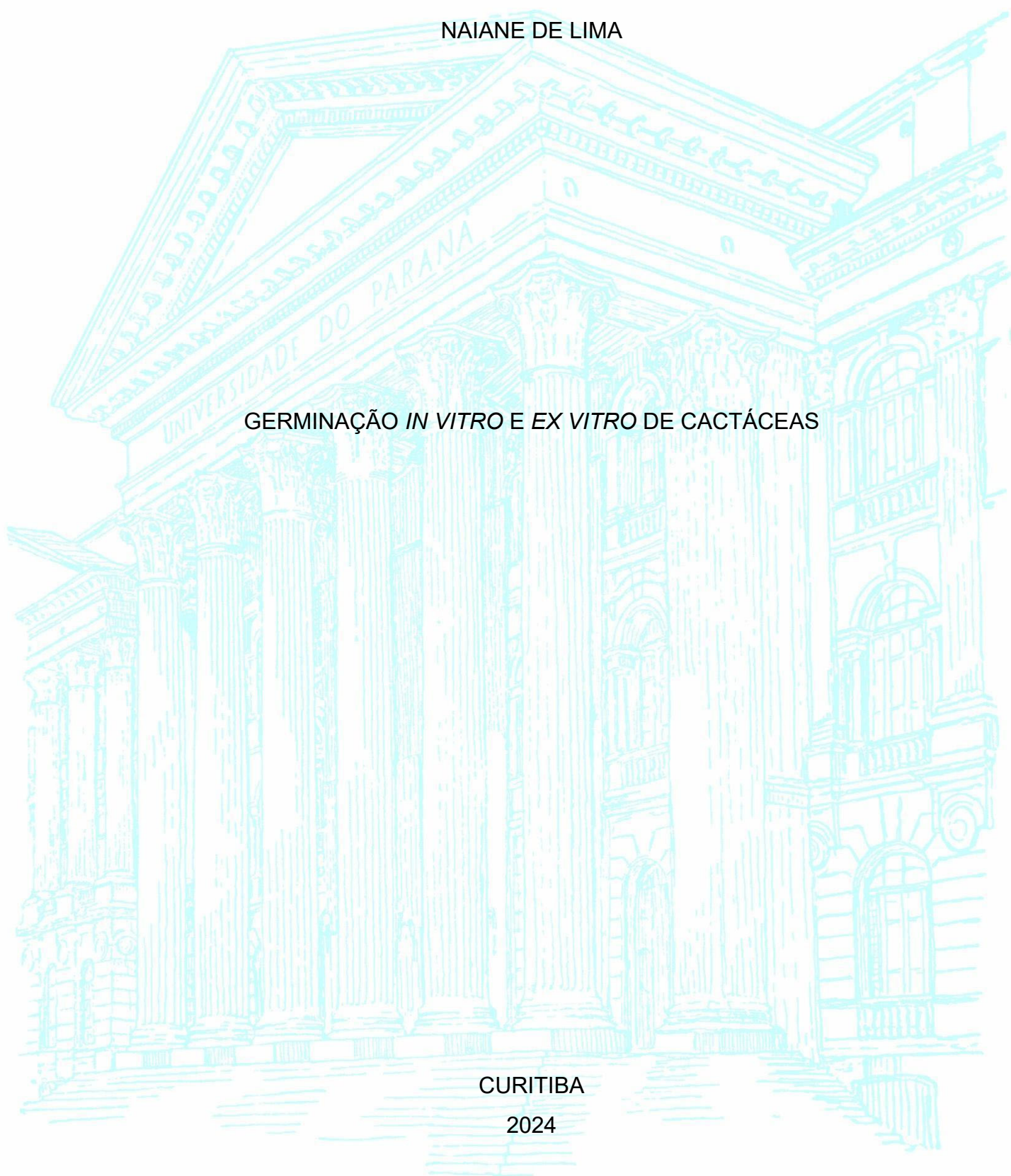
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NAIANE DE LIMA

GERMINAÇÃO *IN VITRO* E *EX VITRO* DE CACTÁCEAS

CURITIBA

2024



NAIANE DE LIMA

GERMINAÇÃO *IN VITRO* E *EX VITRO* DE CACTACEAES

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana L. F. Ribas

CURITIBA

2024

TERMO DE APROVAÇÃO

NAIANE DE LIMA

GERMINAÇÃO *IN VITRO* E *EX VITRO* DE CACTACEAES

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Prof(a). Dr(a). Luciana L. F. Ribas

Orientador(a) – Departamento de Botânica, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Prof(a). Dr(a). Daniel Fernandes da Silva

Departamento de Botânica, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Prof(a). Dr(a). Hugo Pacheco de Freitas Fraga

Departamento de Botânica, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Curitiba, 10 de dezembro de 2024.

RESUMO

As cactáceas diferem da maioria das espécies pela presença de caules fotossintetizantes, com alta capacidade de armazenamento de água e as folhas, geralmente são modificadas em espinhos. Apresentam elevado potencial ornamental, alimentício e medicinal e algumas espécies estão ameaçadas de extinção, pela coleta indiscriminada. A propagação na natureza ocorre por meio de sementes e existem relatos de dificuldade e de baixa porcentagem de germinação. Sendo assim, a germinação *in vitro* é uma alternativa viável por proporcionar um ambiente controlado e asséptico, que pode acelerar o desenvolvimento das plântulas. Este estudo teve como objetivo determinar o melhor meio de cultura para a germinação *in vitro* de sementes de *Arrojadoa luetzelburgii*, *Coleocephalocereus fluminensis*, *Pereskia aculeata* e *Xiquexique gounellei* e comparar com a germinação *ex vitro* para acelerar a produção de plântulas das espécies. A germinação *in vitro* foi avaliada testando os meios de cultura WPM, MS, MS/2 (MS, com os sais reduzidos pela metade) e um meio composto de água destilada e ágar (AA), enquanto a *ex vitro* foi em gerbox com papel filtro. As respostas de germinação *in vitro* foram superiores às da *ex vitro* para *A. luetzelburgii* e *C. fluminensis* e todas as sementes germinadas formaram plântulas. O meio de cultura influenciou as respostas de germinação e desenvolvimento de plântulas. Para *A. luetzelburgii*, a maior porcentagem foi obtida no meio WPM (44%), enquanto que para *C. fluminensis* ocorreu no meio MS (48%). Das espécies testadas, a maior porcentagem de germinação ocorreu com *X. gounellei*, no meio MS (70%), apesar de não ter ocorrido diferença significativa entre os meios testados. *P. aculeata*, obteve altos índices de contaminação fúngica (96 a 98%), nos meios WPM, MS e MS/2 que dificultou a avaliação da germinabilidade. Para essa espécie, o melhor desempenho ocorreu na germinação *ex vitro*, com 50,5% de germinação, seguida do tratamento AA (42%). Sendo assim, recomenda-se o meio WPM para *A. luetzelburgii* e o meio MS para *C. fluminensis* e *X. gounellei*. Sugere-se também a realização de novos estudos com sementes recém-colhidas, a avaliação da influência da temperatura e do tempo de armazenamento, bem como pesquisas adicionais para estabelecer um protocolo de desinfestação adequado para *P. aculeata*.

Palavras-chave: Cactaceae; germinação; desinfestação; meios de cultura.

ABSTRACT

Cacti differ from most species due to the presence of photosynthetic stems, with a high capacity for water storage, and leaves that are usually modified into spines. They have significant ornamental, food, and medicinal potential, and some species are threatened with extinction due to indiscriminate collection. Propagation in nature occurs through seeds, and there are reports of difficulties and low germination percentages. Therefore, in vitro germination is a viable alternative, as it provides a controlled and aseptic environment that can accelerate seedling development. The objective of this study was to determine the best culture medium for in vitro germination of seeds from *Arrojadoa luetzelburgii*, *Coleocephalocereus fluminensis*, *Pereskia aculeata*, and *Xiquexique gounellei*, and to compare it with ex vitro germination to accelerate seedling production of these species. In vitro germination was evaluated by testing the culture media WPM, MS, MS/2 (MS with salts reduced by half), and a medium composed of distilled water and agar (AA), while ex vitro germination was conducted in gerboxes with filter paper. In vitro germination responses were superior to ex vitro for *A. luetzelburgii* and *C. fluminensis*, with all germinated seeds forming seedlings. The culture medium influenced the germination responses and seedling development. For *A. luetzelburgii*, the highest percentage was obtained in the WPM medium (44%), while for *C. fluminensis*, it occurred in the MS medium (48%). Among the tested species, the highest germination percentage occurred with *X. gounellei*, in the MS medium (70%), although no significant differences were observed between the tested media. *P. aculeata* exhibited high fungal contamination rates (96-98%) in the WPM, MS, and MS/2 media, which hindered the evaluation of germinability. For this species, the best performance was observed in ex vitro germination, with 50.5% germination, followed by the AA treatment (42%). Therefore, the WPM medium is recommended for *A. luetzelburgii*, and the MS medium for *C. fluminensis* and *X. gounellei*. It is also suggested that new studies be conducted with freshly collected seeds, evaluating the influence of temperature and storage time, as well as further research to establish an appropriate disinfection protocol for *P. aculeata*.

