

PROPAGAÇÃO VIA SEMINÍFERA E VEGETATIVA DE *Caryocar*
brasiliense

REBECA DORNELES DE MOURA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
AGOSTO - 2023

PROPAGAÇÃO VIA SEMINÍFERA E VEGETATIVA DE *Caryocar*
brasiliense

REBECA DORNELES DE MOURA

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestra em Produção Vegetal”

Orientadora: Deborah Guerra Barroso

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
AGOSTO – 2023

FICHA CATALOGRÁFICA
UENF - Bibliotecas
Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

M929

Moura, Rebeca Dorneles de.

PROPAGAÇÃO VIA SEMINÍFERA E VEGETATIVA DE *Caryocar brasiliense* / Rebeca Dorneles de Moura. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2023.

89 f. : il.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2023.

Orientadora: Deborah Guerra Barroso.

Coorientador: Ernany Santos Costa.

1. Auxinas. 2. Enraizamento. 3. Produção de mudas. 4. Procedências. 5. Propágulos. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

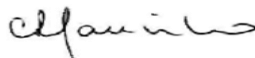
PROPAGAÇÃO VIA SEMINÍFERA E VEGETATIVA DE *Caryocar
brasiliense*

REBECA DORNELES DE MOURA

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestra em Produção Vegetal”

Aprovada em 02/08/2023

Comissão Examinadora:



Prof.^a Cláudia Sales Marinho (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Documento assinado digitalmente
gov.br CRISTIANE COELHO DE MOURA
Data: 17/10/2023 15:52:39-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof.^a Cristiane Coelho de Moura (D.Sc., Ciência Florestal) – UFES



Dra. Emile Caroline Silva Lopes (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF



Prof.^a. Deborah Guerra Barroso (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF
(Orientadora)

*E lá vai ela, sorrindo, chorando, vivendo, orando, crendo,
confiando e em Deus esperando...*
@irmãojota

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser o meu melhor amigo nos momentos mais difíceis e assim, renovando as minhas forças e meu ânimo a cada dia para seguir com meus objetivos. Tenho plena convicção que eu não teria capacidade de chegar ao final deste mestrado se não fosse pela graça de Deus;

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UENF pela oportunidade de realização deste curso;

À minha mãe Neide Garcia e aos meus irmãos, por todas orações e carinho durante minha jornada acadêmica, além de entenderem minha ausência;

Ao Tiago, meu amor, que me apoiou e incentivou com paciência e companheirismo para que meus objetivos fossem alcançados;

À minha orientadora Deborah Guerra pela paciência, competência, profissionalismo, por me oferecer meios e excelentes contribuições, sendo essencial para elaboração, condução e finalização deste trabalho;

Ao meu coorientador Ernany Santos Costa, pelo empenho em propagar a espécie, com sugestões e disposição para fornecimento do material propagativo para a execução deste trabalho;

À professora Aline Chaves pelo auxílio e disposição em fazer parceria e disponibilizar as bactérias reguladoras de crescimento vegetal;

À Jussara, que foi parte primordial para a preparação das soluções bacterianas, e quando necessário, veio até de madrugada para o laboratório preparar material;

À Andreza Carmo pela ajuda em todos os experimentos;

À minha amiga e irmã de coração, Leticia Karen, que esteve comigo na graduação e que foi a “Minha família” em Campos. Se não fosse compartilhada com você, esta jornada teria sido muito mais árdua;

Aos meus sogros e cunhadas pelas palavras de apoio em todo momento;

Aos colegas do laboratório 115 pelo apoio, ajuda e momentos de descontrações;

À FAPERJ pela bolsa concedida;

Aos demais amigos e colegas de curso que conheci nessa caminhada, vocês estão guardados na minha memória e coração.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	04
2.1. Objetivo geral.....	04
2.2. Objetivos específicos.....	04
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	05
3.1. <i>Caryocar brasiliense</i> Camb.....	05
3.2. Propagação de <i>Caryocar brasiliense</i>	09
3.3. Propagação Vegetativa – estaquia e miniestaquia.....	12
4. TRABALHOS.....	17
4.1. O papel da Escarificação mecânica e Ácido giberélico (GA ₃) na quebra de dormência em sementes de <i>Caryocar brasiliense</i>	17
4.2. Propagação vegetativa: Efeito do AIB e de Rizobactérias na promoção do enraizamento de estacas e miniestacas de <i>Caryocar brasiliense</i>	36
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
APÊNDICE.....	77

RESUMO

MOURA, Rebeca Dorneles de. M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Agosto de 2023. Propagação via seminífera e vegetativa de *Caryocar brasiliense*. Orientadora: D.Sc. Deborah Guerra Barroso. Coorientador: D.Sc. Ernany Santos Costa.

A espécie *Caryocar brasiliense* apresenta grandes riscos de extinção, devido a expansão agrícola do cerrado, o extrativismo e a germinação baixa e irregular. Assim, este trabalho, teve como objetivo investigar metodologias de propagação seminífera quanto vegetativa para a espécie *Caryocar brasiliense* visando a produção de mudas em larga escala. Para tanto, este trabalho foi dividido em dois capítulos: O primeiro, refere-se à emergência de sementes de duas procedências. Na procedência do Tocantins, foi testada a presença e a ausência de GA₃; com e sem escarificação mecânica do endocarpo e semeadura em condições de sombra e a pleno sol, sob esquema fatorial 2x2x2. A procedência de Minas Gerais foi tratada com e sem a escarificação mecânica e com e sem GA₃, sob esquema fatorial 2x2. Ambas as procedências tiveram quatro repetições com 25 sementes por parcela. No segundo capítulo, foi avaliado o potencial de enraizamento via estaquia e miniestaquia, quanto ao efeito do AIB em material proveniente do minijardim clonal a partir de sementes utilizadas para a confecção das miniestacas e em estacas obtidas de plantas com seis anos de idade (adultas). O experimento com as estacas foi estabelecido em DIC, com 8 repetições de 10 estacas. Para a miniestaquia, foram utilizadas 15 miniestacas por tratamento. As estacas não enraizaram, possivelmente pela maior lignificação dos tecidos. As

miniestacas apresentaram 27% e 52% de enraizamento, sem e com AIB, respectivamente. Os resultados sugerem que a juvenilidade do material e a aplicação de AIB favoreceram a formação de raízes adventícias em miniestacas. Foi avaliado, também na segunda parte, a eficiência de três bactérias promotoras de enraizamento e a rizobactéria *Enterobacter* em estacas e miniestacas de *C. brasiliense*. Os propágulos tiveram o terço inferior da base imersas por 10 segundos na solução bacteriana (1×10^8 UFC mL⁻¹), foram estaqueados e mantidos na câmara de nebulização por 60 dias. A avaliação qualitativa das plântulas foi realizada em esquema fatorial 2x3, sendo dois tipos de propágulo (estaca e miniestaca), e quatro soluções de imersão com cinco repetições de uma planta por parcela. Não houve efeito das bactérias no enraizamento adventício de estacas e miniestacas. A propagação por miniestaquia é viável para a produção de mudas de *C. brasiliense* a partir de minicepas juvenis. Brotações de plantas adultas apresentaram potencial de enraizamento, entretanto, com baixo percentual.

