



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS**



RAQUEL ARAUJO GOMES

**BIOMETRIA, TOLERÂNCIA A ESTRESSES ABIÓTICOS E
CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE *Neoglaziovia variegata*
(ARRUDA) MEZ: ESTRATÉGIAS PARA LIDAR COM O
CLIMA EM TRANSFORMAÇÃO**

RAQUEL ARAUJO GOMES

**BIOMETRIA, TOLERÂNCIA A ESTRESSES ABIÓTICOS E
CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE *Neoglaziovia variegata*
(ARRUDA) MEZ: ESTRATÉGIAS PARA LIDAR COM O
CLIMA EM TRANSFORMAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientadora: Bárbara França Dantas

Coorientadoras: Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante, Claudinéia Regina Pelacani

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado -
UEFS

G617b Gomes, Raquel Araujo
Biometria, tolerância a estresses abióticos e
conservação de sementes de *Neoglaziovia variegata* (Arruda)
Mez: estratégias para lidar com o clima em transformação /
Raquel Araujo Gomes. – 2024.
93 f.: il.

Orientadora: Bárbara França Dantas.
Coorientadoras: Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante,
Claudinéia Regina Pelacani.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira
de Santana, Programa de Pós-Graduação em Recursos
Genéticos Vegetais, 2024.

1. Caroá. 2. *Bromeliáceas*. 3. Estresse abiótico. 4.
Tecnologia de sementes. 5. Armazenamento. I. Título. II.

Renata Aline Souza Silva - Bibliotecária - CRB-5/1702

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 LAUSANNE SORAYA DE ALMEIDA
Data: 23/07/2024 11:52:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Lausanne Soraya de Almeida
Universidade Federal de Viçosa

Documento assinado digitalmente
 LUCAS KENNEDY SILVA LIMA
Data: 23/07/2024 13:53:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Lucas Kennedy Silva Lima
Universidade Estadual de Feira de Santana

Documento assinado digitalmente
 BARBARA FRANCA DANTAS
Data: 23/07/2024 11:39:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Bárbara França Dantas
Embrapa Semiárido
Orientadora e Presidente da Banca

Feira de Santana – BA2024

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me permitido chegar até aqui e ter me ajudado a superar os obstáculos.

À minha família, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Obrigada por não medirem esforços para que eu chegasse até essa etapa da minha vida.

À minha orientadora, Dra. Bárbara França Dantas e minhas coorientadoras Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante e Claudinéia Regina Pelacani pela confiança, orientação e contribuição ao meu amadurecimento profissional.

Ao Laboratório de Sementes da Embrapa Semiárido (LASESA) por toda a infraestrutura na realização dos experimentos.

Aos meus amigos do LASESA, Maria Aparecida Ferreira, Jailton Silva, Jamille Cardeal, Williane Oliveira por toda ajuda, palavras de motivação, conhecimento e momentos compartilhados.

Aos amigos que não fizeram parte da minha vida acadêmica, mas que me acompanham desde o início, entendendo os momentos de ausência e sempre dispostos a ouvir e aconselhar nas fases difíceis.

Ao Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental - NEMA/UNIVASF, o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional - PISF e o Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR pela disponibilização das sementes.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Estadual de Feira de Santana.

RESUMO

Neoglaziovia variegata (Arruda) Mez é uma herbácea endêmica da Caatinga, de importância econômica, além de apresentar potencial medicinal e ornamental. Avaliar a qualidade fisiológica das sementes, sua capacidade de armazenamento e suas respostas diante de condições de estresse são elementos importantes no desenvolvimento de projetos de conservação da espécie. Desse modo, o objetivo do trabalho foi caracterizar populações de *N. variegata*, avaliar o melhor método de armazenar as sementes e identificar os limites térmicos e salinos para sua germinação. Os frutos e sementes foram coletados de três populações de *N. variegata*, realizando biometria e avaliação da qualidade fisiológica das sementes. Foram testadas seis condições de armazenamento (permeável/impermeável x laboratório/câmara fria/freezer/nitrogênio líquido) durante um ano. As sementes foram submetidas a condições de estresse térmico (15, 20, 25, 30, 35, 40 °C) e salino (0, 2, 4, 8, 10, 12, 14 e 16 dS/m⁻¹). As sementes apresentaram variabilidade interpopulacional. O peso e a condutividade elétrica permitiram maior eficiência na determinação do vigor. É recomendado utilizar a solução de tetrazólio na concentração 0,75% durante 24h para avaliar a viabilidade. As sementes podem ser armazenadas por até 12 meses em câmara fria, temperatura ambiente e em nitrogênio líquido, independentemente do tipo de embalagem. A germinação ocorre em temperaturas entre 14 ±1 °C e 41 ±1 °C, com a temperatura ótima de 31,1 °C, não sendo afetada no pior cenário climático. A espécie tolera salinidade até 12 dS.m⁻¹ e demonstra resiliência significativa após estresses térmicos e salinos.

Palavras-chave: caroá, bromeliaceae, tecnologia de sementes, armazenamento, estresse abiótico.

ABSTRACT

Neoglaziovia variegata (Arruda) Mez is an endemic herbaceous plant of the Caatinga, of economic importance, in addition to presenting medicinal and ornamental potential. Evaluating the physiological quality of seeds, their storage capacity and their responses to stress conditions are important elements in the development of conservation projects for the species. Thus, the objective of this study was to characterize populations of *N. variegata*, evaluate the best method for storing seeds and identify the thermal and saline limits for their germination. Fruits and seeds were collected from three populations of *N. variegata*, performing biometrics and evaluation of the physiological quality of the seeds. Six storage conditions were tested (permeable/impermeable x laboratory/cold chamber/freezer/liquid nitrogen) for one year. The seeds were subjected to thermal stress conditions (15, 20, 25, 30, 35, 40 °C) and saline stress conditions (0, 2, 4, 8, 10, 12, 14 and 16 dS/m⁻¹). The seeds showed interpopulation variability. The weight and electrical conductivity allowed greater efficiency in determining vigor. It is recommended to use a tetrazolium solution at a concentration of 0.75% for 24 h to assess viability. The seeds can be stored for up to 12 months in a cold chamber, at room temperature and in liquid nitrogen, regardless of the type of packaging. Germination occurs at temperatures between 14 ±1 °C and 41 ±1 °C, with the optimum temperature of 31.1 °C, and is not affected in the worst climate scenario. The species tolerates salinity up to 12 dS.m⁻¹ and demonstrates significant resilience after thermal and saline stresses.

Keywords: caroá, bromeliaceae, seed technology, storage, abiotic stress.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
REVISÃO DE LITERATURA.....	11
REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO 1- Avaliação da qualidade fisiológica de diferentes lotes de <i>Neoglaziovia variegata</i> (Arruda) Mez.....	27
Introdução.....	29
Material e Métodos.....	31
Resultados.....	35
Discussão	37
Conclusão.....	41
Agradecimentos.....	41
Referências.....	42
CAPÍTULO 2- Conservação <i>ex situ</i> de sementes de <i>Neoglaziovia variegata</i> (Arruda) Mez.....	53
Introdução.....	55
Material e Métodos.....	57
Resultados.....	59
Discussão	60
Conclusão.....	65
Agradecimentos.....	65
Referências.....	65
CAPÍTULO 3- Dinâmica de germinação de <i>Neoglaziovia variegata</i> (Arruda) Mez (Bromeliaceae): impacto dos limites térmicos e salinos na ecologia da espécie	72
Introdução.....	73
Material e Métodos.....	75
Resultados.....	78
Discussão	79
Conclusão.....	83
Agradecimentos.....	83
Referências.....	84
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93

INTRODUÇÃO

O Domínio Caatinga presente na região Nordeste do Brasil faz parte das Florestas Tropicais Estacionalmente Secas (FTES), apresentando uma riqueza de espécies com potencial para diferentes áreas, como medicinal, forrageira, madeireira e econômica (Pennington; Lewis; Ratter, 2006; Silva et al., 2015; Luna et al., 2022; Pedrosa et al., 2023). O caroá (*Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez) é uma espécie nativa endêmica da Caatinga que produz fibras de alta resistência, tem potencial paisagístico e efeito antioxidante, antibacteriano e gastroprotetor (Oliveira-Junior et al., 2015; Beckmann-Cavalcante et al., 2017; Gomes et al., 2021; Lira et al., 2021). Apesar de ser uma planta de grande importância biológica e social, ainda são escassas informações sobre tecnologia e ecofisiologia de sementes de caroá.

A realização de estudos biométricos auxilia na identificação de variabilidade genética dentro e entre espécies, em decorrência das condições climáticas na quais as plantas foram expostas ao longo do tempo (Faria; Dantas, 2022; Martelo-Solorzano; Lidueña-Pérez; Corredor-Prado, 2022). A influência do ambiente no desenvolvimento da semente é produzida, principalmente, por variações no tamanho, na massa e nos parâmetros fisiológicos e sanitários (Marcos-Filho, 2015a).

Depois que a semente alcança sua máxima qualidade fisiológica, ela inicia seu processo de deterioração (Pina- Rodrigues; Figliolia; Silva, 2015). O armazenamento é uma estratégia de conservação *ex situ* capaz de prolongar a qualidade fisiológica das sementes, diminuindo sua velocidade de deterioração (Carvalho; Nakagawa, 2012). Para que o armazenamento seja eficiente é importante conhecer a natureza das sementes, entender se elas são tolerantes à dessecação e se podem ser submetidas a baixas temperaturas (Marcos-Filho, 2015a).

Para que as sementes consigam germinar e formar plântulas normais as condições de luz, temperatura e disponibilidade de água devem ser de acordo com a espécie. Sementes de diversas espécies florestais subtropicais e tropicais germinam satisfatoriamente entre a faixa de temperatura de 20 a 30 °C (Brancalion et al., 2010). No entanto, quando as sementes são submetidas a temperaturas subótimas e supra ótimas, podem provocar severo atraso no crescimento e desenvolvimento vegetal, resultando na sua senescência (Sbrussi; Zucareli, 2014). A presença de sais na água também é prejudicial porque interfere na absorção de água pelas raízes e no seu metabolismo (Harter et al., 2014).

A coleta extrativista das fibras de *N. variegata* levou ao desaparecimento da espécie em algumas regiões da Bahia (Silveira et al., 2011), ressaltando a importância do conhecimento sobre as respostas de sementes de diferentes populações às condições ambientais e de armazenamento para apoiar iniciativas de conservação da espécie, tanto *in situ* quanto *ex situ*. Sistemas agroflorestais, restauração ecológica e armazenamento de germoplasma são alguns dos projetos que auxiliam na conservação da Caatinga. Desse modo, o objetivo do trabalho foi caracterizar populações de *Neoglaziovia variegata*, avaliar o melhor método de armazenar as sementes e identificar os limites térmicos e salinos para sua germinação.

REVISÃO DE LITERATURA

Caroá (*Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez)

Neoglaziovia variegata é uma herbácea xerofítica endêmica da Caatinga pertencente à família Bromeliaceae, subfamília Bromelioideae, com distribuição em toda região Nordeste e Minas Gerais (Santos et al., 2012; Tardivo, 2020; Souza et al., 2021). Conhecida popularmente como caroá, caruá ou croá (origem Pankararu), a espécie apresenta sinonímia botânica com *Bromelia variegata* Arruda, *Billbergia variegata* (Arruda) & Schult.f., *Dyckia glaziovii* Baker e *Agallostachys variegata* (Arruda) Beer. (Silveira, et al., 2013a; Dario, 2018; Tardivo, 2020).

Sua floração apresenta um padrão anual, ocorrendo no final da estação seca e início da estação chuvosa (variando os meses de acordo com a região) (Pereira; Quirino, 2008; Silveira, et al., 2013a). A inflorescência é do tipo racemo, apresenta flores tubulares de cálice avermelhado e corola lilás (Figura 1-A e B), a polinização é feita pelo beija-flor *Chlorostilbon aureoventris* e os frutos são do tipo baga (Figura 1-C), apresentando polpa mucilaginosa adocicada, que precisam de cinco a seis meses para atingirem a maturidade, com a dispersão sendo zoocórica (Pereira; Quirino, 2008; Santos et al., 2012; Beckmann-Cavalcante et al., 2017b; Santos, et al., 2018). As sementes podem apresentar formato ovalado ou elíptico apresentando coloração marrom (Figura 1-D).



Figura 1: Fases reprodutivas da espécie *Neoglaziovia variegata* (caroá). A-B) Inflorescência do caroá; C) Frutos maduros do caroá; D) Sementes do caroá.

É uma espécie que apresenta potencial econômico nas suas folhas, as quais produzem fibras de alta resistência, sendo muito utilizada pela indústria têxtil antes do surgimento das fibras artificiais, muito utilizadas em trabalhos artesanais, tanto para geração de renda quanto em rituais e confecção de acessórios indígenas (Ribeiro, 2007; Silveira et al., 2011; Dario, 2018). Entretanto, a coleta de forma extrativista ocasionou o seu desaparecimento de algumas regiões da Bahia (Silveira et al., 2011).

Além das fibras, diversos trabalhos têm caracterizado o uso do seu extrato, demonstrando seu potencial fotoprotetor (Junior et al., 2013), efeito antinociceptivo (Lima-Saraiva et al., 2012a), efeito antioxidante (Lima-Saraiva et al., 2012b; Gomes et al., 2021), efeitos gastroprotetores (Lira et al., 2021) e efeito antibacteriano (Oliveira-Junior et al., 2015).

O caroá também tem grande potencial ornamental por causa da longevidade das suas flores de coloração carmim e púrpura (10 dias em vaso) e o tempo em que as flores conseguem se manter abertas nas inflorescências (até 14 dias) (Kill et al., 2013; Beckmann-Cavalcante et al., 2017). Utilizar espécies nativas e endêmicas como fonte de renda é mais vantajoso por serem plantas que já estão acostumadas as condições ambientais locais, apresentarem maior resistência a doenças e pragas, terem menos requisitos de insumos durante a produção, além de auxiliarem na divulgação e preservação da flora local (Alvarez; Kiill, 2014; Stumpf et al. 2015).

Qualidade de sementes

As sementes atingem o seu máximo potencial fisiológico na maturidade, iniciando sua deterioração logo após esse estágio e continua até que ela perca sua viabilidade (Delouche, 2002). A deterioração é um processo determinado por alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas, sendo irreversível, que pode levar a danos celulares, afetando diferentes estruturas da semente e levando a perda da viabilidade (Marcos-Filho, 2015b).

Quando a semente é dispersa no ambiente ela se encontra com seu máximo poder germinativo e vigor (Carvalho; Nakagawa, 2012). Fatores como precipitação, variação de temperatura, época da colheita, solo, presença de pragas e doenças influenciam na qualidade das sementes, afetando sua massa e tamanho (Pina- Rodrigues; Figliolia; Silva; 2015; Pinto et al., 2020).

A qualidade das sementes é determinada por uma combinação de fatores físicos, genéticos, fisiológicos e sanitários, todos os quais impactam a capacidade de produção de plantas altamente produtivas (Marcos-Filho, 2015b). O fator físico pode ser avaliado pelo teor

de água, análise de pureza ou medições físicas, como tamanho, forma, cor ou textura da semente (Gierz et al., 2022).

O tamanho da semente é uma medida aceita para avaliar a sua qualidade (biometria). A biometria pode apresentar uma relação com o tempo de germinação, com sementes menores podem germinar mais rápido (Souza; Fagundes, 2014), como também pode apresentar uma relação com o vigor das sementes, com sementes maiores sendo mais nutridas durante seu desenvolvimento e podem formar plântulas mais vigorosas (Ambika; Manonmani; Somasundaram, 2014).

A biometria de frutos e sementes também fornece informações sobre comportamentos distintos entre os ecossistemas nos quais as espécies estão inseridas e detecta se existe variabilidade genética dentro e entre populações e suas relações com os fatores ambientais (Espitia-Camacho, 2020; Santos et al., 2020). Também foi observado que as sementes de caroá podem apresentar variabilidade no tamanho dentro da mesma população (Farias; Dantas, 2022).

A definição de germinação apresenta conceitos diferentes a depender do seu uso: pode ser definida como a retomada do desenvolvimento do eixo embrionário; pode ser o processo que se inicia com a hidratação e finaliza com a emissão da raiz principal ou transformação do embrião em uma plântula normal e saudável (Brasil, 2009; Marcos-Filho, 2015b). Por outro lado, o vigor é caracterizado como a soma de atributos que confere à semente o potencial para, além de germinar, emergir e formar rapidamente plântulas normais, sob ampla diversidade de condições ambientais (Carvalho; Nakagawa, 2012; Pina- Rodrigues; Figliolia; Silva, 2015). Assim, a avaliação das sementes a partir da realização de testes de germinação e vigor são capazes de fornecer informações sobre a qualidade fisiológica das sementes.

Enquanto que alguns testes de germinação padrão podem levar de 8 a 30 dias para identificar a viabilidade do lote, o teste de tetrazólio (TTZ) é um teste que pode avaliar a viabilidade das sementes em apenas algumas horas (Vieira; Krzyzanowski, 2020), sendo capaz também de avaliar o vigor de algumas espécies de cultivares, como a soja (França-Neto; Krzyzanowski; Costa, 1998), milho, (Dias; Barros, 1999) e algodão (Vieira; Von-Pinho, 1999), classificando-as em diferentes níveis de vigor.

O teste é baseado na mudança de cor dos tecidos vivos da semente, em contato com a solução de cloreto 2,3,5-trifenil de tetrazólio, refletindo a atuação das enzimas desidrogenases (Marcos-Filho, 2015b). Dessa forma, quando a semente entra em contato com a solução do sal de tetrazólio (2,3,5 trifenil cloreto de tetrazólio), as enzimas desidrogenases vão reduzir o sal e formar um composto vermelho carmim, identificado como formazan, nas regiões em que os

tecidos estiverem vivos; quando a coloração se torna vermelho carmim forte significa que os tecidos estão em deterioração e a ausência de coloração demonstra a mortalidade do tecido (Pina-Rodrigues; Figliolia; Silva, 2015; Krzyzanowski; França-Neto; Henning, 2018). Não foi encontrada metodologia para avaliação da viabilidade de sementes de caroá pelo TTZ.

Os testes de vigor conseguem avaliar o nível de deterioração que as sementes apresentam, quanto mais vigorosa a espécie, menos deteriorada ela estará (Marcos-Filho, 2015a). Os testes de vigor podem avaliar as respostas das sementes em condições de estresse (caráter físico), as respostas bioquímicas associadas à perda do vigor (caráter químico) e podem medir as reações fisiológicas em relação a perda do vigor (caráter fisiológico) (Delouche, 2002).

O teste de condutividade elétrica é um teste de vigor de caráter bioquímico, rápido e eficaz na avaliação da qualidade fisiológica das sementes (Vieira; Krzyzanowski, 2020). Durante o teste, as sementes são embebidas em água destilada/deionizada por um determinado tempo, em uma determinada temperatura, para que seja avaliado a quantidade de eletrólitos que são liberados na solução (Dias; Barros, 1995). Quanto maior o vigor, maior a capacidade das sementes de reparar os danos das membranas e menor será a quantidade de eletrólitos lixiviados para o meio externo (Vieira; Krzyzanowski, 1999).

Armazenamento de sementes

Alterações no meio ambiente podem interferir na produção e conservação das sementes das espécies. A presença de poluentes no ar e no solo (dióxido de enxofre e metais pesados) podem interferir na fisiologia e desenvolvimento das plantas (Goyal, et al., 2020). O aumento da temperatura leva a planta ao estresse térmico, afetando seu ciclo reprodutivo e prejudicando a produção de sementes de qualidade (Kaushal et al., 2015). A redução ou perda dos habitats, causados pela expansão urbana, desmatamento, transformação de áreas naturais para a agricultura, leva à redução das espécies, alterações no ecossistema e perda da diversidade genética (Rawat; Agarwal, 2015). Todas essas mudanças podem colocar as espécies em risco de desaparecimento, sendo necessário desenvolver e aplicar estratégias para conservar esses recursos genéticos para posterioridade.

A conservação *ex situ* é quando o germoplasma da planta é conservado fora do seu ambiente natural, podendo ser feito de diferentes formas, como armazenamento em câmara fria, crioconservação, e criação de bancos ativos de germoplasmas (BAG) (Solberg et al., 2020; Ballesteros; Fanega-Sleziak; Davies, 2021; Silva, et al., 2022b). Dentre as estruturas que podem ser conservadas, a semente é a forma mais eficaz para a continuação e preservação

das espécies, pois cada semente tem potencial de gerar uma planta adulta capaz de produzir novos indivíduos, conseguindo manter a diversidade genética da espécie. Conservar a espécie na forma de semente também é vantajoso financeiramente porque elas podem ser coletadas em grandes quantidades e mantidas em condições controladas, ocupando pouco espaço e pouca manutenção.

O armazenamento de sementes pode ajudar na manutenção da qualidade fisiológica da espécie, pois tende a retardar os processos de deterioração pelo qual as sementes são submetidas, conseguindo manter sua qualidade fisiológica por mais tempo (Carvalho; Nakagawa, 2012; Delouche et al., 2021). A temperatura e o tipo de embalagem são os principais fatores que modificam a viabilidade e o vigor das sementes durante seu armazenamento (Silva et al., 2022a). A temperatura controla a velocidade das reações químicas, enquanto que o tipo de embalagem pode evitar que o teor de água das sementes sofram grandes variações, acelerando sua deterioração (Bragantini, 2005).

A longevidade das sementes durante o armazenamento depende da sua sensibilidade e tolerância à dessecação e à baixa temperatura (Phartyal et al., 2002). Com base na tolerância à dessecação, as sementes podem ser classificadas em três grupos: ortodoxas, recalcitrantes e intermediárias (Bewley et al., 2013, Ellis, Hong e Roberts, 1990). Durante a maturação, as sementes ortodoxas passam por um processo de secagem, diminuindo seu teor de água, acumulam matéria seca e diminuem sua atividade metabólica antes da dispersão (<15% de teor de água), enquanto que as sementes recalcitrantes não passam por esse processo, sendo dispersas com alto teor de água e alta atividade metabólica (Ranganathan;Groot, 2023).

Desse modo, sementes ortodoxas não são sensíveis a dessecação, mantendo sua viabilidade com baixos teores de água (2-5%) e podem ser mantidas em temperaturas baixas e ultrabaixas; sementes recalcitrantes são sensíveis a dessecação, com teores de água entre 20-30%, e sensíveis a temperaturas baixas; sementes intermediárias toleram uma desidratação moderada, com teor de água entre 12-20%, e também apresentam uma sensibilidade a temperaturas baixas (Marcos-Filho, 2015b).

A depender da tolerância da espécie ela pode ser armazenada em baixas temperaturas, como em câmaras frias (10 °C) ou geladeira (3 °C) (Araújo et al., 2017; Silva et al., 2022a), ou em temperaturas ultrabaixas, como freezer (-20 °C) e criopreservação (-196 °C) (Ballesteros; Fanega-Sleziak; Davies, 2021). A criopreservação consiste em armazenar sementes ortodoxas em nitrogênio líquido a -196 °C ou em sua fase de vapor, a -150 °C, possibilitando o armazenamento por tempo indeterminado (Pritchard; Nadarajan, 2008). Nessas temperaturas, a água não se encontra no estado líquido dentro da semente, a difusão é

lenta e a energia molecular é baixa resultando na diminuição dos processos metabólicos e, conseqüentemente, da deterioração das sementes (Kaviani, 2011). Para etapa do descongelamento das sementes, cada espécie pode apresentar sua própria metodologia, sendo necessário o entendimento desse processo para que a qualidade fisiológica não seja afetada (Alencar et al., 2018).

Em relação aos tipos de embalagens em que as sementes podem ser armazenadas, elas podem ser do tipo permeáveis, semipermeáveis e impermeáveis (Bonner; Karfalt, 2008). As embalagens permeáveis permitem que ocorra a troca de vapor entre a semente e o ambiente externo, como sacos de papel, enquanto que nas embalagens semipermeáveis ocorre a troca de vapor d'água entre a semente e o ambiente, mas não de forma tão livre quanto na permeável, como saco plástico (Silva et al., 2022a). Potes herméticos são exemplos de embalagens impermeáveis pois impedem a troca de vapor d'água entre as sementes e o meio externo (Santos et al., 2023)

Cada espécie tem sua condição ideal de armazenamento, como para algumas das espécies da Caatinga: para *Astronium urundeuva* (M.Allemão) Engl as sementes devem ser mantidas em ambiente de laboratório, com UR de 40% em embalagem de papel; sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.Sm devem ser mantidas em ambiente refrigerado (4 ± 3 °C, $60\pm 4\%$ UR); sementes de *Handroanthus spongiosus* (Rizzini) S. Grose podem ser mantidas em temperaturas baixas e ultrabaixas por pelo menos 24 meses. As espécies da família Bromeliaceae, *Encholirium reflexum*, *Dyckia sordida* e espécies do gênero *Tillandsia* spp. também podem ser armazenadas em temperaturas ultrabaixas (Tarré et al., 2007; Araújo et al., 2017; Gomes et al., 2018; Silva et al., 2022). Ainda não se tem trabalhos sobre a forma mais adequada de armazenar as sementes de *N. variegata*. Buscar entender a capacidade de armazenamento das sementes permite que sejam adotadas condições adequadas para sua conservação.

