

COMPORTAMENTO GERMINATIVO DE CACTOS COMO INDICADOR DO POTENCIAL RECOLONIZADOR DE ÁREAS DEGRADADAS DA CAATINGA

Lívia Andrea Ferreira de Lima Silva¹
Bruno de Santana Santos²
Andrezza Karla de Oliveira Silva³
Marcos Vinicius Meiado⁴
Eugênia C. Pereira⁵

INTRODUÇÃO

O crescimento exponencial das áreas agricultáveis e, a exploração de recursos energéticos renováveis, vêm comprimindo a vegetação natural da Caatinga. Nesse contexto, espaços de remanescentes vegetais são desmatados para o estabelecimento de pastagens (Moreira et al., 2011), culturas de ciclos curtos (Soares et al., 2016) e extração de minérios (Granja et al., 2017). Assim, com retirada da cobertura vegetal tem-se a emergência de um novo problema que pode comprometer ainda mais a conservação do bioma, definido como desertificação.

A desertificação enquanto processo de degradação de terras de zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas pode gerar consequências ambientais gravíssimas, que além de contribuir para a ausência da cobertura vegetal e erosão do solo, leva ao abandono de terras por parte da população que depende de seus insumos para sobrevivência (Oliveira & Pereira, 2017).

Em meio a este cenário alarmante de degradação ambiental, técnicas de restauração ambiental são necessárias para a manutenção do preciosismo ecológico do bioma. Nesse contexto, a introdução de espécies nativas da família *Cactaceae*, torna-se uma alternativa para a mitigação do problema. Os cactos possuem inúmeros atributos para

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco- UFPE, livia.andrea@ufpe.br;

² Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe – UFS, brunos17@academico.ufs.br;

³ Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, andrezakarlaufpe@gmail.com;

⁴ Professor do Departamento de Biociências, Universidade Federal de Sergipe – UFS, marcos_meiado@yahoo.com.br;

⁵ Professora orientadora: Dra. Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, verticillaris@gmail.com.

recolonização de ambientes semiáridos, já que apresentam uma alta adaptabilidade ao rigor climático da região, e ainda podem ser utilizados para diversos fins ornamentais, medicinais e alimentícios (Silva, 2015), atrativos econômicos que são capazes de aumentar a autonomia econômica da população local e, contribuir com a dispersão de espécies (Meiado et al., 2015).

Partindo dos mencionados pressupostos, com ênfase à capacidade recolonizadora das Cactaceae em regiões semiáridas, objetivou-se neste trabalho investigar o comportamento germinativo de *Pilosocereus catingicola* (Gürke) Byles & Rowley subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi, *Xiquexique gounellei* (F.A.C. Weber) Lavor & Calvente subsp. *gounellei* e *Cereus jamacaru* DC., avaliando seu potencial como espécies recolonizadoras de áreas degradadas da Caatinga.

Além de novos conhecimentos que preencherão lacunas no tema, esta pesquisa pode auxiliar no cumprimento das metas estabelecidas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), visto seu alinhamento com o ODS número 15 que visa, dentre outros fins, combater a desertificação e recuperar os ecossistemas terrestres de maneira sustentável, reduzir a degradação de habitat naturais, e financiar recursos para o reflorestamento (IPEA, 2018).

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta dos frutos e beneficiamento das sementes

Coletaram-se frutos maduros de três espécies da família Cactaceae em uma área de Caatinga hiperxerófila densa, na região do Alto Sertão Sergipano, no estado de Sergipe. Os frutos das espécies coletadas foram: *P. catingicola* subsp. *salvadorensis* (Espécie A), *X. gounellei* subsp. *gounellei* (Espécie B) e *C. jamacaru* DC. (Espécie C). Estes foram beneficiados manualmente, e as sementes colocadas para secar em bandejas plásticas, em temperatura ambiente de 25 °C até a completa desidratação da polpa funicular. Esta, foi removida manualmente e as sementes posteriormente lavadas em água corrente, secas em temperatura ambiente, e armazenadas em câmara fria a 5 °C, até a montagem dos experimentos.