Keywords: Cactaceae; germination; decontamination; culture media.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DE SEMENTES DE <i>Arrojadoa luetzelburgii</i>	25
FIGURA 2 - ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DE SEMENTES DE <i>Coleocephalocereus fluminensis</i>	27
FIGURA 3 - ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DE SEMENTES DE <i>Pereskia aculeata</i>	29
FIGURA 4 - ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DE SEMENTES DE <i>Xiquexique gounellei</i>	32

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO EX VITRO DE <i>Arrojadoa luetzelburgii</i>	24
GRÁFICO 2 - PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO DE <i>Coleocephalocereus fluminensis</i>	27
GRÁFICO 3 - PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO DE <i>Pereskia aculeata</i>	30
GRÁFICO 4 - PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO DE <i>Xiquexique gounellei</i>	32

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - GERMINAÇÃO <i>IN VITRO</i> DE SEMENTES DE <i>Arrojadoa luitzelburgii</i> , SUBMETIDAS A QUATRO FORMULAÇÕES DE MEIOS DE CULTIVO, APÓS 30 DIAS DA SEMEADURA	23
TABELA 2 - COMPARAÇÃO DA GERMINAÇÃO <i>EX VITRO</i> E MELHOR TRATAMENTO OBTIDO <i>IN VITRO</i> DE <i>Arrojadoa luitzelburgii</i> , APÓS 30 DIAS DA SEMEADURA,	24
TABELA 3 - RESULTADOS DE PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO, DO IVG E IVFP DE SEMENTES DE <i>Coleocephalocereus fluminensis</i> GERMINADAS <i>IN VITRO</i> EM QUATRO FORMULAÇÕES DE MEIOS DE CULTIVO, APÓS 30 DIAS DA SEMEADURA	26
TABELA 4 - COMPARAÇÃO DA GERMINAÇÃO <i>EX VITRO</i> E MELHOR TRATAMENTO OBTIDO <i>IN VITRO</i> DE <i>Coleocephalocereus fluminensis</i> APÓS 30 DIAS DE SEMEADURA	26
TABELA 5 - GERMINAÇÃO <i>IN VITRO</i> DE SEMENTES DE <i>PERESKIA ACULEATA</i> EM QUATRO FORMULAÇÕES DE MEIOS DE CULTIVO, APÓS 30 DIAS DA SEMEADURA	28
TABELA 6 - COMPARAÇÃO DA GERMINAÇÃO <i>EX VITRO</i> E MELHOR TRATAMENTO OBTIDO <i>IN VITRO</i> DE <i>Pereskia aculeata</i> , APÓS 30 DIAS DA SEMEADURA	28
TABELA 7 - GERMINAÇÃO <i>IN VITRO</i> DE SEMENTES DE <i>Xiquexique gounellei</i> EM QUATRO FORMULAÇÕES DE MEIOS DE CULTIVO, APÓS 30 DIAS DA SEMEADURA	31
TABELA 8 – COMPARAÇÃO DA GERMINAÇÃO <i>EX VITRO</i> E MELHOR TRATAMENTO OBTIDO <i>IN VITRO</i> DE <i>Xiquexique. gounellei</i> , APÓS 30 DIAS DA SEMEADURA	31

LISTA DE SIGLAS

AA	- Ágar + água
CV	- Coeficiente de variação
IVFP	- Índice de Velocidade de Formação de Plântulas
IVG	- Índice de Velocidade de Germinação
LED	- Light Emitting Diode
MG	- Minas Gerais
MS	- Murashige e Skoog
PANC	- Planta Alimentícia Não Convencional
PPM	- Plant Preservative Mixture
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
PR	- Paraná
RJ	- Rio de Janeiro
WPM	- Woody Plant Basal Medium

LISTA DE ABREVIATURAS

cm	- Centímetros
et al	- E outros
g	- Grama
L	- Litro
m	- Metros
mg	- Miligrama
mL	- Mililitro
mm	- Milímetro
rpm	- Rotação por minuto
s	- Segundos

LISTA DE SÍMBOLOS

cm.	- Centímetros
X^2	- Coeficiente de Variação
/	- Divisão
°C	- Graus Celsius
=	- Igualdade
+	- Adição
±	- Mais ou Menos
®	- Marca Registrada
º	- Número Ordinal
%	- Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	<i>Arrojadoa luetzelburgii</i>	15
2.2	<i>Coleocephalocereus fluminensis</i>	15
2.3	<i>Pereskia aculeata</i>	16
2.4	<i>Xiquexique gounellei</i>	17
2.5	GERMINAÇÃO EX VITRO	17
2.6	GERMINAÇÃO IN VITRO	18
2.6.1	Desinfestação das sementes	18
2.6.2	Meio de cultura	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	COLETA DE SEMENTES	20
3.2	TRATAMENTO PRÉ-GERMINATIVO	20
3.3	GERMINAÇÃO IN VITRO	20
3.3.1	Desinfestação	20
3.3.2	Meio de cultura e estabelecimento <i>in vitro</i>	21
3.3.3	Condições de cultivo	21
3.4	GERMINAÇÃO EX VITRO	21
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA E VARIÁVEIS AVALIADAS	22
4	RESULTADOS	23
4.1	<i>Arrojadoa luetzelburgii</i>	23
4.1.1	Germinação <i>in vitro</i>	23
4.1.2	Comparação da germinação <i>ex vitro</i> e <i>in vitro</i>	23
4.2	<i>Coleocephalocereus fluminensis</i>	25
4.2.1	Germinação <i>in vitro</i>	25
4.2.2	Comparação da germinação <i>ex vitro</i> e <i>in vitro</i>	26
4.3	<i>Pereskia aculeata</i>	28
4.3.1	Germinação <i>in vitro</i>	28
4.3.2	Comparação da germinação <i>ex vitro</i> e <i>in vitro</i>	28
4.4	<i>Xiquexique gounellei</i>	30

4.4.1	Germinação <i>in vitro</i>	30
4.4.2	Comparação da germinação <i>ex vitro</i> e <i>in vitro</i>	31
5	DISCUSSÃO	33
6	CONCLUSÕES	35
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

A família Cactaceae é composta por cerca de 150 gêneros e mais de 1800 espécies no continente americano (KOROTKOVA et al., 2021). Atualmente é dividida em quatro subfamílias: Cactoideae, Opuntioideae, Pereskioideae e Maihuenioideae, sendo a última encontrada apenas na Argentina e Chile (LAS PEÑAS et al, 2013). Reconhecida atualmente como um dos grupos taxonômicos mais ameaçados, aproximadamente 31% das espécies avaliadas globalmente estão em risco de extinção. A coleta de plantas e sementes da natureza para comércio e coleções têm afetado 47% das espécies ameaçadas de cactos em todo o mundo (GOETTSCH et al., 2015).

O Brasil é representado por 37 gêneros e 260 espécies, das quais 187 são endêmicas (ZAPPI; TAYLOR, 2024). Além da coleta, os principais fatores antropogênicos que impactam a sobrevivência dos cactos incluem a expansão da agropecuária, das áreas residenciais e das plantações de eucalipto (GOETTSCH et al., 2015). As espécies de cactos encontradas no solo brasileiro são predominantemente originárias das capoeiras e matas ciliares da caatinga, restinga e Mata Atlântica (GOMES, 2014).

Os cactos apresentam características marcantes, como caules fotossintetizantes, com a capacidade de armazenar água e nutrientes, folhas geralmente modificadas em espinhos e inflorescências normalmente reduzidas a uma única flor vistosa (SOUZA; LORENZI, 2019). Seus frutos são do tipo baga e contêm sementes de formato cocleariforme (ZAPPI e TAYLOR, 2024). Devido às suas características morfológicas exclusivas e atrativas têm sido usados como plantas ornamentais, a nível mundial (SENANAYKA et al., 2023). Os cactos também têm sido utilizados como matérias-primas, medicamentos e alimentos para o gado. Apresentam muitos efeitos farmacêuticos, incluindo propriedades diuréticas, atividade cardiotônica, analgésica, laxativa e propriedades antiparasitárias (SENANAYKA et al., 2023).

A propagação de espécies de cactos ocorre principalmente pela via sexuada. De acordo com Barrios et al (2020), o número de estudos com germinação de cactos tem aumentado exponencialmente nas últimas décadas, principalmente no Brasil, México e Argentina. A germinação de sementes foi avaliada em menos de 50% dos

gêneros e uma das dificuldades relatadas foi a dormência fisiológica para algumas espécies. Os dois principais fatores que interferem na germinação das sementes são a influência da luz e da temperatura. A maioria das espécies da subfamília Cactoideae tem sementes fotoblásticas positivas. A variação de temperatura ótima para os cactos está entre 20 e 30°C. Meiado et al. (2017) relataram estudos de morfoanatomia, germinação e plântulas de Cactaceae revelando a existência de estudos para apenas 71 das espécies presentes no Brasil. Barrios et al. (2020) também salientaram que existem poucos estudos sobre a dormência de sementes.

Santos (2019) indica que sementes de cactáceas podem perder vigor ao longo do período de armazenamento. Fatores como temperatura, material de acondicionamento e umidade são determinantes para o desempenho das sementes durante esse período (CIVATTI, 2015).

No presente estudo foi avaliada a germinação *in vitro* e *ex vitro* de três espécies da subfamília Cactoideae e uma da Pereskioideae, sendo elas: *Arrojadoa luetzelburgii* (Vaupel) N.P. Taylor, *Coleocephalocereus fluminensis* (Miq.) Backeb., *Xiquexique gounellei* (F.A.C. Weber ex K. Schum.) Lavor & Cavalcante e *Pereskia aculeata* Mill., respectivamente.

Arrojadoa luetzelburgii é uma espécie com poucos estudos realizados, provavelmente devido à sua distribuição geográfica restrita à Chapada Diamantina. Essa região da Caatinga sofreu menor pressão antrópica em comparação com o restante do domínio, o que significa que a espécie não é amplamente conhecida e não sofre extração humana (ZAPPI et al, 2014).

Coleocephalocereus fluminensis foi encontrada em afloramentos rochosos da Mata Atlântica, atingindo até 1 metro de altura (ZAPPI; TAYLOR, 2024). De acordo com Porembski (2014), assim como várias outras espécies desse bioma, sua principal ameaça é a ação humana, seja pela coleta de seus indivíduos, que são atraídos pela floração quase o ano todo, ou pela degradação de seu habitat. A *C. fluminensis* apresenta uma regeneração lenta quando afetada.

Xiquexique gounellei é uma planta presente na cultura popular do nordeste brasileiro. Uma das espécies de cactos mais utilizadas durante períodos de seca como suplemento alimentar para humanos e animais, o xique-xique, como é popularmente conhecido, vem ganhando cada vez mais espaço na culinária regional. Diversos estudos vêm sendo realizados sobre a produção de alimentos, seja como fonte de

alimentação direta para a população local ou para a criação de um mercado em torno da produção da espécie (BEZERRIL, 2017).