ABSTRACT

MOURA, Rebeca Dorneles de. M.Sc; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. August 2023. Propagation seminiferous and vegetative of *Caryocar brasiliense*. Advisor: D.Sc. Deborah Guerra Barroso. Co-advisor: D.Sc. Ernany Santos Costa.

The *Caryocar brasiliense* species presents a notable risk of extinction due to the agricultural expansion of the cerrado, extractivism, and low and irregular germination. This work aimed to investigate seminiferous and vegetative propagation methodologies for the *Caryocar brasiliense* species, aiming at the production of seedlings on a large scale. To this end, this work was split into two chapters: The first refers to the emergence of seeds from two sources. In the Tocantins region, the presence and absence of GA₃ were evaluated; with and without mechanical scarification of the endocarp and sowing in shaded and full sun conditions, under a 2x2x2 factorial scheme. The Minas Gerais origin was treated with and without mechanical scarification and with and without GA₃, under a 2x2 factorial scheme. Both origins had four replications with 25 seeds per plot. In the second chapter, the rooting potential via cuttings and mini cuttings was evaluated, regarding the effect of IBA on material from the clonal mini-garden from seeds, used to make mini cuttings, and on cuttings obtained from six-year-old plants (adults). The experiment with cuttings was established in DIC, with 8 replications of 10 cuttings. For the mini cutting, 15 mini cuttings were used per treatment. The cuttings did not root, possibly due to greater lignification of the

tissues. The mini cuttings showed 27% and 52% rooting, without and with IBA, respectively. The results suggest that the juvenile nature of the material and the application of IBA favored the formation of adventitious roots in mini cuttings. Also in the second part, the efficiency of three bacteria in promoting rooting and the rhizobacteria *Enterobacter* in cuttings and mini cuttings of *C. brasiliense* was evaluated. The propagules had the lower third of the base immersed for 10 seconds in the bacterial solution (1×10^8 CFU mL⁻¹), were staked and kept in the nebulization chamber for 60 days. The qualitative evaluation of the seedlings was carried out in a 2x3 factorial scheme, with two types of propagule (cutting and mini cutting), and four immersion solutions, with five replications of one plant per plot. There was no effect of bacteria on the adventitious rooting of cuttings and mini cuttings. Propagation by mini cutting is viable for producing *C. brasiliense* seedlings from juvenile minidumps. Shoots from adult plants showed rooting potential, however, with a low percentage.

1. INTRODUÇÃO

O pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) é uma espécie predominantemente nativa do domínio fitogeográfico brasileiro Cerrado. Este domínio vem sofrendo acelerado processo de fragmentação (Guedes et al., 2017), no entanto com a publicação da PORTARIA Nº32/2019 – MMA que proibiu o corte de pequizeiro, a atenção é, para a coleta dos frutos, que ocorre de forma extrativista (Fonseca et al., 2022), e uma vez que não é respeitado a porcentagem máxima de coleta de frutos por indivíduo, impede a regeneração natural da espécie.

Em decorrência disso, o pequizeiro, sofre grandes oscilações de produção tanto no arranjo geográfico, quanto em relação às safras regionais ao longo do tempo, notando-se assim, a redução de sua diversidade genética, o que torna ainda mais difícil sua sobrevivência no futuro (Rocha, 2009; Gomes et al., 2023).

Esses fatos evidenciam a necessidade de medidas alternativas que objetivem a perpetuação desta espécie. Portanto, devem ser priorizadas estudos propagativos para que seja possível, a produção de mudas em grande escala comercial (Silva et al., 2022).

A produção de mudas pela via seminífera, método predominantemente empregado para a propagação da espécie, é um fator limitante na obtenção de mudas em grande escala. Isso porque as sementes de *Caryocar brasiliense* apresentam dormência tegumentar e embrionária que estão relacionadas, a barreira física que promove o impedimento de embebição de água e a fisiológica

possui substâncias inibidoras ou ausência de substâncias promotoras da germinação, contribuindo para uma germinação baixa e desuniforme, e, na ausência da quebra da dormência, estende-se por um período de até um ano (Rocha, 2009).

Logo, se faz necessário o estabelecimento de metodologias voltadas para a quebra de dormência, como a escarificação mecânica, que permitam a entrada da água até o endosperma e embrião da semente (Bewley et al., 2013), assim como a associação com promotores da maturação dos embriões, estes podem aumentar a germinação e a produção de mudas. Aplicações de ácido giberélico após a escarificação mecânica têm contribuído para acelerar a germinação dessas sementes (Bernades et al., 2008; Costa et al., 2022).

Outra alternativa é a propagação vegetativa, que pode viabilizar a produção comercial de mudas da espécie. Este método permite disponibilizar mudas a partir de genótipos selecionados para plantios comerciais, garantindo homogeneidade, aumento da produtividade além da conservação de recursos genéticos florestais (Wendling et al., 2010; Dias et al., 2012).

Apesar dos benefícios da técnica na utilização comercial em diversas espécies como *Araucaria angustifolia* (Wendling et al., 2017), *Handroanthus heptaphyllus* (Oliveira et al., 2017), *Paratecoma peroba* (Silva et al., 2021) e *Plathyenia reticulata* (Carvalho et al., 2021), ainda existem limitações quanto a propagação clonal para a espécie *Caryocar brasiliense* devido à ausência de informações metodológicas para a miniestaquia.

Estudos realizados via estaquia, bem como idade da matriz, tipo de estacas, presença e ausência dos folíolos e a aplicação de Ácido Indobultírico (AIB) em concentrações entre 1000 a 6000 mg. L⁻¹ em *C. brasiliense* não foram eficazes em promover o enraizamento (Carvalho et al., 2020). Esses resultados foram relacionados às condições fisiológicas e nutricionais da matriz fornecedora de propágulos, que podem alterar a capacidade de enraizamento (Xavier et al., 2009; Pereira et al., 2015; Moura et al., 2019).

Portanto, novos métodos de propagação vegetativa atrelados a aplicações de AIB em menores concentrações (500 mg L⁻¹) e o uso de Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (RPCP) que são capazes de produzir auxinas (AIA) poderiam favorecer o enraizamento adventício (Mafia, 2004).