Resposta das sementes às condições ambientais durante a germinação

Quando a semente é dispersa no ambiente, mas não está dormente, ela encontra-se em um estado quiescente, mantendo-se com o mínimo de atividades metabólicas até que as condições ao seu redor sejam adequadas para germinação (Carvalho; Nakagawa, 2012). Água, temperatura e oxigênio exercem influência direta sobre o processo germinativo, sendo importante conhecer as condições ideais de cada espécie para que ela consiga germinar e se manter no ambiente (Marcos-Filho, 2015b). A germinação é iniciada com a absorção de água, tendo como resposta a reativação do metabolismo e o desenvolvimento de todos os processos

que vão resultar na emissão da raiz principal ou da formação de uma plântula (Pina-Rodrigues; Figliolia; Silva, 2015).

O estresse é um mecanismo de resposta da semente quando um fator altera sua estrutura e funcionamento da condição ideal (Gaspar et al., 2002). Os fatores que podem levar a essa condição podem ser bióticos, como fungos e insetos, ou abióticos, como secas, temperaturas extremas, salinidade e poluição, sendo que a depender da duração e gravidade do estresse, a resposta pode ser diferente (Kranmer et al., 2010). Os mecanismos que as espécies apresentam quando submetidas ao estresse demonstram seu grau de tolerância àquelas condições (Schuch et al., 2013).

Quando a semente é colocada em uma condição de estresse abiótico, os sinais iniciais do estresse, como a alteração da homeostase osmótica, desencadeiam uma cascata de sinalização e os controles de transcrição subsequentes. Estes ativam mecanismos de resposta ao estresse, com a produção de compostos de osmoproteção (sorbitol e manitol) e desintoxicação (ácido ascórbico e catalase), promovendo a restauração da homeostase celular, além de proteger e reparar as membranas e proteínas danificadas (Wang; Vinocur; Altman, 2003). Quando os mecanismos de proteção e reparação não são produzidos, o organismo não consegue se recuperar, podendo levar à morte celular, ou pode apresentar grandes danos fisiológicos, afetando a germinação e o vigor (Kranmer et al., 2010; Baskin; Baskin, 2014).

A temperatura tem influência na velocidade de absorção de água como também sobre as reações bioquímicas que determinam todo o processo germinativo, como a germinação, a velocidade de germinação e uniformidade de germinação (Carvalho; Nakagawa, 2012; Silva et al, 2018). Cada espécie consegue germinar em uma determinada faixa de temperatura, apresentando uma temperatura base, na qual abaixo dela não ocorre germinação; uma faixa infra ótima, na qual a velocidade aumenta com a temperatura; uma faixa supra ótima onde a velocidade diminui com a temperatura; e uma temperatura teto, acima da qual o processo não ocorre (Garcia-Huidobro; Monteith; Squire, 1982; Probert, 1993). A temperatura ótima é aquela que proporciona a maior germinação em um menor tempo, como as temperaturas de 25 e 30 °C para *Encholirium spectabile* e 30 e 35 °C para *Dyckia tuberosa* (Vieira et al., 2007; Pimenta et al., 2022). Para o caroá, a temperatura ótima é 30 °C (Silveira et al., 2011), mas ainda não se conhece seus limites térmicos.

Fora da temperatura ótima, as sementes passam por estresse térmico, tanto para as altas quanto para as baixas temperaturas (Taiz; Zeiger, 2021). Esse tipo de estresse pode causar grandes danos à membrana celular e a estrutura protéica, aumentando a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) e produzindo o estresse oxidativo (Santos et al., 2022). O

estresse térmico também altera a homeostase hormonal, reduzindo a síntese proteica, a transcrição e a tradução de proteínas de choque térmico (HSPs), a produção de fitohormônios e antioxidantes (Li et al., 2021).

Os solos salinos são formados por processos naturais, com o depósito de sais na terra e na água ocorrendo ao longo do tempo, e por ações antrópicas, como práticas inadequadas de manejo da água e desmatamento (Taiz; Zeiger, 2021). O estresse salino afeta a germinação e o desenvolvimento da planta pela redução da capacidade de absorver água, levando ao déficit hídrico, ele promove o acúmulo de íons (Na^+ e Cl^-), causando citotoxicidade, e acaba aumentando o número de espécies reativas de oxigênio (ROS), criando estresse oxidativo e provocando a deterioração da membrana, bem como danos ao DNA e às proteínas (Parihar et al., 2014; Arif et al., 2020).

O semiárido nordestino é caracterizado por ser uma região com baixa pluviosidade, elevadas temperaturas e taxas de evaporação e, devido à natureza física e química do solo, apresenta grandes áreas com solos salinizados (Junior; Silva, 2010). Apesar dessas características, existem espécies presente no domínio Caatinga que são altamente tolerantes a salinidade, como as espécies arbóreas, *Aspidosperma pyrifolium* (10 dS.m⁻¹ de NaCl), *Erythrina velutina* (10 dS.m⁻¹ de NaCl), *Cenostigma pyramidale* (-0,6 MPa de NaCl), *Anadenanthera colubrina* (8 dS.m⁻¹ de NaCl) (Matias et al., 2011; Dantas et al., 2014; Matias et al., 2018).

Em cenário de mudanças climáticas, a baixa precipitação e alta evapotranspiração irá provocar o aumento da temperatura, secas intensas e déficit hídrico extremo, sendo observado que os 10 anos mais quentes da temperatura global, desde quando foi registrado, ocorreram entre 2014-2023 (IPCC, 2023; Lindsey; Dahlman, 2024). Em relação ao Brasil, é previsto que a região Nordeste será uma das mais afetadas, com maiores temperaturas, escassez de água e altas taxas de evaporação (Santos et al., 2010; Marengo, 2014).

De acordo com o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) os amplos e significativos efeitos das rápidas mudanças climáticas atuais nos sistemas biológicos, destacando a crescente gravidade dos eventos climáticos extremos, que resultaram na morte de árvores e na extinção local de espécies em muitas regiões terrestres e oceânicas (Piao; Wang, 2023). A partir disso, compreender o comportamento das espécies sob estresse é fundamental para identificar seus limites e explorar como esses conhecimentos podem ser aplicados de forma eficaz em projetos de restauração.

Estudar tecnologia e ecofisiologia de sementes são caminhos que ajudam a maximizar o potencial genético das sementes e entender como as interações entre semente-ambiente afetam sua viabilidade e vigor.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, S.S et al. Descongelamento de sementes crioconservadas de *Handroanthus spongiosus* (Rizzini) S. Grose. **Informativo Abrates**, v. 28, n. 1, 2018. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197387/1/Barbara-2.pdf>
- ALVAREZ, I.A.; KIILL, L.H.P. Arborização, floricultura e paisagismo com plantas da Caatinga. **Informativo abrates**, v.24, n.3, 2014. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1003459/1/4297.pdf>
- AMBIKA, S. et al. Review on effect of seed size on seedling vigour and seed yield. **Research Journal of Seed Science**, v. 7, n. 2, p. 31-38, 2014. <https://scialert.net/abstract/?doi=rjss.2014.31.38>
- ARÁUJO, M.N et al. A qualidade de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) AC Sm.(Fabaceae) é influenciada pelas condições de armazenamento. **Journal of Seed Science**, v. 39, p. 401-409, 2017. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n4179328>
- ARIF, Y. et al. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 156, p. 64-77, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.042>
- BALLESTEROS, D., FANEGA-SLEZIAK, N., DAVIES, R.M. Cryopreservation of Seeds and Seed Embryos in Orthodox-, Intermediate-, and Recalcitrant-Seeded Species. In: Wolkers, W.F., Oldenhof, H. (eds) Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols. **Methods in Molecular Biology**, vol 2180. Humana: New York, 2021. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0783-1_36
- BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. 2ed. San Diego: **Academic/Elsevier**, 2014, 1602p.
- BECKMANN-CAVALCANTE, Márkilla Zunete et al. Innovation in floriculture with ornamental plants from Caatinga biome. **Ornamental Horticulture**, v. 23, n. 3, p. 289-295, 2017. <https://doi.org/10.14295/oh.v23i3.1081>
- BETONI, R.; SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M. Salinidade e temperatura na germinação e vigor de sementes de mutambo (*Guazuma ulmifolia* LAM.) (Sterculaceae). **Revista Árvore**, v.35, p.605-616, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000400004>
- BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.; NONOGAKI, H. Longevity, storage, and deterioration. In: **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**, 3rd Edition, New York: Springer, 2013. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4_8
- BONNER, Franklin T.; KARRFALT, Robert P. (Ed.). The woody plant seed manual. **Forest Service**, 2008. 1223 p.
- BRAGANTINI, C. Alguns aspectos do armazenamento de sementes e grãos de feijão. **Documento 187**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005.
- BRANCALION, P.H.S. NOVEMBRE, A.D.D.L.C.; RODRIGUES, R.R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 15-21, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000400002>

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS. 395 p. 2009. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: UNESP, 2012, 590p.
- DANTAS, B.F. et al. Germinative metabolism of Caatinga forest species in biosaline agriculture. **Journal of Seed Science**, v. 36, p. 194-203, 2014. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v32n2927>
- DARIO, F.R. Uso de plantas da caatinga pelo povo indígena Pankararu no Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Geotemas**, v. 8, n. 1, p. 60-76, 2018. <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/863/773>
- DELOUCHE, J. et al. Storage of Seed in Sub-Tropical and Tropical Regions. **Seed Technology Papers**, 205, 2021. <https://scholarsjunction.msstate.edu/seedtechpapers/205>
- DELOUCHE, J. Germinação, deterioração e vigor de sementes. **Seed News**. v.6, 2002.
- DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. Avaliação da qualidade de sementes de milho. **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, 21., 1995, Londrina.: IAPAR, 1995, 43P.
- DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de milho. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.8.4.1-8.4.10.
- ELLIS, R.H; HONG, T. D; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. **Journal of experimental botany**, v. 41, n. 9, p. 1167-1174, 1990. <https://doi.org/10.1093/jxb/41.9.1167>
- ESPITIA-CAMACHO, M.; ARAMÉNDIZ-TATIS, H.; CARDONA-AYALA, C. Morphological characteristics and seed viability of *Schizolobium parahyba* (Vell.) SF Blake. **Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica**, v.23, n.1, 2020. <https://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1530>
- FARIAS, L.A.A.C.; DANTAS, B.F. Morphometric characterization and functional traits of fruits and seeds of *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez. **Journal of Seed Science**, v.44, e202244021, 2022, <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v44250044>
- FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.8.5.1-8.5.28.
- GARCIA-HUIDOBRO, J.; MONTEITH, J.L.; SQUIRE, G.R. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum thyphoides* S. & H.). II. Alternant temperature. **Journal Experimental Botany**, v. 33, n. 133, p. 297-302, 1982.
- GASPAR, T.; FRANCK, T.; BISBIS, B.; KEVERS, C.; JOUVE, L.; HAUSMAN, J. F.; DOMMES, J. Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. **Plant growth regulation**, v. 37, p. 263-285. Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. *Plant growth regulation*, 37, 263-285.

- GIERZ, Ł et al. Measurements and analysis of the physical properties of cereal seeds depending on their moisture content to improve the accuracy of DEM simulation. **Applied Sciences**, v. 12, n. 2, p. 549, 2022. <https://doi.org/10.3390/app12020549>
- GOMES, M.A. et al. Influence of Seasonality on Phytochemical Composition, Phenolic Content and Antioxidant Activity of *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae). **Biointerface Research in Applied Chemistry**, v. 12, n. 3, p. 2889-2904, 2021. <https://biointerfaceresearch.com/wp-content/uploads/2021/08/20695837123.28892904.pdf>
- GOMES, S.E.V. et al. Sementes de *Myracrodruon urundeuva* podem ser armazenadas por até dois anos em ambiente seco. **Informativo Abrates**, v. 28, n. 1, 2018. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197392/1/Barbara.pdf>
- GOYAL, D. et al. (2020). Effect of Heavy Metals on Plant Growth: An Overview. In: Naeem, M., Ansari, A., Gill, S. (eds) **Contaminants in Agriculture**. Springer, Cham. p. 79-101, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41552-5_4
- HARTER, L.S.H et al. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 32, n. 1, p. 80-85, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000100013>
- IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team; Lee, H.; Romero, J. (eds.)]. Geneva: **IPCC**, 186 p. 2023. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf
- JUNIOR, J.L.; SILVA, A.L. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, 2010. <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/estudo%20do%20processo.pdf>
- JUNIOR, R.G.O. et al. In vitro antioxidant and photoprotective activities of dried extracts from *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae). **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 3, n. 1, p. 122-127, 2013. https://japsonline.com/admin/php/uploads/770_pdf.pdf
- KAUSHAL, N. et al. Food crops face rising temperatures: An overview of responses, adaptive mechanisms, and approaches to improve heat tolerance. **Cogent food & agriculture**, v. 2, n. 1, p. 1134380, 2016. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1134380>
- KAVIANI, B. Conservation of plant genetic resources by cryopreservation. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 6, p. 778-800, 2011. https://www.cropj.com/kaviani_5_6_2011_778_800.pdf
- KIILL, L.H.P.; TERAQ, D.; ALVAREZ, I.A. **Plantas ornamentais da Caatinga**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 139p.
- KRANNER, I. et al. What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. **New Phytologist**, v. 188, n. 3, p. 655-673, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03461.x>
- KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Circular técnica**, v. 136, n. 1, 2018.
- LEVENE, H. Robust tests for equality of variances. In: **Contributions to probability and statistics: essays in honor of harold hotelling**. Stanford University, 1960, p. 278-292.

- LI, N. et al. Plant hormone-mediated regulation of heat tolerance in response to global climate change. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020627969>
- LIMA-SARAIWA, S.R.G. et al. Antinociceptive effect of the ethanolic extract of *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae) in mice. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 6, n. 40, p. 5330-5336, 2012a. <https://doi.org/10.5897/JMPR12.122>
- LIMA-SARAIWA, S.R.G. et al. Antioxidant activity and acute toxicity of *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae). **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 75, p. 13998-14006, 2012b. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/129365>
- LINDSEY, R.; DAHLMAN, L. Climate change: Global temperature. **Climate**. gov, v. 16, 2020.
- LIRA, K.L. et al. Gastroprotective Activity of *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez.(Bromeliaceae) in Rats and Mice. **Journal of Medicinal Food**, v. 24, n. 10, p. 1113-1123, 2021. <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/jmf.2020.0182>
- LUNA, E. M. et al. Antioxidant potential of the Caatinga flora. **Phytomedicine Plus**, v. 2, n. 2, p. 100240, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2022.100240>
- MAPA-Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. **Caroá: Neoglaziovia variegata**. Brasília : MAPA/ACS, p. 25, 2012.
- MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia agricola**, v. 72, p. 363-374, 2015a. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed. Londrina: ABRATES, p. 660, 2015b.
- MARENGO, J.A. O futuro clima do Brasil. **Revista USP**, n. 103, p. 25-32, 2014. <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99280/97696>
- MARTELO-SOLORZANO, A. M., LIDUEÑA-PÉREZ, K. I., CORREDOR-PRADO, J. P. Seed's morpho-anatomy and post-seminal development of Bromeliaceae from tropical dry forest. **Rodriguésia**, v. 73, p. e02122020, 2022. <https://doi.org/10.1590/2175-7860202273050>
- MATIAS, J.R. et al. Efeito de estresse salino no processo germinativo de sementes de angico (*Anadenanthera colubrina*). In: Jornada De Iniciação Científica Da Embrapa Semiárido, 6., 2011, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/905766/1/82Janete.pdf>
- MATIAS, J.R. et al. Germinação de sementes de *Cenostigma pyramidale* sob diferentes temperaturas e salinidades. **Informativo Abrates**, v. 28, n. 1, 2018. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197393/1/Barbara.pdf>
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 1. ed. Londrina: ABRATES, 1999.
- OLIVEIRA, R.S. et al. Cryopreservation and low-temperature storage of seeds of *Tillandsia* species (Bromeliaceae) with ornamental potential. **3 Biotech**, v.11, n.4, p.1-16, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02730-x>

- OLIVEIRA-JUNIOR, R.G. et al. Photoprotective, antibacterial activity and determination of phenolic compounds of *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae) by high performance liquid chromatography-diode array detector (HPLC-DAD) analysis. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 9, n. 22, p. 576-584, 2015. <https://doi.org/10.5897/AJPP2015.4315>
- PARIHAR, P. et al. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental science and pollution research**, v. 22, p. 4056-4075, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1>
- PEDROSA, K. M. et. al. Plant parentage influences the type of timber use by traditional peoples of the Brazilian Caatinga. **Plos one**, v. 18, n. 10, p. e0286434, 2023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286434>
- PEREIRA, F.R.D.L.; QUIRINO, Z.G.M. Fenologia e biologia floral de *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae) na Caatinga paraibana. **Rodriguésia**, v. 59, n. 4, p. 835-844, 2008. <https://www.scielo.br/j/rod/a/8SgMPbKmsj7dSgKc fwm9cWd/?format=pdf&lang=pt>
- PHARTYAL, S. S. et al. Ex situ conservation of rare and valuable forest tree species through seed-gene bank. **Current Science**, v. 83, n. 11 p. 1351-1357, 2002. <https://www.jstor.org/stable/24106959>
- PIAO, S., & WANG, X. Biological systems under climate change: What do we learn from the IPCC AR6. **Global Change Biology**, v. 29, n. 18, p. 5120-5121, 2023. <https://doi.org/10.1111/gcb.16857>
- PINA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; SILVA, A. Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção. Londrina: **ABRATES**, p. 477, 2015.
- PINTO, M.G.C. et al. Biometria de sementes e frutos de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz. **Acta Biológica Catarinense**, v. 7, n. 3, p. 74-83, 2020. <http://periodicos.univille.br/index.php/ABC/article/view/139/114>
- PRITCHARD, H. W. et al. Cryopreservation of orthodox (desiccation tolerant) seeds. In: **Plant cryopreservation: a practical guide**. New York: Springer, 2008, p. 485-501, 2008.
- PROBERT, E.H. The role of temperature in germination ecophysiology. In: FENNER, M. **The ecology of regeneration in plant communities**. 2.ed. Wallingford: Cab International, 1993. p. 285-325.
- RANGANATHAN, U; GROOT, S. P. C. Seed longevity and deterioration. In: **Seed Science and Technology: Biology, Production, Quality**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. p. 91-108
- RAWAT, U.S; AGARWAL, N.K. Biodiversity: concept, threats and conservation. **Environment Conservation Journal**. v. 16, n.3, p.19-28. 2015. <http://www.envirocnj.in/uploads/2015/3/19-28.pdf>
- RIBEIRO, M. B. Fibrocultura: o Semi-Árido é o paraíso das fibras vegetais. In: **A potencialidade do semi-árido brasileiro**. Brasília: Revan. Acta Crystallography, v. 136, p.121, 2007.
- SALOMÃO, A.N. Tropical seed species' responses to liquid nitrogen exposure. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n. 2, p. 133-138, 2002. <https://www.scielo.br/j/bjpp/a/mWTbBXTJ9d4bwKYFr79qy7h/?format=pdf&lang=en>

SANTOS, L.R.; ALMEIDA, M.C.; WITTMANN, F. Biometria e germinação de sementes de *Macrobium acaciifolium* (Benth.) Benth. de várzea e igapó da Amazônia Central. *Iheringia, Série Botânica*, v. 75, 2020. <https://doi.org/10.21826/2446-82312020v75e2020004>

SANTOS, A. et al. Fenologia reprodutiva de *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez (Bromeliaceae) em área de Caatinga no Município de Petrolina, PE. In: Jornada De Iniciação Científica Da Embrapa Semiárido, 7.; Jornada De Iniciação Científica Da Facepe/Univasf, 1., 2012, Petrolina. *Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido*, 2012. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/944665/1/Luciakiill.pdf>

SANTOS, T. B. et al. Physiological responses to drought, salinity, and heat stress in plants: a review. *Stresses*, v. 2, n. 1, p. 113-135, 2022. <https://doi.org/10.3390/stresses2010009>

SANTOS, T.M.G. et al. Síndromes de dispersão de bromeliaceae em uma área prioritária para a conservação do semiárido brasileiro (parque nacional (parna) do vale do catimbau).. *Anais III CONAPESC... Campina Grande: Realize Editora*, 2018. <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/43372>

SANTOS, W. F. G. et al. Storability of landrace fava bean seeds in different packaging materials. *Ciência Rural*, v. 54, n. 5, p. e20210774, 2023. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210774>

SBRUSSI, C.A.G.; ZUCARELI, C. Germination of corn seeds with different levels of vigor in response to different temperatures. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 1, p. 215-226, 2014. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p215>

SCHUCH, L.O.B. et al. Sementes: produção, qualidade e inovações tecnológicas. Pelotas: **Editora e gráfica universitária**, p. 571, 2013..

SILVA, D. L. et al. Chemical composition of Caatinga potential forages species. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, v. 18, n. 3, p. 267-272, 2015.

SILVA, J.D.J. et al. Conservation and physiological quality of *Handroanthus spongiosus* (Rizzini) S. Grose (Bignoniaceae) seeds. *Journal of Seed Science*, v. 44, 2022a. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v442578>

SILVA, J.N. et al. Testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica para Sementes de Espécies Florestais Nativas: Uma breve revisão. *Meio Ambiente (Brasil)*, v. 1, n. 2, 2020.

SILVA, R. D. C. B. D. et al. Thermal stress and physiological changes in watermelon seeds. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 48, p. 66-74, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-40632018v4850404>

SILVA, Thalana SS et al. Structure and molecular genetic diversity in natural populations and active germplasm banks of *Passiflora cincinnata* Mast. *Chilean journal of agricultural research*, v. 82, n. 4, p. 628-637, 2022b. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392022000400628>

SILVEIRA, D.G. et al. Aspectos morfofisiológicos na pré-aclimatização in vitro e aclimatização de plantas de caroá. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, p. 544-553, 2013. <https://www.scielo.br/j/rca/a/zHxzKtrbzQLyjsXCVS3JZI/?format=pdf&lang=pt>

SILVEIRA, D.G. et al. Resposta germinativa de sementes de caroá [*Neoglaziovia variegata* (ARRUDA) MEZ]. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, p. 948-955, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000500012>

- SOLBERG, S.Ø et al. Long-term storage and longevity of orthodox seeds: A systematic review. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 548383, 2020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01007>
- SOUZA, M. L., FAGUNDES, M.. Seed size as key factor in germination and seedling development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). **American Journal of Plant Sciences**, v. 2014, 2014. https://www.scirp.org/html/2-2601549_48412.htm
- SOUZA, E.H. et al. Macambiras e espécies simpátricas da Serra do Jatobá, Milagres, Bahia. **Revista Macambira**, v. 5, p. 1-15, 2021. <https://doi.org/10.35642/rm.v5i2.569>
- STUMPF, E.R.T. et al. Espécies nativas que podem substituir as exóticas no paisagismo. **Ornamental Horticulture**, v. 21, n. 2, p. 165-172, 2015. <https://doi.org/10.14295/aohl.v21i2.663>
- TAIZ,L.; ZEIGER,E. Fundamentos da fisiologia vegetal. 6 ed. Porto alegre: **Artmed**, p. 918, 2021.
- TARDIVO, R.C. 2020. *Neoglaziovia* in **Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB16612>>. Acesso em: 27 out. 2022
- TARRÉ , E. et al. Germinabilidade de sementes de espécies endêmicas de *Encholirium* Mart. ex Schult. & Schult. f. e *Dyckia* Schult. & Schult. f.(Bromeliaceae) após dessecação, armazenamento e criopreservação. **Acta Botânica Brasílica**, v. 21, p. 777-783, 2007.
- VIEIRA, D.C.M.; SOCOLOWSKI, F.; TAKAKI, M. Germinação de sementes de *Dyckia tuberosa* (Vell.) Beer (Bromeliaceae) sob diferentes temperaturas em luz e escuro. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, p. 183-188, 2007.
- VIEIRA, M.G.G.C.; VON-PINHO, E.V.R. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de algodão. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes** .2. ed. Londrina: ABRATES, 2020, 620p.
- VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. (Eds.) **Vigor de sementes: conceitos e testes** . 2. ed. Londrina: ABRATES, 2020, 620p.
- WANG, W.; VINOCCUR, B.; ALTMAN, A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. **Planta**, v. 218, p. 1-14, 2003. <https://doi.org/10.1007/s00425-003-1105-5>

1 Qualidade fisiológica de sementes de caroá

2 **CAPÍTULO 1- Avaliação da qualidade fisiológica de diferentes lotes de**
3 ***Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez**

4 Raquel Araujo Gomes¹ (<https://orcid.org/0000-0003-4736-8630>), Jailton de Jesus Silva²
5 (<https://orcid.org/0000-0001-8118-0661>), Jamille Cardeal da Silva¹([http://orcid.org/0000-](http://orcid.org/0000-0002-2708-1117)
6 [0002-2708-1117](http://orcid.org/0000-0002-2708-1117)), Maria Aparecida Ferreira¹ (<https://orcid.org/0000-0002-5612-0496>),
7 Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante³(<https://orcid.org/0000-0002-2594-1769>), Bárbara
8 França Dantas² (<https://orcid.org/0000-0002-2375-9373>)

9 Resumo: *Neoglaziovia variegata* (caroá) é uma espécie endêmica da Caatinga cujas
10 fibras, flores e propriedades medicinais podem ser utilizadas para geração de renda.
11 Dada a importância da espécie, a qualidade das sementes, influenciada por vários
12 fatores, é crucial para a alta produtividade. Os objetivos do trabalho foram caracterizar
13 sementes de diferentes populações de *N. variegata* e definir metodologias para avaliar a
14 qualidade fisiológica de suas sementes. Hastes de frutos de caroá foram coletados de
15 três populações e seus frutos e sementes foram medidos quanto ao comprimento e
16 largura. Foram realizadas avaliações do teor de água, peso de 1000 sementes, bem como
17 testes de condutividade elétrica e de germinação para avaliar a qualidade fisiológica de
18 seis lotes de caroá. O teste de tetrazólio foi realizado com diferentes concentrações (0,01
19 a 1%) de solução de cloreto 2,3,5 trifênil tetrazólio e incubação durante 24 horas, a 30 °C
20 no escuro. Os frutos e sementes apresentaram variação entre as populações. Os testes
21 realizados conseguiram distinguir os lotes que eram ou não vigorosos. A concentração

¹Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Avenida Transnordestina, s/n-Novo Horizonte, Feira de Santana 44036-900, BA, Brasil

²Embrapa Semiárido, Rodovia BR-428, Km 152, Zona Rural, Petrolina 56302-970, PE, Brasil

³Colegiado de Agronomia, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE 56300000, Brasil
Este artigo será submetido à revista Journal of Seed Science.