Pereskia aculeata, popularmente conhecida como ora-pro-nobis, lobrobó ou carne-de-pobre é uma das poucas espécies de cactos que possuem folhas verdadeiras. É nativa das florestas da Mata Atlântica e amplamente consumida por famílias brasileiras devido aos seus nutrientes e possíveis propriedades fortificantes e curativas (CIRIACO, 2021),

A germinação *in vitro* vem se tornando um método necessário e essencial na propagação de espécies raras, com poucas sementes ou com uma baixa porcentagem de germinação (BARRIOS et al. 2020). Esse método oferece a vantagem de preservar a variabilidade genética e minimizar as taxas de contaminação por iniciar culturas em um ambiente controlado e asséptico (MARCHI et al., 2022). O sucesso do cultivo *in vitro* depende da desinfestação adequada sendo que a escolha do agente desinfestante, concentração e o tempo de imersão são fatores determinantes (MARTINEZ et al, 2016). Além disso, a escolha do meio de cultura utilizado pode resultar em diferentes taxas de germinação. Muitas espécies da família Cactaceae utilizaram o meio MS (Murashige e Skoog, 1962) para a germinação *in vitro*, tais como: *Turbinicarpus mombergeri* (SANTO-DIAZ et al., 2022) e *Pereskia aculeata* (BORDIGNON; NAGEL; SOMMER; HEINZMANN, 2022), ou MS/2 (MS, com a concentração de sais reduzida pela metade): *Micranthocereus flaviflorus*, *M. polyanthus* e *Melocactus conoideus* (CIVATTI et al., 2015), ou ainda a comparação entre os dois meios para as espécies *Xiquexique gounellei* e *Arrojadoa luetzelburgii* (MARCHI, 2012).

Devido a importância da família Cactaceae, as diferentes aplicações e de muitas espécies estarem em perigo de extinção, faz-se necessário determinar o melhor meio de cultura para estabelecer um protocolo de germinação, que resulte na produção de mudas em grande escala.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral é determinar o melhor meio de cultura para germinação *in vitro*, comparar com a germinação *ex vitro* para estabelecer o melhor método de germinação de quatro espécies de cactos encontradas no Brasil: *Arrojadoa*

luetzelburgii, *Coleocephalocereus fluminensis*, *Pereskia aculeata* e *Xiquexique gounellei*.

Os objetivos específicos são:

- Determinar um tratamento de desinfestação eficiente para obtenção de sementes e de plântulas livres de contaminação microbiana;
- Selecionar o melhor meio de cultura para germinação *in vitro* e desenvolvimento de plântulas e
- Comparar a germinação *in vitro* e *ex vitro* de *A. luetzelburgii*, *C. fluminensis*, *P. aculeata* e *X. gounellei* e verificar a viabilidade de produção de mudas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Arrojadoa luetzelburgii*

A. luetzelburgii é endêmica da Chapada Diamantina, na Bahia, predominantemente encontrada em campos rupestres. É facilmente reconhecida por seu formato que remete a uma garrafa, pois sua fase inicial de desenvolvimento é globosa, passando a apresentar um crescimento mais fino na fase adulta, o que pode dar a impressão de estiolamento. (MARCHI, 2012; ZAPPI; TAYLOR, 2024)

Marchi (2012) relatou que essa espécie é geralmente solitária, com poucas ramificações, atingindo até 1,5 m de altura. Apresenta uma cobertura lanosa, especialmente nas regiões mais finas do cladódio.

De acordo com Zappi e Taylor (2024), as flores de antese noturna, possuem coloração branca na parte interna e tons rosados na parte externa. Elas formam um cefálio anelar e dão origem a frutos verde azulados, que são dispersos principalmente por pequenas aves, como a cambacica (*Coereba flaveola*). Os frutos contêm numerosas sementes de aproximadamente 1 mm cada (FAUSTINO; MACHADO, 2022).

2.2 *Coleocephalocereus fluminensis*

C. fluminensis é uma espécie endêmica da região sudeste do Brasil, encontrada na Mata Atlântica, em vegetação sobre afloramentos rochosos, com tamanho que varia entre 50 e 100 cm (ZAPPI; TAYLOR, 2024). Trata-se de uma planta

rupícola, ereta, com raras ramificações laterais, possui cladódio verde com espinhos escuros de até 3 cm, tem como principal característica seus tricomas de coloração alva (VASCONCELOS; GONZAGA; REIS, 2019). De acordo com Siqueira (2022), as flores são encontradas durante praticamente todo o ano e possuem cerca de 3 cm de comprimento, sépalas rosadas e pétalas de coloração creme. A antese é noturna, podendo durar até três noites consecutivas. Seus frutos são obovoides, de cor magenta, com 2,5 cm de comprimento, e contêm sementes negras de 1 mm. A polinização é realizada por morcegos, e há registros de dispersão das sementes por lagartos e formigas (CALVENTE; ANDREATA, 2007).

O estudo realizado por Porembski (2016), revelou que *C. fluminensis*, assim como outras espécies rupícolas da região, são severamente afetadas por impactos antrópicos, como o turismo, a coleta de plantas para uso ornamental, queimadas, a introdução de espécies exóticas e o avanço das áreas antropizadas na Mata Atlântica. Esses fatores são ainda mais prejudiciais devido à dificuldade e lentidão da regeneração da vegetação em afloramentos rochosos. A exploração comercial de rochas representa mais uma ameaça significativa para a sobrevivência dessa espécie.

2.3 *Pereskia aculeata*

Conhecida popularmente como ora-pro-nobis, *P. aculeata* é uma cactácea trepadeira semilenhosa e uma das poucas espécies de cactos que possuem folhas verdadeiras. Sua distribuição geográfica abrange desde o México até a América do Sul (SOUZA, 2023), sendo encontrada no Brasil nas regiões Nordeste, Sudeste, Sul e no estado de Goiás, em diferentes domínios fitogeográficos (ZAPPI; TAYLOR, 2024).

A planta pode atingir até 10 metros de altura e apresenta folhas com cerca de 7 cm de comprimento, além de espinhos localizados nas axilas. Sua floração é do tipo cimeira, com flores de coloração creme. Os frutos são globosos, amarelados, possuem espinhos e contêm entre 1 e 5 sementes de aproximadamente 5 mm. (DUARTE; HAYASHI, 2005; ZAPPI; TAYLOR, 2024)

De acordo com estudos realizados por Barbalho (2016) e Almeida e Correa (2012), *P. aculeata* é considerada uma PANC (Planta Alimentícia Não Convencional) possuindo grande relevância alimentícia em algumas comunidades. Rica em cálcio, ferro, magnésio, manganês, zinco e vitamina C, a planta é utilizada popularmente na

prevenção e no tratamento de diversas condições de saúde, como anemia, osteoporose, e como agente terapêutico no combate ao câncer. Seu crescimento em forma de trepadeira, aliado aos benefícios alimentares, faz com que a espécie seja frequentemente encontrada em quintais pelo Brasil (CIRÍACO, 2021)

2.4 *Xiquexique gounellei*

X. gounellei é uma cactácea endêmica do Brasil, com distribuição nos estados do nordeste e em Minas Gerais, especialmente em regiões de Caatinga, em solos rasos, arenosos e em afloramentos rochosos. Os exemplares adultos podem atingir de 2 a 7 metros de altura e apresentam coloração verde azulada (ZAPPI; TAYLOR, 2024).

A planta possui ramificações candelabriformes próximas à base, com 9 a 11 costelas e espinhos rígidos. Suas flores, com antese noturna, têm formato tubular, coloração branca e medem entre 6 e 8 cm de comprimento. Elas permanecem abertas por apenas uma noite, liberando um odor fétido que atrai insetos para a polinização. Os frutos são globosos, do tipo baga, com tamanho médio de 4,2 cm, contendo sementes negras com cerca de 2 mm (ROCHA; AGRA, 2002). Além de ser utilizada como planta ornamental, *X. gounellei* também é consumida como alimento humano, seja in natura ou em diversos preparos alimentares, incluindo geleias, sendo seu fruto considerado mais palatável do que o de outras espécies de cactos da região (CHAVES; BARROS, 2015). De acordo com Cavalcanti & Resende (2006), o xique-xique também é aproveitado na alimentação de animais, especialmente durante a seca. A prática de queimar a planta para a retirada de seus espinhos causa um alto impacto na população da espécie, contribuindo para a redução de seus exemplares na natureza.

2.5 GERMINAÇÃO *EX VITRO*

A germinação de sementes é um processo crucial para a perpetuação das espécies, promovendo sua dispersão e variabilidade genética (OLIVEIRA, 1999). Abud (2011) testou diferentes temperaturas para a germinação *ex vitro* de *X. gounellei*, onde as mantidas entre 20 a 30°C, fotoperíodo de 12 horas alcançaram uma taxa de germinação de 89%. Este foi o melhor resultado quando comparado às sementes mantidas em temperatura constante de 25°C ou 30°C.

A germinação de sementes de *C. fluminensis*, foi testada em placas de Petri contendo ágar a 1% ou em papel filtro, com temperaturas de 20, 25 e variação de 20 a 30°C. Os resultados foram semelhantes quando comparados os tratamentos a 20°C e 20 a 30°C, com taxas de germinação de 95,62% em ágar e 98,12% em papel filtro. Esses resultados foram superiores ao tratamento de 25°C, que apresentou germinação de 15% em ágar e 30% em papel filtro (DE ALMEIDA; ANDRADE; LOPES, 2009).

A germinação de *P. aculeata* foi comparada *in vitro* e *ex vitro*. A melhor resposta (93%) ocorreu *ex vitro*, utilizando como substrato mistura de casca de arroz carbonizada e solo orgânico. As sementes foram mantidas em casa de vegetação a temperatura ambiente e irrigação por gotejamento. A germinação *in vitro* foi de 81%, utilizando-se meio MS/2, com fotoperíodo de 16 horas e temperatura de $27 \pm 1^\circ\text{C}$, na sala de cultivo (HIGA; FIOR; RODRIGUES, 2012).

2.6 GERMINAÇÃO IN VITRO

2.6.1 Desinfestação das sementes

A desinfestação das sementes de *Micranthocereus flaviflorus*, *M. polyanthus* e *Melocactus conoideus* foi realizada por meio de imersão em álcool absoluto por um minuto, seguida de tratamento com hipoclorito de sódio (NaClO) a 2,5% e três lavagens em água esterilizada. As sementes foram submetidas à criopreservação em nitrogênio líquido por períodos de 7 e 30 dias, além de uma amostra controle. Observou-se uma redução na porcentagem de germinação para *M. polyanthus* e *Melocactus conoideus*, sugerindo que o tratamento pode ter induzido dormência nas sementes (CIVATTI et al., 2015).