Ensaio de germinação

Sementes das três espécies teste foram colocadas para germinar em placas de Petri (5 cm Ø), contendo duas folhas de papel filtro e 1 mL de água destilada, com 20 sementes

e 5 repetições para cada tratamento. As placas foram seladas com filme plástico e mantidas em uma sala de crescimento vegetal com luz branca, em fotoperíodo de 12 horas e temperatura constante de 25 °C. A germinação das sementes foi contabilizada diariamente durante um período de 30 dias, considerando-se o critério de protrusão radicular para definir a semente germinada.

Análise de dados

Com os dados diários de germinação avaliados e utilizando o ambiente de programação R, juntamente com o pacote “*germinationmetrics*”, calculamos os parâmetros que caracterizam o comportamento germinativo (R Studio, 2020; Aravind et al., 2024). Esse comportamento foi caracterizado pelos seguintes parâmetros: germinabilidade (%) como medida da capacidade germinativa (ISTA, 2015); $t_{(50\%)}$ como medida do tempo de germinação (Farooq et al., 2005); taxa de germinação, representada pela velocidade média de germinação (\bar{v} : dias⁻¹) (Labouriau, 1983); coeficiente de variação do tempo (CV_t : %) como indicador de uniformidade da germinação (Ranal & Santana, 2006); sincronia do processo germinativo, medida pelo parâmetro de sincronia (Z) (Ranal e Santana, 2006); e incerteza da germinação, avaliada pelo parâmetro de incerteza (U: bit) (Ranal & Santana, 2006).

Os dados foram, então, submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade de variâncias de Levene. Em seguida, realizamos uma ANOVA unifatorial e aplicamos o teste *post hoc* de Tukey, com nível de significância de 5 % para dados que apresentaram distribuição e normalidade dos dados normal, e teste equivalentes para dados não paramétricos. Por fim, realizamos uma Análise de Componentes Principais para verificar o efeito dos parâmetros de caracterizam o comportamento germinativo em conjunto, e suas respectivas contribuições. Utilizamos uma Análise de Variância Permutacional Multivariada (999 permutações) para avaliar a sensibilidade à dispersão multivariada dos dados. Por fim, com o intuito de verificar se as diferenças observadas estão relacionadas à dispersão multivariada dos dados realizamos uma análise específica de dispersão multivariada, conhecida como Betadisper (R Studio, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nossos resultados mostram que as sementes de *C. jamacaru* e *X. gounellei* subsp. *gounellei* apresentaram maior germinabilidade em comparação com *P. catiingicola* subsp. *catiingicola* (Figura 1a) ($H= 12.75$; $gl= 2$; $p<0,0001$). Ademais, apenas *C. jamacaru*

apresenta menor $t_{(50\%)}$ (Figura 1b) ($F= 12,31$; $gl= 2$; $p= 0,0012$) em comparação com as demais espécies. Não observamos diferenças significativas com relação à uniformidade durante o processo germinativo entre as espécies (Figura 1c) ($F= 3,716$; $gl= 2$; $p= 0,0554$). Por outro lado, foi possível observar que as sementes de *C. jamacaru* além de germinarem em um menor tempo, também conseguem ter uma maior velocidade durante o processo germinativo (Figura 1d) ($F= 77,44$; $gl= 2$; $p<0,0001$). Além disso, as sementes desta espécie apresentaram maior sincronia ($H= 9,380$; $gl= 2$; $p=0,0029$) e menor incerteza ($F= 12,91$; $gl= 2$; $p= 0,0010$) durante a germinação (Figura 1e,f).