1 0,75% foi a única em que os resultados do teste de tetrazólio não diferiram do teste de
2 germinação.

3

4 Palavras-chave: germinação; teste de tetrazólio; biometria; Caatinga; Bromeliaceae

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

Introdução

1
2 *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez é uma Bromeliaceae conhecida
3 popularmente como caroá, cruá ou caruá. É uma espécie endêmica da Caatinga,
4 ocorrendo em toda região Nordeste e Minas Gerais (Tardivo, 2020). As folhas do caroá
5 produzem fibras de alta resistência, importantes economicamente para produtos
6 artesanais e culturalmente para vestimentas indígenas (Ribeiro, 2007; Dario, 2018). A
7 espécie também tem potencial ornamental devido à coloração das flores e pelo tempo de
8 vida útil em vaso (10 dias) (Beckmann-Cavalcante et al., 2017). Além disso, seu extrato
9 oferece benefícios para a saúde, incluindo ações fotoprotetora e gastroprotetora
10 (Oliveira-Junior et al., 2015) e gastroprotetor (Lira et al., 2021).

11 A relação entre fatores ambientais, como precipitação, temperatura, e fatores
12 genéticos pode levar a mesma espécie apresentar características fenotípicas distintas
13 (Souza, 2020). Estudos sobre a biometria de frutos e sementes podem fornecer
14 informações que auxiliam na distinção entre espécies do mesmo gênero e entre
15 diferentes variedades botânicas, viabilizar programas de melhoramento, identificar a
16 variabilidade genética presente dentro e entre populações, além de auxiliar na avaliação
17 da qualidade fisiológica das sementes (Gabr, 2018; Mendes et al., 2019; Felix et al., 2020;
18 Nunes et al., 2021; Faria e Dantas, 2022).

19 Sementes que apresentam alta qualidade fisiológica produzem mudas vigorosas,
20 conseguem se estabelecer no ambiente e desenvolver (Pina-Rodrigues et al., 2015). A
21 qualidade fisiológica das sementes é avaliada por testes de viabilidade e vigor (Marcos-
22 Filho, 2015a). A análise da viabilidade das sementes pode ser realizada pelos testes de
23 germinação e tetrazólio, enquanto a avaliação do vigor pode ser realizada por diversos
24 testes: classificação de vigor de plântulas, envelhecimento acelerado, teste a frio,
25 condutividade elétrica e tetrazólio (Marcos-Filho, 2015b).

1 Os testes de condutividade elétrica e de tetrazólio são testes de caráter
2 bioquímico, rápidos e eficazes na avaliação da qualidade das sementes (Krzyzanowski et
3 al., 1999). O teste de condutividade elétrica avalia a integridade das membranas
4 celulares quantificando a quantidade de eletrólitos lixiviados das células da semente
5 para a água em que ficou imersa: quanto maior a quantidade de lixiviados, menor a
6 integridade das membranas e menor será seu vigor (Marcos-Filho, 2015b; Silva et al.,
7 2020). O teste de tetrazólio é um método de avaliar a viabilidade e o vigor das sementes,
8 com rapidez e praticidade, auxiliando na melhor tomada de decisões de acordo com a
9 necessidade do agricultor (França-Neto e Krzyzanowski, 2019). O teste de tetrazólio é
10 composto de três fases (pré-condicionamento, exposição à solução salina e avaliação).
11 Cada espécie apresenta uma metodologia adequada para o teste de tetrazólio, com
12 tempo e temperatura de pré-embebição em água; corte ou retirada de tegumento para
13 exposição dos tecidos embrionários, concentração da solução e tempo para avaliação
14 dos resultados (Brasil, 2009; Dantas et al., 2015).

15 As sementes de *N. variegata* germinam apenas na presença de luz (fotoblástica
16 positiva) com temperatura ótima em torno de 30 °C (Silveira et al., 2011). Após a
17 semeadura a germinação (emissão de raiz principal) ocorre entre 8 e 17 dias (Farias e
18 Dantas, 2022). No entanto, não se tem informações sobre metodologias de avaliação de
19 viabilidade e vigor das sementes e nem a influência dos locais de coleta ou de diferentes
20 lotes na qualidade das sementes. Dessa forma, os objetivos do trabalho foram (1)
21 caracterizar sementes de diferentes populações de *N. variegata*, colhidos em regiões
22 distintas quanto às suas características físicas e funcionais e (2) definir metodologias
23 para avaliar a qualidade fisiológica das sementes de diferentes lotes.

Material e Métodos

1
2 *Coleta e beneficiamento das sementes:* as sementes foram colhidas em três
3 populações distintas em área de Caatinga, sendo duas delas em Petrolina-PE e uma em
4 Jacobina-BA. Os lotes denominados EMB2018, EMB2019 e EMB2023 foram colhidos no
5 Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, Petrolina-PE (09°04'16,4"S,
6 40°19'5,37"W) em 2018, 2019 e 2023 respectivamente. Os lotes denominados CCA2022
7 e CCA2023 foram colhidos no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do
8 Vale do São Francisco, Petrolina-PE (9°19'26.7"S 40°32'56.8"W) em 2022 e 2023
9 respectivamente. Em 2023 as sementes do lote JACO2023, foram colhidas no Povoado de
10 Pau-Ferro, Jacobina-BA (11°10'35.4"S 40°36'46.7"W).

11 Frutos do *N. variegata* foram colhidos entre os meses de março e maio. Após as
12 avaliações biométricas dos frutos, as sementes foram extraídas, lavadas com água
13 corrente para retirada da mucilagem e colocadas para secar em temperatura ambiente
14 por uma semana, obtendo-se o lote inicial de sementes recém-colhidas. Avaliações
15 biométricas também foram realizadas nas sementes dos lotes recém-colhidos EMB2023,
16 CCA2023 e JACO2023. Foram medidos 30 frutos e 100 sementes utilizando o software
17 ImageJ.

18 Os lotes de sementes recém-colhidas foram então armazenados (não mais que
19 seis meses) em sacos de algodão na câmara fria (T=10°C; UR= 60%), mesma condição
20 em que os lotes EMB2018 e EMB2019 foram armazenados durante 5 e 4 anos,
21 respectivamente. O lote CCA2022, foi armazenado durante um ano em saco de
22 polietileno em câmara fria (T= 8°C; UR= 50%).

23 *Características ambientais e físico-químicas do solo dos locais de coleta das*
24 *sementes:* segundo Köppen, o clima em Petrolina é do tipo BSh- Clima semiárido seco,
25 apresentando um ciclo irregular de chuvas (dezembro a março) com uma média anual

1 de 435 mm, secas prolongadas e altas temperaturas (Teixeira, 2010; Alvares et al.,
2 2013). Em Jacobina, o clima é do tipo AW- Clima Quente, com as estações de inverno e
3 verão bem definidas, com chuvas de verão, uma precipitação média de até 863 mm,
4 concentrada nos meses de janeiro a março (Alvares et al., 2013; Novais et al., 2020).

5 Os dados meteorológicos dos locais de coleta em Petrolina-PE foram obtidos nas
6 estações meteorológicas da Embrapa Semiárido, localizadas em Cristália (8°48'39,5"S,
7 40°22'2,6"W) (EMB2023) e Fruit Fort (CCA2023). Sobre a cidade de Jacobina-BA, os
8 dados meteorológicos foram obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)
9 através da estação Jacobina. Frutos de *N. variegata* são formados entre a transição da
10 estação de seca para chuvosa (outubro-novembro) e levam aproximadamente cinco
11 meses para atingirem a maturidade (Pereira e Quirino, 2008). Por causa disso, foram
12 obtidos os dados meteorológicos mensais dos anos de 2022 e 2023 (Figura 1).

13 Quatro subamostras de solo foram coletadas na camada 0-15 cm e misturadas
14 para formar a amostra que representaria o local. Essa amostra foi encaminhada para
15 realizar as análises física e química do material (Teixeira et al., 2017). Os resultados
16 estão na Tabela 1.

17 *Adequação do teste de tetrazólio para avaliação de sementes de N. variegata: as*
18 sementes do lote EMB2018 foram pré-embebidas em água destilada por 24h com
19 posterior corte longitudinal, paralelo ao embrião (Figura 2A). Após esse processo, foi
20 montado um experimento em delineamento inteiramente casualizado com quatro
21 repetições de 25 sementes, em que as sementes foram colocadas em diferentes soluções
22 de cloreto 2,3,5-trifenil tetrazólio, conhecido também como sal de tetrazólio (0,01, 0,05,
23 0,075, 0,1, 0,25, 0,5, 0,75, 1%) durante 24 horas, na temperatura de 30 °C no escuro. O
24 lote EMB2018 foi escolhido para o ajuste deste teste por apresentar a maior quantidade

1 de sementes disponíveis dentre os lotes. As sementes submetidas ao teste de tetrazólio
2 foram avaliadas no microscópio estereoscópico de modelo Leica MZ6.

3 Com a identificação da melhor concentração para a realização do teste de
4 tetrazólio, a mesma foi utilizada para avaliação dos demais lotes de *N. variegata*
5 (EMB2019, EMB2023, JACO2023, CCA2022 e CCA2023) para comparar os resultados
6 com o teste de germinação padrão. Foi realizado o envelhecimento acelerado das
7 sementes do lote EMB2019 para produzir um novo lote, identificado como EMB2019-
8 EA, para comparar os testes de germinação e teste de tetrazólio. O envelhecimento
9 acelerado aplicado nas sementes do lote EMB2019 consistiu na utilização de caixas do
10 tipo Gerbox possuindo no seu interior uma tela de alumínio, onde as sementes foram
11 distribuídas de maneira a formarem uma camada simples sobre a superfície da tela.
12 Foram adicionados 40 mL de água no interior do gerbox, fechadas e mantidas em
13 câmara de germinação do tipo B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) na temperatura de 40
14 °C durante 48 horas (Vieira; Krzyzanowski, 2020)

15 *Avaliação da qualidade de sementes de diferentes lotes:* Foram avaliados seis lotes
16 de *N. variegata*: EMB2018, EMB2019, EMB2023, CCA2023, CCA2022 e JACO2023.
17 Inicialmente foi avaliado o peso de 1000 sementes (cálculo da média de oito repetições
18 de 100 sementes) e teor de água, realizado pelo método de estufa a 105°C por 24h com
19 duas repetições de 25 sementes (Brasil, 2009).

20 A avaliação da qualidade fisiológica das sementes *N. variegata* foi realizada pelo
21 teste de germinação e análise do vigor. Antes da realização dos experimentos, as
22 sementes foram imersas em uma solução com água destilada e detergente neutro (10
23 gotas.L⁻¹) para a realização da sua assepsia durante 7 minutos. Um experimento em
24 delineamento inteiramente casualizado, com 6 lotes em quatro repetições de 25
25 sementes foi montado para avaliar a germinação das sementes. Para cada repetição as

1 sementes foram distribuídas em duas folhas de papel mata-borrão e colocadas em caixas
2 do tipo Gerbox, umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do
3 papel. As caixas foram incubadas em câmaras de germinação do tipo B.O.D (*Biochemical*
4 *Oxygen Demand*) à temperatura constante de 30 °C, com fotoperíodo de 24 horas,
5 durante 21 dias, com avaliações a cada sete dias. A germinação foi considerada como a
6 emissão de 2,0 mm de raiz primária. Ao final do experimento foi avaliada a porcentagem
7 de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), contagem de plântulas
8 normais e anormais (Brasil, 2009).

9 Para a avaliação da condutividade elétrica das sementes de *N. variegata*, foi
10 montado um experimento em delineamento inteiramente casualizado com quatro
11 repetições de 25 sementes, pesadas e colocadas para embeber em 50 mL de água
12 deionizada em béquer de vidro e mantidas em câmara de germinação do tipo B.O.D
13 (*Biochemical Oxygen Demand*) na temperatura de 30 °C durante 24 horas. Após esse
14 período, a condutividade elétrica foi avaliada pelo condutivímetro Digimed DM 31 e os
15 resultados expressos em $\mu\text{s}/\text{cm}/\text{g}$.

16 *Análise estatística:* Os dados foram testados quanto à normalidade e
17 homogeneidade das variâncias analisadas pelo software SPSS (SPSS, 2021). A análise de
18 variância (ANOVA) foi testada pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias
19 significativas foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade utilizando
20 o software AgroStat (Barbosa; Maldonado, 2012). Para os dados que não apresentaram
21 normalidade ou homogeneidade, a análise de variância foi testada pelo teste de Kruskal-
22 Wallis a 5% de probabilidade e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de
23 probabilidade no Software SPSS e AgroStat (Barbosa; Maldonado, 2012; SPSS, 2021).
24 Foram montados gráficos de box-plot utilizando o software R (R Core Team, 2020). Os
25 resultados encontrados entre o teste de germinação padrão e o teste de tetrazólio foram

1 comparados pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade e por análises de correlação
2 utilizando o software AgroStat (Barbosa; Maldonado, 2012).

3 **Resultados**

4 Os dados biométricos de comprimento ($p= 0,219$) e largura ($p= 0,910$) dos frutos
5 de *N. variegata* apresentaram homogeneidade pelo teste de Levene a 5% de
6 probabilidade e ANOVA apresentou valor significativo ($P < 0,05$). O teste de Scott-Knott a
7 5% de probabilidade separou as médias do comprimento e largura (Figura 3). O lote
8 JACO2023 apresentou frutos com maior comprimento e menor largura (Figura 3).

9 Os frutos de *N. variegata* são do tipo baga com formato ovóide. Com base nos
10 gráfico box-plot é possível observar que os frutos dos três lotes apresentam dispersão
11 dos dados para ambas as características, indicando variabilidade dentro das populações
12 e entre elas (Figura 3).

13 Não houve normalidade e homogeneidade na análise dos dados biométricos das
14 sementes de *N. variegata*. Com isso, foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-
15 Wallis. O teste de Kruskal-Wallis apresentou valores significativos para as duas variáveis
16 ($p < 0,05$) com as médias separadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade
17 (Figura 4). As sementes apresentam uma polpa mucilaginosa adocicada. Os lotes
18 CCA2023 e JACO2023 apresentaram as maiores sementes (Figura 4). Foi observado que
19 as sementes de EMB2023 apresentaram menor dispersão dos dados em comparação
20 com os outros lotes (Figura 4).

21 Os dados do teste de tetrazólio apresentaram distribuição normal pelo teste de
22 Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade. O teste de média de Scott-Knott mostrou
23 que a porcentagem de sementes viáveis de acordo com as concentrações da solução do
24 tetrazólio apresentaram diferenças estatísticas, sendo a concentração 0,75% a que

1 apresentou maior média (Tabela 2). O teste de Dunnet revelou que a viabilidade das
2 sementes observada na concentração 0,75% foi a única que não diferiu do teste de
3 germinação padrão e dessa forma foi a escolhida para a realização dos testes em outros
4 lotes do *N. variegata* (Tabela 2).

5 Com os resultados observados no teste de tetrazólio foi possível classificar as
6 sementes em viáveis (Figura 5 e 6) e não viáveis (Figura 7). As sementes viáveis foram
7 aquelas em que o embrião apresentou coloração vermelho-carmim brilhante, quase
8 uniforme e tecidos túrgidos. Embriões com pequenos danos em estruturas não
9 fundamentais também foram considerados como viáveis (Figura 6). As sementes foram
10 classificadas como não-viáveis quando: o embrião não apresentou coloração vermelho-
11 carmim (Figura 7-A); apenas uma parte dele apresentou coloração (Figura 7-B,C,E); uma
12 região importante para seu desenvolvimento apresentou dano (Figura 7-D); ou quando
13 o embrião apresentou coloração vermelho carmim forte (Figura 7-F). Não foi observada
14 nenhuma semente considerada viável na concentração 0,01% (Tabela 2). Na
15 concentração de 1% os embriões apresentaram, principalmente, a coloração vermelho-
16 carmim forte (Figura 7-F).

17 Os resultados evidenciaram que a melhor concentração para avaliar a viabilidade
18 foi 0,75%, sendo a única que não diferiu do teste de germinação, e a mesma
19 concentração foi utilizada para testar os outros lotes (Tabela 3) e os resultados
20 mostraram que os valores entre o teste de germinação e o teste de tetrazólio foram
21 próximos entre os lotes, sendo observado uma correlação positiva e altamente
22 significativa entre as duas variáveis ($r = 0,51139$, $p = 0,0054$).

23 O teor de água das sementes variou entre 11,58 a 14,83%, com o lote EMB2019
24 apresentando o maior valor (Tabela 3). O peso de 1000 sementes variou entre 7,6 a 11,6
25 g, com os lotes CCA2022 e EMB2028 apresentando sementes mais pesadas (Tabela 3).

1 A dispersão dos dados pode ser observada pela largura da caixa no gráfico de
2 box-plot, conhecida também como amplitude interquartil (distância entre o 1° e 3°
3 quartil). Pode-se dizer que tanto para comprimento quanto para largura os frutos dos
4 três lotes apresentam dispersão dos dados, indicando variabilidade dentro das
5 populações e entre elas, demonstrando que pode existir variabilidade entre populações
6 diferentes para os frutos do *N. variegata*.

7 O tamanho das sementes de *N. variegata* observado no presente trabalho é
8 próximo do tamanho de outras espécies da mesma subfamília, como *Aechmea*
9 *blanchetiana* (Baker) L.B.Sm, *Wittrockia gigantea* (Baker) Leme (Pereira et al.,
10 2008), *Dyckia duckei* L.B. Smith, *D. racemosa* Baker (Silva e Scatena, 2011) e *Ananas*
11 *ananassoides* (Baker) L.B.Sm (Peréz et al., 2022).

12 *N. variegata* é uma espécie com floração anual, que se inicia na transição da
13 estação seca para a chuvosa, e cujos frutos levam cerca de cinco meses para atingir a
14 maturidade fisiológica (Pereira e Quirino, 2008; Santos et.al., 2012). Os três locais
15 apresentaram valores parecidos de precipitação no ano de formação dos frutos (2022) e
16 as características físicas e químicas do solo das três populações também são parecidas,
17 caracterizados por serem solos ácidos, com baixos valores de fósforo e potássio. Alguns
18 autores afirmam que, em *N. variegata*, as fenofases de floração e amadurecimento dos
19 frutos ocorrem após o período chuvoso, quando as chuvas são mínimas na Caatinga, e,
20 portanto, não são influenciadas pelo clima, mas apenas por fatores internos (Pereira e
21 Quirino, 2008).

22 Durante o teste de tetrazólio, a coloração vermelha observada na semente é o
23 composto trifenil-formazan, formado pela redução do sal de tetrazólio em contato com
24 as enzimas desidrogenase, (Brasil, 2019). Essa coloração é um indicador positivo da
25 viabilidade das sementes, refletindo a atividade respiratória celular. Em contraste,

1 tecidos de sementes não viáveis não reagem à solução de tetrazólio e permanecem
2 incolores (França-Neto e Krzyzanowski, 2019). No caso das sementes de *Neoglaziovia*
3 *variegata*, os danos observados no embrião podem ser atribuídos a fatores ocorridos
4 durante a coleta, beneficiamento ou corte do tegumento (Krzyzanowski et al., 2018).

5 A adequação da metodologia do teste de tetrazólio é essencial para garantir a
6 precisão dos resultados, pois o uso de soluções inadequadas, seja mais diluídas ou
7 concentradas, pode levar a subestimação ou interpretação incorreta da viabilidade das
8 sementes (Marin, et al., 2017; Brito et al., 2020). Para espécies como *Handroanthus*
9 *spongiosus* (Rizzini) S. Grose é recomendado utilizar a solução de tetrazólio a 0,01%
10 durante 3 h (Silva et al., 2023), espécies de bromeliaceae, como *Dyckia* spp. e *Vriesea*
11 *friburgensis* Mez utiliza-se a solução a 1% durante 24 horas (Prado et al., 2014; Paula et
12 al., 2022). A solução de 1% aplicado nas sementes de *N. variegata* produziu a coloração
13 mais intensa e não é recomendado o seu uso porque pode dificultar a distinção entre
14 tecidos e a identificação de lesões, potencialmente levando a confusões entre tecidos de
15 alto vigor e os de baixo vigor (Silva et al., 2021).

16 *N. variegata* é uma espécie endêmica da Caatinga com importância econômica e
17 cultural, além de diversos potenciais ecológicos. O teor de água é um indicador crucial de
18 maturidade fisiológica das sementes, fornecendo informações essenciais sobre o
19 momento ideal para a colheita (Carvalho et al., 2023). Durante a fase de secagem, esse
20 parâmetro é fundamental para orientar o processo de maneira adequada (Camicia et al.,
21 2015). A determinação do teor de água é uma etapa vital, pois contribui para a
22 padronização dos testes de qualidade, além de permitir a identificação das causas da
23 baixa qualidade fisiológica das sementes (Ataíde et al., 2016; Smaniotto et al., 2014).

24 Os elementos que afetam o potencial fisiológico das sementes englobam tanto a
25 germinação (viabilidade) quanto o vigor, fornecendo informações sobre o potencial das

1 sementes para realizar suas funções vitais em diferentes condições ambientais, tanto
2 favoráveis quanto desfavoráveis (Dornbos, 2022). O teste de condutividade elétrica é um
3 teste de vigor que avalia a integridade da membrana celular das sementes. Com a
4 deterioração de sementes, os fosfolipídios sofrem mudanças morfológicas que afetam a
5 membrana celular, levando à perda de sua estrutura de bicamada e da permeabilidade
6 seletiva, liberando mais lixiviados no meio aquoso (Silva et al., 2020), afetando a
7 germinação e a formação de plântulas normais. No presente trabalho foi observado que
8 os lotes que apresentaram os piores resultados para a condutividade elétrica são
9 aqueles que tiveram os piores valores para a germinação e formação de plântulas
10 normais.

11 Lotes com alto IVG podem ser qualificados como potencialmente vigorosos e
12 podem proporcionar maiores taxas de crescimento no período inicial de
13 estabelecimento (Batista et al., 2012). Entretanto, ele não foi tão eficaz em classificar o
14 vigor entre lotes de *N. variegata* quanto os testes de condutividade elétrica e a avaliação
15 de plântulas normais. Desse modo, os lotes EMB2023, CCA2022 e EMB2018 foram os
16 mais vigorosos por apresentarem os menores valores de condutividade elétrica e os
17 melhores valores para a germinação e formação de plântulas normais. Os lotes menos
18 vigorosos foram JACO2023 e CCA2023 por apresentarem os maiores valores de
19 condutividade elétrica e os menores valores de germinação e formação de plântulas
20 normais.

21 O peso de mil sementes também pode fornecer indicativos sobre sua qualidade,
22 de forma que sementes mais pesadas apresentam mais reserva para a germinação
23 (Gonzales et al., 2024). O baixo peso de 1000 sementes dos lotes JACO2023 e CCA2023
24 pode indicar uma menor nutrição em comparação com os outros lotes trabalhados,
25 também influenciando no baixo vigor.

1 Os testes de vigor são testes comparativos e podem identificar diferenças
2 importantes no potencial fisiológico que não são detectadas no teste de germinação,
3 conseguindo organizar os lotes de acordo com seu potencial de desempenho (Sena et al.,
4 2016).

5 Desse modo, com os resultados obtidos no presente trabalho foi possível
6 identificar avanços significativos sobre as sementes de *N. variegata*. O uso do teste de
7 tetrazólio, ajustado especificamente para essa espécie, mostrou-se eficaz na avaliação
8 rápida e precisa da qualidade fisiológica das sementes, proporcionando uma técnica
9 robusta para futuros estudos. Os testes de vigor aplicados no presente estudo foram
10 importantes para conseguir organizar os lotes de *N. variegata* de acordo com o seu
11 potencial de desempenho.

12 **Conclusão**

13 Os frutos e sementes de *N. variegata* demonstram variabilidade
14 interpopulacional, onde o tamanho das sementes não exhibe correlação com sua
15 qualidade fisiológica. O teste de tetrazólio pode ser realizado em sementes de *N.*
16 *variegata* utilizando a solução na concentração de 0,75% durante 24 horas na
17 temperatura de 30 °C. Para a referida espécie, o peso de mil sementes e o teste de
18 condutividade elétrica, juntamente com o teste de germinação, emergem como as
19 variáveis mais eficazes para contribuir na classificação da viabilidade e vigor das
20 sementes.