A desinfestação de sementes de *Lophophora williamsii* foi realizada com imersão em etanol 70% por um minuto, seguida de solução de 4% de NaClO por 25 minutos, acrescida de 0,08 % de Tween 20 e três lavagens com água destilada esterilizada (CÓRTES-OLMOS et al., 2018).

Sementes de *Melocactus glaucescens* foram imersas em solução de 1000 mg L⁻¹ de GA₃ por duas horas e desinfestadas com etanol 96% um minuto, seguida de solução de 2% de NaClO, por 10 minutos e três lavagens com água esterilizada. Este tratamento foi eficiente, pois não ocorreu contaminação microbiana. As sementes

foram mantidas em microtubos por cerca de um ano antes do início do estudo (RESENDE et al., 2021).

Santo-Díaz et al. (2022) utilizaram um método diferente para desinfestação de sementes de *Turbinicarpus mombergeri*. A primeira etapa foi lavagem em água corrente por uma hora e imersão em água deionizada por 72 horas. Em seguida, permaneceram durante 24 horas em solução de 20 mL L⁻¹ “Plant Preservative Mixture” (PPM), em agitação constante de 125 rpm.

Sementes de *Pilosocereus robinii* foram desinfestadas com sucesso (100% livres de contaminação microbiana) com o tratamento de 2% de NaClO, durante 20 minutos (QUIALA et al., 2009).

Para a germinação de *Pereskia aculeata*, as sementes foram inicialmente lavadas com detergente comercial e água corrente, tratadas com etanol 70% por 1 minuto e, posteriormente, desinfestadas em solução de NaOCl a 1% durante 10 minutos. Esse protocolo resultou em uma taxa de contaminação de 11,11% (HIGA; FIOR; RODRIGUES, 2012). Lage (2015) testou quatro tratamentos de desinfestação para *P. aculeata*, todos iniciando em lavagem com sabonete líquido antisséptico. Em dois tratamentos, o protocolo de desinfestação foi iniciado com imersão em etanol 70% por 1 minuto, seguido de solução de NaOCl a 1% por 10 ou 20 minutos. Nos tratamentos seguintes, as sementes foram imersas em NaOCl a 2% de concentração, com adição de 0,05% de Tween 80, durante 10 ou 20 minutos. Após todos os tratamentos de desinfestação, realizou-se três lavagens em água esterilizada. Os quatro tratamentos apresentaram eficiência de 100%.

2.6.2 Meio de cultura

A influência do meio de cultura para a germinação *in vitro* de cactáceas foi testada em diversos estudos. A germinação de sementes de *Pilosocereus robinii* foi de 92,8% meio de cultura MS/2 (QUIALA et al. 2009).

Córtes-Olmos et al. (2018) testaram combinação de meio de cultura de Murashige e Skoog (1962) (MS ou MS/2 - MS, com os sais reduzidos pela metade), sacarose (20 e 30 g L⁻¹) e ágar (8 e 10 g L⁻¹) na germinação *in vitro* de *Lophophora williamsii*. A melhor resposta ocorreu com a combinação de MS/2, 20 g L⁻¹ de sacarose e 8 g L⁻¹ de ágar (71,9% de germinação).

O efeito do meio de cultura MS e as suas variações: MS/2 e MS/4 (redução dos sais a $\frac{1}{4}$) e da sacarose (15 e 30 g L⁻¹) foi avaliado na germinação *in vitro* de *M. glauscescens*. Os resultados indicaram melhor germinação nos meios MS/2 e MS/4, com 15 g L⁻¹ de sacarose, com porcentagens de 61,00 e 68,10%, respectivamente (RESENDE et al., 2021).

Marchi (2012) testou a germinação *in vitro* de *Xiquexique gounellei* e *Arrojadoa luetzelburgii* em diferentes meios de cultura (MS, MS/2 e ágar), com e sem a adição de carvão ativado (2 g L⁻¹). Para *X. gounellei*, o meio MS sem carvão ativado apresentou a maior taxa de germinação, alcançando 60%. Para *A. luetzelburgii*, os melhores resultados foram obtidos nos meios MS e MS/2 com adição de carvão ativado, registrando taxas de germinação de 23% e 29%, respectivamente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 COLETA DE SEMENTES

As sementes foram cedidas pelo Cactário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro e enviadas ao Laboratório de Micropropagação Vegetal do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR). As sementes de *A. luetzelburgii* foram coletadas em Mucugê-MG em 2023; de *C. fluminensis*, na Serra da Tiririca, em Niterói-RJ, em janeiro de 2024; de *Xiquexique gounellei*, sem localização informada, em abril de 2021 e de *P. aculeata*, em Curitiba-PR, em setembro de 2024. As sementes foram mantidas em sacos plásticos, em temperatura ambiente, até as instalações dos experimentos de germinação *in vitro* e *ex vitro*.

3.2 TRATAMENTO PRÉ-GERMINATIVO

Antes da desinfestação, as sementes foram imersas em água destilada a 50°C, seguida de resfriamento à temperatura ambiente, onde permaneceram por 24 horas.

3.3 GERMINAÇÃO *IN VITRO*

3.3.1 Desinfestação

As sementes foram primeiramente lavadas com detergente comercial. Em seguida, desinfestadas em capela de fluxo laminar, sendo imersas em etanol 70% por

1 minuto e, posteriormente, em solução de 2,5% de NaOCl, acrescida de 0,1% de Tween 20, durante 20 minutos, em agitação.

Após a desinfestação, as sementes passaram por seis lavagens com água destilada esterilizada e foram inoculadas individualmente em tubos de ensaio (20 mm x 100 mm) contendo 10 mL de meio de cultura.

3.3.2 Meio de cultura e estabelecimento *in vitro*

Foram utilizados como tratamentos, as formulações comerciais de meios WPM (Lloyd & McCown, 1980) e MS (Murashige & Skoog, 1962), Sigma-Aldrich®, além do meio MS com sais reduzidos pela metade (MS/2) e um tratamento composto apenas por ágar e água destilada (AA). Todos os meios foram suplementados com 7 g L⁻¹ de ágar Sigma-Aldrich®. A formulação do meio MS, completa ou modificada, foi acrescida de 30 g L⁻¹ de sacarose, e a do meio WPM com 20 g L⁻¹ de sacarose.

O pH dos meios de cultivo foi ajustado para $5,80 \pm 0,05$ por meio da adição de ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH) 1 N. Em seguida, os tubos de ensaio contendo o meio de cultivo foram fechados com tampas transparentes de polipropileno e esterilizados em autoclave a 120°C por 20 minutos.

A instalação da germinação das sementes de *A. luetzelburgii* foi realizada em 23/10/2024, de *C. fluminensis* em 22/10/2024 e de *X. gounellei* em 29/10/2024 e de *P. aculeata* em 30/10/2024. Para cada espécie analisada, foram utilizadas 10 sementes, com cinco repetições, totalizando 50 sementes por tratamento.

3.3.3 Condições de cultivo

As sementes foram mantidas em sala de crescimento, com temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$, intensidade luminosa de 40 $\mu\text{mol. m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fornecida por lâmpadas tubulares LED e fotoperíodo de 16 horas.

3.4 GERMINAÇÃO *EX VITRO*

As sementes das quatro espécies foram submetidas ao mesmo tratamento de desinfestação aplicado na etapa de germinação *in vitro* (3.1.1). Elas foram colocadas em caixas Gerbox de 11 x 11 cm, contendo duas folhas de papel filtro umedecidas com água destilada, sendo 50 sementes por Gerbox, com quatro repetições, totalizando 200 sementes por espécie.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA E VARIÁVEIS AVALIADAS

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. As variáveis analisadas a cada dois dias foram: porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, índice de velocidade de formação de plântulas, porcentagem de contaminação por bactérias e por fungos. A germinação *in vitro* e *ex vitro* foi avaliada por um período de 30 dias.

Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram protrusão radicular.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi determinado pela fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + (G_n/N_n)$$

onde:

IVG = índice de velocidade de germinação,

G = número de sementes germinadas para determinada contagem,

N = número de dias correspondente a cada contagem.

O índice de velocidade de formação de plântulas (IVFP), também determinado por Maguire (1962):

$$IVFP = (P_1/n_1) + (P_2/n_2) + (P_n/n_n)$$

onde:

IVFP = índice de velocidade de formação de plântulas,

P = número de plântulas emergidas determinada contagem,

N = número de dias após a semeadura em que plântula foi formada.

O teste de Bartlett foi aplicado para verificar a homogeneidade dos dados, seguido de análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. As análises foram realizadas por meio dos softwares Assistat Versão 7.7 e RStudio® (R Core Team, 2024).

4 RESULTADOS

4.1 *Arrojadoa luetzelburgii*

4.1.1 Germinação *in vitro*

A germinação foi detectada a partir do 14º dia após o início do experimento. A análise estatística identificou diferenças significativas na taxa de germinação entre os meios de cultura testados. A porcentagem de germinação do meio WPM apresentou o melhor resultado (44%), sendo significativamente superior à dos outros tratamentos (TABELA 01). Não houve registro de contaminação por fungos ou bactérias. Todas as sementes germinadas resultaram em plântulas.

TABELA 1 - Germinação *in vitro* de sementes de *Arrojadoa luetzelburgii*, submetidas a quatro formulações de meios de cultivo, após 30 dias da semeadura.