Assim, nesse trabalho foram avaliadas a escarificação mecânica associada à aplicação exógena de giberelina em sementes de duas procedências e em diferentes condições ambientais com a finalidade de aumentar o percentual de emergência das plântulas. Além disso, a miniestaquia foi avaliada como técnica para a multiplicação de matrizes juvenis (oriundas de propagação seminífera), mantidas em minijardim multiclonal e a multiplicação via estaquia de plantas adultas do campo, como técnicas alternativas para produção de mudas de *Caryocar brasiliense*.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Definir protocolos para acelerar e uniformizar a emergência de sementes, bem como avaliar a capacidade de propagação assexuada, via estaquia e miniestaquia de *Caryocar brasiliense*.

2.2. Objetivos específicos

- Aumentar e uniformizar a emergência de sementes de *C. brasiliense* de duas procedências, com uso de escarificação mecânica associada ao uso do ácido giberélico em duas condições ambientais;
- Propagar de forma vegetativa *C. brasiliense* por meio de estaquia de matrizes adultas e por miniestaquia, a partir de mudas seminíferas, com o uso de auxinas exógenas e Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas;
- Caracterizar morfológicamente atributos relacionados ao crescimento inicial das plantas para apontar a variabilidade fenotípica da espécie;
- Acompanhar a formação das brotações do minijardim clonal a partir de sementes de pequi, provenientes de Minas Gerais e a capacidade de enraizar.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 *Caryocar brasiliense* Camb.

A espécie *Caryocar brasiliense* Camb. é arbórea, popularmente conhecida como pequi, pequizeiro, amêndoa-de-espinho e pequiá, variando de acordo com a região de ocorrência. O pequizeiro pertence à família Caryocaraceae, é uma espécie nativa não endêmica do Brasil (Prance e Pirani, 2022) considerada um símbolo do Cerrado brasileiro de importante valor social e econômico. Ocorre geralmente em agrupamentos mais ou menos densos, tanto em formações primárias como secundárias (Lorenzi, 2000).

Sua ocorrência abrange todo o domínio fitogeográfico Cerrado, com distribuição nos estados da Bahia, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará, e Tocantins e em áreas da Bolívia e do Paraguai (Prance e Pirani, 2023).

O tronco tortuoso pode atingir até 12 m de altura e 35 cm de diâmetro. A casca é escura e os galhos são longos, espesso e um pouco inclinados, o ritidoma é espesso de cor cinza fissuras e cristas sinuosas e descontínuas. A copa é larga e os galhos estendem-se pela lateral (Santos et al., 2000).

O Pequi está imune de corte em toda a extensão do domínio fitogeográfico Cerrado, conforme a Portaria MMA 32 (2019).

As folhas são compostas, trifolioladas e opostas. Seus folíolos são coriáceos, verde luzentes, pilosos em ambas as faces, largo-elíptico a suborbiculares, de até 20 cm de comprimento e 15 cm de largura, ápices

arredondados a obtusos e bases cuneadas ou assimétricas, margens crenadas (Oliveira et al., 2008).

O pequizeiro perde parcialmente suas folhas no final do período chuvoso, o que se intensifica nos meses de junho e julho, fato que caracteriza esta espécie como semidecídua, além de ser heliófita, ainda é capaz de suportar altas temperaturas, salinidade, e pouca disponibilidade de nutrientes (Almeida et al., 1998).

Possui flores hermafroditas, ocorrendo de junho a janeiro, variando com a região de ocorrência, sendo mais precoces ao norte e mais tardias ao sul do Brasil. As flores atingem até 8 cm de diâmetro, contendo cinco pétalas livres, de coloração branca ou creme (Oliveira et al., 2008). A polinização, é realizada por morcegos, aves diurnas, abelhas grandes e marsupiais (Prance e Pirani, 2023), o que contribui para elevada variabilidade genética da espécie.

A frutificação ocorre de outubro a março e os seus frutos são dispersados por mamíferos e aves (Oliveira e Scariot, 2010). O pequi, fruto do pequizeiro é do tipo drupáceo, que contém, normalmente, entre um a quatro putâmens (Figura 1), popularmente chamados de caroços (Lima et al., 2007). Costuma ser comercializado inteiro ou na forma de polpa em conserva.



Figura 1. Variação de um a quatro putâmens por fruto de *Caryocar brasiliense*. Fotos: Pereira (2022).

O pequi é constituído pelo exocarpo (Figura 2) verde-acinzentado ou marrom-esverdeado; pelo mesocarpo externo (polpa branca) e pelo mesocarpo interno, que é oleoso e de coloração amarelada, por causa da presença de substâncias carotenoides. Sob a polpa amarelada localiza-se o endocarpo propriamente dito, duro e lenhoso, dentro do qual se aloja a semente branca oleaginosa e comestível que também é chamada de amêndoa.

Os espinhos, finos e pretos, estão dispostos em grupo no interior do endocarpo, apontados em direção à polpa amarela e a semente ou pirênio é revestida por um tegumento fino e marrom (Melo Júnior et al., 2004).