21 **Agradecimentos**

22 Os autores agradecem ao Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental -
23 NEMA/UNIVASF, o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias

1 Hidrográficas do Nordeste Setentrional - PISF e o Ministério do Desenvolvimento
2 Regional - MDR pela disponibilização das sementes.

3 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento
4 de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

5 Referências

- 6 ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G.
7 Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6,
8 p.711-728, 2013.
9 [http://143.107.18.37/material/mftandra2/ACA0225/Alvares etal Koppen climate clas](http://143.107.18.37/material/mftandra2/ACA0225/Alvares%20etal%20Koppen%20climate%20classification%20map%20for%20Brazil%20MeteoZeitschrift%202013.pdf)
10 [sBrazil MeteoZei 2014.pdf](http://143.107.18.37/material/mftandra2/ACA0225/Alvares etal Koppen climate clas sBrazil MeteoZei 2014.pdf)
- 11 ATAÍDE, G.M.; BORGES, E.E.L.; LEITE FILHO, A.T. Alterações fisiológicas e biométricas em
12 sementes de *Melanoxylon brauna* Schott durante a germinação em diferentes
13 temperaturas. *Revista Árvore*, v.40, p.61-70, 2016. [https://doi.org/10.1590/0100-](https://doi.org/10.1590/0100-67622016000100007)
14 [67622016000100007](https://doi.org/10.1590/0100-67622016000100007)
- 15 BARBOSA, J.C.; MALDONADO, W.J. *AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios*
16 *agronômicos*. Jaboticabal: Unesp, p.396, 2012.
- 17 BATISTA, N.A.S.; LUZ, P.B.; SOBRINHO, S.P.; NEVES, L.G.; KRAUSE, W. Avaliação da
18 qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi pelo teste de condutividade elétrica.
19 *Revista Ceres*, v.59, p.550-554, 2012. [https://doi.org/10.1590/S0034-](https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000400017)
20 [737X2012000400017](https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000400017)
- 21 BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z.; J.H.F.; BARBOSA, M.S.M.; DULTRA, D.F.S.; SILVA, H.L.C.;
22 SILVA, S.D.P.; STUMPF, E.R.G.T. Innovation in floriculture with ornamental plants from
23 Caatinga biome. *Ornamental Horticulture*, v.23, n.3, p.289-295, 2017.
24 <https://doi.org/10.14295/oh.v23i3.1081>
- 25 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de*
26 *sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa
27 Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS. p.395, 2009. [https://www.gov.br/agricultura/pt-](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf)
28 [br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf)
29 [insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf)
- 30 BRITO, W.A.L.B.; PEREIRA, K.T.O.; NOGUEIRA, N.W.; TORRES, S.B.; PAIVA, E.P. Evaluation
31 of viability of *Tabebuia aurea* seeds through tetrazolium test. *Revista Caatinga*, v.33,
32 p.993-999, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n414rc>
- 33 CAMICIA, R.G.M.; CHRIST, D.; COELHO, S.R.M.; CAMICIA, R.F.M. Modelagem do processo
34 de secagem de sementes de feijão-caupi. *Revista Caatinga*, v.28, n.03, p.206-214, 2015.
35 <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n323rc>

- 1 CARVALHO, G. A., LIMA, P. A. M., CARVALHO, M. A., LOPES, S. O., JACOMINO, G. R. L.,
2 COSTA, J. S., ... & LOPES, J. C. Maturation and harvest time of *Ateleia glazioveana* Baill.
3 seeds. *Brazilian Journal of Biology*, v. 83, p. e274888, 2023.
4 <https://doi.org/10.1590/1519-6984.274888>
- 5 DARIO, F. R. Uso de plantas da caatinga pelo povo indígena pankararu no estado de
6 pernambuco, brasil. *Revista Geotemas*, v.8, n.1, p.60-76, 2018.
7 <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/863>.
- 8 DANTAS, B.F.; MATIAS, J.R. RIBEIRO, R.C. Teste de tetrazólio para avaliar viabilidade e
9 vigor de sementes de espécies florestais da Caatinga. *Informativo abrates*, v.15, n.1,
10 2015.
- 11 DORNBOS, David L. Production environment and seed quality. In: *Seed quality*. CRC
12 Press, 2020. p. 119-152.
- 13 FARIAS, L.A.A.C.; DANTAS, B.F. Morphometric characterization and functional traits of
14 fruits and seeds of *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez. *Journal of Seed Science*, v.44,
15 e202244021, 2022, <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v44250044>
- 16 FELIX, F.C.; MEDIROS, J.A.D.; FERRARI, C.S.; VIEIRA, F.A.; PACHECO, M.V. Biometry of
17 *Pityrocarpa moniliformis* seeds using digital imaging: implications for studies of genetic
18 divergence. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.15, n.1, p.1-8, 2020.
19 <https://doi.org/10.5039/agraria.v15i1a6128>
- 20 FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Tetrazolium: an important test for
21 physiological seed quality evaluation. *Journal of Seed Science*, v.41, p.359-366, 2019.
22 <https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n3223104>
- 23 GABR, D.G. Significance of fruit and seed coat morphology in taxonomy and identification
24 for some species of Brassicaceae. *American Journal of Plant Sciences*, v.9, n.3, p.380,
25 2018.
26 <https://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=82500&#abstract>
- 27 GONZALES, N.C.J.; DUEÑAS, R.W.O.; CAUSHI, Y.M.E.; FABIAN, R.A.P.; PAZ, R.J.S. Food grain
28 quality: Analysis of physical, biometric, and colorimetric properties to promote
29 consumption. *Heliyon*, v.10, e29234, 2024.
30 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29234>
- 31 KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A. *A Alta Qualidade da Semente*
32 *de Soja: Fator Importante Para a Produção da Cultura*. Circular Técnica, p.136, 2018,
33 136. [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf)
34 [online.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf)
- 35 KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). *Vigor de sementes:*
36 *conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, p.218, 1999.
- 37 PERÉZ, K.I.L.; SOLÓRZANO, A.M.M.; DÍAZ, I.R.P.; AMAYA, O.F.S.; PRADO, J.P.C. *Ananas*
38 *ananassoides* (Baker) LB Sm. a bromeliad from the savanna: seed morpho-anatomy and
39 histochemistry. *Brazilian Journal of Biology*, v.84, e259454, 2022.
40 <https://doi.org/10.1590/1519-6984.259454>

- 1 LIRA, K.L.; MACHADO, F.D.F.; VIANA, A.F.S.C.; OLIVEIRA, I.S.; SILVA, F.V.D.; FERNANDES,
2 H.B.; ALMEIDA, J.R.G.D.S.; OLIVEIRA, F.A.; BRANCO, A.; OLIVEIRA, R.C.M.
3 Gastroprotective activity of *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez. (Bromeliaceae) in rats
4 and mice. *Journal of Medicinal Food*, v.24, n.10, p.1113-1123, 2021,
5 <https://doi.org/10.1089/jmf.2020.0182>
- 6 MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future
7 perspective. *Scientia agricola*, v.72, p.363-374, 2015a. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>
8
- 9 MARCOS-FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2 ed. Londrina: ABRATES,
10 p.660, 2015b.
- 11 MARIN, M.; TOOROP, P.; POWELL, A. A.; LAVERACK, G. Tetrazolium staining predicts
12 germination of commercial seed lots of European native species differing in seed quality.
13 *Seed Science and Technology*, v. 45, n. 1, p. 151-166, 2017.
14 <https://doi.org/10.15258/sst.2017.45.1.03>
- 15 MARTELO-SOLORZANO, A. M.; LIDUEÑA-PÉREZ, K.I.; CORREDOR-PRADO, J.P. Seed's
16 morpho-anatomy and post-seminal development of Bromeliaceae from tropical dry
17 forest. *Rodriguésia*, v. 73, p. e02122020, 2022.
- 18 MENDES, G.G.C.; GUSMÃO, M.T.A.; MARTINS, T.G.V.; ROSADO, R.D.S.; SOBRINHO, R.S.A.;
19 NUNES, A.C.P.; RIBEIRO, W.S.; ZANUNCIO, J.C. Genetic divergence of native palms of
20 *Oenocarpus distichus* considering biometric fruit variables. *Scientific reports*, v.9, n.1,
21 p.4943, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41507-4>
- 22 NAKAGAWA, J. *Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas*. In:
23 KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. (Eds.) Vigor
24 de sementes: conceitos e testes 2. ed. Londrina: ABRATES, p.601, 2020.
- 25 NOVAIS, M.P.S. Análise do desastre hidrometeorológico ocorrido em dezembro de 2018
26 na cidade de Jacobina-BA. *Geografia Ensino & Pesquisa*, p.27-27, 2020.
- 27 NUNES, V.V.; MANN, R.S.; SOUZA, J.L; CALAZANS, C.C. Geno-phenotypic diversity in a
28 natural population of *Hancornia speciosa* Gomes: implications for conservation and
29 improvement. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v.68, n.7, p.2869-2882, 2021.
30 <https://doi.org/10.1007/s10722-021-01160-1>
- 31 OLIVEIRA-JUNIOR, R.G.; SOUZA, G.R.; GUIMARÃES, A.L.; OLIVEIRA, A.P.; ARAUJO, C.S.;
32 SILVA, J.C.; PACHECO, A.G.M.; LIMA-SARAIVA, S.R.G.; ROLIM, L.A.; NETO, P.J.R.; CASTRO,
33 R.N.; ALMEIDA, J.R.G.S. Photoprotective, antibacterial activity and determination of
34 phenolic compounds of *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae) by high performance
35 liquid chromatography-diode array detector (HPLC-DAD) analysis. *African Journal of*
36 *Pharmacy and Pharmacology*, v.9, n.22, p.576-584, 2015.
37 <https://doi.org/10.5897/AJPP2015.4315>
- 38 PAULA, J.C.B.; JUNIOR, W.A.R.; SHIMIZU, G.D.; FARIA, R.T. Criopreservação de sementes
39 de espécies brasileiras do gênero *Dyckia* (Bromeliaceae). *Iheringia, Série Botânica*, v.77,
40 2022. <https://doi.org/10.21826/2446-82312022v77e2022025>

- 1 PEREIRA, A.R.; PEREIRA, T.S.; RODRIGUES, A.S.; ANDRADE, A.C.S. Morfologia de
2 sementes e do desenvolvimento pós-seminal de espécies de Bromeliaceae. *Acta Botanica*
3 *Brasilica*, v.22, p.1150-1162, 2008. [https://doi.org/10.1590/S0102-](https://doi.org/10.1590/S0102-33062008000400026)
4 [33062008000400026](https://doi.org/10.1590/S0102-33062008000400026)
- 5 PEREIRA, F.R.D.L.; QUIRINO, Z.G.M. Fenologia e biologia floral de *Neoglaziovia variegata*
6 (Bromeliaceae) na Caatinga paraibana. *Rodriguésia*, v. 59, n. 4, p. 835-844, 2008.
7 <https://www.scielo.br/j/rod/a/8SgMPbKmsj7dSgKcfwm9cWd/?format=pdf&lang=pt>
- 8 PINA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; SILVA, A. *Sementes florestais tropicais: da*
9 *ecologia à produção*. Londrina: ABRATES, p. 477, 2015.
- 10 PRADO, J.P.C.; SCHMIDT, E.C.; STEINMACHER, D.A.; GUERRA, M.P.; BOUZON, Z.L.; VESCO,
11 L.L.D.; PESCADOR, R. Seed morphology of *Vriesea friburgensis* var. *paludosa* LB Sm.
12 (Bromeliaceae). *Hoehnea*, v.41, p.553-562, 2014. [https://doi.org/10.1590/2236-8906-](https://doi.org/10.1590/2236-8906-08/2013)
13 [08/2013](https://doi.org/10.1590/2236-8906-08/2013)
- 14 R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation
15 for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. Disponível em: Disponível em:
16 <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 18 mar. 2024.
- 17 RIBEIRO, M.B. Fibrocultura: o Semi-Árido é o paraíso das fibras vegetais. In: A
18 potencialidade do semi-árido brasileiro. Brasília: Revan. *Acta Crystallography*, v.136,
19 p.121, 2007.
- 20 SANTOS, A. et al. Fenologia reprodutiva de *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez
21 (Bromeliaceae) em área de Caatinga no Município de Petrolina, PE. In: Jornada De
22 Iniciação Científica Da Embrapa Semiárido, 7.; Jornada De Iniciação Científica Da
23 Facepe/Univasf, 1., 2012, Petrolina. Anais... Petrolina: Embrapa Semiárido, 2012.
24 <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/944665/1/Luciakiill.pdf>
- 25 SENA, D.V.A.; ALVES, E.U.; MEDEIROS, D.S. Vigor tests to evaluate the physiological
26 quality of corn seeds cv.'Sertanejo'. *Ciência Rural*, v.47, p. e20150705, 2016.
27 <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150705>
- 28 SILVA, I.V.; SCATENA, V.L. Morfologia de sementes e de estádios iniciais de plântulas de
29 espécies de Bromeliaceae da Amazônia. *Rodriguésia*, v.62, p.263-272, 2011.
30 <https://doi.org/10.1590/2175-7860201162204>
- 31 SILVA, J.N.; SILVA, M.A.D.; RODRIGUE, M.H.B.S.; ALVES, R.M. Testes de envelhecimento
32 acelerado e condutividade elétrica para Sementes de Espécies Florestais Nativas: Uma
33 breve revisão. *Meio Ambiente (Brasil)*, v.1, n.2, 2020.
34 <https://www.meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/30>
- 35 SILVA, K.R.; STÜTZEL, T.; ORIANI, A. Seed development and its relationship to fruit
36 structure in species of Bromelioideae (Bromeliaceae) with fleshy fruits. *Botanical*
37 *Journal of the Linnean Society*, v. 192, n. 4, p. 868-886, 2020.
- 38 SILVA, P.A.D.; SCARIOT, A. Phenology, biometric parameters and productivity of fruits of
39 the palm *Butia capitata* (Mart.) Beccari in the Brazilian cerrado in the north of the state

- 1 of Minas Gerais. *Acta Botanica Brasilica*, v.27, p.580-589, 2013.
2 <https://doi.org/10.1590/S0102-33062013000300015ç>
- 3 SILVA, R.N.O.; GADOTTI, G.I.; CARVALHO, I.L.; CARVALHO, I.R.; CAVALCANTE, J.A.; SILVA,
4 J.G. Methodological adjustments to the tetrazolium test in coriander seeds. *Journal of*
5 *Seed Science*, v.43, p. e202143026, 2021. <https://doi.org/10.1590/2317->
6 [1545v43251969](https://doi.org/10.1590/2317-1545v43251969)
- 7 SILVEIRA, D.G.; PELACANI, C.R.; ANTUNES, C.G.C.; ROSA, S.S.; SOUZA, F.V.D.; SANTANA,
8 J.R.F. Resposta germinativa de sementes de caroá [*Neoglaziovia variegata* (ARRUDA)
9 MEZ]. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, p. 948-955, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413->
10 [70542011000500012](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000500012)
- 11 SMANIOTTO, T.A.S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K.A.F.; OLIVEIRA, D.E.C.; SIMON, G.A.
12 Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições.
13 *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, p. 446-453, 2014.
14 <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000400013>
- 15 SOUZA, D.D. *Adaptações de plantas da caatinga*. São Paulo: Oficina de textos. 2020.
- 16 SPSS 2021. SPSS: O programa essencial para trabalhar com estatística. Disponível em:
17 <https://spss.softonic.com.br/> . Acesso em: 23 maio 2022.
- 18 TARDIVO, R.C. *Neoglaziovia* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de
19 Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB16612> . Acesso em: 20 mai.
20 2022.
- 21 TEIXEIRA, A.H.C. *Informações agrometeorológicas do polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA-*
22 *1963 a 2009*. Petrolina: Embrapa Semiárido, p.21, 2010.
- 23 TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. *Manual de métodos de*
24 *análise de solo*. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 574 p.
25 <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1085209>
26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34

1 Tabela 1: Características físicas e químicas do solo dos locais de coleta de frutos e
2 sementes de *Neoglaziovia variegata*.

Variável	EMB2023	CCA2023	JACO2023
Densidade do solo (kg/dm ³)	1,50	1,49	1,63
Densidade de partículas (kg/dm ³)	2,58	2,52	2,50
Porosidade total (%)	41,86	40,95	34,66
Areia total (g/kg)	623	827,15	690,15
Silte (g/kg)	335,39	133,26	232,56
Argila (g/kg)	41,48	39,58	77,28
CE (mScm ⁻¹)	0,37	0,52	0,33
pH	5,70	5,00	5,00
P (mg dm ⁻³)	1,93	6,54	2,8
K (cmol _c dm ⁻³)	0,12	0,29	0,34
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,05	0,09	0,13
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,00	1,40	2,00
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,00	0,70	1,00
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	2,40	2,90	2,90
SB (cmol _c dm ⁻³)	3,20	2,90	2,90
CTC (cmol _c dm ⁻³)	5,60	5,40	6,40
Cu (mg dm ⁻³)	0,86	0,63	0,77
Fe (mg dm ⁻³)	9,94	72,16	78,66
Mn (mg dm ⁻³)	33,70	26,00	61,52
Zn (mg dm ⁻³)	1,06	1,09	2,13

3 CE = condutividade elétrica; pH = potencial de hidrogênio determinado em água; P =
4 fósforo, K = potássio; Na = sódio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; H + Al = acidez potencial;
5 SB = soma de bases (Ca + Mg + Na + K); CTC = capacidade de troca catiônica (H + Al +
6 SB); Cu = Cobre; Fe = Ferro; Mn = manganês; Zn = zinco.

7

8 Tabela 2: Resultado do teste de tetrazólio em sementes de *Neoglaziovia variegata* em
9 diferentes concentrações.

G(%) = 89,5	
Concentração do tetrazólio (%)	Sementes consideradas viáveis (%)
0,01	0d
0,05	16c
0,075	24c
0,1	46b
0,25	53b
0,5	58b
0,75	85a*
1	17c

10 Médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Scott-
11 Knott a 5% de probabilidade. (*) (asterisco) indica igualdade na porcentagem de
12 germinação pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Germinação padrão (G).

13

1 Tabela 3: Teor de água (TA), peso de 1000 sementes (Peso 1000), condutividade elétrica
 2 (Cond), índice de velocidade de germinação (IVG), germinação (G), teste de tetrazólio
 3 (TTZ) e formação de plântulas normais (PN) de diferentes lotes de *Neoglaziovia*
 4 *variegata*.

Lotes	TA(%)	Peso 1000 (g)	Cond(μ s/cm/g)	IVG (germinação.dia ⁻¹)	G(%)	TTZ(%)	PN(%)
EBM2023	13,43	8,5c	215,65b	1,82a	83a	83a	71a
JACO2023	11,67	7,6d	257,32a	0,53b	43b	51b	38b
CCA2023	11,58	7,9d	248,79a	0,79b	46b	59b	35b
CCA2022	12,67	10,3a	220,98b	1,81a	76a	76a	66a
EMB2019	14,83	9,5b	242,42a	3,23a	89a	82a	69a
EMB2018	14,03	11,6a	226,14b	3,15a	89,5a	85a	62,5a
EMB2019- EA	-	-	-	1,91a	77a	64b	62a
CV(%)	-	9,7	7,6	36,7	13,6	18	25,7

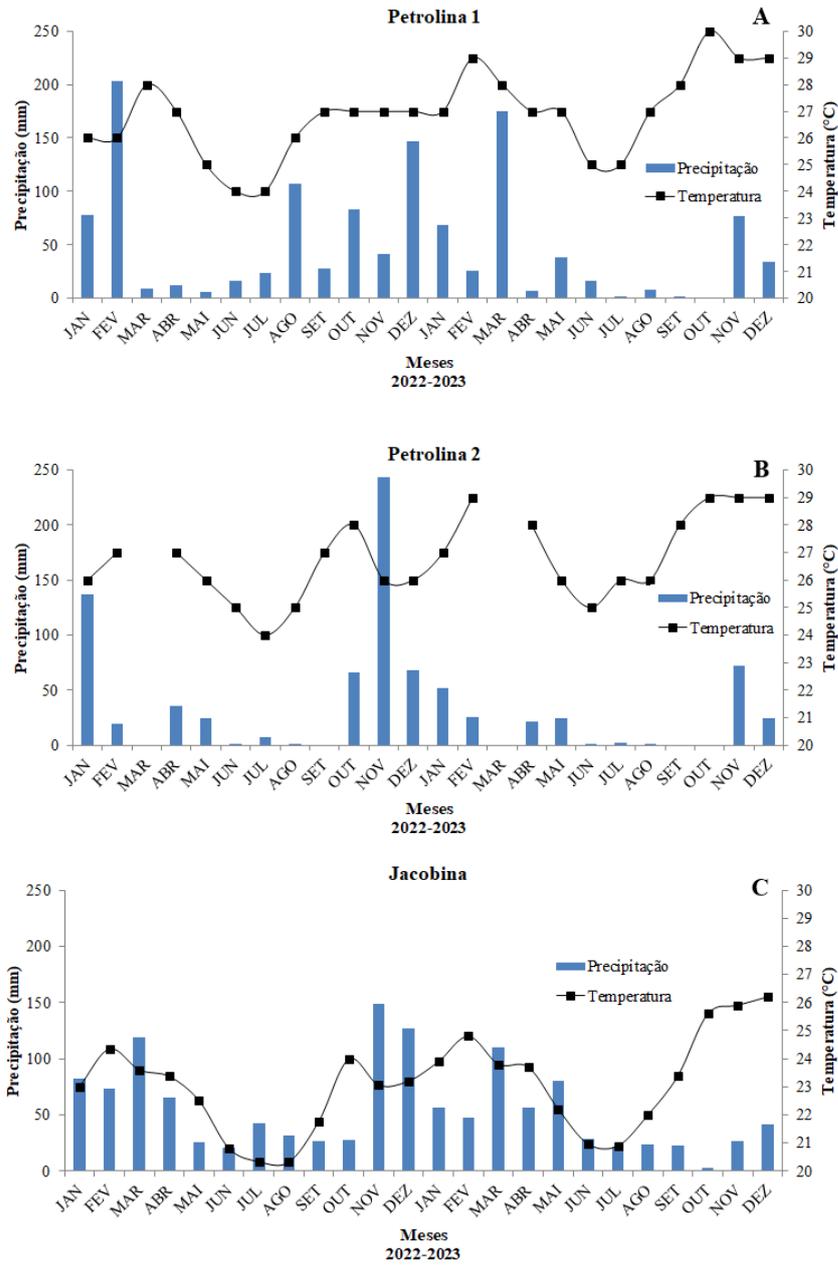
5 Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo
 6 teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

7

8

9

10



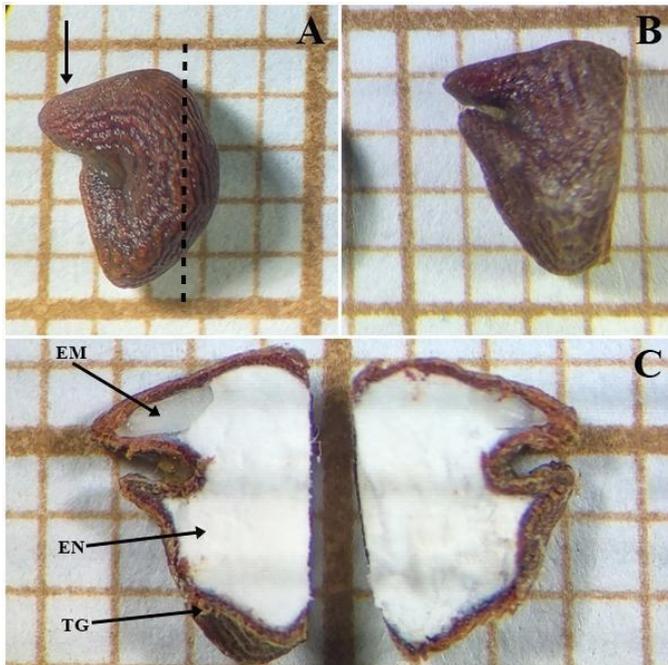
1

2 Figura 1: Dados mensais de precipitação e temperatura dos três locais de coletas das
 3 sementes de *Neoglaziovia variegata* entre os anos de 2022 e 2023.