MEIOS DE CULTIVO	GERMINAÇÃO (%)
AA	32,00 b
WPM	44,00 a
MS/2	38,00 b
MS	32,00 b
CV(%)	45,23
(X²)	4,37

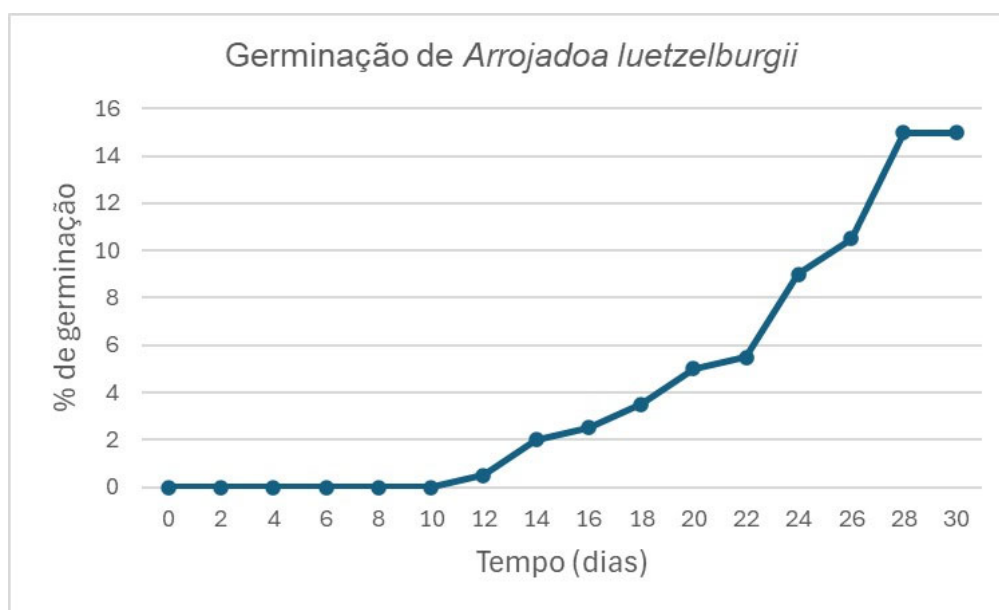
Legenda: Letras iguais não diferem significativamente (teste de Tukey, $p \leq 0,05$).

CV: Coeficiente de variação. X²: Teste de Bartlett. AA: água destilada + ágar.

FONTE: A autora (2024)

4.1.2 Comparação da germinação *ex vitro* e *in vitro*

A germinação *ex vitro* de *A. luetzelburgii* resultou em uma taxa de apenas 15,5%, com a protrusão radicular inicial observada no 11º dia e o pico de germinação alcançado 26º dia (GRÁFICO 1). Diferentemente do observado na germinação *in vitro*, 10,5% das sementes apresentaram contaminação fúngica (TABELA 2). Os índices de velocidade de germinação e de formação de plântulas foram de 0,072 e 0,492, respectivamente. Todas as sementes que germinaram deram origem a plântulas viáveis.

GRÁFICO 1 - Porcentagem de germinação *ex vitro* de *Arrojadoa luetzelburgii*

Legenda: Evolução da porcentagem de germinação *ex vitro* de *Arrojadoa luetzelburgii*, com papel filtro colocado em Gerbox por um período de até 30 dias. Fonte: A autora (2024)

A porcentagem de germinação *in vitro* foi maior do que a *ex vitro* em todos os meios de cultura testados, sendo que a melhor resposta ocorreu no meio WPM (TABELA 1). A comparação das porcentagens pode ser observada na tabela 2, sendo que a porcentagem da germinação *in vitro* foi três vezes maior do que a *ex vitro*.

TABELA 2 - Comparação da germinação *in vitro* e *ex vitro* de sementes de *Arrojadoa luitzelburgii*, após 30 dias da semeadura.

MÉTODOS	GERMINAÇÃO (%)	CONTAMINAÇÃO FÚNGICA (%)
<i>In vitro</i> (WPM)	44,00	0,00
<i>Ex vitro</i>	15,50	10,50

FONTE: A autora (2024).

Na figura 1 pode-se observar os diferentes estádios da germinação *in vitro* de sementes de *Arrojadoa luitzelburgii*, desde a emissão da radícula até o desenvolvimento da plântula.

FIGURA 1 - Estádios de desenvolvimento da germinação de sementes de *Arrojadoa luetzelburgii*.



Legenda: Desenvolvimento de sementes de *Arrojadoa luetzelburgii*. da germinação até a formação da plântula, em meio de cultura WPM. Barra = 1mm. FONTE: A autora (2024).

4.2 *Coleocephalocereus fluminensis*

4.2.1 Germinação *in vitro*

A germinação iniciou no 8º dia em todos os tratamentos, alcançando seu pico até o 14º dia, nas sementes do meio MS (GRÁFICO 2).

A porcentagem de germinação de *C. fluminensis* apresentou diferença significativa entre os meios de cultura avaliados, com o meio MS alcançando a melhor resposta (48,0%), sendo superior à do AA (18%). Em contrapartida, os índices de velocidade de germinação e de formação de plântulas não apresentaram variações estatisticamente significativas entre os tratamentos (TABELA 3). Durante todo o experimento, não houve registro de contaminação microbiana nas sementes e plântulas.

TABELA 3 - Resultados da porcentagem de germinação, do IVG e IVFP de sementes de *Coleocephalocereus fluminensis* germinadas *in vitro* em quatro formulações de meios de cultivo, após 30 dias da semeadura.

MEIOS DE CULTIVO	GERMINAÇÃO (%)	IVG	IVFP
AA	18,00 b	0,20 a	0,70 a
WPM	28,00 ab	0,28 a	1,07 a
MS/2	36,00 ab	0,31 a	1,29 a
MS	48,00 a	0,36 a	1,63 a
CV(%)	41,85	41,72	49,40
(X ²)	4,29	3,86	4,93

Legenda: Letras iguais na coluna não diferem significativamente (teste de Tukey, $p \leq 0,05$). CV: Coeficiente de variação. X²: Teste de Bartlett. IVG: índice de Velocidade de Germinação, IVFP: índice de velocidade de formação de plântulas. AA: água destilada + ágar. FONTE: A autora (2024)

4.2.2 Comparação da germinação *ex vitro* e *in vitro*

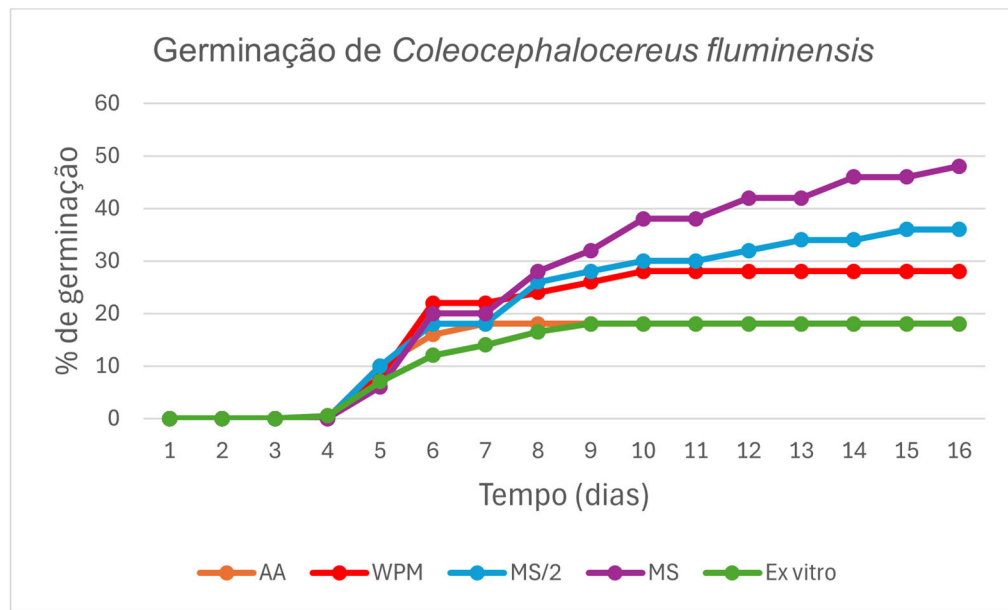
A germinação *ex vitro* de *C. fluminensis* foi de 19,00%, com início registrado no 7º dia e o pico na segunda semana. No gráfico 2, observa-se as menores porcentagens da germinação *ex vitro* e no meio AA, enquanto a melhor resposta ocorreu no meio MS.

A germinação *ex vitro* quando comparada com a obtida *in vitro* em meio MS foi inferior para todas as variáveis analisadas (TABELA 4). Em ambos os sistemas de cultivo, ocorreu 100% de formação de plântulas e não foi registrada contaminação microbiana.

TABELA 4 - Comparação da germinação *ex vitro* e *in vitro* de sementes de *Coleocephalocereus fluminensis*, após 30 dias da semeadura.

	GERMINAÇÃO (%)	IVG	IVFP
<i>In vitro</i> (MS)	48,00	0,36	1,63
<i>Ex vitro</i>	19,00	0,20	0,87

Legenda: IVG: índice de Velocidade de Germinação, IVFP: índice de velocidade de formação de plântulas. FONTE: A autora (2024).

GRÁFICO 2 - Porcentagem de germinação de *Coleocephalocereus fluminensis*

Legenda: Evolução da porcentagem de germinação de *Coleocephalocereus fluminensis* para as quatro formulações de meios de cultivo e da *ex vitro* em papel filtro por um período de 16 dias.

FONTE: A autora (2024)

Na FIGURA 2 pode-se observar a morfologia externa da semente, a protrusão radicular (germinação) até a formação de plântula.

FIGURA 2 - Estádios de desenvolvimento de sementes de *Coleocephalocereus fluminensis*.

Legenda: Semente de *C. fluminensis* e estádios da germinação *in vitro* até a formação de plântula, obtida num período de até 16 dias. Barra = 1mm. FONTE: A autora (2024).

4.3 *Pereskia aculeata*

4.3.1 Germinação *in vitro*

O tratamento de desinfestação de sementes de *P. aculeata*, recém-colhidas, não foi eficiente, pois ocorreram elevadas porcentagens de contaminação fúngica nos meios WPM, MS/2 e MS (96 a 98%) e 58% no meio AA (TABELA 5). Essa elevada incidência de contaminação resultou em uma baixa taxa de germinação, inviabilizando a análise estatística das variáveis avaliadas.

TABELA 5 - Germinação *in vitro* de sementes de *Pereskia aculeata* em quatro formulações de meios de cultivo, após 30 dias da semeadura.

MEIOS DE CULTIVO	GERMINAÇÃO (%)	IVG	IVFP	CONTAMINAÇÃO FÚNGICA (%)
AA	42,00	0,47	2,18	58,00
WPM	4,00	0,03	0,12	96,00
MS/2	2,00	0,02	0,07	98,00
MS	2,00	0,01	0,15	98,00

Legenda: IVG: Índice de Velocidade de Germinação, IVFP: Índice de Velocidade de Formação de Plântulas. AA: água destilada + ágar. FONTE: A autora (2024).