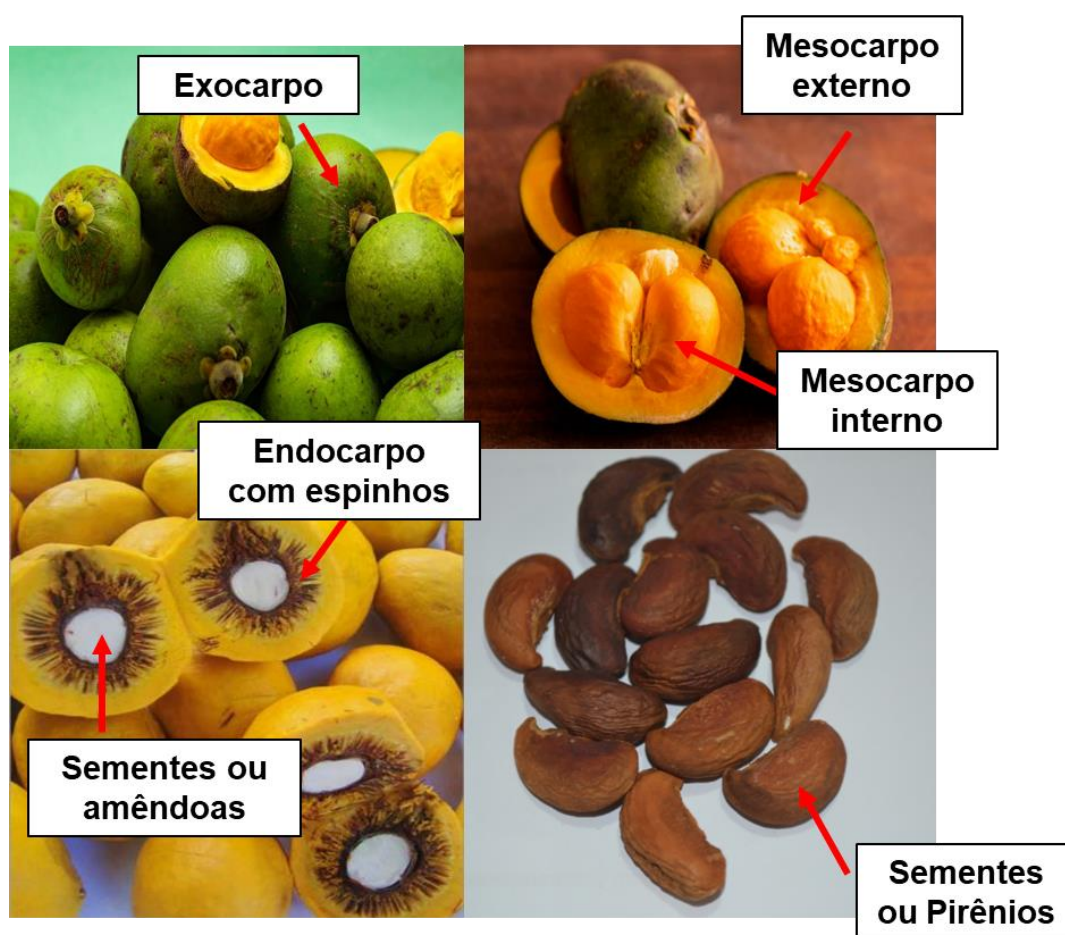


Figura 2. Detalhamento da parte externa para a parte interna do pequi. Fotos: Pereira (2022).

O endocarpo duro e aculeado desempenha a função de proteger o embrião e retardar a absorção de água, controlando assim a germinação em

condições naturais, já o tegumento da semente é fino, não lignificado e rico em compostos fenólicos o que facilita ao embrião a embebição. O embrião apresenta a estrutura hipocotiledonar, na qual há feixes vasculares diferenciados com abundantes reservas proteicas e lipídicas (Silva et al., 2017).

A preocupação com o consumo dos frutos, fez com que um pequizeiro com frutos sem espinhos fosse identificado, selecionado e multiplicado para o plantio. A nova variedade produz frutos semelhantes aos tradicionais em relação à cor e ao sabor, e assim, pode atender tanto ao comércio quanto à indústria (Kerr et al., 2007; Pereira et al., 2022).

Há relatos seculares do uso do pequi por comunidades tradicionais. No entanto, o fruto desperta interesse crescente da alta gastronomia, tanto para a produção de pratos típicos ou de novos pratos que usem esse ingrediente exótico (Paula et al., 2022).

O fruto, é rico em vitaminas e em óleos, sua polpa amarela de aroma marcante e sabor exótico, são destaques em receitas, como a galinhada, frango e cozido separadamente. Além de molhos, geleias, picolé, ração e cremes de cabelo (Lima et al., 2007).

A amêndoa possui teores antioxidantes naturais, diferentes carotenoides, vitaminas e compostos fenólicos. Além disso, possui diferentes ácidos graxos em sua composição, como ácido oleico, ácido linoleico e ácido linolênico (Paula et al., 2022) sendo utilizado na culinária, indústria de cosméticos e de fármacos (Santos et al., 2000) e sua concentração nas sementes é superior as da soja e do milho, e apresenta baixa suscetibilidade à oxidação, sendo comparável com o óleo de oliveira (Cornelio-Santiago et al., 2021).

É uma árvore melífera, atraindo vários tipos de abelhas. Suas folhas e casca são utilizadas como matéria-prima na fabricação de tinturas, resultando em corantes de cor amarela de excelente qualidade (Almeida e Silva, 1994).

A produção do pequizeiro inicia-se de 5 a 6 anos após o plantio (Nascimento et al., 2005), os frutos são colhidos no solo e uma planta pode produzir mais de 500 frutos (Santos et al., 2000).

Alguns dados mostram a estimativa de produção extrativista, tendo por base a densidade de 45 indivíduos/ha, produzindo em média cerca de 180 kg de polpa, 33 kg de amêndoas, 119 kg de óleo de polpa e 15 L de óleo de amêndoa (Oliveira, 2009).

Segundo dados do IBGE (2020), a coleta extrativista nacional do fruto foi de 63.520 toneladas em 2020, maior volume dentre os cinco anos anteriores, dos quais se tem registro. O aumento deu-se tanto em volume, 127,9%, quanto em valor, 122,7%. Minas Gerais foi o principal produtor, respondendo por 51,8% do volume nacional, seguido por Tocantins e Goiás.

A comercialização do pequi é realizada tanto em feiras, supermercados e por vendedores informais, quanto nas Centrais de Abastecimento, tendo importância social e econômica, ajudando na renda familiar da comunidade rural, podendo atingir até 57% da renda anual das famílias (Oliveira, 2006). O mercado do pequi é majoritariamente informal. Existem cooperativas que organizam parte da cadeia produtiva (Valério, 2021). Além disso, os frutos são exportados para os EUA, Itália e Portugal (Brainer, 2021).

Na cidade mineira de Japonvar, foram produzidas 1,3 mil toneladas do fruto em 2018 (IBGE, 2018). A cidade possui uma cooperativa específica para o processamento e comercialização do pequi, a COOPERJAP (Cooperativa de Catadores de Pequi de Japonvar), com cerca de 120 cooperados, e possui 250 famílias associadas (Afonso et al., 2015). Em Goiás, foram comercializadas 2.017 toneladas de pequi, destacando-se os municípios de Cidade de Goiás, Sítio D'Abadia, Campos Verdes, Niquelândia, Damianópolis, Santa Terezinha de Goiás e Mambaí (IBGE, 2018).

A comercialização do pequi é realizada tanto em feiras, supermercados e por vendedores informais, quanto nas Centrais de Abastecimento, apresentando importância social e econômica, podendo compor a renda familiar da comunidade rural, em até 57% da renda anual (Oliveira, 2006). O mercado do pequi é majoritariamente informal. Existem cooperativas que organizam parte da cadeia produtiva (Valério, 2021). Além disso, os frutos são exportados para os EUA, Itália e Portugal (Brainer, 2021).