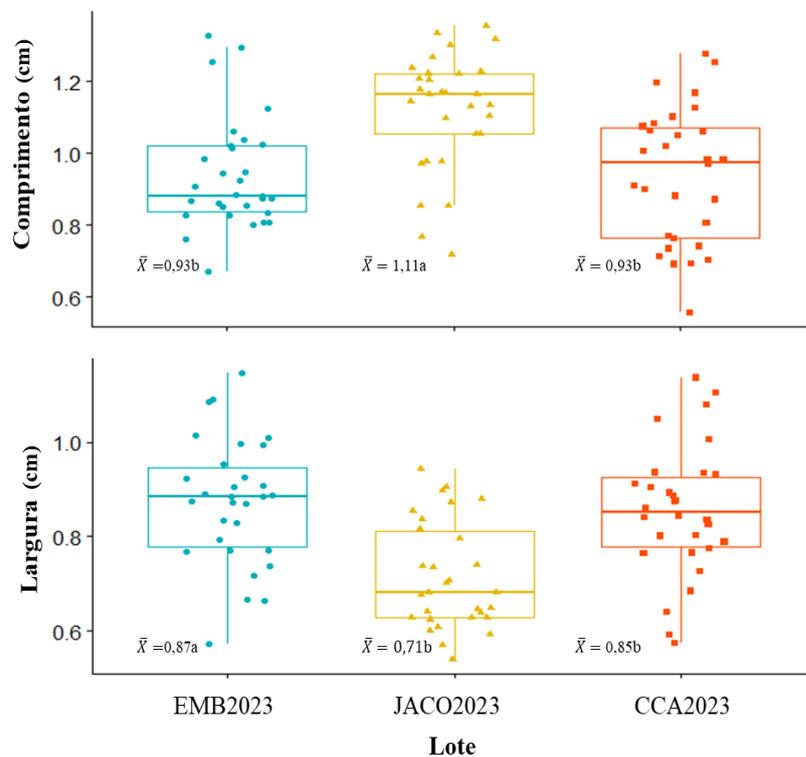
4

5

6



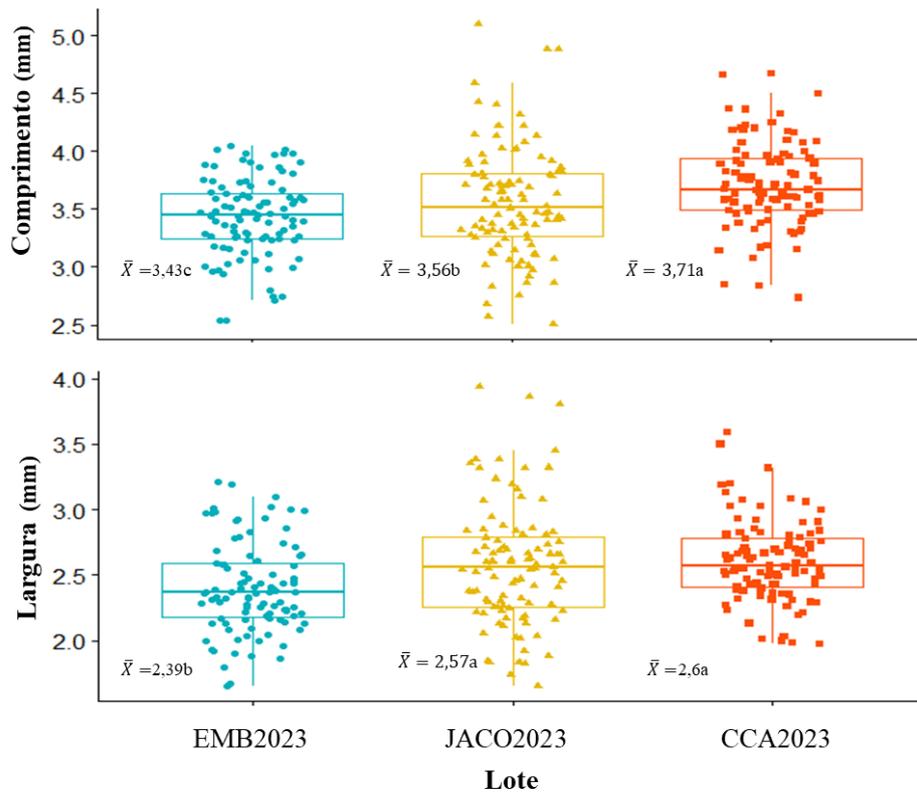
1
2 Figura 2: Sementes de *Neoglaziovia variegata* (A) semente intacta; (B) cortada
3 longitudinalmente; (C) morfologia interna da semente. Linha tracejada indica local de
4 corte longitudinal e seta indica local do embrião na semente intacta. Estruturas internas
5 da semente: (EM) embrião; (EN) endosperma; (TG) tegumento.
6



7
8 Figura 3: Gráfico de box-plot do comprimento e largura dos frutos de *Neoglaziovia*
9 *variegata* de diferentes lotes. As linhas mais grossas dentro da caixa mostram a mediana,
10 a parte superior e inferior das caixas representam o 3º e o 1º quartil (respectivamente).

1 Médias seguidas pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas pelo teste
 2 de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3

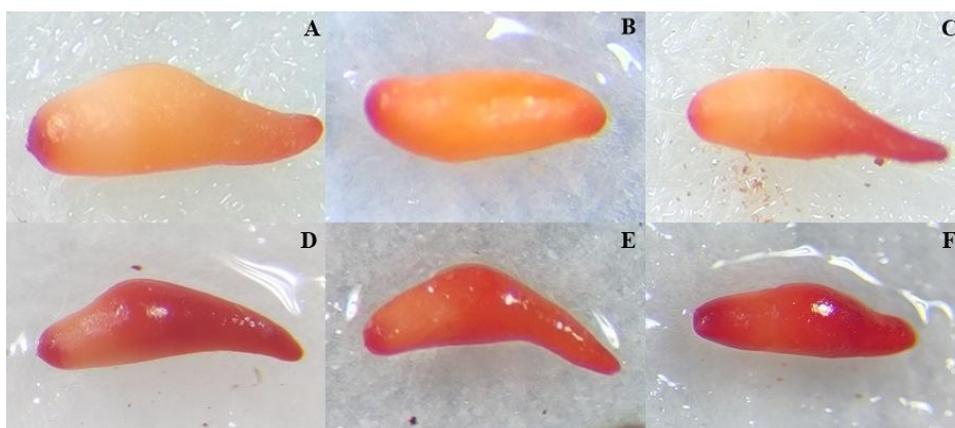


4

5 Figura 4: Gráfico de boxplot do comprimento e largura de sementes de *Neoglaziovia*
 6 *variegata* de diferentes lotes. As linhas mais grossas dentro da caixa mostram a mediana,
 7 a parte superior e inferior das caixas representam o 3º e o 1º quartil (respectivamente).

8 Médias seguidas pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas pelo teste
 9 de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

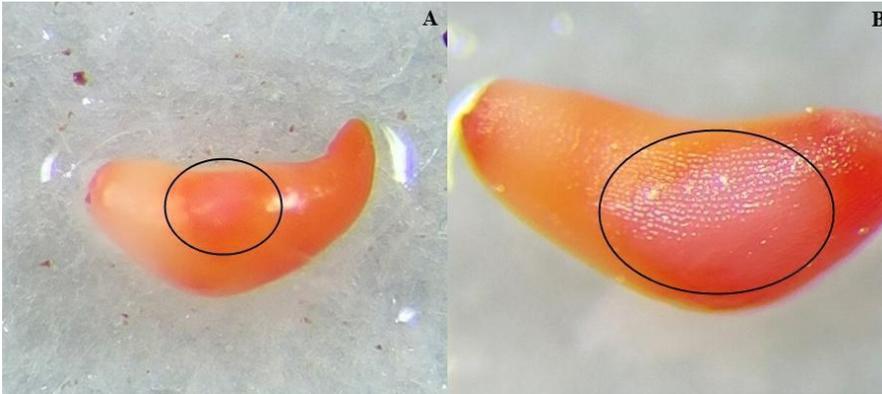
10



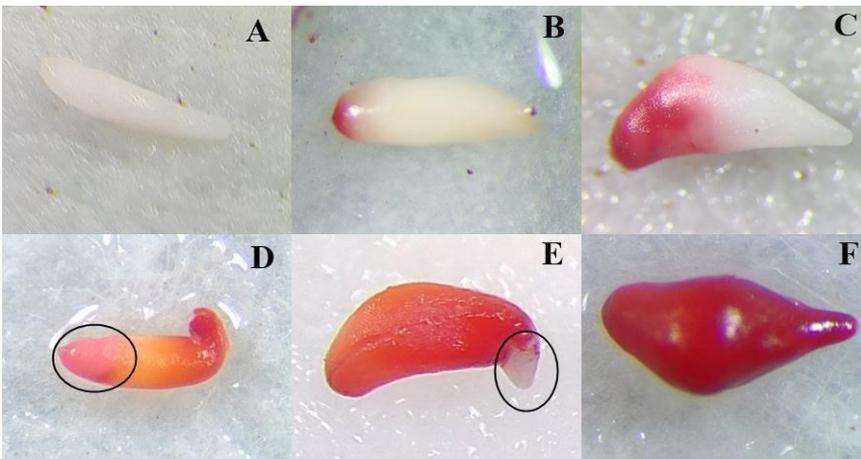
11

12 Figura 5: Sementes viáveis de *Neoglaziovia variegata* segundo o teste de tetrazólio.
 13 Embrião com coloração vermelho claro (A-C) a vermelho carmim brilhante (D-F).

14



1
2 Figura 6: Sementes viáveis de *Neoglaziovia variegata* segundo o teste de tetrazólio. A e B
3 Embriões com pequenos danos (A,B).
4
5



6
7 Figura 7: Sementes não-viáveis de *Neoglaziovia variegata* segundo o teste de tetrazólio.
8 (A) embrião branco; (B,C) apenas uma parte do embrião apresentou coloração; (D) dano
9 na extremidade do embrião; (E) morte na extremidade do embrião; (F) embrião com
10 coloração vermelho carmim forte.

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

1 Armazenamento de sementes de caroá

2 **CAPÍTULO 2- Conservação *ex situ* de sementes de *Neoglaziovia variegata***

3 **(Arruda) Mez**

4 Autores: Raquel Araujo Gomes ¹

5 (<https://orcid.org/0000-0003-4736-8630>), Jailton de Jesus Silva² ([https://orcid.org/0000-](https://orcid.org/0000-0001-8118-0661)

6 0001-8118-0661), Maria Aparecida Ferreira¹ (<https://orcid.org/0000-0002-5612-0496>),

7 Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante³ (<https://orcid.org/0000-0002-2594-1769>), Bárbara

8 França Dantas² (<https://orcid.org/0000-0002-2375-9373>)

9 Resumo: A conservação de bromélias e sua manutenção no ambiente é importante para a

10 restauração de ecossistemas pois elas contribuem para a estabilização do solo e a ciclagem

11 de nutrientes, e são habitat para macroinvertebrados. Objetivou-se avaliar a qualidade

12 fisiológica de sementes de *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez submetidas a diferentes

13 tempos e condições de armazenamento. Foi realizado um experimento em delineamento

14 inteiramente casualizado com quatro repetições de 25 sementes em esquema fatorial duplo,

15 com um tratamento adicional de sementes recém-colhidas (3x6+1). Foram avaliados três

16 tempos de armazenamento (4, 8 e 12 meses) em seis diferentes condições de

17 armazenamento compostas por combinações de embalagens (permeável ou impermeável) e

18 ambientes (laboratório, câmara fria, freezer e nitrogênio líquido). Foi avaliado o teor de água

19 e a germinação das sementes. Após 3 semanas foi avaliada a formação de plântulas normais

20 e biomassa. Os resultados mostraram que o teor de água, germinação e biomassa não foram

21 alterados durante o armazenamento. A formação de plântulas normais foi inibida apenas

¹Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Avenida Transnordestina, s/n-Novo Horizonte, Feira de Santana 44036-900, BA, Brasil

² Embrapa Semiárido, Rodovia BR-428, Km 152, Zona Rural, Petrolina 56302-970, PE, Brasil

³Colegiado de Agronomia, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE 56300000, Brasil
Este artigo foi submetido à revista Journal of Seed Science.

1 quando as sementes foram armazenadas em freezer. *N.variegata* é uma espécie cujas
2 sementes podem ser armazenadas a curto prazo em diferentes condições ambientais sem
3 perder a viabilidade, tornando-se um processo acessível para produtores e coletores.

4

5 Palavras chaves: Bromeliaceae, armazenamento, qualidade fisiológica, tecnologia de
6 sementes; Caatinga.

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

Introdução

Bromeliaceae é uma família de monocotiledôneas formada por oito subfamílias (Brochinioideae, Lindmanioideae, Tillandsioideae, Hechtioideae, Navioideae, Pitcairnioideae, Bromelioideae e Puyoideae) e com ampla distribuição na região neotropical (Leroy et al., 2019; Givnish et al., 2022). Suas espécies apresentam diversas adaptações importantes para seu desenvolvimento, como tricomas foliares absorventes de água e nutrientes (Oliveira et al., 2021) e metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) (Juvik et al., 2017). Essas estruturas permitem que as espécies consigam se adaptar a condições adversas como a de regiões semiáridas e apresentar importância biológica, como servir de plantas nutridoras para outras plantas (Tsuda e Castellani, 2016) e ter participação no ciclo de vida de macroinvertebrados, fornecendo um micro-habitat nos fitotelmata para a sua sobrevivência e desenvolvimento (Rosa et al., 2021).

A espécie *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez, conhecida popularmente como caroá, é endêmica da Caatinga, apresentando potencial de aplicação em diversas áreas e importância econômica. Estudos demonstram o potencial do *N.variegata* como planta ornamental (Beckmann-Cavalcante et al., 2017) e seu extrato tem ação fotoprotetora (Junior et al., 2013), efeito antibacteriano (Oliveira-Junior et al., 2015) e gastroprotetores (Lira et al., 2021). A espécie também apresenta importância econômica devido às fibras de alta resistência que são produzidas (Silveira et al., 2011). Ela já foi muito utilizada no advento da fibra sintética e atualmente atua como fonte de renda de famílias na região do Semiárido devido a fabricação de produtos artesanais (Kiill et al., 2019). No entanto, a coleta das plantas no passado para a extração das fibras sempre foi realizada de forma extrativista, o que colocou a sobrevivência da espécie em risco em algumas regiões do Nordeste (Silveira et al., 2013).

1 Como estratégia de conservação *ex situ* da espécie *N. variegata*, os esforços têm se
2 concentrado no desenvolvimento de metodologias avançadas de cultivo *in vitro*, visando
3 preservar e propagar a espécie de maneira eficiente. (Silveira et al., 2009; Silveira et al.,
4 2013). Trabalhos avaliando outros métodos de conservação, como armazenamento de
5 sementes, ainda são escassos para *N. variegata*.

6 As sementes possuem alta capacidade de adaptação para sobreviver em ambientes
7 adversos e, posteriormente, germinar e estabelecer-se quando as condições ambientais
8 tornam-se favoráveis (Walters e Pence, 2021). A conservação *ex situ* das espécies vegetais é
9 a mais indicada quando existe o risco de desaparecimento no seu ambiente natural
10 (Guerrant et al., 2014). O armazenamento de sementes é uma das estratégias de
11 conservação *ex situ* com objetivo de prolongar a longevidade natural das sementes
12 (Delouche et al., 2021). O controle da temperatura e da umidade relativa do ar são os
13 fatores mais importantes durante o armazenamento, pois são os que mais influenciam na
14 velocidade de deterioração da semente (Ballesteros et al., 2021). Esses fatores são regulados
15 pelo local do armazenamento (geladeira, freezer, câmara fria ou nitrogênio líquido) e o tipo
16 de embalagem usada (permeável, semipermeável e impermeável) (Silva et al., 2022a).

17 Os testes de viabilidade e vigor são importantes para fornecer informações sobre a
18 qualidade fisiológica das sementes durante os procedimentos de armazenamento (Hay e
19 Probert, 2013). Sobre a conservação de sementes de *N. variegata*, já se tem trabalhos pelo
20 método de cultivo *in vitro* (Silveira et al., 2009), mas ainda não se tem conhecimento sobre a
21 longevidade das sementes e suas condições ideais de armazenamento. Desse modo, o
22 objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade fisiológica das sementes de *Neoglaziovia*
23 *variegata* submetidas a diferentes condições de armazenamento, visando sua conservação.

24

Material e Métodos

1
2 *Coleta de sementes:* frutos *N. variegata* foram coletados em abril de 2023 no
3 município de Petrolina-PE (09°04'16,4"S, 40°19'5,37"W). As sementes foram extraídas de
4 frutos carnosos tipo baga, lavadas com água corrente para retirada da mucilagem e
5 colocadas para secar em temperatura ambiente por uma semana, obtendo-se o lote inicial
6 de sementes recém-colhidas (RC). As sementes RC foram acondicionadas em sacos de pano
7 e mantidas em câmara fria por duas semanas (T=10 °C; UR= 60%) até o início da realização
8 dos testes. Segundo Köppen, o clima em Petrolina é do tipo BSh- Clima semiárido seco, com
9 altas temperaturas, secas prolongadas e uma precipitação anual média de 435 mm (Teixeira,
10 2010; Alvares et al., 2013).

11 *Armazenamento de sementes:* foi realizado um experimento em delineamento
12 inteiramente casualizado em esquema fatorial duplo, com um tratamento adicional
13 (sementes-recém-colhidas anterior ao armazenamento) (3x6+1) em que os fatores foram
14 três períodos de armazenamento (4, 8 e 12 meses) e seis condições de armazenamento,
15 considerando embalagens (permeável ou impermeável) e ambientes (laboratório, câmara
16 fria, freezer e nitrogênio líquido).

17 As sementes recém-colhidas foram acondicionadas em sacos de algodão (SA) ou em
18 tubo hermético (TH) em polipropileno com volume de 1 cm³ para armazenamento em
19 condição ambiente (AM), com temperatura média de 25 ± 4 °C e 45 ± 3% de umidade
20 relativa do ar, ou e em câmara fria (CF), com temperatura ajustada para 10 ± 3 °C e 60 ± 4%
21 de umidade relativa do ar. As sementes armazenadas no freezer (FZ; -20 °C e 66% de
22 umidade relativa do ar) ou em nitrogênio líquido (NL; -196 °C) foram acondicionadas em
23 tubos criogênicos herméticos de polipropileno com volume de 1 cm³. Desse modo foram
24 testados cinco condições de armazenamento: sementes embaladas em saco de algodão em

1 temperatura ambiente (SA-AM), em saco de algodão em câmara fria (SA-CF), em tubo
2 hermético em ambiente (TH-AM), em tubo hermético em câmara fria (TH-CF) e tubo
3 criogênico em freezer (FZ) e nitrogênio líquido (NL). Os lotes produzidos depois dos tempos
4 de armazenamento foram comparados entre si e com as sementes recém-colhidas anterior
5 ao armazenamento (RC)

6 *Métodos de descongelamento de sementes:* anteriormente à avaliação das condições
7 de armazenamento das sementes foi realizado um experimento em delineamento
8 inteiramente casualizado, para avaliar qual o melhor método de descongelamento na
9 germinação de sementes de *N. variegata* após a criopreservação. Sementes recém-colhidas
10 foram colocadas em tubo criogênico e imersas em nitrogênio líquido (-196 °C) durante 72
11 horas (Salomão, 2002). Após esse período de tempo as sementes foram descongeladas de
12 acordo com os seguintes tratamentos: 5A- 5 horas em temperatura média ambiente de 27
13 °C; 1F3G1A - 1 hora em freezer a -20 °C, 3 horas em geladeira a 8 °C e 1 hora em
14 temperatura ambiente; 4G1A - 4h horas em geladeira, 1 hora em temperatura ambiente;
15 8F48G1A - 8 horas em freezer, 48 horas em geladeira e 1 hora em temperatura ambiente,
16 segundo a metodologia de Alencar et al. (2018). As sementes descongeladas foram
17 comparadas com as sementes recém-colhidas não congeladas (NC) para avaliar sua
18 qualidade fisiológica.

19 *Avaliação da qualidade de sementes recém-colhidas e armazenadas:* o teor de água
20 das sementes recém-colhidas e armazenadas foi realizado pelo método de estufa a 105 °C
21 por 24h com duas repetições de 25 sementes (Brasil, 2009). Antes da realização dos testes
22 de germinação, as sementes *N. variegata* foram emergidas em uma solução com água
23 destilada e detergente neutro (10 gotas.L⁻¹) para a realização da sua assepsia durante 7
24 minutos. Quatro repetições de 25 sementes, sendo estas distribuídas e colocadas em caixas

1 acrílicas transparentes de 11 x 11 x 3,5 cm (gerbox), sobre duas folhas de papel mata-borrão
2 umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel (Brasil, 2009). As
3 caixas gerbox foram incubadas em câmaras de germinação do tipo B.O.D (*Biochemical*
4 *Oxygen Demand*) à temperatura constante de 30 °C, com fotoperíodo de 24 h, com
5 avaliações a cada sete dias, durante três semanas. As sementes armazenadas em nitrogênio
6 líquido foram descongeladas de acordo com os resultados do experimento de
7 descongelamento. A germinação foi considerada com a emissão de 2,0 mm de raiz primária
8 e ao final do experimento, 21 dias após semeadura, foi avaliada a porcentagem final de
9 germinação e contagem de formação de plântulas normais e anormais (Brasil, 2009). A
10 biomassa seca do material foi avaliada pelo peso de dez plântulas normais de cada
11 repetição, após secagem em estufa durante 72 horas a 65 °C (Nakagawa, 2020).

12 *Análise estatística:* os dados foram analisados para verificar os pressupostos da
13 análise de variância por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilks (Shapiro e Wilks,
14 1965) e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene (Levene, 1960), ambos a 5%
15 de probabilidade. Foi realizada análise de variância (ANOVA) nos experimentos de
16 descongelamento e armazenamento das sementes. Os resultados obtidos foram
17 comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O teste de Dunnett a 5% de
18 probabilidade foi utilizado para comparar as sementes recém-colhidas e os tratamentos. As
19 análises foram realizadas nos softwares SPSS (SPSS, 2021) e Agroestat (Barbosa e
20 Maldonado, 2012).

21 **Resultados**

22 Sobre os métodos de descongelamento das sementes de *N. variegata*, as variáveis
23 germinação ($p = 0,792$) e plântulas normais ($p = 0,609$) apresentaram normalidade pelo teste
24 de Shapiro-Wilks. Em relação à germinação, a ANOVA não foi significativa entre os

1 tratamentos de descongelamento ($p = 0,128$) e não houve diferença entre eles e as
2 sementes recém-colhidas não congeladas pelo teste de Dunnet (Tabela 1). Sobre a formação
3 de plântulas normais (PN), a ANOVA foi significativa ($p = 0,0004$) e o teste de média de Scott-
4 Knott revelou que os tratamentos 5A e 1F3G1A apresentaram as melhores médias e diferem
5 estatisticamente dos outros tratamentos (Tabela 1). O teste de Dunnet demonstrou que os
6 tratamentos 5A e 1F3G1A não apresentaram diferenças com as sementes recém-colhidas
7 não congeladas (Tabela 1)

8 As sementes de *N. variegata* recém-colhidas apresentaram 13,43% de teor de água,
9 83% de germinação e 71% se desenvolveram em plântulas normais (Tabela 2). Em relação às
10 condições de armazenamento das sementes de *N. variegata*, os dados do teor de água e de
11 biomassa apresentaram normalidade ($p = 0,246$ e $0,216$, respectivamente); os dados de
12 germinação e formação de plântulas normais foram transformados em arco seno para
13 atender os pressupostos da ANOVA, apresentando normalidade para germinação ($p = 0,335$)
14 e plântulas normais ($p = 0,610$). A ANOVA mostrou que a interação entre os fatores
15 estudados só foi significativa para a formação de plântulas normais ($p = 0,007$). O teste de
16 Dunnet mostrou que só houve diferença entre as sementes RC e armazenadas para a
17 formação de plântulas normais (Tabela 2). O armazenamento no freezer (-20°C) foi o único
18 que afetou a formação de plântulas normais após 12 meses de armazenamento (Tabela 2).

19

20

Discussão

21

22

23

Os estudos de armazenamento de sementes para espécies da família Bromeliaceae
estão mais focados em criopreservação, principalmente pelas sementes serem pequenas e
está ser uma estratégia a longo prazo de armazenamento (Rodrigues et al., 2014). Este foi o

1 primeiro trabalho testando diferentes condições de armazenamento para sementes de *N.*
2 *variegata*.

3 Os resultados mostraram que as sementes de *N. variegata* não sofreram variação
4 significativa no seu teor de água durante um ano de armazenamento, independente da
5 condição testada. Espécies de bromélia dos gêneros *Encholirium* e *Dyckia* quando
6 armazenadas em embalagens impermeáveis durante um ano também não apresentaram
7 variações no teor de água (Tarré et al., 2007). Já as sementes de *H. spongiosus* quando
8 colocadas em saco de algodão/ polietileno e armazenadas em câmara fria acabam
9 absorvendo água (Silva et al., 2022a).

10 O teor de água das sementes é o principal fator que influencia a taxa de reações
11 metabólicas deteriorativas, sendo crucial para a sobrevivência a longo prazo durante o
12 armazenamento das sementes (Zhang et al., 2021). O tipo de embalagem pode influenciar na
13 variação do teor de água das sementes: embalagens impermeáveis impedem trocas gasosas,
14 enquanto nas embalagens permeáveis as sementes podem absorver ou liberar umidade,
15 alterando o teor de água até atingir o equilíbrio higroscópico (Silva et al, 2022). O equilíbrio
16 higroscópico é alcançado pela interação entre o teor de água, umidade relativa do ar e a
17 permeabilidade do tegumento (Oliveira et al., 2014). As sementes de *N. variegata* podem ter
18 mantido seu equilíbrio higroscópico durante o armazenamento nas diferentes condições
19 testadas, explicando a falta de variação significativa no teor de água.