Os resultados mostraram que, nas condições testadas, *C. jamacaru* apresentou o melhor comportamento germinativo em comparação com as outras espécies. Observou-se uma diferença significativa na dispersão multivariada dos dados entre as espécies ($gl = 2$; $R^2 = 0,5859$; $F = 82,802$; $p < 0,0001$), sem sobreposição entre os grupos de dados ($gl = 2$; $F = 1,995$; $p = 0,1406$). As sementes de *C. jamacaru* demonstraram capacidade de germinar em maior quantidade, de forma rápida e uniforme (Figura 2).

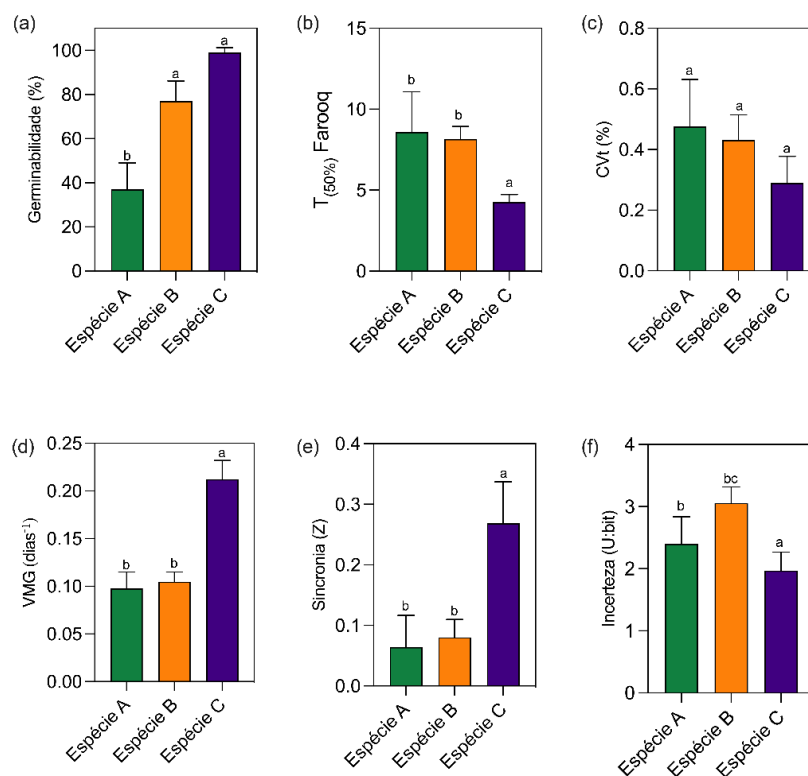


Figura 1. Comportamento germinativo de sementes de *Pilosocereus cattingicola* (Gürke) Byles & Rowley subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi (Espécie A), *Xiquexique gounellei* (F.A.C.Weber) Lavor & Calvente subsp. *gounellei* (Espécie B) e *Cereus jamacaru* DC. (Espécie C) postas para germinar em água

destilada, no qual: (a) germinabilidade (%); (b) $t_{(50\%)}$ Farooq; (c) Coeficiente de Variação do Tempo (CVt %); (d) Velocidade Média de Germinação (VMG-dias⁻¹); (e) Sincronia (Z) e (f) Incerteza (U:bit). Dados expressos em média + desvio padrão. Letras minúsculas indicam diferenças entre os tratamentos.