4.3.2 Comparação da germinação *ex vitro* e *in vitro*

A porcentagem de germinação *ex vitro* foi de 50,5%, enquanto, na *in vitro*, no meio AA foi obtido 42%. Os índices de velocidade de germinação e de formação de plântulas também foram numericamente superiores aos dos registrados *in vitro*. A contaminação fúngica das sementes germinadas *ex vitro* foi de 30%, enquanto a das *in vitro* foi quase o dobro (58%) (TABELA 6).

TABELA 6 - Comparação da germinação *ex vitro* e *in vitro* (em meio AA) de sementes de *Pereskia aculeata*, após 30 dias da semeadura.

	GERMINAÇÃO (%)	IVG	IVFP	CONTAMINAÇÃO FÚNGICA (%)
<i>In vitro</i> (AA)	42,00	0,47	2,18	58,00
<i>Ex vitro</i>	50,50	0,56	0,63	30,00

Legenda: IVG: Índice de Velocidade de Germinação, IVFP: Índice de velocidade de formação de plântulas. AA: água + ágar.

Na figura 3 pode-se visualizar os diferentes estádios da germinação *in vitro* das sementes de *P. aculeata*, desde a protrusão radicular até o desenvolvimento da plântula.

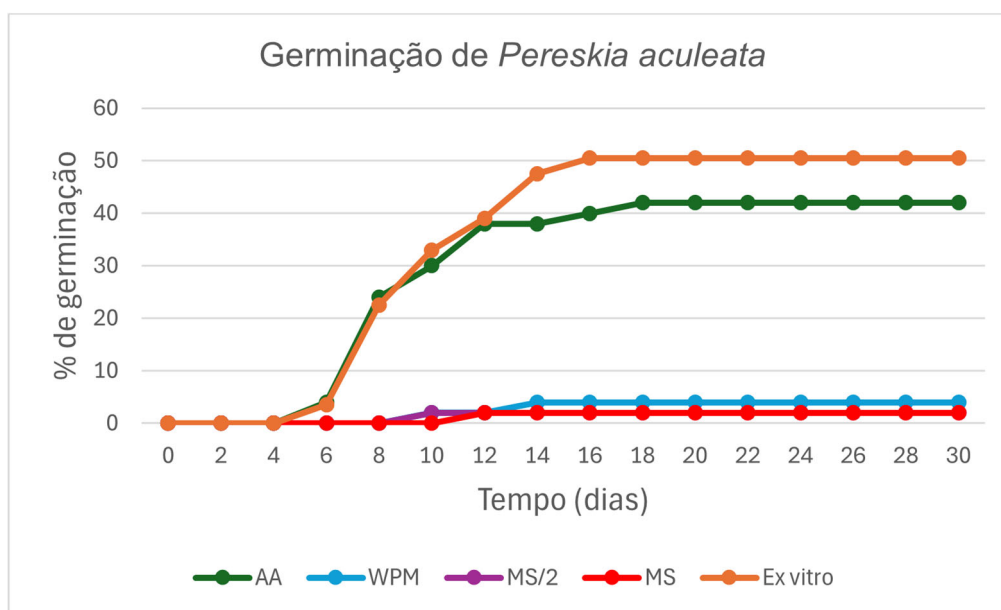
FIGURA 3 - Estádios da germinação *in vitro* de sementes de *Pereskia aculeata*.



Legenda: Estádios da germinação *in vitro* até formação de plântula, em meio ágar + água, de *Pereskia aculeata* obtidos até o 30º dia de avaliação. Barra = 1 cm.

Fonte: A autora (2024)

A germinação *ex vitro* de sementes de *P. aculeata* iniciou no sexto dia e ocorreu até no 16º dia. No gráfico 3 pode-se observar a progressão da porcentagem de germinação das sementes ao longo do experimento para todos os tratamentos, com a melhor resposta obtida na germinação *ex vitro*, seguida da obtida no meio AA.

GRÁFICO 3 - Porcentagem de germinação *in vitro* e *ex vitro* de sementes de *Pereskia aculeata*.

Legenda: Evolução da porcentagem de germinação *in vitro* de *Pereskia aculeata* em quatro formulações de meios de cultivo e *ex vitro* em papel filtro até o 30º dia de avaliação. FONTE: A autora (2024)

4.4 *Xiquexique gounellei*

4.4.1 Germinação *in vitro*

A germinação iniciou no 6º dia após a instalação do experimento em todos os meios, exceto no MS, que teve início no 8º dia, atingindo o pico na segunda semana (GRÁFICO 4).

As sementes de *X. gounellei* não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os meios de cultura testados para as variáveis analisadas. No entanto, observou-se uma maior porcentagem de germinação nos meios WPM e MS, com 70% e 68%, respectivamente. A contaminação fúngica foi de apenas 2% nos meios MS/2 e MS e não ocorreu nos meios WPM e ágar. Entretanto, *X. gounellei* foi a única espécie que apresentou contaminação bacteriana (TABELA 7).

TABELA 7 - Germinação *in vitro* de sementes de *Xiquexique gounellei*, em quatro formulações de meios de cultivo, após 30 dias da semeadura.

MEIOS DE CULTIVO	GERMINAÇÃO (%)	IVG	IVFP	CONTAMINAÇÃO FÚNGICA (%)	CONTAMINAÇÃO BACTERIANA (%)
AA	54,00 a	0,61 a	2,14 a	-	4,00 a
WPM	68,00 a	0,58 a	2,59 a	-	16,00 a
MS/2	58,00 a	0,47 a	2,52 a	2,00	16,00 a
MS	70,00 a	0,55 a	3,02 a	2,00	8,00 a
CV(%)	40,08	46,11	41,82	-	65,87
(X ²)	1,73	0,13	1,75	-	1,49

Legenda: Letras iguais dentro da mesma coluna não diferem significativamente (teste de Tukey, $p \leq 0,05$). CV: Coeficiente de variação. X²: Teste de Bartlett. IVG: Índice de Velocidade de Germinação, IVFP: Índice de Velocidade de Formação de Plântulas. AA: água destilada+ ágar. FONTE: A autora (2024).

4.4.2 Comparação da germinação *ex vitro* e *in vitro*

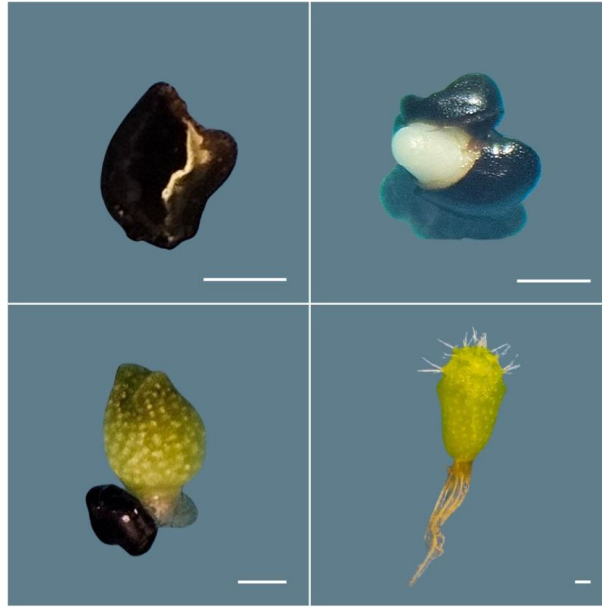
A germinação *ex vitro* de *X. gounellei* foi semelhante à obtida no meio MS para as variáveis porcentagem de germinação e IVPF. Contudo, mostrou melhores resultados para IVG e menor incidência de contaminação fúngica e bacteriana. O tratamento de desinfestação foi eficaz, com apenas 8% de contaminação bacteriana observada na germinação *in vitro* no meio MS e 2% de contaminação fúngica no sistema *in vitro* e 1% no *ex vitro* (TABELA 8). Em todos os tratamentos, todas as sementes germinadas formaram plântulas.

TABELA 8 - Comparação da germinação *ex vitro* e *in vitro* de sementes de *Xiquexique gounellei*, após 30 dias da semeadura

	GERMINAÇÃO (%)	IVG	IVFP	CONTAMINAÇÃO FÚNGICA (%)	CONTAMINAÇÃO BACTERIANA (%)
<i>In vitro</i> (MS)	70,00	0,55	3,02	2,00	8,00
<i>Ex vitro</i>	65,00	0,74	2,70	1,00	0,00

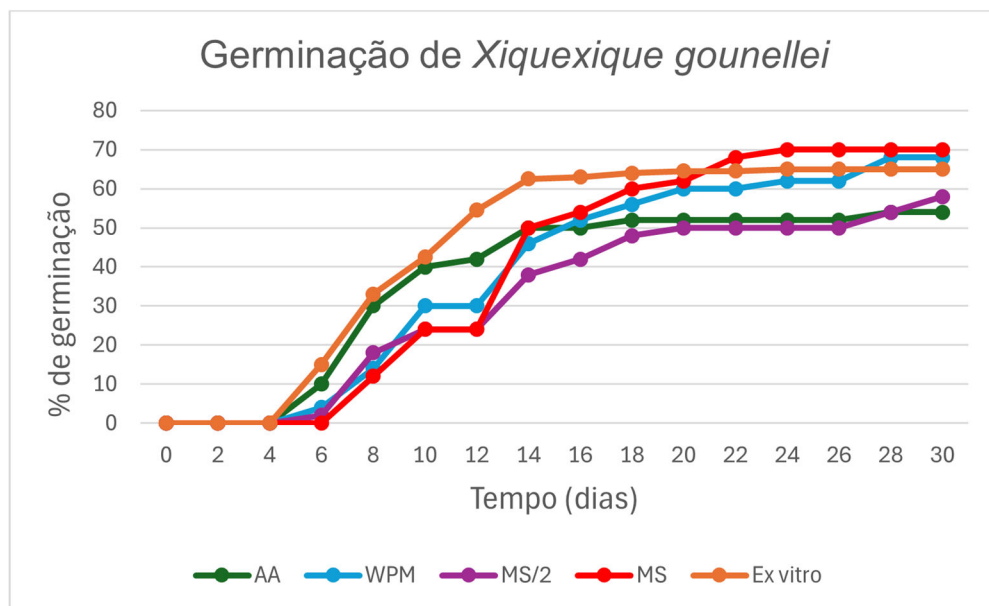
Legenda: IVG: Índice de Velocidade de Germinação, IVFP: Índice de velocidade de formação de plântulas. AA: água + ágar. FONTE: A autora (2024).