20 Quando a viabilidade das sementes entre tratamentos testados não apresentam
21 diferenças, como foram observados para o armazenamento das sementes de *N. variegata*,
22 os testes de vigor podem ser mais eficazes em detectar as diferenças (Marcos-filho, 2015). A
23 avaliação de plântulas normais permitiu identificar que o armazenamento em freezer
24 compromete o vigor das sementes de *N. variegata*. Esse mesmo padrão de resposta também

1 foi observado em algumas espécies do gênero *Tillandsia*, onde após 180 dias de
2 armazenamento no freezer houve uma redução da germinação e do índice de velocidade de
3 germinação (Oliveira et al., 2021). Ambientes que apresentem alta umidade, como o freezer,
4 podem afetar a qualidade fisiológica das sementes de forma negativa (Voronkova et al.;
5 2018)

6 A combinação correta entre temperatura e embalagem de armazenamento pode
7 criar um ambiente ideal para a conservação das sementes. Por exemplo, para o
8 armazenamento de sementes a curto prazo da bromélia *Nidularium innocentii* Lem.,
9 recomenda-se mantê-las a 4 °C, utilizando tubos de polietileno ou sacos de papel como
10 embalagens. (Pereira et al., 2010). As sementes de *Astronium urundeuva* (M.Allemão) Engl.
11 podem ser armazenadas em baixas temperaturas, independente da embalagem utilizada
12 (Guedes et al., 2012). Diferindo do observado em outras famílias, como Fabaceae,
13 Bignoniaceae e Anacardiaceae (Araujo et al., 2017; Oliveira et al., 2018; Silva et al., 2022a),
14 as sementes de *N. variegata* demonstraram não apresentar requisitos específicos de
15 temperatura e embalagem para serem armazenadas a curto prazo. A ausência desses
16 requisitos específicos reduz custos, permitindo que recursos sejam direcionados para outras
17 áreas, como plantio e pesquisa. Além disso, facilita o manejo, tornando o processo de
18 conservação mais simples para agricultores e técnicos. A ausência de requisitos específicos
19 também amplia a acessibilidade, permitindo o armazenamento em diversos locais, incluindo
20 propriedades menores com infraestrutura limitada. Essa flexibilidade logística simplifica o
21 transporte e o armazenamento das sementes, e o menor risco de deterioração assegura sua
22 viabilidade por mais tempo, mesmo em condições adversas.

23 A redução na formação de plântulas normais observada após 8 meses de
24 armazenamento nas condições ambientais testadas pode estar relacionada ao fato de o

1 experimento ter sido realizado durante uma época mais quente do ano, com a temperatura
2 média do ar em torno de 29°C (Silva et al., 2023). Altas temperaturas podem acelerar a taxa
3 de respiração das sementes, levando à rápida depleção das reservas energéticas e
4 comprometendo sua viabilidade e vigor (Zhang, 2021).

5 Criopreservação é um processo utilizado para conservar células, tecidos, órgãos ou
6 qualquer outra substância biológica em baixíssimas temperaturas, geralmente utilizando
7 nitrogênio líquido (Wolkers; Oldenhof, 2021). Para a conservação *ex situ* de espécies
8 vegetais, as sementes podem ser armazenadas em nitrogênio líquido (-196 °C) reduzindo o
9 metabolismo celular a um nível que interrompe o desenvolvimento do tecido e preserva a
10 qualidade fisiológica das sementes quando descongeladas (Jenderek e Reed, 2017). Diversos
11 gêneros de Bromeliaceae, como *Tillandsia* (Oliveira et al., 2021), *Encholirium* e *Dyckia* (Tarrer
12 et al., 2007), podem ser armazenados em nitrogênio líquido sem prejudicar sua qualidade
13 fisiológica, com o mesmo padrão sendo observado para as sementes de *N. variegata*.

14 O descongelamento é uma etapa extremamente importante porque pode afetar a
15 qualidade fisiológica das sementes, sendo a velocidade de descongelamento o principal fator
16 que afeta a viabilidade e vigor. Para algumas espécies, como *Handroanthus spongiosus*
17 (Rizzini) S. Grose (Alencar et al., 2018) descongelamento gradual apresenta um
18 desenvolvimento mais eficaz para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes,
19 provavelmente porque essa abordagem mitigar os danos ocasionados pela baixa
20 temperatura e previne a destruição dos tecidos e células, impedindo a morte celular
21 (Stanwood e Bass, 1981). Entretanto, para algumas espécies o descongelamento
22 rapidamente é a melhor recomendação provavelmente devido os cristais de gelo, que
23 podem ter sido formados durante a criopreservação, não têm tempo suficiente para

1 aumentar de tamanho devido à rápida elevação da temperatura, preservando a integridade
2 das membranas celulares (Pegg, 2015).

3 descongelamento é realizado rapidamente os cristais de gelo, que podem ter sido
4 formados durante a criopreservação, não têm tempo suficiente para aumentar de tamanho
5 devido à rápida elevação da temperatura, preservando a integridade das membranas
6 celulares (Pegg, 2015).

7 Os resultados mostraram que os métodos de descongelamento não afetaram a
8 viabilidade das sementes de *N. variegata*, mas afetaram seu vigor, afetando a formação de
9 plântulas normais. O descongelamento em temperatura ambiente com 5 horas funcionou
10 para *N. variegata*, sendo o mesmo padrão resposta observado para algumas espécies
11 tropicais (Salomão, 2002), do gênero *Passiflora* (Silva et al., 2022b) e da família Bromeliaceae
12 (Tarré et al., 2007; Rodrigues et a., 2014).

13 Os resultados da pesquisa forneceram diretrizes claras sobre as condições ideais para
14 o armazenamento das sementes de *N. variegata* e os métodos mais eficazes para o
15 descongelamento, visando à preservação de sua viabilidade e qualidade. Essas informações
16 são fundamentais para otimizar o manejo e o armazenamento de sementes em bancos
17 genéticos ou em propriedades que desejam propagar a espécie.

18 No que se refere aos métodos de descongelamento, os testes revelaram que algumas
19 técnicas promovem uma recuperação mais eficaz da viabilidade das sementes após o
20 armazenamento em criopreservação. Esses avanços permitem a aplicação mais segura de
21 tecnologias de preservação a longo prazo, indicando que o processo de descongelamento é
22 tão crucial quanto o armazenamento para garantir a qualidade fisiológica das sementes.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

Conclusão

Para o descongelamento das sementes de *N. variegata* submetidas ao nitrogênio líquido, recomenda-se que as mesmas sejam descongeladas em temperatura ambiente por 5 horas. Sementes de *N. variegata* podem ser armazenadas em diferentes ambientes, como câmara fria, temperatura ambiente e nitrogênio líquido por 12 meses sem perder a viabilidade e o vigor. Recomenda-se que não seja utilizado o freezer como local de armazenamento, pois aos 8 meses de armazenamento seu vigor pode ser afetado.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

ALENCAR, S.S.; FREIRE, J.N.T.; GOMES, R.A.; SILVA, J.J.; ARAUJO, M.N.; DANTAS, B.F. Descongelamento de sementes crioconservadas de *Handroanthus spongiosus* (Rizzini) S. Grose. *Informativo Abrates*, v.28, n.1, 2018. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197387/1/Barbara-2.pdf>

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.D.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p. 711-728, 2013. http://143.107.18.37/material/mftandra2/ACA0225/Alvares_etal_Koppen_climate_classBrazil_MeteoZei_2014.pdf

ARAUJO, M.N.; FERRAZ, M.; AMÉRICO, F.K.A.; SILVA, F.F.S.; DANTAS, B.F.; CRUZ, C.R.P. Seed quality of *Amburana cearensis* (Allemão) AC Sm.(Fabaceae) is influenced by storage condition. *Journal of Seed Science*, v.39, p.401-409, 2017. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n4179328>

BALLESTEROS, D., FANEGA-SLEZIAK, N., DAVIES, R.M. Cryopreservation of Seeds and Seed Embryos in Orthodox-, Intermediate-, and Recalcitrant-Seeded Species. In: Wolkers, W.F., Oldenhof, H. (eds) *Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols. Methods in Molecular Biology*, New York: Humana, 2021. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0783-1_36

BARBOSA, J.C.; MALDONADO, W.J. *AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agrônomicos*. Jaboticabal: Unesp, 2012. 396 p.

- 1 BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z. et al. Innovation in floriculture with ornamental plants from
2 Caatinga biome. *Ornamental Horticulture*, v. 23, n. 3, p. 289-295, 2017.
3 <https://doi.org/10.14295/oh.v23i3.1081>
- 4 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de*
5 *sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa
6 Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS. 2009. 395 p. [https://www.gov.br/agricultura/pt-](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf)
7 [br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf)
8 [insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf)
- 9 DELOUCHE, J.C.; MATTHES, R.K.; DOUGHERTY, G.M.; BOYD, A.H. Storage of Seed in Sub-
10 Tropical and Tropical Regions. *Seed Technology Papers*, 205, 2021.
11 <https://scholarsjunction.msstate.edu/seedtechpapers/205>
- 12 GIVNISH, T. J.; BARFUSS, M.H.; VAN-EE, B.; RIINA, R.; SCHULTE, K.; HORRES, R.; PHILIP A.
13 GONSISKA, P.A.; JABAILY, R.S; CRAYN, D.M.; SMITH, J.A.C.; , WINTER,K.; BROWN, G.K.;
14 EVANS, T.M.; HOLST, B.K.; LUTHER, H.; TILL, W.; ZIZKA, G.; BERRY, P.E.; SYTSMA, K.J.
15 Phylogeny, adaptive radiation, and historical bio-geography in Bromeliaceae: Insights from
16 an eight-locus plastid phylogeny. *American Journal of Botany*, v.98, n.5, p.872-895. 2011.
17 <https://doi.org/10.3732/ajb.1000059>
- 18 GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; BRUNO, R.L.A.; GONÇALVES, E.P.; COSTA, E.G.; MEDEIROS, M.S.
19 Armazenamento de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes
20 embalagens e ambientes. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 14, p. 68-75, 2012.
21 <https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000100010>
- 22 GUERRANT J.R.E.O.; HAVENS, K.; VITT, P. Sampling for effective ex situ plant conservation.
23 *International Journal of Plant Sciences*, v. 175, n. 1, p. 11-20, 2014.
24 <https://doi.org/10.1086/674131>
- 25 HAY, F.R.; PROBERT, R.J. Advances in seed conservation of wild plant species: a review of
26 recent research. *Conservation physiology*, v.1, n.1, p.cot030, 2013.
27 <https://doi.org/10.1093/conphys/cot030>
- 28 JENDEREK, M.M.; REED, B.M. Cryopreserved storage of clonal germplasm in the USDA
29 National Plant Germplasm System. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, v.53, p.
30 299-308, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11627-017-9828-3>
- 31 JUNIOR, R.G.O.; ARAÚJO, C.A.; SOUZA, G.R.; GUIMARAES, A.L.; OLIVEIRA, A.P.; LIMA-
32 SARAIVA, S.R.G.; MO, A.C.S. In vitro antioxidant and photoprotective activities of dried
33 extracts from *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae). *Journal of Applied Pharmaceutical*
34 *Science*, v.3, n.1, p. 122-127, 2013. https://japsonline.com/admin/php/uploads/770_pdf.pdf
- 35 JUVIK, O.J.; HOLMELID, B.; FRANCIS, G.W.; LIE ANDERSEN, H.; OLIVEIRA, A.P.; JÚNIOR, R.G.O.;
36 ALMEIDA, J.R.G.S.; FOSSEN, T. Non-Polar natural products from *Bromelia laciniosa*,
37 *Neoglaziovia variegata* and *Encholirium spectabile* (Bromeliaceae). *Molecules*, v. 22, n. 9, p.
38 1478, 2017. <https://doi.org/10.3390/molecules22091478>

- 1 KIILL, L.H.P.; ARAÚJO, F.P.; ANJOS, J.B.; FERNANDES-JÚNIOR, P.I.; AIDAR, S.T.; SOUZA, A.V.V.
2 Biodiversidade da Caatinga como potencialidade para a agricultura familiar. In: Melo, F.;
3 Voltolini, T.V. *Agricultura Familiar*. Brasília: Embrapa, 2019, 467p.
- 4 LEROY, C.; GRIL, E.; OUALI, L.S.; COSTE, S.; GÉRARD, B.; MAILLARD, P.; MERCIER, H.; STAHL, C.
5 Water and nutrient uptake capacity of leaf-absorbing trichomes vs. roots in epiphytic tank
6 bromeliads. *Environmental and Experimental Botany*, v. 163, p. 112-123, 2019.
7 <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.04.012>
- 8 LEVENE, H. Robust tests for equality of variances. In: Olkin, I. *Contributions to probability and*
9 *statistics: essays in honor of Harold Hotelling*. California: Stanford University Press, 1960,
10 517p.
- 11 LIRA, K.L.; MACHADO, F.D.F.; VIANA, A.F.S.C.; OLIVEIRA, I.S.; SILVA, F.V.D.; FERNANDES,
12 H.D.B.; ALMEIDA, J.R.G.S.; OLIVEIRA, F.A.; BRANCO, A.; MENESES, R.C. Gastroprotective
13 Activity of *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez. (Bromeliaceae) in Rats and Mice. *Journal of*
14 *Medicinal Food*, v.24, n.10, p.1113-1123, 2021.
15 <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/jmf.2020.0182>
- 16 MARCOS-FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2 ed. Londrina: ABRATES,
17 2015, 660p.
- 18 NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. In: KRZYŻANOWSKI,
19 F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. (Eds.) *Vigor de sementes: conceitos*
20 *e testes*. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2020, 620p.
- 21 OLIVEIRA, D.E.C.; RESENDE, O.; CAMPOS, R.C.; DONADON, J.R. Obtenção e modelagem das
22 isotermas de dessecção e do calor isostérico para sementes de arroz em casca. *Científica*, v.
23 42, n. 3, p. 203-210, 2014. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2014v42n3p203-210>
- 24 OLIVEIRA, F.D.T.G.D.; VITÓRIA, R.Z.D.; POSSE, S.C.P.; ARANTES, S.D.; SCHMILDT, O.; VIANA,
25 A.; MALIKOUSKI, R.G.; BARROS, B.L.A. Qualidade fisiológica de sementes de aroeira em
26 função das condições de armazenamento. *Nucleus*, v.15, n.2, 2018.
- 27 OLIVEIRA, R.S.; SOUZA, F.V.D.; SANTOS, I.L.; SOUZA, S.D.O.; AONA, L.Y.S.; SOUZA, E.H.
28 Cryopreservation and low-temperature storage of seeds of *Tillandsia* species (Bromeliaceae)
29 with ornamental potential. *3 Biotech*, v. 11, n. 4, p. 186, 2021.
30 <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02730-x>
- 31 OLIVEIRA-JUNIOR, R.G.; SOUZA, G.R.; GUIMARÃES, A.L.; OLIVEIRA, A.P.; ARAÚJO, C.S.; SILVA,
32 J.C.; GOMES, A.; PACHECO, M.; LIMA-SARAIVA, S.R.G.; ROLIM, L.A, NETO, P.J.R.; CASTRO,
33 R.N.; ALMEIDA, J.R.G. Photoprotective, antibacterial activity and determination of phenolic
34 compounds of *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae) by high performance liquid
35 chromatography-diode array detector (HPLC-DAD) analysis. *African Journal of Pharmacy and*
36 *Pharmacology*, v. 9, n. 22, p. 576-584, 2015. <https://doi.org/10.5897/AJPP2015.4315>
- 37 PEREIRA, C.; CUQUEL, F.L.; PANOBIANCO, M. Germinação e armazenamento de sementes de
38 *Nidularium innocentii* (Lem.). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, p. 36-41, 2010.
39 <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000200004>

- 1 PARIHAR, A.; KUMAR, A.; PANDA, U.; KHAN, R.; PARIHAR, D.S.; KHAN, R. Cryopreservation: a
2 comprehensive overview, challenges, and future perspectives. *Advanced Biology*, v.7, n.6,
3 p.2200285, 2023. <https://doi.org/10.1002/adbi.202200285>
- 4 PEGG, D.E. Principles of cryopreservation. In. WOLKERS, W.F.; OLDENHOF, H. (Ed.)
5 *Cryopreservation and freeze-drying protocols*, New York: Humana New York p. 3-19, 2015.
- 6 RODRIGUES, A.R.P.; FORZZA, R.C.; ANDRADE, A.C.S. Physiological characteristics
7 underpinning successful cryopreservation of endemic and endangered species of
8 Bromeliaceae from the Brazilian Atlantic Forest. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v.
9 176, n. 4, p. 567-578, 2014. <https://doi.org/10.1111/boj.12219>
- 10 ROSA, C.D.; ANTUNES, T.J.; PEREIRA, I.K.; TARDIVO, R.C.; NUVOLONI, F.M. Habitat size and
11 anthropic threatens: the role of conservation areas on macroinvertebrates from tank
12 bromeliads. *Acta Brasiliensis*, v.5, n.2, p. 76-82, 2021. [https://doi.org/10.22571/2526-](https://doi.org/10.22571/2526-4338493)
13 [4338493](https://doi.org/10.22571/2526-4338493)
- 14 SALOMÃO, A.N. Tropical seed species response to liquid nitrogen exposure. *Brazilian Journal*
15 *of Plant Physiology*, v.14, n.2, p.133-138, 2002. [http://dx.doi.org/10.1590/S1677-](http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202002000200008)
16 [04202002000200008](http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202002000200008)
- 17 SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An Analysis of variance test for normality. *Biometrika*, v.52, n.3, p.
18 591-611, 1965. https://www.jstor.org/stable/2333709?seq=1#metadata_info_tab_contents
- 19 SILVA, A.M.; FIGUEIREDO, J.C.; TUNES, L.V.D.; GADOTTI, G.I.; RODRIGUES, D.B.; CAPILHEIRA,
20 A.F. Chickpea seed storage in different packagings, environments and periods. *Revista*
21 *Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, n. 9, p. 649-654, 2022.
22 <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n9p649-654>
- 23 SILVA, J.J.; ALENCAR, S.D.S.; GOMES, R.A.; MATIAS, J.R.; PELACANI, C.R.; DANTAS, B.F
24 Conservation and physiological quality of *Handroanthus spongiosus* (Rizzini) S. Grose
25 (Bignoniaceae) seeds. *Journal of Seed Science*, v. 44, 2022a. [https://doi.org/10.1590/2317-](https://doi.org/10.1590/2317-1545v44257812)
26 [1545v44257812](https://doi.org/10.1590/2317-1545v44257812)
- 27 SILVA, J.J.; JUNGHANS, T.G.; LEDO, C.A.S.; SILVA, F.L.; SOUZA, E.H.D.; HONGYU, K.; SOUZA,
28 F.V.D. Cryopreservation and germinative behavior of *Passiflora* spp. seeds. *3 Biotech*, v. 12,
29 n. 10, p. 276, 2022b. <https://doi.org/10.1007/s13205-022-03329-6>
- 30 SILVEIRA, D.G.; PELACANI, C.R.; ANTUNES, C.G.C.; ROSA, S.S.; SOUZA, F.V.D.; SANTANA,
31 J.R.F.D. Resposta germinativa de sementes de caroá [*Neoglaziovia variegata* (ARRUDA)
32 MEZ]. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, p. 948-955, 2011. [https://doi.org/10.1590/S1413-](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000500012)
33 [70542011000500012](https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000500012)
- 34 SILVEIRA, D.G.; SOUZA, F.V.D.; PELACANI, C.R.; SOUZA, A.D.S.; LEDO, C.A.D.S.; SANTANA,
35 J.R.F.D. Micropropagation and in vitro conservation of *Neoglaziovia variegata* (Arr. Cam.)
36 Mez, a fiber producing bromeliad from Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*,
37 v. 52, p. 923-932, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000400016>

- 1 SILVEIRA, D.G.; VIDAL, Á.M.; LEDO, C.A.D.S.; SANTANA, J.R.F.D.; SOUZA, F.V.D. Aspectos
2 morfofisiológicos na pré-aclimatização in vitro e aclimatização de plantas de caroá. *Revista*
3 *Ciência Agrônômica*, v. 44, p. 544-553, 2013.
4 <https://www.scielo.br/j/rca/a/zHxzKtrbzQLyjsXCVS3JZJ/?format=pdf&lang=pt>
- 5 SPSS: O programa essencial para trabalhar com estatística. 2021. Disponível em:
6 <https://spss.softonic.com.br/> . Acesso em: 23 maio 2023.
- 7 STANWOOD, P. C.; BASS, L. N. Seed germplasm preservation using liquid nitrogen. *Seed*
8 *Science and Technology*, v. 9, p. 423-237, 1981.
- 9 TARRÉ, E.; PIRES, B.B.M.; GUIMARÃES, A.P.M.; CARNEIRO, L.A.; FORZZA, R.C.; MANSUR, E.
10 Germinability after desiccation, storage and cryopreservation of seeds from endemic
11 *Encholirium* Mart. ex Schult. & Schult. f. and *Dyckia* Schult. & Schult. f. species
12 (Bromeliaceae). *Acta Botanica Brasilica*, v. 21, p. 777-783, 2007.
13 <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000400003>
- 14 TEIXEIRA, A.H.C. Informações agrometeorológicas do polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA-1963 a
15 2009. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 21p.
- 16 TSUDA, É.T.; CASTELLANI, T.T. *Vriesea friburgensis*: A natural trap or a nurse plant in coastal
17 sand dunes?." *Austral Ecology*, v.41, n. 3, p. 273-281, 2016.
- 18 VORONKOVA, N.M.; KHOLINA, A.B., KOLDAEVA, M.N.; NAKONECHNAYA, O.; NECHAEV, V.A.
19 Morphophysiological dormancy, germination, and cryopreservation in *Aristolochia contorta*
20 seeds. *Plant Ecology and Evolution*, v. 151, n. 1, p. 77-86, 2018.
- 21 WALTERS, C.; PENCE, V.C. The unique role of seed banking and cryobiotechnologies in plant
22 conservation. *Plants, People, Planet*, v.3, n.1, p.83-91, 2021.
23 <https://doi.org/10.1002/ppp3.10121>
- 24 WOLKERS, W.F.; OLDENHOF, H. (Ed.). *Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols.*
25 *Methods in Molecular Biology*, New York: Humana, 2021.
- 26 ZHANG, K.; ZHANG, Y.; SUN, J.; MENG, J.; TAO, J. Deterioration of orthodox seeds during
27 ageing: Influencing factors, physiological alterations and the role of reactive oxygen species.
28 *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 158, p. 475-485, 2021.
29 <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.031>
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35
- 36

1

2 Tabela 1: Germinação (G) e plântulas normais (PN) de sementes de *Neoglaziovia variegata*
 3 recém-colhidas não congeladas (NC) e submetidas a diferentes métodos de
 4 descongelamento após a criopreservação.

Tratamento	G%	PN%
NC	83	71
5A	86a	73a
1F3G1A	71a	60a
4G1A	69a	29b*
8F48G1A	70a	39b*
CV (%)	14,5	23

5 Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste
 6 de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias seguidas de (*) (asterisco) indicam diferença
 7 entre as sementes NC e descongeladas pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. 5A = 5
 8 horas em temperatura ambiente; 1F3G1A = 1 hora no freezer, 3 horas na geladeira e 1 hora
 9 em temperatura ambiente; 4G1A = 4 horas na geladeira, 1 hora em temperatura ambiente;
 10 8F48G1A = 8 horas no freezer, 48 horas na geladeira e 1 hora em temperatura ambiente; NC
 11 = recém-colhidas e não congeladas; CV% coeficiente de variação.

12

13 Tabela 2: Teor de água e qualidade fisiológica de sementes de *Neoglaziovia variegata*
 14 submetidas a diferentes condições e tempos de armazenamento.

Condições	Tempo de armazenamento (meses)		
	4	8	12
Teor de água (%)			
RC	13,43		
SA-AM	12,4aA	8,8aA	10,5aA
SA-CF	10,6aA	11,6aA	9aA
TH-AM	9,9aA	10,6aA	10,8aA
TH-CF	9,4aA	11,1aA	4,9aA
FZ	11,6aA	11,8aA	15,4aA
NL	12,3aA	10,8aA	11,6aA
CV (%)	26		
Germinação (%)			
RC	83		
SA-AM	59aA	71aA	71aA
SA-CF	76aA	70aA	81aA
TH-AM	76aA	66aA	72aA
TH-CF	59aA	71aA	71aA
FZ	79aA	73aA	74aA

NL	68,7aA	74aA	74aA
CV (%)	13		
RC	Plântulas normais (%)		
71			
SA-AM	49aA	44aA*	63aA
SA-CF	65aA	47aB*	69aA
TH-AM	58aA	46aA*	59aA
TH-CF	47aA*	38aA*	55aA
FZ	64aA	47aB*	29bC*
NL	61,2aA	55aA	59aA
CV (%)	14		
RC	-	Biomassa (g)	
SA-AM	0,028aA	0,017aA	0,027aA
SA-CF	0,032aA	0,025aA	0,03aA
TH-AM	0,033aA	0,026aA	0,026aA
TH-CF	0,027aA	0,022aA	0,024aA
FZ	0,044aA	0,024aA	0,017aA
NL	0,037aA	0,024aA	0,025aA
CV (%)	28		

1 Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não
2 diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Médias seguidas de (*)
3 (asterisco) indicam diferença entre as sementes RC e armazenadas pelo teste de Dunnett a
4 5% de probabilidade. SA-AM = sementes colocadas em sacos de algodão e armazenadas em
5 ambiente; SA-CC = sementes colocadas em sacos de algodão e armazenadas em câmara fria;
6 TH-AM = sementes acondicionadas em tubo hermético em polipropileno e armazenadas em
7 ambiente; TH-CC = sementes acondicionadas em tubo hermético em polipropileno e
8 armazenadas em câmara fria; FZ = sementes armazenadas em freezer; NL= sementes
9 armazenadas em nitrogênio líquido (-196 °C); RC = sementes recém- colhidas não
10 armazenadas.