3.2. Propagação de *Caryocar brasiliense*

A obtenção de mudas de pequizeiro se dá majoritariamente por via sexuada. Entretanto, as taxas de germinação e emergência de plântulas são muito baixas, variando em média de 9,23 a 25,64% (Bernardes et al., 2008; Leão et al., 2012).

O baixo percentual germinativo do pequi é causado pela dormência de suas sementes o que torna a propagação seminífera pouco eficiente, dificultando a produção de mudas em maior escala (Silva et al., 2021). Também o tempo de emergência pode variar de um a doze meses (Melo, 1987; Oliveira, 1998; Bernardes et al., 2008; Leão et al., 2012). Segundo Leão et al. (2012) e Sousa et al. (2017), a germinação de sementes com teor de água próximo a 7%, indica tolerância da espécie à dessecação.

São diversos os fatores que influenciam a germinação das sementes, que podem interferir diretamente na produção e qualidade de mudas. Um destes fatores é a dormência que faz com que as sementes, mesmo sob condições adequadas, não germinem (Santos et al., 2000).

Acredita-se que a dormência das sementes do pequizeiro deve-se principalmente ao baixo potencial de crescimento do embrião e aos impedimentos físicos, causados pelo endocarpo, e fisiológicos, decorrentes da presença de inibidores químicos no embrião e pela incapacidade deste em mobilizar as reservas da semente (Melo, 1987). O balanço hormonal no ambiente embrionário é fundamental para a ativação da germinação, que pode estar associado a fatores que promovem o mecanismo de inibição fisiológica (Lima, 2012).

O uso de reguladores de crescimento, como as giberelinas (GA_3), na fase de germinação, pode melhorar o desempenho das plântulas, pois acelera a velocidade de emergência e aumenta o potencial fisiológico das sementes, mesmo sob condições adversas (Fernandes et al., 2012).

O ácido giberélico (GA_3), considerado ativador enzimático endógeno, é um dos promotores da germinação, e sua aplicação exógena influencia o metabolismo proteico, podendo dobrar a taxa de síntese de proteínas das sementes (Aragão et al., 2003). Ambos atuam na superação da dormência e no controle de hidrólise das reservas, pela indução da síntese da α -amilase, enzima responsável pela hidrólise do amido, fazendo com que o amido e outras substâncias sejam quebradas e assim, o crescimento do eixo embrionário seja retomado (Taiz et al., 2017).

O estímulo pelo GA_3 favorece o crescimento do hipocótilo por meio da expansão celular que promove a rachadura do endocarpo e, assim, permite a protrusão da radícula e da plúmula (Sousa et al., 2017).

Alguns autores relatam a influência do tratamento com ácido giberélico na germinação de sementes e emergência de plântulas (Ferreira et al., 2019, Pimenta et al., 2019, Sousa et al., 2020). Entretanto, Leão et al. (2012), estudando a produção de mudas de pequi através do uso de ácido giberélico na concentração de 500 mg.L^{-1} por 48 horas, observaram aumento na porcentagem de emergência apenas em duas das 16 progênies avaliadas, de 20 para 38,05% e de 3 para 9%, enquanto a variação no percentual de germinação das progênies sem o tratamento foi de 3 a 57%.

Essa variação entre progênies corrobora os dados de Pereira et al. (2004) que observaram que aplicações das concentrações GA_3 de 125 a 500 mgdm^{-3} em sementes de pequi promoveram maiores índices de emergência de plântulas, com taxas de germinação variando entre as matrizes 5 e 1 com valores mais altos, próximos a 50% e a matriz 1 com taxa menor de 22,3%.

A utilização de hormônio pode não ser suficiente para garantir a germinação em sementes de pequi, por estas apresentarem também dormência física, sendo importante métodos que permitam superar essa barreira. Segundo Melo (1987), existe efeito prejudicial das camadas envoltórias nas sementes de pequi, pois com a eliminação obteve 20% na taxa de germinação, enquanto com a manutenção do mesmo a germinação variou de 4 a 12%. Com valores semelhantes observados também por Sousa et al (2007). Contudo os ganhos percentuais com a retirada dos envoltórios ainda são baixos.

Ainda que, ocorra a retirada da polpa, o tegumento continuará impermeável à água, restringindo a embebição, as trocas gasosas e expansão do embrião, impossibilitando a modulação da interação entre os tecidos internos da semente e o meio ambiente (Gnoatto et al., 2011) e mesmo que haja a embebição de água pelas sementes, as propriedades mecânicas do tegumento podem impedir a saída da plântula (Pereira et al., 2014).

Alguns métodos para superação de dormência tegumentar são utilizados em espécies florestais como, esscarificação ácida, imersão em água e esscarificação mecânica, que resultam na ruptura e no enfraquecimento da cobertura tegumentar que protege o embrião, permitindo as trocas gasosas e absorção de água e reguladores vegetais, viabilizando o início do processo germinativo (Floriano, 2004).

As condições ambientais também atuam na germinação, fazendo com que a dormência seja superada ao longo do tempo e sob condições naturais de clima ou de alterações climáticas. Os fatores externos como, luz, temperatura e umidade exercem efeito direto sobre a quantidade, velocidade e uniformidade da germinação de sementes e emergência das plântulas.

Assim, o uso de protocolos de quebra de dormência é fundamental para garantir uma produção de mudas rápida e homogênea.

3.3. Propagação Vegetativa – estaquia e miniestaquia

A propagação vegetativa consiste na multiplicação assexuada de partes da planta, a fim de gerar um indivíduo geneticamente idêntico à planta mãe dada a pluripotência da célula vegetal (Xavier et al., 2009). Os processos de reprodução assexuada apresentam a vantagem de perpetuação dos melhores clones, contribuindo para a implantação de pomares tecnicamente superiores aos obtidos por sementes (Santos et al., 2012), soma-se a isso a possibilidade de antecipar o período reprodutivo, conforme a técnica adotada, e reduzir o porte da planta, o que facilita a colheita.

A utilização de métodos assexuados é relevante também em espécies que apresentam limitações para propagação via sementes, como por exemplo, heterogeneidade no processo de maturação dos frutos e dormência das sementes, dificultando o suprimento adequado no processo de produção de mudas (Pinhal et al., 2011), como visto na cultura do pequizeiro.

Em espécies alógamas, com alta heterozigosidade, a propagação das espécies por sementes resulta em mudas desuniformes, o que pode ser prejudicial à produtividade dos plantios. Por outro lado, a propagação vegetativa permite a fixação de genótipos selecionados, o que proporciona inúmeros benefícios para a exploração de espécies perenes (Bandeira et al., 2007).

Em relação aos métodos de propagação vegetativa, a estaquia e a miniestaquia são as mais utilizadas no setor florestal para a produção comercial de mudas em larga escala, sendo empregadas também, no resgate e na conservação de recursos genéticos florestais (Dias et al., 2012).