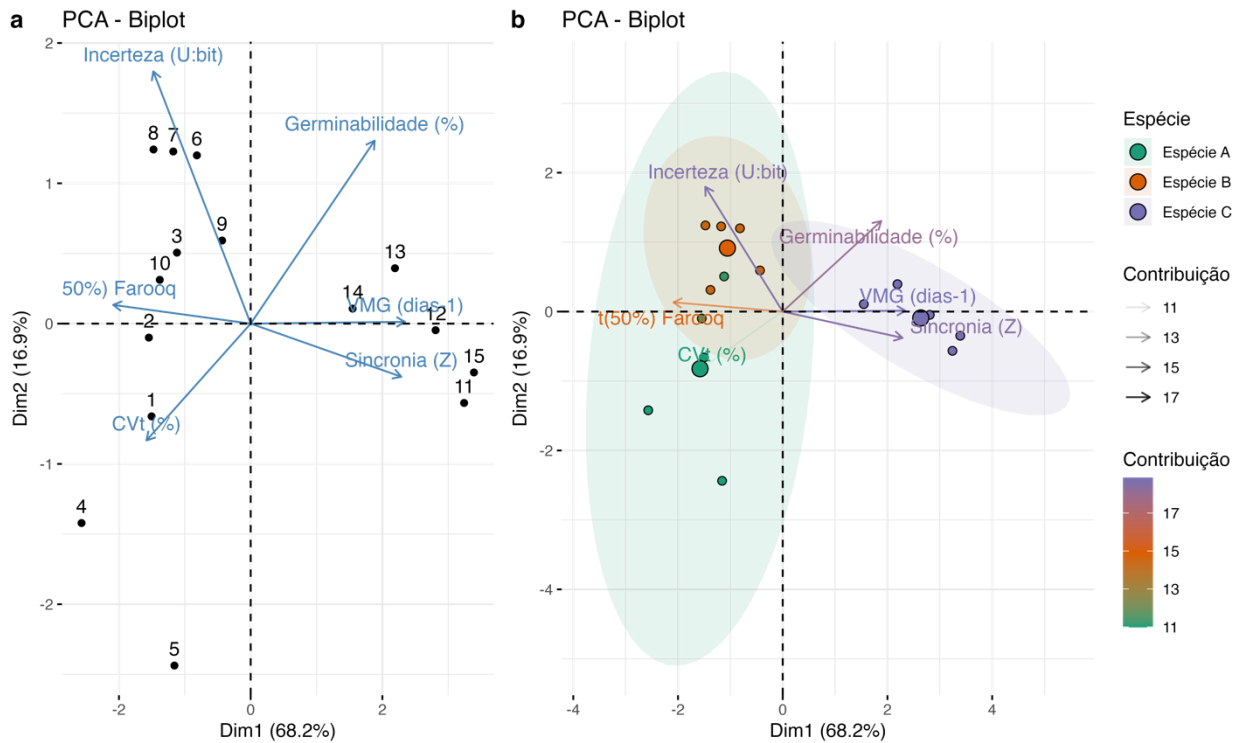


Figura 2. Análise de Componentes Principais (PCA) do comportamento germinativo de sementes de *Pilosocereus cattingicola* (Gürke) Byles & Rowley subsp. *salvadorensis* (Werderm.) Zappi (Espécie A), *Xiquexique gounellei* (F.A.C.Weber) Lavor & Calvente subsp. *gounellei* (Espécie B) e *Cereus jamacaru* DC. (Espécie C) em condições de germinação com água destilada. A PCA revela as relações entre as variáveis germinativas: germinabilidade (%); $t_{(50\%)}$ (tempo para 50% de germinação); coeficiente de variação do tempo (CVt %); velocidade média de germinação (VMG, dias⁻¹); sincronia (Z) e incerteza (U: bit). As elipses representam a dispersão dos dados para cada espécie, indicando a variabilidade e a similaridade do comportamento germinativo entre elas.

Estudos anteriores demonstraram um alto desempenho na germinação de sementes de *C. jamacaru* em situação controlada, atingindo um índice de germinabilidade de 88 % (Jerônimo et al., 2024). Este comportamento pode estar atrelado aos fatores de temperatura e luminosidade ideais para o desenvolvimento das espécies, consideradas como fotoblásticas positivas, e alcançando uma maior resposta germinativa entre as temperaturas de 25 °C e 30 °C (Meiado et al., 2016), o que corrobora nossos resultados.