11

12

13

14

15

16

17

Tolerância das sementes de caroá

CAPÍTULO 3- Dinâmica de germinação de *Neoglaziovia variegata* (Arruda)

Mez (Bromeliaceae): impacto dos limites térmicos e salinos na ecologia da espécie

Autores: Raquel Araujo Gomes³ (<https://orcid.org/0000-0003-4736-8630>), Williane Aparecida Silva Oliveira² (<https://orcid.org/0009-0003-2132-0628>), Maria Aparecida Ferreira¹ (<https://orcid.org/0000-0002-5612-0496>), Jailton de Jesus Silva³ (<https://orcid.org/0000-0001-8118-0661>), Márkilla Zunete Beckmann-Cavalcante⁴ (<https://orcid.org/0000-0002-2594-1769>), Bárbara França Dantas³ (<https://orcid.org/0000-0002-2375-9373>)

Resumo: O aquecimento global impacta significativamente o meio ambiente, afetando diretamente o desenvolvimento das plantas. *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez é uma Bromeliaceae endêmica da Caatinga, possui fibras de alta resistência usadas para geração de renda e apresenta potencial paisagístico e medicinal. O estudo teve como objetivo identificar os limites térmicos e hálco (salino) que influenciam a germinação dessa espécie. Em experimentos distintos, as sementes foram colocadas para germinar em temperaturas constantes entre 15 e 40 °C e em substrato embebido em solução de NaCl de 0 a 14 dS.m⁻¹. Foi também avaliada a combinação dos estresses térmico e salino e a recuperação das sementes após estresse. Todos os experimentos seguiram um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes durante 28 dias. Os dados foram

³Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Avenida Transnordestina, s/n-Novo Horizonte, Feira de Santana 44036-900, BA, Brasil

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia- PE 647, Km 22, PISNC N - 4, Zona Rural, Cx. Postal 277 - Petrolina/PE

³Embrapa Semiárido, Rodovia BR-428, Km 152, Zona Rural, Petrolina 56302-970, PE, Brasil

⁴Colegiado de Agronomia, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE 56300000, Brasil
Este artigo foi aceito na revista Journal of Seed Science.

1 analisados pelos modelos de tempo térmico e salino, estabelecendo-se os limites para
2 germinação. As temperaturas mínimas e máximas para germinação foram 14,3 e 41,7 °C,
3 respectivamente, com a temperatura ideal de 31,1 °C. O limite de germinação em meio
4 salino foi 16,2 dS/m⁻¹. As sementes demonstraram viabilidade após serem removidas do
5 estresse. A ampla faixa de temperatura e o alto limite salino mostram que a espécie pode
6 sobreviver aos cenários mais pessimistas de mudanças climáticas.

7

8 Palavras-chaves: Caatinga, caroá, fatores abióticos, mudanças climáticas.

9

Introdução

10 A germinação pode ser definida como a retomada do crescimento do embrião,
11 culminando na formação de uma plântula normal e saudável (Brasil, 2009). Para que o
12 processo germinativo seja iniciado, a semente precisa sair do seu estado quiescente e estar
13 em condições ambientais favoráveis para seu desenvolvimento (Soltani et al., 2022).
14 Temperatura e disponibilidade hídrica são os fatores abióticos mais importantes durante a
15 germinação (Silva et al., 2020). A temperatura está relacionada com as reações químicas que
16 ocorrem nas células, interferindo na velocidade, porcentagem e uniformidade da
17 germinação, enquanto a água absorvida pela semente sinaliza para a retomada das
18 atividades metabólicas, como a ativação de enzimas ligadas à mobilização das reservas
19 (Marcos-Filho, 2015; Silva et al., 2018). A presença de sais na solução do solo diminui seu
20 potencial osmótico, reduzindo a capacidade de absorção de água e resultando em
21 deficiência hídrica (Sheldon et al., 2017). Além disso, a presença excessiva desses sais induz
22 toxicidade iônica na planta e prejudica a absorção de nutrientes essenciais, como potássio e
23 nitrogênio (Parihar et al., 2014).

1 Para a germinação de cada espécie, existe uma temperatura base, na qual abaixo
2 dela não ocorre germinação, temperatura ótima, em que a maior germinação acontece em
3 um menor tempo, e a temperatura teto, na qual acima dela não ocorre germinação; além
4 das faixas subótima e supra-ótima, em que a velocidade de germinação diminui ou aumenta
5 de acordo com a temperatura, respectivamente (Garcia-Huidobro et al., 1982; Probert,
6 1993). Para o potencial osmótico (ψ) da solução de embebição, a disponibilidade de água
7 pura ($\psi=0$) é a condição ideal e quanto mais negativa a solução for, mais difícil será a
8 germinação, até que se alcance o potencial osmótico base, abaixo do qual a germinação é
9 nula (Soltani et al., 2022).

10 O efeito da temperatura, do potencial osmótico e a interação entre eles na
11 germinação das sementes são descritos por modelos de tempo térmico, tempo hídrico e
12 tempo hidrotérmico, respectivamente (Ellis et al., 1986; Bradford, 2002). Os modelos podem
13 ser usados tanto para prever o comportamento da germinação (Bakhshandeh et al., 2017;
14 Saaed et al., 2022) como para estimar o comportamento das espécies de acordo com os
15 cenários de alterações climáticas previstos (Garega et al., 2012; Dantas et al., 2020).

16 O domínio Caatinga, que faz parte do bioma Florestas Tropicais Estacionalmente
17 Secas (FTES), é exclusivo do Brasil e apresenta distribuição entre os estados do Nordeste e
18 Minas Gerais (Prado, 2003; Pennington et al., 2006; Queiroz et al., 2017). O clima é sazonal,
19 com uma média de precipitação anual de 773 mm (dezembro a março), alta radiação solar,
20 elevadas temperaturas, déficit hídrico e grandes áreas com solos rasos e salinizados (Junior e
21 Silva, 2010; Andrade et al, 2017). A alta evapotranspiração e a baixa precipitação esperados
22 no cenário de mudanças climáticas irão provocar o aumento da temperatura, secas intensas
23 e grande déficit hídrico (IPCC, 2023). A região do nordeste é uma das regiões mais
24 vulneráveis no cenário de mudanças climáticas no Brasil, podendo levar a sua desertificação

1 (Marengo, 2014). No cenário mais pessimista das mudanças climáticas, com um aumento de
2 temperatura de até 5,4 °C, esta região semiárida poderá transformar-se em uma área árida,
3 caracterizada por menor precipitação durante a estação chuvosa e maiores deficiências de
4 umidade no solo ao longo do ano, culminando na desertificação (Marengo et al., 2017).

5 *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez é uma espécie da família Bromeliaceae,
6 subfamília bromelioideae, endêmica da Caatinga e com distribuição em todo o Nordeste e
7 Minas Gerais (Tardivo, 2020). Conhecida popularmente como caroá/caruá, é uma herbácea
8 xerofítica, com potencial ornamental (Beckmann-Cavalcante et al., 2017), apresenta
9 importância econômica e cultural pela utilização da sua fibra em trabalhos artesanais como
10 também na produção de vestimenta indígena (Silveira et al., 2011; Dario, 2018), além dos
11 benefícios que seu extrato tem à saúde como efeito antioxidante, antibacteriano e
12 gastroprotetor (Oliveira-Junior et al., 2015; Gomes et al., 2021; Lira et al., 2021).

13 Informações sobre a germinação de *N. variegata* em diferentes condições de
14 temperatura e salinidade são úteis para entender seu crescimento e desenvolvimento em
15 diferentes contextos ecológicos. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi identificar os limites
16 térmicos e hálco e avaliar seu impacto na germinação de sementes de *N. variegata*.

17

18

Material e Métodos

19 *Coleta de sementes:* foram coletados frutos de *N. variegata* (caroá) em abril de 2023
20 no município de Petrolina-PE (09°04'16,4"S, 40°19'5,37"W). Segundo Köppen, o clima da
21 cidade é do tipo BSh - Clima semiárido seco, com altas temperaturas, secas prolongadas e
22 uma precipitação anual média de 435 mm (Teixeira, 2010; Alvares et al., 2013).

23 As sementes de *N. variegata* foram extraídas dos frutos carnosos, lavadas com água
24 corrente para retirada da mucilagem e colocadas para secar em laboratório em temperatura

1 ambiente (25 ± 4 °C) por uma semana, obtendo-se o lote inicial. As sementes foram
2 acondicionadas em sacos de pano e mantidas em câmara fria durante a realização dos testes
3 ($T = 10$ °C; UR= 60%).

4 A avaliação do teor de água dessas sementes foi realizada pelo método de estufa a
5 105 °C por 24h com duas repetições de 25 sementes cada (Brasil, 2009).

6 *Germinação de sementes em estresses ambientais:* antes da realização dos
7 experimentos, as sementes de *N. variegata* foram imersas em uma solução com água
8 destilada e detergente neutro (10 gotas.L⁻¹) durante 7 minutos, para desinfestação
9 superficial. Após esse período as sementes foram lavadas em água corrente e colocadas para
10 germinar. Os experimentos foram montados em delineamento experimental inteiramente
11 casualizado, sendo utilizadas quatro repetições de 25 sementes em cada ensaio. As
12 sementes de *N. variegata* foram distribuídas em duas folhas de papel mata-borrão e
13 colocadas em caixas do tipo Gerbox, umedecidas com a solução utilizada na proporção de
14 2,5 vezes o peso do papel. As caixas foram incubadas em câmaras de germinação do tipo
15 B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) com fotoperíodo de 24 h. Para simular o estresse
16 térmico, as sementes de *N. variegata* foram colocadas para germinar nas seguintes
17 temperaturas constantes: 15, 20, 25, 30, 35, 40 °C. O estresse salino foi avaliado utilizando a
18 solução de NaCl, em diferentes níveis de salinidade: 0 (água destilada), 2, 4, 8, 10, 12, 14 e
19 16 dS.m⁻¹) na temperatura de 30 °C (Richards, 1980). Todos os experimentos foram mantidos
20 durante 28 dias, com avaliações diárias e a germinação foi considerada pela emissão de 2
21 mm da raiz principal. Depois dos 28 dias de experimento, as sementes dos tratamentos que
22 apresentaram geminação $\leq 50\%$, foram colocadas em condição de água destilada a 30 °C
23 para avaliar sua recuperação após estresse.

1 *Modelagem do tempo térmico e hálco*: para cada temperatura, a germinação
2 acumulada foi plotada em função do tempo e ajustada a uma curva sigmoidal de Boltzman, a
3 partir da qual foi estimado o tempo para atingir 50% da germinação (t_{50}). A taxa de
4 germinação (GR) foi calculada como função recíproca do tempo necessário para atingir 50%
5 da germinação ($1/t_{50}$) (Covell et al., 1986). Com a GR de cada temperatura, análises de
6 regressão linear foram realizadas para calcular a interceptação no eixo x nas faixas de
7 temperaturas sub e supra-ótimas, gerando estimativas da temperatura base (T_b) e da
8 temperatura teto (T_c) para germinação, abaixo e acima das quais, respectivamente, GR é
9 igual a zero (Covell et al., 1986; Ellis et al., 1986). A interceptação entre as duas linhas de
10 regressão linear nas temperaturas sub e supra ótimas foi utilizada para estimar a
11 temperatura ótima (T_o) (Covell et al., 1986).

12 Para estabelecer o tempo hálco, a germinação em solução salina de NaCl foi
13 acumulada e plotada em função do tempo, com o ajuste a uma curva sigmoidal de Boltzman
14 e utilizando-a para estimar o t_{50} , o qual foi plotado em relação ao potencial osmótico para
15 estimar a interceptação no eixo x e a inclinação da regressão linear. A interceptação no eixo
16 x indicou o potencial base, abaixo do qual não ocorre a germinação (Seal et al., 2018).

17 Para simular o estresse térmico combinado com o estresse salino foi realizado um
18 experimento em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial duplo (2x3,
19 soluções x temperaturas). Neste experimento as sementes foram semeadas em papel mata-
20 borrão com soluções de NaCl com o ψ que promoveu redução de 50% da taxa de
21 germinação e água destilada em combinação com temperatura ótima para germinação e
22 com aquela que promoveu redução de 50% da taxa de germinação da faixa subótima e
23 supra-ótima, com base no experimento anteriormente descrito.

1 *Análise estatística:* a modelagem dos dados para o tempo térmico e hálco foi realizada no
2 software Origin. Os dados do experimento para simular o estresse combinado foram
3 testados quanto à normalidade e homogeneidade, realizado pelo software SPSS (SPSS,
4 2021). A análise de variância (ANOVA) e o teste de média de Scott-Knott a 5% de
5 probabilidade foram calculados utilizando software AgroStat (Barbosa e Maldonado, 2012).

6

7

Resultados

8 As sementes de *N. variegata* apresentaram 13,43% de teor de água inicial e 76% de
9 germinação a 30 °C. Uma alta germinação (>60%) foi observada na faixa térmica entre as
10 temperaturas de 25 e 35 °C (Figura 1). sendo que a temperatura ótima para as sementes
11 de acordo com o modelo térmico foi estimada em 31,1 °C (Figura 1). Foi observado que as
12 temperaturas que promovem redução de 50% da taxa de germinação nas faixas subótimas e
13 supra-ótimas são 22 e 37 °C, respectivamente.

14 O tempo térmico obtido para temperaturas supra-ótimas ($\theta_{supra} = 99,1$ horas) foi
15 inferior ao obtido para temperaturas subótimas ($\theta_{sub} = 157,1$ horas). A germinação de *N.*
16 *variegata* não ocorreu nas temperaturas de 15 e 40 °C nos experimentos em laboratório, no
17 entanto, estimativas obtidas com o modelo térmico, baseado na taxa de germinação,
18 indicaram que a faixa térmica de germinação está acima de 14 ± 1 °C e abaixo de 41 ± 1 °C
19 (Figura 1). Foi constatado que o estresse salino impactou negativamente a germinação das
20 sementes de *N. variegata*. A germinação e a taxa de germinação apresentaram os maiores
21 valores quando as sementes foram mantidas em água destilada (controle), decrescendo até
22 12 dS.m^{-1} (Figura 2). As sementes não germinaram em condutividades elétricas a partir de 14
23 dS.m^{-1} . No entanto, as estimativas obtidas por meio da modelagem do tempo hálco indicou
24 que a condutividade elétrica base foi de $16,2 \text{ dS.m}^{-1}$, e a redução de 50% da taxa de

1 germinação ocorreu a 8 dS.m^{-1} . O halotempo (θH), tempo que a semente necessita para
2 germinar em condições de salinidade, foi de 169,2 horas (Figura 2). A taxa de germinação
3 sofreu redução à medida que a condutividade elétrica aumentava (Figura 2).

4 Os dados do estresse combinado apresentaram normalidade pelo teste de Shapiro-
5 Wilk a 5% de probabilidade para a germinação ($p = 0,238$). A ANOVA mostrou que
6 não houve interação entre os fatores estudados (salinidade e temperatura), com $p = 0,737$
7 (Tabela 1).

8 Os resultados da recuperação de sementes de *N. variegata* mostraram que, de
9 forma geral, as sementes apresentavam viabilidade quando foram tiradas da condição de
10 estresse e colocadas em condições ideais de germinação ($30 \text{ }^\circ\text{C}$ em água destilada (Figura 3).
11 Aquelas sementes não germinaram em condições de estresse ($15 \text{ }^\circ\text{C}$, $40 \text{ }^\circ\text{C}$ E 14 dS.m^{-1}),
12 apresentaram acima de 55% de germinação após a recuperação em condições ideais (Figura
13 3).

14 **Discussão**

15 Diferentes espécies apresentam processos germinativos com faixas de temperatura
16 ótimas e limites térmicos, hídricos e salinos variados, que influenciam diretamente sua
17 viabilidade, bem como porcentagens e taxas de germinação (Dürr et al., 2015). Estudos
18 revelam padrões distintos de tolerância térmica entre várias espécies de bromeliáceas,
19 especialmente aquelas encontradas em habitats tropicais e de campo rupestre (Marques et
20 al., 2014; Duarte et al., 2018). Por exemplo, para *Dyckia encholirioides* (Gaudichaud) Mez,
21 bromélia endêmica da Mata Atlântica, a temperatura alternada entre $20/30 \text{ }^\circ\text{C}$ é
22 considerada ótima para a germinação (Pompelli et al., 2006), enquanto que para algumas
23 espécies do gênero *Tillandsia* as temperaturas ótimas variam de 15 a 35°C (Marques et al.,
24 2014).

1 As espécies com amplas faixas de temperatura para germinação, como *N. variegata*
2 que tem variação de 22 °C entre a temperatura base e teto, tendem a possuir nichos
3 ecológicos mais amplos, o que pode proporcionar maior adaptabilidade a diferentes
4 condições ambientais (Donohue et al., 2010). Além das sementes de *N. variegata* outras
5 espécies da mesma subfamília Bromelioideae conseguem germinar em amplas faixas de
6 temperatura e em limites altos. As sementes de *Aechmea floribunda* Mart. ex Schult. &
7 Schult. F. mantém alta germinação entre 15 °C e 30 °C, caindo drasticamente a partir de 35
8 °C, com um limite térmico máximo de 52 °C (Pinheiro e Borghetti, 2003). Além disso,
9 sementes de *Aechmea nudicaulis* (L.) Griesbach mostram alta porcentagem de germinação
10 em temperaturas entre 15 °C e 40 °C, com um declínio significativo apenas aos 45 °C, sendo
11 a faixa ótima entre 20 °C e 30 °C (Pinheiro e Borghetti, 2003).

12 O cenário mais pessimista das mudanças climáticas indica um aumento de frequência
13 e intensidade de eventos extremos, como secas prolongadas e chuvas torrenciais, além de
14 um aumento entre 3,2 e 5,4 °C na temperatura média global (IPCC, 2023). A identificação
15 das temperaturas cardeais (T_b , T_o , T_c) fornece informações que contribuem para entender
16 como as espécies irão responder de acordo com os cenários de mudanças climáticas (Dantas
17 et al., 2020). A partir da identificação das temperaturas cardeais de 41 espécies de
18 bromélias, foi possível avaliar que, para 85% delas, a temperatura média anual dos seus
19 ambientes está abaixo da temperatura ótima. Além disso, para 93% dessas espécies, um
20 aumento de 3 °C na temperatura não excede sua amplitude de germinação; pelo contrário,
21 as temperaturas futuras estarão mais próximas de suas temperaturas ótimas (Muller et al.,
22 2016). Comparando duas subfamílias Tillandsioideae e Bromelioideae, um aumento de 3 °C
23 pode limitar a germinação das espécies para Tillandsioideae, enquanto Bromelioideae não
24 terá um efeito significativo (Muller et al., 2017).

1 Modelos regionalizados para o sertão de Pernambuco indicam para o cenário
2 pessimista uma temperatura média anual de 30,25 °C em 2055 (Dantas et al., 2022).
3 Relacionando esses dados com o modelo térmico de germinação de *N. variegata*, a espécie
4 segue o mesmo padrão de resposta de outras espécies de bromélias, com esse aumento
5 estando mais próximo da temperatura ótima e não excedendo seus limites de germinação.

6 A classificação da água para irrigação é um sistema desenvolvido para avaliar a
7 adequação da água utilizada na agricultura, com base em sua salinidade, medida pela
8 condutividade elétrica (CE), e pela sodicidade, medida pelo índice de sódio adsorvido (SAR)
9 (Zaman; Shahid; Heng, 2018). A classificação é formada por quatro classes tanto para
10 salinidade (C1 a C4) quanto para sodicidade (S1 a S4). A classe C1 corresponde a baixa
11 salinidade, com CE de até 0,25 dS.m⁻¹. A classe C2 indica salinidade moderada, com CE entre
12 0,25 e 0,75 dS.m⁻¹. A classe C3 representa alta salinidade, com CE variando de 0,75 a 2,25
13 dS.m⁻¹. Já a classe C4 é caracterizada por salinidade muito alta, com CE superior a 2,25 dS.m⁻¹
14 (USSL Staff, 1954).

15 Quanto à tolerância à salinidade, as sementes de *N. variegata* podem germinar em
16 soluções com salinidade de até 16 dS.m⁻¹ (classe C4) (-0,5 MPa). Comparando esses
17 resultados com o estudo de Silveira et al. (2011), onde sementes de *N. variegata* foram
18 submetidas a diferentes potenciais osmóticos utilizando polietilenoglicol 6000 (PEG 6000)
19 para simular estresse hídrico, observou-se que as sementes germinaram até -0,6 MPa, sem
20 germinação a -0,8 MPa. Essa comparação sugere que as sementes de *N. variegata* são mais
21 afetadas pela salinidade do que pela seca.

22 O aumento da concentração de sais no substrato determina a redução no potencial
23 hídrico, resultando em menor capacidade de absorção de água pelas sementes, o que
24 geralmente influencia a capacidade germinativa e o desenvolvimento das plântulas (Zhang;

1 Dai, 2019; Cipriano et al., 2023). A salinidade também provoca um acúmulo significativo de
2 íons (Na^+ e Cl^-) e dificulta a absorção de K^+ e Ca^{2+} , resultando em um desequilíbrio iônico
3 (Ibrahimova et al., 2021). Além disso, ela eleva o nível de espécies reativas de oxigênio (ROS)
4 nas células das plantas, causando estresse oxidativo. As ROS tóxicas podem levar à
5 peroxidação lipídica, à deterioração das membranas celulares e a danos no DNA e nas
6 proteínas (AbdElgawad et al., 2016).

7 As áreas áridas e semiáridas enfrentam uma alta acumulação de sal no solo e na água
8 (Arif et al., 2020). Espécies da Caatinga apresentam tolerância à salinidade, com *Manihot*
9 apresentando germinação até 8 dS.m^{-1} (-0,2 MPa) (Alencar et al., 2022), *Astronium*
10 *urundeuva* (M.Allemão) Engl. e *Bauhinia cheilantha* (Bong) Stend. germinando até 12 dS.m^{-1}
11 (-0,4 MPa) (Oliveira et al., 2014), *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.)
12 Altschu germina até $16,6 \text{ dS.m}^{-1}$ (-0,5 MPa) (Gomes; Gomes; Dantas, 2023), *Cenostigma*
13 *pyramidale* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis germina até 27 dS.m^{-1} (-1 MPa) (Dantas et al., 2020).
14 *N. variegata*, como uma espécie endêmica da Caatinga segue o mesmo padrão de
15 resposta, apresentando alta tolerância à salinidade do substrato, com >50% de germinação
16 até 6 dS.m^{-1} .

17 Para a região semiárida brasileira, o cenário mais crítico das mudanças climáticas
18 prevê uma redução de até 30% nas chuvas e um aumento de até 5°C na temperatura média,
19 o que agravará o déficit hídrico (Dantas et al., 2022). Esse aumento no déficit hídrico
20 resultará em um maior acúmulo de sais na superfície e nas camadas superiores do solo,
21 intensificando a salinidade (Moro et al., 2016). Com base na modelagem do tempo hídrico, a
22 germinação de *N. variegata* não será inibida inibida até 14 dS.m^{-1} , conseguindo germinar
23 mesmo no pior cenário.

1 A perda da viabilidade das sementes depois de serem mantidas em temperaturas
2 mais altas pode ser atribuída a deterioração das sementes através da desnaturação de
3 proteínas essenciais (Marcos-Filho, 2015). Esse tipo de resposta foi observada na bromélia
4 epífita *Aechmea costantinii* (Mez) LB Sm., em que as sementes submetidas à temperatura de
5 45 °C perderam a capacidade de germinar (Rios et al., 2016). Entretanto, para *N. variegata*, a
6 temperatura mais alta inibiu sua germinação, mas não fez com que as sementes perdessem
7 a capacidade de germinar. A recuperação observada nas sementes de *N. variegata* em todos
8 os tratamentos testados (estresse térmico, salino e combinado) mostra resiliência frente aos
9 estresses abióticos.

10 **Conclusão**

11 As sementes de caroá mostraram-se tolerantes a temperatura e a salinidade,
12 indicando que sua germinação não será inibida pelas condições ambientais atuais ou futuras.
13 A viabilidade das sementes de *N. variegata* após recuperação de condições estressantes
14 sugere uma alta resiliência das sementes. A capacidade de recuperação de *N. variegata*,
15 mantendo viabilidade após exposição a estresse térmico e salino, indica uma adaptação
16 robusta às condições ambientais adversas, essencial para sua sobrevivência no domínio
17 Caatinga.

18 **Agradecimentos**

19 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de
20 Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Financiadora
21 de Estudos e Projetos (FINEP) convênio no. 01.22.0614.00 referente à proposta 0230/2019.