A figura 7 representa a semente de *X. gounellei* e o desenvolvimento da germinação *in vitro* até a formação de plântula.

FIGURA 4 - Estádios de desenvolvimento de sementes de *Xiquexique gounellei*

Legenda: Semente e estádios da germinação *in vitro* até a formação de plântula de *Xiquexique gounellei* até o 30° dia de avaliação. Barra = 1mm. FONTE: A Autora (2024).

A germinação *ex vitro* de *X. gounellei* iniciou no 7° dia e o pico ocorreu no 14° dia. No gráfico 4 pode-se observar a progressão da porcentagem de germinação das sementes, com melhor resposta da germinação *ex vitro* até o 20° dia e a partir disso, um pequeno aumento na germinação no meio MS

GRÁFICO 4 - Porcentagem de germinação de *Xiquexique gounellei*

Legenda: Porcentagem de germinação de *Xiquexique gounellei* em quatro formulações de meios de cultivo e *ex vitro* em papel filtro até o 30° dia de avaliação. Fonte: A autora (2024)

5 DISCUSSÃO

Nesse estudo pudemos comparar três espécies da mesma subfamília Cactoideae (*A. luetzelburgii*, *C. fluminensis* e *X. gounellei*) que estavam armazenadas à temperatura ambiente ($23\pm 2^{\circ}\text{C}$), por diferentes períodos e uma da Pereskioideae (*P. aculeata*). O tratamento de desinfestação foi eficiente para as espécies da subfamília Cactoideae, enquanto para *P. aculeata* ocorreu elevada porcentagem de contaminação fúngica (96 a 98%), sendo que a germinação *in vitro* só pode ser avaliada no meio AA (42,0% de sementes germinadas). Essa foi a única espécie que apresentou resposta superior de germinação *ex vitro* (50,5%). Esses resultados foram inferiores aos obtidos por Higa et al. (2012), para a mesma espécie, que ao utilizarem o meio MS registraram apenas 11% de contaminação, após um tratamento de desinfestação de 1 minuto em etanol a 70%, seguido de imersão por 10 minutos em NaOCl a 1%. Sendo assim, no presente estudo, constatou-se a necessidade de estabelecer um melhor tratamento de desinfestação que controle a contaminação fúngica que permita uma melhor avaliação da germinação das sementes *in vitro* e *ex vitro* de *P. aculeata*.

As sementes de *A. luetzelburgii* apresentaram a maior taxa de germinação no meio de cultivo WPM, com 44% de sucesso, sendo o meio mais indicado para a semeadura. A germinação *in vitro* foi superior à da *ex vitro*, que alcançou apenas 15,5% de germinação. Além disso, os resultados do presente estudo, obtidos com os meios MS e MS/2 foram superiores (32 e 38%, respectivamente) aos relatados por Marchi (2012), de 20 e 26% de germinação, respectivamente, testando os mesmos meios. Essa espécie foi a que demorou mais para iniciar a germinação, com isso, se o período de avaliação fosse maior poderia aumentar as porcentagens obtidas.

Os resultados de germinação *in vitro* de *C. fluminensis* também foram superiores aos obtidos na germinação *ex vitro* (19%), com destaque para o meio MS, que alcançou a maior taxa de germinação (48%) e os maiores resultados de IVG e IVFP. Com essa espécie só foi relatado um estudo de germinação, avaliando o efeito de diferentes temperaturas. Almeida (2008) constatou que a porcentagem de germinação *ex vitro* a 25°C (15%) foi semelhante ao valor obtido neste estudo. Contudo, em condições de variação térmica de 20 a 30°C , foi registrada germinação de 95,62% em ágar e 98,12% em papel filtro. Os resultados indicaram que a

temperatura constante (25 °C) adotada no presente estudo pode não ter sido a mais eficiente. Além disso, um possível fator que contribuiu para as menores porcentagens de germinação obtidas foi o armazenamento das sementes por oito meses a 25 °C, o que pode ter comprometido sua viabilidade.

A espécie que apresentou a mais elevada porcentagem de germinação *in vitro* (70%) foi a *X. gounellei*, que embora não tenha ocorrido diferença significativa entre os meios de cultura, a melhor resposta ocorreu no MS, com maior porcentagem de germinação (70%) e IVPF (3,02). Resposta semelhante foi obtida na germinação *ex vitro*, com 65% de sementes germinadas. Marchi (2012), obteve resultado inferior com 60% de germinação de *X. gounellei* também utilizando o meio MS. Essa espécie demonstrou comportamento ortodoxo, pois apresentou elevada porcentagem de germinação, após três anos armazenadas na temperatura de 25°C. Os resultados de germinação *ex vitro* obtidos neste estudo também superaram os relatados por Abud (2012), que avaliou a germinação em uma mistura de vermiculita e húmus, registrando 29% de germinação a 25 °C. Contudo, assim como observado para *C. fluminensis*, a taxa de germinação relatada por Abud (2012) foi consideravelmente maior (89%) quando submetida a tratamentos com variação de temperatura entre 20 e 30 °C. Esses dados reforçam a influência significativa das condições térmicas na germinação de sementes, indicando que a escolha de temperatura constante pode limitar o potencial germinativo.

De uma maneira geral, os nossos resultados foram superiores aos relatados em estudos anteriores para as mesmas espécies nas mesmas condições de temperatura. Isso pode estar associado ao método de armazenamento das sementes, ao tempo de acondicionamento e ao tratamento pré-germinativo adotado. A imersão das sementes em água a 50 °C, seguida de resfriamento à temperatura ambiente e repouso por 24 horas pode ter aumentado a permeabilidade do tegumento e favorecido a germinação. Carvalho et al. (2008) relataram os melhores resultados de germinação *in vitro* de *Cereus peruvianus* utilizando a imersão em água como tratamento pré-germinativo, alcançando 83% de germinação de sementes selvagens em comparação aos 21% do tratamento controle.

6 CONCLUSÕES

O tratamento de desinfestação foi eficiente para as espécies *A. luetzelbergii*, *C. fluminensis* e *X. gounellei*, enquanto para *P. aculeata* é necessário testar outros tratamentos para reduzir a contaminação microbiana e possibilitar uma melhor avaliação da germinação.

A germinação *in vitro* foi mais eficiente para *A. luetzelbergii*, *C. fluminensis* e *X. gounellei*, do que a *ex vitro* e o meio de cultura interferiu nas respostas obtidas. Recomenda-se o meio WPM para *A. luetzelbergii* e o MS para *C. fluminensis* e *X. gounellei*.

Em estudos futuros, recomenda-se testar sementes recém-colhidas de todas as espécies, avaliar diferentes métodos de armazenamento e a realização de novas pesquisas sobre as condições ideais de temperatura para o cultivo de cactáceas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABUD, H. F. Germination and morphological characterization of the fruits, seeds, and seedlings of *Pilosocereus gounellei*. *Brazilian Journal of Botany*. v. 35, n. 1, p. 11-16, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbb/a/trWkGChyxTYNYFsWZgkfzrC/?format=pdf&lang=en>. Acesso em 29 Nov. 2024.
- ALMEIDA, T. M. H., ANDRADE, A. C. S., & LOPES, H. M. Brazilian cacti seed germination under different temperature and substrate conditions. **Seed Science and Technology**, v.37, n. 2, p. 474-479, 2009. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/ista/sst/2009/00000037/00000002/art00021>. Acesso em 28 Nov. 2024. doi:10.15258/sst.2009.37.2.21
- ALMEIDA, M. E. F.; CORREA, A. D. Utilização de cactáceas do gênero *Pereskia* na alimentação humana em um município de Minas Gerais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, p. 751-756, abr, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/rLppTDpRG5drzknZ6Kb5Tkc/?format=html>. Acesso em: 11 Nov. 2024. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000400029>.
- ANDERSON, E. F. **The Cactus Family**. Portland: Timber Press, 2001.
- BARRIOS, D.; SÁNCHEZ, J.A.; FLORES, J.; JURADO, E. Seed traits and germination in the Cactaceae family: a review across the Americas. **Botanical Sciences**, Cidade do México, v. 98, n. 3, p. 417-440, Jul. 2020. Disponível em: <https://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/view/2501>. Acesso em: 02 set. 2024. <https://doi.org/10.17129/botsci.2501>
- BARBALHO, S. M., et al. *Pereskia aculeata* Miller Flour: Metabolic Effects and Composition. **Journal of Medicinal Food**. **Larchmont**, v. 19, n. 9, p. 890-894, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27583638/>. Acesso em: 25 Nov. 2024. DOI:10.1089/jmf.2016.0052
- BEZERRIL, F. F. Caracterização Nutricional e de Compostos Bioativos do Xique-xique. (*Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex. K. Schum.) Bly. Ex Rowl.) 80f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15950/1/Arquivototal.pdf>. Acesso em: 13 Out. 2024.
- BORDIGNON, K.; NAGEL, J. C.; SOMMER, L. R.; HEINZMANN, N. Disinfestation, in vitro propagation and subculture of *Pereskia aculeata* Mill. Research, **Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 13, Out. 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35548>. Acesso em: 15 Nov. 2024. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35548>
- CALVENTE, A. M.; ANDREATA, R. H. P. The Cactaceae of the Natural Municipal Park of Prainha, Rio de Janeiro, Brazil: Taxonomy and Conservation. **Journal of the Botanical Research Institute of Texas**. Fort Worth, v.1, p. 529-548, 2007.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/285880684_The_Cactaceae_of_the_Natural_Municipal_Park_of_Praia_Rio_de_Janeiro_Brazil_taxonomy_and_conservation. Acesso em 25 nov. 2024.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M., Utilização do xiquexique (*Pilocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. ex Rowl) na alimentação dos animais. In: **Congresso Brasileiro de Agroecologia**, 4., 2006, Belo Horizonte. Construindo horizontes sustentáveis: anais. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2006. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/132831>. Acesso em: 30 Nov. 2024.

M.R. DUARTE, M. R.; HAYASHI, S. S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**. Seropédica, v. 15, n. 2, p. 103-109, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/nCr3BQVCrqqgW6TxsKP7t3Q/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 Nov. 2024.