Ainda que *C. jamacaru* tenha apresentado destaque em relação às demais cactáceas, é necessário destacar respostas satisfatórias sobretudo nos índices de germinabilidade e tempo ($T_{50\%}$) de *X. gounellei* subsp. *gounellei* e *P. catingicola* subsp. *catigicola* o que ainda confere a essas espécies um alto potencial para recolonização, já classificadas enquanto plantas forrageiras (Carvalho et al., 2018). Para mais, a germinabilidade de algumas cactáceas pode ser melhorada por meio de ciclos de hidratação descontínua (HD), como evidenciado por Lima e Meiado (2017) no cultivo de *Pilosocereus catingicola* subsp. *salvadorensis*. Esses mesmos resultados podem ser influenciados pela sazonalidade e condições bióticas das populações vegetais, ainda que sejam da mesma espécie (Santos et al., 2023).

Além das melhores respostas nos ensaios experimentais, a espécie *C. jamacaru* soma alguns outros atributos para a recolonização de áreas degradadas, como um bioproduto fabricado através da rizobactéria *Bacillus aryabhatai*, encontrada no seu interior, que pode acelerar o crescimento de culturas, e aumentar a tolerância ao estresse hídrico das plantas, como observado por Sousa et al. (2023). Diante disso, pode-se considerar não só seu estabelecimento em áreas suscetíveis à desertificação como estratégia de mitigação da deterioração do solo, mas também seu aproveitamento para extração da rizobactéria, com o objetivo de promover uma maior tolerância hídrica, e talvez melhor desenvolvimento de outras espécies cactáceas ou demais espécies da flora endêmica da Caatinga.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que *C. jamacaru* demonstrou um desempenho superior em termos de germinação quando comparada com *X. gounellei* subsp. *gounellei* e *P. catingicola* subsp. *catigicola*. Em síntese, as sementes de *C. jamacaru* apresentaram maior germinabilidade, maior velocidade de germinação, em menor tempo. Além disso, mostrou maior sincronia e menor incerteza durante todos os ensaios experimentais. Essas características destacam *C. jamacaru* como espécie em potencial para a restauração de áreas degradadas do semiárido pernambucano, visto sua alta resposta germinativa em ambiente controlado, indicando provável sucesso em seu estabelecimento *in loco*. Por conseguinte, a continuação de estudos que contribuem para o êxito da utilização de espécies nativas na restauração de ambientes degradados torna-se essencial para a mitigação de impactos socioambientais nas regiões semiáridas.

Palavras-chave: Restauração da Caatinga; Desertificação; Germinação; Cactos; *Cereus jamacaru*.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a Universidade Federal de Sergipe (UFS), ao Laboratório de Fisiologia de Sementes (LAFISE), ao Laboratório de Geografia Ambiental (LAGEAM), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES), e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) por subsidiarem a realização da presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ARAVIND, J.; DEVI, S.V.; RADHAMANI, J.; JACOB, S.R.; SRINIVASAN, K. **germination metrics**: Seed Germination Indices and Curve Fitting. Versão 0.1.8.9000. Disponível em: <https://github.com/aravind-j/germinationmetrics>. Acesso em: 24 jun. 2024.
- CARVALHO, C.B.M.; EDVAN, R.L.; CARVALHO, M.L.A.M.; REIS, A.L.A.; NASCIMENTO, R.R. Uso de cactáceas na alimentação animal e seu armazenamento após colheita. **Archivos de zootecnia**, v. 67, n. 259, p. 440-446, 2018.
- FAROOQ, M.; BASRA, S.M.A.; AHMAD, N.; HAFEEZ, K. Thermal hardening: a new seed vigor enhancement tool in rice. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 47, n. 2, p. 187-193, 2005.
- GRANJA, C.V.A.; CAVALCANTE, É.P.; CAFFÉ FILHO, H.P.; SIQUEIRA, M.S.; NASCIMENTO, W. Degradação ambiental: exploração de gipsita no Polo Gesseiro do Araripe. **ID on line. Revista de psicologia**, v. 11, n. 36, p. 239-267, 2017.
- ISTA - INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Chapter 5: The germination test**. In: International Rules for Seed Testing. Zurich: International Seed Testing Association, 2015. p. i-5-56.
- JERÔNIMO, R.E.O.; NERO, J.D.A.P.; MARTINS, V.A.; SILVA, E.F.C.; AZÊREDO, G.A.; SOUZA, V.C. Germinação de sementes de *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru* oriundas do Curimataú oriental paraibano submetidas a diferentes temperaturas. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 7, n. 14, p. e14937-e14937, 2024.
- JUNIOR, I.O.; PEREIRA, A.J. Desertificação e as implicações ambientais nos territórios tradicionais da Bahia. **Revista da Associação Brasileira de Pesquisadores/as Negros/as (ABPN)**, v. 9, n. 23, p. 151-170, 2017.
- LABOURIAU, L. G. Uma nova linha de pesquisa na fisiologia da germinação das sementes. In: **Anais do XXXIV Congresso Nacional de Botânica**. SBB, Porto Alegre. 1983. p. 11-50.