A estaquia é uma técnica que consiste em promover o enraizamento de partes da planta, podendo ser ramos, caule, raízes e folhas. A estaquia caulinar é

uma das técnicas mais utilizadas, possibilitando a uniformidade e qualidade das mudas (Hilgert et al., 2020). Entretanto, algumas espécies nativas ainda, encontram dificuldade de enraizamento (Campos et al., 2022).

O enraizamento de estacas envolve a regeneração de meristemas radiculares a partir dos tecidos associados com o tecido vascular (Legue et al., 2014), ou a partir do tecido caloso formado na base da estaca (Silva et al., 2021), sendo a indução da regeneração radicular função da espécie, do genótipo e do nível de maturação da planta doadora (Wendling, 2003).

Tentativas de produzir mudas de pequizeiro por meio de estacas foram demonstradas por Guimarães et al. (2019) que conduziram experimentos, testando matrizes com seis e vinte e dois anos de idade, podadas e não podadas, e estacas com distintos níveis de folheação.

Os autores observaram que estacas com seis folíolos apresentaram 22,50% de enraizamento. Não houve diferença entre estacas herbáceas e semilenhosas, estacas de árvores jovens apresentaram 76,35% de sobrevivência com 6,93% de primórdios radiculares. A poda de ramos apicais proporcionou maior porcentagem de enraizamento 21,25%. Assim, com os ensaios constatou-se que o pequizeiro apresenta potencial para o método da estaquia, entretanto, com percentuais muito baixos de enraizamento.

Uma das ferramentas utilizadas para a indução do enraizamento é o uso de auxinas exógenas, com objetivo de estimular a iniciação radial, promovendo o aumento da porcentagem de estacas enraizadas e a uniformidade do enraizamento, características estas que possibilitam a redução do tempo de permanência das estacas no leito de enraizamento. Entre as auxinas utilizadas para aplicação exógena, a mais comum é o ácido indolbutírico (AIB), em função da quantidade e aumento de raízes por estaca (Tamura et al., 2022).

A auxina é um fitorregulador endógeno, produzido nas regiões de crescimento, como ápice caulinar, gemas e folhas, e pode ser aplicado de forma exógena para indução de raízes adventícias (Fachinello et al., 2005).

A formação de raízes adventícias é estimulada por elevados níveis de auxinas. As raízes adventícias podem se formar a partir de diversos tecidos e é a partir de células maduras que recuperam a atividade de divisão celular. Uma vez iniciada a divisão celular, essas células desenvolvem-se em meristema apical de raiz (Taiz et al., 2017), a capacidade em formar várias raízes adventícias oferece

uma vantagem seletiva, visto que o melhoramento genético em espécies perenes demanda tempo (Legue et al., 2014).

As auxinas podem ser abundantes, escassas ou mesmo ausentes no interior da planta, de acordo com a condição fisiológica e genética da estaca, bem como da época do ano de propagação. As concentrações utilizadas variam de acordo com a época, tipo de estaca e espécie a ser propagada, uma vez que a ação da auxina está relacionada a outros compostos envolvidos do processo de ferimento causado na coleta das estacas (Biasi et al., 1997; Bastos et al., 2009). Isso explica também o fato de que algumas espécies não respondem à aplicação exógena de auxinas e podem até ter sua capacidade de enraizamento reduzida (Pimenta et al., 2007; Fischer et al., 2008; Dias et al., 2012).

Carvalho et al. (2020) observaram que a imersão da base de estacas de pequiheiro com duas folhas e sem folhas em quatro concentrações de AIB (0; 1500; 3000 e 6000 mg L⁻¹) não influenciaram a formação de raízes adventícias. Os autores obtiveram, em média, 15% de enraizamento.

O ácido indolbutírico é amplamente utilizado por apresentar maior estabilidade química e menor suscetibilidade à degradação biológica que os demais reguladores de crescimento. Não obstante, a utilização da auxina sob altas concentrações pode apresentar efeito tóxico (Mantovani et al., 2017).

Neste caso, é necessário definir a melhor concentração de AIB para a espécie estudada, pois o acréscimo na concentração de auxinas pode estimular a indução de raízes até um ponto máximo, tornando inibitório se esse nível for ultrapassado (Fachinello et al., 2005; Xavier et al., 2013).

Em espécies lenhosas, a capacidade de enraizamento é reduzida com a idade. Essa capacidade varia com a constituição genética, nutricional e hídrica da planta doadora de propágulos, além do balanço hormonal e da presença de inibidores (Dias et al., 2012), que são fortemente afetados pelo grau de maturação dos propágulos. O maior grau de juvenildade dos propágulos promove aumento dos percentuais de enraizamento, maior qualidade, rapidez e vigor na formação radicular (Wendling, 2012).

Em função da dificuldade de enraizamento de estacas a partir de materiais adultos, a técnica da miniestaquia passou a ser adotada na produção comercial de mudas clonais, com protocolos bem definidos para espécies exóticas utilizadas na silvicultura econômica no Brasil. Muitos estudos têm

mostrado que várias espécies podem ser multiplicadas por este método (Oliveira et al., 2016; Sá et al., 2018; Freitas et al., 2018; Moura et al., 2019; Da Silva et al., 2021; Carvalho et al., 2021). Entretanto, os protocolos são variados e algumas espécies apresentam dificuldade de enraizamento (Pinto et al., 2003; Cardoso e Barros, 2013).

A técnica da miniestaquia consiste no uso de brotações de plantas propagadas pela técnica de estaquia, por micropropagação, ou de mudas produzidas por sementes. Nesse método, as plantas que fornecem as brotações, denominadas de minicepas, são acondicionadas em recipientes ou canaletões. O conjunto dessas minicepas forma o minijardim clonal.

A utilização de rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCP), que são capazes de produzir hormônio indutor de enraizamento, o ácido indolacético (AIA), é uma tecnologia que pode ser utilizada, para induzir o enraizamento de estacas e miniestacas, sobretudo, em face das possibilidades de incremento no crescimento e sobrevivência das mudas (Mafia, 2004).

A rizosfera é uma região de intensa atividade microbiana (Manhaes et al., 2013) em que predominam bactérias benéficas, de vida livre ou associadas aos tecidos vegetais (Chanway, 1997). Sendo a maioria pertencente aos gêneros *Enterobacter*, *Bacillus* e *Hespabirillum*, que apresentam a capacidade de colonizar as raízes de plantas e estimular o seu crescimento (Benizri et al., 2001).