22
23

1

Referências

- 2 ABDELGAWAD, H.; ZINTA, G; HEGAB, M.M.; PANDEY, R.; ASARD, R.; ABUELSOUD, W. High
3 salinity induces different oxidative stress and antioxidant responses in maize seedlings
4 organs. *Frontiers in plant science*, v. 7, p. 179763, 2016.
5 <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00276>
- 6 ALENCAR, S.S.; FREIRE, J.N.T.; SILVA, J.C.; GOMES, R.A.; ARAUJO, M.N.; ANTONIO, R.P.;
7 DANTAS. B.F. et al. Seleção de genótipos do gênero *Manihot* tolerantes à salinidade durante
8 estabelecimento inicial. *Scientia Plena*, v. 18, n. 3, 2022.
9 <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.031502>
- 10 ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's
11 climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p. 711-728, 2013.
12 http://143.107.18.37/material/mftandra2/ACA0225/Alvares_etal_Koppen_climate_classBrazil_MeteoZei_2014.pdf
- 14 ANDRADE, E.M.; AQUINO, D.; CHAVES, L.C.G.; LOPES, F.B. Water as Capital and Its Uses in
15 the Caatinga. In: SILVA, J.M.C.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M. (Eds.), *Caatinga: The Largest
16 Tropical Dry Forest Region in South America*. Cham: Springer, 2017.
17 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-68339-3_2
- 18 ARIF, Y.; SINGH, P.; SIDDIQUI, H.; BAJGUZ, A.; HAYAT, S. Salinity induced physiological and
19 biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. *Plant
20 Physiology and Biochemistry*, v. 156, p. 64-77, 2020.
21 <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.042>
- 22 BAKHSHANDEH, E.; JAMALI, M.; AFSHOON, E.; GHOLAMHOSSIENI, M. Using hydrothermal
23 time concept to describe sesame (*Sesamum indicum* L.) seed germination response to
24 temperature and water potential. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 39, p. 1-9,
25 2017. <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2549-8>
- 26 BARBOSA, J.C.; MALDONADO, W.J. *AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios
27 agronômicos*. Jaboticabal: Unesp, 2012. 396 p.
- 28 BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z.; SABINO, J.H.F.; BARBOSA, M.S.M.; DULTRA, D.F.S.; SILVA,
29 H.L.C.; SILVA, S.D.P.; STUMPF, E.R.T. Innovation in floriculture with ornamental plants from
30 Caatinga biome. *Ornamental Horticulture*, v. 23, n. 3, p. 289-295, 2017b.
31 <https://doi.org/10.14295/oh.v23i3.1081>
- 32 BRADFORD, K. J. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed
33 germination and dormancy. *Weed Science*, v. 50, n. 2, p. 248-260, 2002.
34 [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0248:AOHTTQ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0248:AOHTTQ]2.0.CO;2)
- 35 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de
36 sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa
37 Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS. 2009. 395 p. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf

- 1 CIPRIANO, R.; MARTINS, J.P.R.; CONDE, L.T.; SILVA, M.M.; SILVA, D.M.; GONTIJO, A.B.P.L.;
2 FALQUETO, A.R. Anatomical and physiological responses of *Aechmea blanchetiana*
3 (Bromeliaceae) induced by silicon and sodium chloride stress during in vitro culture. *PeerJ*, v.
4 11, p. e14624, 2023. <https://doi.org/10.7717/peerj.14624>
- 5 COVELL, S.; ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H.; SUMMERFIELD, R.J. The influence of temperature on
6 seed germination rate in grain legumes: I. A comparison of chickpea, lentil, soyabean and
7 cowpea at constant temperatures. *Journal of experimental botany*, v. 37, n. 5, p. 705-715,
8 1986. <https://doi.org/10.1093/jxb/37.5.705>
- 9 DANTAS, B.F.; MOURA, M.S.B.; PELACANI, C.R.; ANGELOTTI, F.; TAURA, T.A.; OLIVEIRA, G.M.;
10 BISPO, J.S.; MATIAS, J.R.; SILVA, F.F.S.; PRITCHARD, H.W.; SELO, C.E. Rainfall, not soil
11 temperature, will limit the seed germination of dry forest species with climate change.
12 *Oecologia*, v. 192, n. 2, p. 529-541, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04575-x>
- 13 DARIO, F.R. Uso de plantas da caatinga pelo povo indígena Pankararu no Estado de
14 Pernambuco, Brasil. *Revista Geotemas*, v. 8, n. 1, p. 60-76, 2018.
15 <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/863/773>
- 16 DONOHUE, K.; CASAS, R.R.; BURGHART L.; KOVACH K.; WILLIS C.G. Germination,
17 postgermination adaptation, and species ecological ranges. *Annual review of ecology,*
18 *evolution, and systematics*, v. 41, p. 293-319, 2010. [https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-](https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144715)
19 [102209-144715](https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144715)
- 20 DUARTE, A.A.; FILHO, J.P.L.; MARQUES, A.R. Seed germination of bromeliad species from the
21 campo rupestre: thermal time requirements and response under predicted climate-change
22 scenarios. *Flora*, v. 238, p. 119-128, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.05.016>
- 23 ELLIS, R. H.; COVELL, S.; ROBERTS, E. H.; SUMMERFIELD, R. J. The influence of temperature
24 on seed germination rate in grain legumes: II. Intraspecific variation in chickpea (*Cicer*
25 *arietinum* L.) at constant temperatures. *Journal of Experimental Botany*, v. 37, n. 10, p. 1503-
26 1515, 1986. <https://doi.org/10.1093/jxb/37.10.1503>
- 27 FORZZA, R.C.; COSTA, A.F.; MACIEL, J.R.; KESSOUS, I.M.; MONTEIRO, R.F.; FARIA, A.P.G.;
28 WANDERLEY, M.G.L. (2020). Bromeliaceae in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de
29 Janeiro. Retrieved on March 28, 2021. <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB66>
- 30 GARCIA-HUIDOBRO, J.; MONTEITH, J.L.; SQUIRE, G.R. Time, temperature and germination of
31 pearl millet (*Pennisetum thyphoides* S. & H.). II. Alternant temperature. *Journal Experimental*
32 *Botany*, v. 33, n. 133, p. 297-302, 1982.
- 33 GARECA, E.E.; VANDELOOK, F.; FERNÁNDEZ, M.; HERMY, M.; HONNAY, O. Seed germination,
34 hydrothermal time models and the effects of global warming on a threatened high Andean
35 tree species. *Seed Science Research*, v. 22, n. 4, p. 287-298, 2012.
36 <https://doi.org/10.1017/S0960258512000189>
- 37 GIVNISH, T.J.; BARFUSS, M.H.J.; EE, B.B.; RIINA, R.; SCHULTE, K.; HORRES, R.; GONSISKA, P.A.;
38 JABAILY R.S.; CRAYN, D.M.; SMITH, J.A.C.; WHINTER, K.; BROWN, G.K.; EVANS, T. M.; HOLST
39 B.K.; LUTHER, H.; TILL W.; ZIZKA, G.; BERRY, P.E. ; SYTSMAN, K.J. Phylogeny, adaptive radiation,

- 1 and historical bio-geography in Bromeliaceae: Insights from an eight-locus plastid phylogeny.
2 *American Journal of Botany*, v.98, n.5, p.872-895. 2011.
3 <https://doi.org/10.3732/ajb.1000059>
- 4 GOMES, M.A.; MAGALHÃES, B.E.A.; SANTOS, W.N.L.; ALMEIDA J. R. G. S. Influence of
5 Seasonality on Phytochemical Composition, Phenolic Content and Antioxidant Activity of
6 *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae). *Biointerface Research in Applied Chemistry*, v. 12, n.
7 3, p. 2889-2904, 2021. [https://biointerfaceresearch.com/wp-](https://biointerfaceresearch.com/wp-content/uploads/2021/08/20695837123.28892904.pdf)
8 [content/uploads/2021/08/20695837123.28892904.pdf](https://biointerfaceresearch.com/wp-content/uploads/2021/08/20695837123.28892904.pdf)
- 9 GOMES, S. E. V.; GOMES, R. A.; DANTAS, B. F. Climate and seed size of a dry forest species:
10 influence on seed production, physiological quality, and tolerance to abiotic stresses. *Journal*
11 *of Seed Science*, v. 45, p. e202345013, 2023. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v45264166>
- 12 IBRAHIMOVA, U.; KUMARI, P.; YADAV, S.; RASTOGI, A.; ANTALA, M.; SULEYMANOVA, Z.;
13 ZIVCAK, M.; ARIF, M.T.U.; HUSSAIN,S.; ABDELHAMID, M; HAJIHASHEMI, S.; YANG, X.;
14 BRESTIC, M. Progress in understanding salt stress response in plants using biotechnological
15 tools. *Journal of Biotechnology*, v. 329, p. 180-191, 2021.
16 <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.02.007>
- 17 IPCC, 2023: *Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers. Contribution*
18 *of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel*
19 *on Climate Change*. Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.). IPCC, Geneva,
20 Switzerland.
- 21 JUNIOR, J.L; SILVA, A.L. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção
22 de solos salinos. Enciclopédia Biosfera, v. 6, n. 11, 2010.
23 <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/estudo%20do%20processo.pdf>
- 24 LIRA, K.L.; MACHADO, F.D.F.; VIANA, A.F.S.C; OLIVEIRA, I.S.; SILVA, F.V; FERNANDES, H.B.;
25 ALMEIDA, J.R.G.S.; OLIVEIRA, F.A.; BRANCO, A.; OLIVEIRA, R.C.M. Gastroprotective Activity
26 of *Neoglaziovia variegata* (Arruda) Mez.(Bromeliaceae) in Rats and Mice. *Journal of*
27 *Medicinal Food*, v. 24, n. 10, p. 1113-1123, 2021.
28 <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/jmf.2020.0182>
- 29 MARCOS-FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2 ed. Londrina: ABRATES,
30 2015b, 660p.
- 31 MARENGO, J.A.;TORRES, R.R.; ALVES, L.M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and
32 future. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 129, p. 1189-1200, 2017.
33 <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1840-8>
- 34 MARENGO, J.A. O futuro clima do Brasil. *Revista USP*, n. 103, p. 25-32, 2014.
35 <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99280/97696>
- 36 MARQUES, A. R.; ATMAN, A.P.F.; SILVEIRA, F.A.O.; J.P. LEMOS-FILHO. Are seed germination
37 and ecological breadth associated? Testing the regeneration niche hypothesis with
38 bromeliads in a heterogeneous neotropical montane vegetation. *Plant Ecology*, v. 215, p.
39 517-529, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11258-014-0320-4>

- 1 MÜLLER, L. L. B.; ALBACH, D. C.; ZOTZ, G. (2017). Are 3° C too much?': thermal niche breadth
2 in Bromeliaceae and global warming. *Journal of Ecology*, p. 507-516, 2017.
3 <https://www.jstor.org/stable/26177700>
- 4 MÜLLER, L.L.B.; ALBACH, D.C.; ZOTZ, G. Growth responses to elevated temperatures and the
5 importance of ontogenetic niche shifts in Bromeliaceae. *New Phytologist*, v. 217, n. 1, p. 127-
6 139, 2018 <https://doi.org/10.1111/nph.14732>
- 7 OLIVEIRA, G.M.; OLIVEIRA, G. M.; MATIAS, J.R.; SILVA, P.P.; RIBEIRO, R. C.; DANTAS, B. F.
8 Germinação de sementes de Aroeira-do-Sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) e Mororó
9 (*Bauhinia cheilantha* (Bong) Stend.) em diferentes condutividades elétricas. *Revista*
10 *SODEBRAS*, v. 9, n. 104, p. 115-122, 2014.
- 11 OLIVEIRA-JUNIOR, R.G.; SOUZA, G.R.; GUIMARÃES, A.L.; OLIVEIRA, A.P.; ARAÚJO, C.S.; SILVA,
12 J.C.; PACHECO, A.G.M.; LIMA-SARAIVA, S.R.G.; PEDRO, L.A.R.; NETO, J.R.; CASTRO, R.N.;
13 ALMEIDA, J.R.G.S. Photoprotective, antibacterial activity and determination of phenolic
14 compounds of *Neoglaziovia variegata* (Bromeliaceae) by high performance liquid
15 chromatography-diode array detector (HPLC-DAD) analysis. *African Journal of Pharmacy and*
16 *Pharmacology*, v. 9, n. 22, p. 576-584, 2015. <https://doi.org/10.5897/AJPP2015.4315>
- 17 PARIHAR, P.; SINGH, R.; SINGH, V.P.; PRASAD, S.M. Effect of salinity stress on plants and its
18 tolerance strategies: a review. *Environmental science and pollution research*, v. 22, p. 4056-
19 4075, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1>
- 20 PENNINGTON, R.T.; LEWIS, G.P.; RATTER, J.A. An overview of the plant diversity,
21 biogeography and conservation of neotropical savannas and seasonally dry forests. In:
22 *Neotropical Savannas and Dry forests: Plant diversity, biogeography, and Conservation*.
23 Oxford: Taylor and Francis CRC Press, p. 1-29, 2006.
- 24 PINA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; SILVA, A. *Sementes florestais tropicais: da*
25 *ecologia à produção*. Londrina: ABRATES, 2015, 477p.
- 26 PINHEIRO, F.; BORGHETTI, F. Light and temperature requirements for germination of seeds
27 of *Aechmea nudicaulis* (L.) Griesebach and *Streptocalyx floribundus* (Martius ex Shultes f.)
28 Mez (Bromeliaceae). *Acta Botanica Brasilica*, v. 17, p. 27-35, 2003.
29 <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000100003>
- 30 POMPELLI, M. F.; FERNANDES, D.; GUERRA, M. P. Germination of *Dyckia encholirioides*
31 (Gaudichaud) Mez var. *encholirioides* under saline conditions. *Seed Science and Technology*,
32 v. 34, n. 3, p. 759-763, 2006. <https://doi.org/10.15258/sst.2006.34.3.24>
- 33 PRADO, D.E. As Caatingas da América do Sul. In: TABARELLI, L.M., SILVA, J.M.C. (Eds.),
34 *Ecologia e Conservação Da Caatinga*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2003, pp.
35 1-74
- 36 PROBERT, E.H. The role of temperature in germination ecophysiology. In: FENNER, M. *The*
37 *ecology of regeneration in plant communities*. 2.ed. Wallingford: Cab International, 1993. p.
38 285-325.

- 1 QUEIROZ, L.P.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M.F., MORO, M.F. Diversity and Evolution of
2 Flowering Plants of the Caatinga Domain. In: SILVA, J.M.C.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M. (Eds.).
3 *Caatinga: the Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. Cham: Springer, 2017.
4 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-68339-3_2
- 5 RICHARDS, L.A. *Suelos Salinos y Sodicós*. México: Instituto Nacional de Investigaciones
6 Agrícolas. 1980, 171p.
- 7 RIOS, P.A. F.; NETO, J.C.A.; FERREIRA, V.M.; NEVES, M.I.R.S. Seed morphometry and
8 germination of *Aechmea costantinii* (Mez) LB Sm.(Bromeliaceae). *Revista Caatinga*, v. 29, p.
9 85-93, 2016. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n110rc>
- 10 SAEED, S.; ULLAH, A.; ULLAH,S.; NOOR, J.; ALI, B.; CÃ, M.N.;HASHEM, M.; MOSTAFA, Y.S.;
11 ALAMRI, S. Validating the impact of water potential and temperature on seed germination of
12 wheat (*Triticum aestivum* L.) via hydrothermal time model. *Life*, v. 12, n. 7, p. 983, 2022.
13 <https://doi.org/10.3390/life12070983>
- 14 SANTANA, D.G.; RANAL, M.A. *Análise estatística na germinação: um enfoque estatístico*.
15 Brasília: UnB, 2004. 248p.
- 16 SEAL, C.E.; BARWELL, L. J., FLOWERS, T. J., WADE, E. M.; PRITCHARD, H. W. Seed germination
17 niche of the halophyte *Suaeda maritima* to combined salinity and temperature is
18 characterised by a halothermal time model. *Environmental and experimental botany*, v. 155,
19 p. 177-184, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.06.035>
- 20 SHELDON, A.R.; DALAL, R.C.; KIRCHHOF, G.; KOPITKE, P.M.; MENZIES, N.W. The effect of
21 salinity on plant-available water. *Plant and Soil*, v. 418, p. 477-491, 2017.
22 <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3309-7>
- 23 SILVA, G.A.; PACHECO, M.V.; LUZ, M.N.; NONATO, E.R.L.; DELFINO, R.C.H.; PEREIRA, C.T.
24 Fatores ambientais na germinação de sementes e mecanismos de defesa para garantir sua
25 perpetuação. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, p. e93491110524-
26 e93491110524, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10524>
- 27 SILVA, R.C.B.; ARAÚJO, M.N.; ORNELLAS, F.L.S.; DANTAS, B.F. Thermal stress and
28 physiological changes in watermelon seeds. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 48, p. 66-74,
29 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-40632018v4850404>
- 30 SILVEIRA, D.G.; PELACANI, C.R.; ANTUNES, C.G.C.; ROSA, S.S.; SOUZA, F.V.D.; SANTANA, J.R.F.
31 Resposta germinativa de sementes de caroá [*Neoglaziovia variegata* (ARRUDA) MEZ].
32 *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, p. 948-955, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000500012>
- 34 SOLTANI, E.; BASKIN, C.C.; GONZALEZ-ANDUJAR, J.L. An overview of environmental cues that
35 affect germination of nondormant seeds. *Seeds*, v. 1, n. 2, p. 146-151, 2022.
36 <https://doi.org/10.3390/seeds1020013>
- 37 TARDIVO, R.C. 2020. *Neoglaziovia* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de
38 Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB16612>>. Acesso em: 27 out. 2022

- 1 TEIXEIRA, A.H.C. Informações agrometeorológicas do polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA-1963 a
2 2009. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 21p.
- 3 USSL Staff. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: USDA
4 Handbook No 60. 160 pp. 1954
- 5 ZAMAN, M.S.; SHAHID, S.A., HENG, L. Irrigation Water Quality. ZAMAN, M., SHAHID, S.A.,
6 HENG, L. In: **Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear
7 and Related Techniques**. Springer: Cham. 2018.
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27

1 Tabela 1: Porcentagem de germinação de sementes de *Neoglaziovia variegata* em função da
 2 temperatura e da solução de NaCl.

Temperatura (°C)	Solução de NaCl (dS/m ⁻¹)	
	0	8
22	58aA	10aA
30	76aA	36aA
37	64aA	24aA
CV (%)	26	

3 Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo
 4 teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

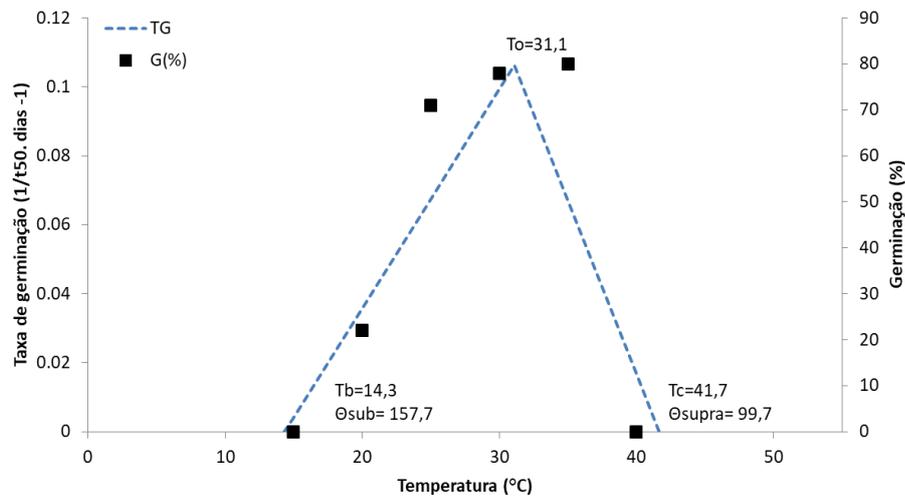
20

21

22

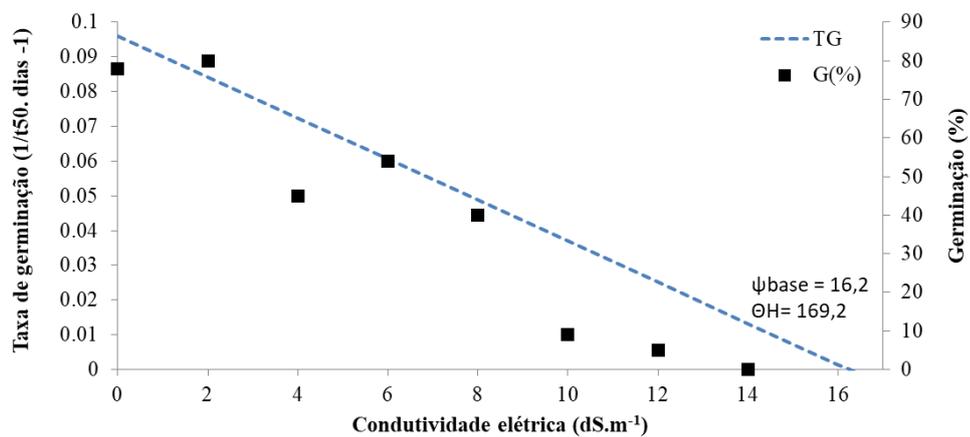
23

24



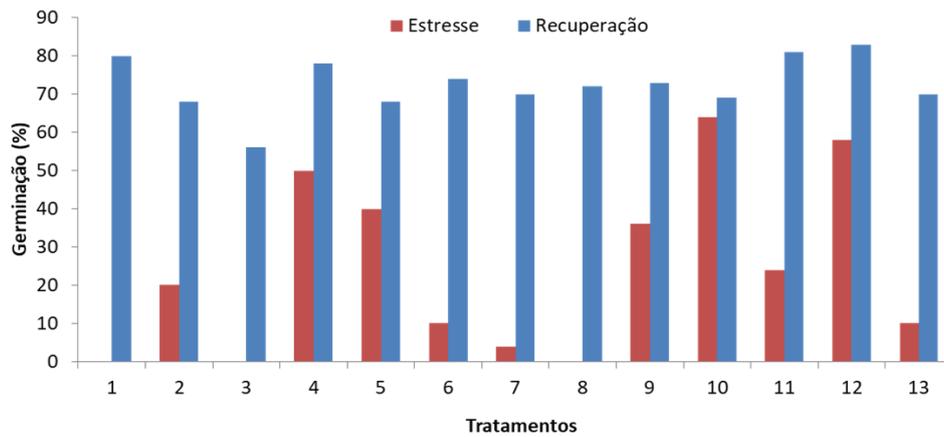
1
2
3
4
5
6
7
8

Figura 1: Taxa de germinação (TG), germinação (G) limites térmicos e exigências de *Neoglaziovia variegata* submetida a diferentes temperaturas. Tb e Tc correspondem às temperaturas base e teto de germinação, respectivamente (ponto em que as curvas de regressão interceptam o eixo x); To é a temperatura ideal; Θ_{sub} e Θ_{supra} correspondem, respectivamente, ao tempo térmico das faixas de temperatura sub e supraótima, obtidos pela função recíproca do ângulo da curva de regressão.



9
10
11
12
13
14

Figura 2: Taxa de germinação (TG), germinação (G), tempo salino e exigências de *Neoglaziovia variegata* submetida a diferentes solução de NaCl. ψ_{base} é a solução base para germinação; Θ_H corresponde ao halotempo obtido pela função recíproca do ângulo da curva de regressão.



1

2 Figura 3: Germinação de sementes de *Neoglaziovia variegata* colocadas para recuperar após
 3 teste de germinação em condição de estresse. Tratamento 1= 15 °C, tratamento 2= 20 °C,
 4 tratamento 3= 40 °C, tratamento 4= 6 dS.m⁻¹, tratamento 5= 8 dS.m⁻¹, tratamento 6= 10
 5 dS.m⁻¹, tratamento 7= 12 dS.m⁻¹, tratamento 8= 14 dS.m⁻¹, tratamento 9= 30 °C x 8 dS.m⁻¹,
 6 tratamento 10= 37 °C x H₂O, tratamento 11= 37 °C x 8 dS.m⁻¹, tratamento 12= 22 °C x H₂O,
 7 tratamento 13= 22 °C x 8 dS.m⁻¹.

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

2 Os frutos e sementes de *Neoglaziovia variegata* mostraram uma variabilidade
3 interpopulacional significativa, onde o tamanho das sementes não está relacionado à sua
4 qualidade fisiológica. O peso de mil sementes, o teste de condutividade elétrica e o teste de
5 germinação são as variáveis mais eficazes para classificar a viabilidade e vigor das sementes
6 dessa espécie. O teste de tetrazólio também se mostrou eficiente, podendo ser realizado com
7 uma solução a 0,75% durante 24 horas a 30 °C.

8 Foi constatado que as sementes de *N. variegata* podem ser armazenadas em câmara
9 fria, temperatura ambiente e nitrogênio líquido por até 12 meses sem perder viabilidade e
10 vigor. No entanto, o uso de freezer não é recomendado, pois já aos 8 meses de
11 armazenamento, o vigor das sementes é afetado.

12 Quanto às condições térmicas para a germinação, foi verificado que a germinação
13 ocorre em temperaturas entre 14 ± 1 °C e 41 ± 1 °C, com uma temperatura ótima de 31,1 °C.
14 Além disso, *N. variegata* demonstrou tolerância à salinidade, mantendo a capacidade de
15 germinação em soluções salinas de até 12 dS.m⁻¹. A viabilidade das sementes após
16 recuperação de condições estressantes indica uma resiliência significativa.

17 Com base nos resultados do trabalho foi possível identificar métodos eficazes para
18 avaliação e manutenção da viabilidade das sementes de *N. variegata*. Essas informações irão
19 ajudar na conservação da espécie e contribuir para a manutenção da biodiversidade da
20 Caatinga.