- LIMA, A.T.; MEIADO, M.V. Discontinuous hydration alters seed germination under stress of two populations of cactus that occur in different ecosystems in Northeast Brazil. **Seed Science Research**, v. 27, n. 4, p. 292-302, 2017.
- MEIADO, M. V.; MACHADO, M. C.; ZAPPI, D. C.; TAYLOR, N. P.; SIQUEIRA FILHO, J. A. Ecological attributes, geographic distribution and endemism of cacti from the São Francisco Watershed. **Gaia Scientia**, v. 9, n. 2, p. 40-53, 2015.
- MEIADO, M. V.; ROJAS-ARÉCHIGA, M.; SIQUEIRA-FILHO, J. A.; LEAL, I. R. Effects of light and temperature on seed germination of cacti of Brazilian ecosystems. **Plant Species Biology**, v. 31, n. 2, p. 87-97, 2016.
- MOREIRA, J.N.; JUNIOR, J.C.B.D.; MELLO, A.C.L.; MISTURA, C. **Pastos e manejo do pastejo de áreas dependentes de chuva. Pastos e manejo do pastejo de áreas dependentes de chuva.** In: VOLTOLINI, T. V. (Ed.). Produção de caprinos e ovinos no Semiárido, cap. 10, p. 233-252. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 24 jun. 2024.
- RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Brazilian Journal of Botany**, v. 29, p. 1-11, 2006.
- SANTOS, B.S; LIMA, A. T.; MEIADO, M.V. Interpopulational seed hydration memory does not affect seed germination of *Xiquexique gounellei* (FAC Weber ex K. Schum) Lavor & Calvente subsp. *gounellei* (Cactaceae) under water deficit. **Bradleya**, v. 2023, n. 41, p. 105-116, 2023.
- SILVA, E.R.A.D.C. **Agenda 2030: ODS-Metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. 2018. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8855/1/Agenda_2030_ods_metas_nac_dos_obj_de_desenv_susten_propos_de_adequa.pdf. Acesso em: 14 de jun. 2024.
- SILVA, J.H.C.S.; AZERÊDO, G.A.; TARGINO, V.A. Resposta germinativa de sementes de cactáceas colunares sob diferentes regimes de temperatura e de potencial hídrico. **Scientia Plena**, v. 16, n. 12, 2020.
- SILVA, V.A. Diversidade de uso das cactáceas no nordeste do Brasil: uma revisão. **Gaia scientia**, v. 9, n. 2, p. 137-154, 2015.
- SOUSA, H.C.; SOUSA, G.G.; VIANA, T.V.A.; PEREIRA, A.P.A.; LESSA, C.I.J.; SOUZA, M.V.P.; SILVA, F.D.B. *Bacillus aryabhattai* mitigates the effects of salt and water stress on the agronomic performance of maize under an agroecological System. **Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 1150, 2023.