CHAVES, E. M. F.; BARROS, R. F. M. CACTÁCEAS: Recurso Alimentar Emergencial No Semiárido, Nordeste do Brasil. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 9, ed. 2, p. 129-135, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/gaia/article/view/26348/14190>. Acesso em: 02 Nov. 2024.

CIRÍACO, A. C. A. Determinação de Capacidade Antioxidante e Compostos Fenólicos da Polpa do Fruto e da Farinha do Caule e da Folha da Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller). 54 f. Dissertação (Mestrado em Olericultura) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2331>. Acesso em: 25 Nov. 2024.

CIVATTI, L. M.; MARCHI, M. N. G.; BELLINTANI, M. C. Cryopreservation of cacti seeds of three ornamental species endemic to the state of Bahia, Brazil. **Seed Sci. & Technol**, v. 43, n. 2, p. 284-290, Mar. 2015, Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279247741_Cryopreservation_of_cacti_seeds_of_three_ornamental_species_endemic_to_the_state_of_Bahia_Brazil. Acesso em: 03 Set. 2024. <http://doi.org/10.15258/sst.2015.43.2.08>

CORREIA, D.; BERNARDO, J. C. Propagação in vitro de *Echinocactus grusonii*. **Embrapa Agroindústria Tropical**. Fortaleza, 1º ed., 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1125421/1/BP-206.pdf>. Acesso em: 30 Nov. 2024.

CORTÉS-OLMOS, C.; GURREA-YSASI, G.; PROHENS, J.; RODRÍGUEZ-BURRUEZO, A.; FITA, A. In vitro germination and growth protocols of the ornamental *Lophophora williamsii* (Lem.) Coult. as a tool for protecting endangered wild populations. **Scientia Horticulturae**. v. 237, p. 120-127, Jul. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423818302401?via%3Di> hub. Acesso em: 03 set. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.064>

FAUSTINO, T. C.; MACHADO, C. G. Frugivoria por aves em uma área de campo rupestre na Chapada Diamantina, BA. **Revista Brasileira de Ornitologia**. v. 14, n. 2, p. 137-143. Jun. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237500338_Frugivoria_por_aves_em_uma_area_de_campo_rupestre_na_Chapada_Diamantina_BA. Acesso em: 11 Nov. 2024.

GOETTSCHE, B. et al. High proportion of cactus species threatened with extinction. **Nature Plants**, v. 1, n. 15142, Out. 2015. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nplants2015142#citeas>. Acesso em: 04 Set. 2024. <https://doi.org/10.1038/NPLANTS.2015.142>

GOMES, G.R. Família Cactaceae: Breve revisão sobre sua descrição e importância. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**. 2º ed, p. 1-10, Set. 2014. Disponível em: <https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/38>. Acesso em: 03 de set. de 2024.

HIGA, K. M., FIOR, C. S.; RODRIGUES, L. R. Ensaios para a propagação in vivo e in vitro de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*). **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 59-66, 2012. Disponível em: <https://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/215/179>. Acesso em: 25 Nov. 2024.

KOROTKOVA, N. et al. Cactaceae at Caryophyllales.org - a dynamic online species-level taxonomic backbone for the family. **Willdenowia**, v. 51, n. 2, Ago. 2021. Disponível em: <https://bioone.org/journals/willdenowia/volume-51/issue-2/wi.51.51208/Cactaceae-at-Caryophyllalesorg--a-dynamic-online-species-level-taxonomic/10.3372/wi.51.51208.full>. Acesso em: 02 Set. 2024. <https://doi.org/10.3372/wi.51.51208>

LAGE, D. A. Desenvolvimento de sistemas in vitro à produção de plantas, culturas celulares e metabólitos com potencial antioxidante e antineoplásico de *Pereskia aculeata* Mill. 222 f. Tese (Doutorado em Conservação e Utilização da Biodiversidade) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.bdt.d.uerj.br/handle/1/7897>. Acesso em 24 Nov. 2024.

LAS PEÑAS, M.L. et al. Classical and molecular cytogenetics and DNA content in *Maihuenia* and *Pereskia* (Cactaceae). **Plant. Syst. Evol.**, v. 300, p. 549-558, Ago. 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00606-013-0903-x>. Acesso em: 03 Set. 2024. <https://doi.org/10.1007/s00606-013-0903-x>

MARCHI, M. N. G., Micropropagação E Conservação de *Discocactus zehntneri*, *Pilosocereus gounellei* e *Stephanocereus luetzelburgii*, Cactos Nativos da Chapada Diamantina, Bahia. 109 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2012. Disponível em: http://tede2.uefs.br:8080/bitstream/tede/1000/2/Disserta%c3%a7%c3%a3o_Maria%20Nazar%c3%a9.pdf. Acesso em: 10 Nov. 2024.

MARTINEZ, M.H.P. et al. Desinfestação e germinação in vitro de sementes de Mandacaru sem espinhos. **CONAPESC**, 2016. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2016/TRABALHO_EV058_MD4_SA81_ID1672_05052016150844.pdf. Acesso em 01 set. 2024.

MEIADO, M.V. et al. Avanços nos estudos sobre sementes e plântulas de cactos do Brasil. **Gaia Scientia**. vol. 11, n. 4, p. 88-113, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/article/view/35473>. Acesso em: 03 Set. 2024. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2017v11n4.35473>.

MEIADO, M. V. Germinação de sementes de cactos do Brasil: fotoblastismo e temperaturas cardeais. **Informativo Abrates**: vol. 22, n. 3, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307632817_Germinacao_de_sementes_de_cactos_do_Brasil_fotoblastismo_e_temperaturas_cardeais. Acesso em: 02 de set. de 2024.

OLIVEIRA, W. N., Análise da propagação vegetativa e tipo de poda em xique-xique (*Cereus gounellei* k. Schum). 35f. Monografia de graduação (Curso de Engenharia Florestal), Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 1999. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/25163>. Acesso em: 30 Nov. 2024.

PEREIRA, M. R. S., et al. Visitantes florais em duas espécies do gênero *Pilosocereus* (Cactaceae Juss.) em área de Caatinga. **Diversitas Journal**. Santana do Ipanema, v. 6, n.1, 2021. Disponível em: https://www.diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1425/1274. Acesso em: 30 Nov. 2024. doi:10.17648/diversitas-journal-v6i1-1425

POREMBSKI, L. F. A. P. S., et al. Pães de Açúcar: Refúgios de Alta Biodiversidade na Mata Atlântica. **Ciência Hoje**. Rio de Janeiro, v. 57, n. 399, p. 22-29, Ago. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/306098401_Paes_de_Acucar_refugios_de_alta_biodiversidade_na_Mata_Atlantica. Acesso em: 30 Nov. 2024.

QUIALA, E. et al. In vitro propagation of *Pilosocereus robinii* (Lemaire) Byles et Rowley, endemic and endangered cactus. Journal of the Professional Association for Cactus Development **J. PACD**. v. 11, p. 18-25, 2009. Disponível em: https://www.academia.edu/21394864/In_Vitro_propagation_of_Pilosocereus_robinii_Lemaire_Byles_et_Rowley_endemic_and_endangered_cactus. Acesso em: 02 Set. 2024.

RESENDE, S.V.; LIMA-BRITO, A.; TORRES SILVA, G.; FERREIRA DE SANTANA, J.R. *In vitro* seed germination and plant growth of “cabeça-de-frade” (Cactaceae). **Rev. Caatinga**. Mossoró, v. 34, n. 1 p. 1-8, Jan. - Mar. 2021 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/BcvfVtsmX9GfWqmRkdDGgWG/abstract/?lang=en> . Acesso em 03: Set. 2024. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n101rc>

ROCHA, E. A.; AGRA, M. F. Flora do Pico do Jabre, Paraíba, Brasil: *Cactaceae* juss. **Acta Botanica Brasilica**. Brasília, v. 16, p. 15-21, 2002. Disponível em: <https://sci->

hub.se/http://dx.doi.org/10.1590/s0102-33062002000100004. Acesso em: 30 Nov. 2024. doi:10.1590/s0102-33062002000100004

SANTOS, R. L. Desenvolvimento de protocolo de propagação de espécies de Melocactus em situação de risco de extinção. 53 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2019. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/11227>. Acesso em 02 Dez. 2024.

SANTOS-DÍAZ, M.D.; SANTOS-DÍAZ, M.D.; ALVARADO-RODRÍGUEZ, J. In vitro regeneration of the endangered cactus *Turbincarpus mombergeri* (Riha), a hybrid of *T. laui* × *T. pseudopectinatus*. **Plant Cell. Tiss. Organ Cult.** v. 148 p. 271-279, Out. 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11240-021-02181-5>. Acesso em: 03 Set. 2024. <https://doi.org/10.1007/s11240-021-02181-5>.

SIQUEIRA, A. C. Fenologia e biologia reprodutiva de Coleocephalocereus fluminensis (Miq.) Backeb. - Cactaceae. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências, Ambiente e Sociedade) - Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2022. Disponível em: <http://www.bdtd.uerj.br/handle/1/20252>. Acesso em: 25 Nov. 2024.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas do Brasil, baseado em APG IV. Nova Odessa: **Jardim Botânico Plantarum**, 2019.

SOUZA, A. S. *Pereskia Aculeata*: Uso Alimentar e Terapêutico. 30f. Monografia de graduação (Curso de Farmácia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2023. Disponível em: <https://www.fcf.unicamp.br/wp-content/uploads/2023/11/Pereskia-aculeata-TCC-Monografia-Versao-final.pdf>. Acesso em: 11 Nov. 2024.

VASCONCELOS, L. V. F.; GONZAGA, D.R.; REIS, R. C. C. Cactaceae no Parque Estadual da Serra da Tiririca, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguesia**. Rio de Janeiro, v. 70, p. 1-18, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/SW9jGPTsmNXbcFkxxBGng8B/?lang=pt>. Acesso em: 30 nov. 2024. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201970020>

ZAPPI, D.; TAYLOR, N.P. *Cactaceae in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB1417>. Acesso em: 02 set. 2024.

ZAPPI, D., et al. Plano de Ação Nacional para Conservação de Cactáceas. Série Espécies Ameaçadas n° 24. **Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Brasília, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/pan/pan-cactaceas/1-ciclo/pan-cactaceas-livro.pdf>. Acesso em: 13 Out. 2024.