Visto que essas bactérias, possuem habilidade em produzir ou alterar a concentração de reguladores de crescimento, como ácido indolacético, ácido giberélico, citocininas e etileno, além de fixar nitrogênio na planta (Cattelan, 1999).

Isolados de rizobactérias aplicados em substrato de produção de mudas aumentaram o enraizamento e crescimento do eucalipto, quando propagado vegetativamente (Ferreira et al., 2004; Teixeira et al., 2007). Burns e Schwarz (1996) observaram estímulo do enraizamento adventício em explantes de *Pinus elliottii in vitro*, produzido por um isolado não identificado de bactéria, propiciando ganhos de 15 a 90% em relação à testemunha. No entanto, há poucos trabalhos mostrando o efeito de rizobactérias na iniciação e desenvolvimento de raízes adventícias em estacas de espécies nativas.

Para espécies do gênero *Caryocar* não existem pesquisas científicas testando a miniestaquia como método de propagação vegetativa. Sendo

importantes estudos sobre a técnica para aumentar a disponibilidade de mudas de pequiheiro e viabilizar a multiplicação de materiais selecionados.

4. TRABALHOS

4.1. ESCARIFICAÇÃO MECÂNICA E ÁCIDO GIBERÉLICO (GA₃) NA QUEBRA DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE *Caryocar brasiliense*

RESUMO

A propagação por sementes de *Caryocar brasiliense*, é um dos obstáculos para a sua produção de mudas em maior escala, pela reduzida taxa e velocidade de emergência. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar métodos para acelerar, uniformizar e aumentar a emergência de sementes de pequi de duas procedências, Tocantins (TO) e Minas Gerais (MG). O experimento do material proveniente do TO, foi conduzido em DIC sob esquema fatorial 2x2x2, com e sem escarificação mecânica do endocarpo, com e sem aplicação exógena do ácido giberélico (GA₃) na solução de 350 mg L⁻¹ e com semeadura em condições de sombra e a pleno sol. Para a procedência de MG, o experimento foi conduzido em DIC sob esquema fatorial 2x2, com e sem a escarificação mecânica e com e sem aplicação exógena do ácido giberélico (GA₃) na mesma concentração. Para as duas procedências utilizaram-se quatro repetições com 25 sementes por parcela. Foi avaliada a Porcentagem de emergência, o Índice de velocidade de emergência e o Tempo médio de emergência. Não houve emergência das sementes da procedência TO, independente do tratamento, enquanto, as

sementes de MG, iniciaram a emergência aos 22 dias, com estabilização a partir de 240 dias após a semeadura. A giberelina aumentou o percentual e a velocidade de emergência das sementes de pequi, independentemente da escarificação mecânica.

Palavras-chave: Emergência; Procedências; Propagação seminífera

ABSTRACT

Propagation by seeds of *Caryocar brasiliense* is one of the obstacles to its production of seedlings on a larger scale, due to the reduced rate and speed of emergence. Therefore, the objective of the present work was to evaluate methods to accelerate, standardize and increase the emergence of pequi seeds from two sources, Tocantins (TO) and Minas Gerais (MG). The experiment with material from TO was conducted in DIC under a 2x2x2 factorial scheme, with and without mechanical scarification of the endocarp, with and without exogenous application of gibberellic acid (GA₃) in a 350 mg L⁻¹ solution and with sowing under conditions of shade and full sun. For MG origin, the experiment was conducted in DIC under a 2x2 factorial scheme, with and without mechanical scarification and with and without exogenous application of gibberellic acid (GA₃) at the same concentration. For both origins, four replications were used with 25 seeds per plot. The Percentage of emergency, the Emergency speed index and the Average emergency time were evaluated. There was no emergence of TO seeds, regardless of treatment, while MG seeds began to emerge at 22 days, with stabilization from 240 days after sowing. Gibberellin increased the percentage and speed of emergence of pequi seeds, regardless of mechanical scarification.

Keywords: Emergency; Provenances; Seminiferous propagation

INTRODUÇÃO

A espécie *Caryocar brasiliense* pertencente da família cariocaráceas, é nativa do domínio fitogeográfico Cerrado, não endêmica, cujo fruto oleaginoso, é

conhecido como pequi, que se destaca pelo sabor e aroma marcante, originado de árvores rústicas que se desenvolvem bem em solos ácidos e tolerantes ao déficit hídrico (Nunes et al., 2020).

Com isso, a espécie tem ganhado cada vez mais espaço no mercado, sendo os frutos comercializados *in natura*, ou também para uso nas indústrias alimentícias e medicinais, considerada uma cultura versátil e de vasto potencial comercial (Ascare et al., 2013; Torres et al., 2018).

Isto resultou no crescimento da extração dos frutos, representando um crescimento de 127,9% em 2020, em relação ao ano de 2019 (IBGE, 2020). Os estados que mais produziram são Minas Gerais, Tocantins e Goiás (IBGE, 2021). Em Minas Gerais, a cidade de Japonvar possui uma cooperativa específica para o processamento e comercialização do pequi, além de exportarem os frutos para os demais estados movimentando a economia local (Afonso et al., 2015).

Tem-se constatado o interesse e a necessidade do seu cultivo, na qual alguns plantios começaram a surgir, apesar de que o plantio de *C. brasiliense* depende da utilização de técnicas específicas de propagação para a produção de suas mudas.

A dormência natural dificulta e retarda a emergência e as baixas taxas e velocidades de emergência o que afeta o trabalho em viveiros, aumenta o custo de produção das mudas e, principalmente, o planejamento dos plantios definitivos (Gomes et al., 2013; Cruz et al., 2015).

A quebra da dormência das sementes pode ocorrer por um fator ou a combinação de fatores. O uso de reguladores de crescimento, como ácido giberélico (GA₃), na fase de germinação, melhora o desempenho das plântulas, pois acelera a velocidade de emergência e aumenta o potencial fisiológico das sementes de várias espécies, mesmo sob condições adversas (Moura et al., 2013).

O ácido giberélico, além de atuar na superação da dormência e no controle de hidrólise das reservas pela indução da síntese da α -amilase enzima responsável pela hidrólise do amido, e como o GA₃ é considerado ativador catterpromotor influencia o metabolismo proteico, podendo dobrar a taxa de síntese de proteínas das sementes (Taiz e Zeiger, 2017).

No entanto, os efeitos positivos da giberelina podem ser potencializados pela escarificação mecânica, que facilita o contato da água com o endosperma

das sementes (Campos et al., 2015), o que foi avaliado nesta espécie por Costa et al. (2022) repetido em dois anos consecutivos. Os autores supracitados observaram que o GA₃ e a escarificação mecânica aceleraram a emergência em 45 dias após a semeadura no primeiro ano e em ano posterior o resultado foi menor. Com isso, é importante avaliar esse procedimento em sementes providas de diferentes lotes ou anos de produção.

O estudo de emergência das sementes contribui para a propagação e melhor planejamento para o estabelecimento das espécies vegetais, bem como o desenvolvimento da espécie de diferentes procedências em determinada condição ambiental.

A existência de variabilidade em *C. brasiliense*, tanto na parte vegetativa quanto nos frutos (Oliveira et al., 2009), pode influenciar a resposta das sementes aos tratamentos. Plantas nativas, alógamas apresentam, naturalmente, grande heterogeneidade em suas características (Carmona et al., 2022).

Isso contribui para explicar as diferenças de emergência registradas na literatura, e em trabalhos de regiões diferentes e populações distintas entre e dentro de populações (Pereira et al., 2004; Gomes et al., 2022).

Assim, objetivou-se com este experimento avaliar o efeito da variabilidade genética das sementes em função da escarificação mecânica de putâmens e da imersão de ácido giberélico (GA₃) de procedências distintas na emergência de *Caryocar brasiliense*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Unidade de Apoio à Pesquisa do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, do campus da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizada no município de Campos dos Goytacazes - RJ (latitude 21° 19' 23" S e longitude 41° 19' 41" O).

Durante o cultivo das plantas na casa de vegetação a temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas por meio do data logger programado para leitura a cada hora ao longo do dia (Figura 1). A radiação fotossinteticamente

ativa média no ambiente externo e dentro da casa de vegetação foram respectivamente, em torno de $1365 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e $606 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

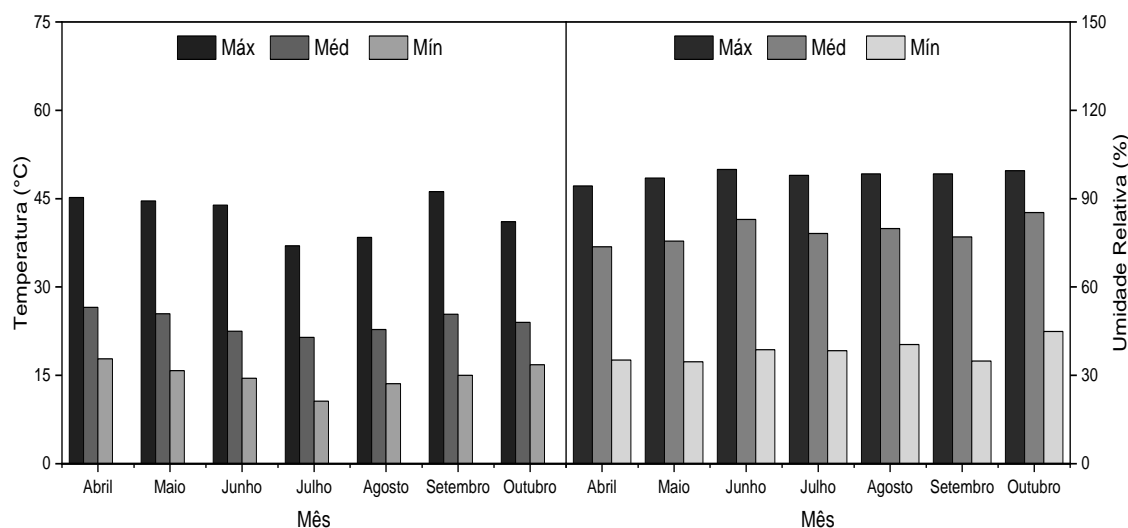


Figura 1. Dados de temperatura média (°C) e da Umidade relativa média do ar (%) registrados em casa de vegetação.

Efeito da Escarificação mecânica e do Ácido giberélico (GA_3) em sementes de pequi

Os frutos foram coletados aleatoriamente em árvores situadas em regiões distintas, a procedência 1, em São Bento -TO (outubro de 2021), situada a Sul-este e a procedência 2, na cidade de Japonvar (janeiro de 2022), localizada no Norte de Minas Gerais. Cada fruto possui de um a quatro putâmens, que são expostos pela abscisão natural dos frutos no chão, quando estão maduros. Foram retirados o epicarpo e o mesocarpo dos frutos das duas procedências.

Para a remoção da polpa aderida ao endocarpo, os putâmens da procedência-MG, passaram pela unidade de processamento de pequi localizado em Janpovar-MG, e os da procedência -TO, foram submetidos à remoção manual, com auxílio de uma faca, mantendo-se o endocarpo que recobre a semente (Figura 2).

Os pirênios (sementes inseridas nos endocarpos) da procedência - TO foram armazenados com serragem em geladeira, com temperatura média de

(8°C), por 90 dias e, para a procedência-MG, foram armazenados em temperatura ambiente, por 20 dias.



Figura 2. Pirênios de *Caryocar brasiliense* após a remoção da polpa.

Todos os pirênios, foram imersos em água por 10 horas, a fim de ocasionar a embebição das sementes e amolecer o endocarpo para facilitar a escarificação. A escarificação foi realizada manualmente em metade dos pirênios de cada procedência, com o auxílio de faca e uso de luvas, formando um corte longitudinal próximo à região do hilo (Figura 3) nas dimensões de 4 cm de largura e 0,5 cm de profundidade de aproximadamente, sem danificar os embriões.



Figura 3. Escarificação longitudinal na região do hilo no endocarpo de pirênios de *Caryocar brasiliense*.

Metade dos pirênios escarificados de cada procedência foram imersos, na solução de GA₃ na concentração de 350 mg L⁻¹, de acordo com o protocolo descrito em Costa et al. (2022) e a outra metade, somente com água deionizada, ambos por 24 horas. O mesmo procedimento de imersão ou não na solução de GA₃ foi realizado para os endocarpos não escarificados. O produto utilizado foi o Pro-Gibb® 400, contendo GA₃ à 40%.

Após a semeadura, as bandejas da procedência - TO, foram conduzidas para casa de vegetação e céu aberto, já a procedência-MG foi conduzida apenas em casa de vegetação.

Assim, foram conduzidos dois experimentos distintos devido ao local de coleta e número de sementes. Neste sentido, a procedência -TO em esquema fatorial 2x2x2, e a procedência - MG em 2x2, respectivamente, sendo os fatores: Experimento 1-TO: Com ou Sem escarificação, Imersão ou Não dos pirênios em GA₃, e condução à Sombra ou a Pleno sol; Experimento 2 - MG: Com ou Sem escarificação e Imersão ou Não dos pirênios em GA₃. Ambos foram conduzidos em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com quatro repetições de 25 sementes.

O esquema a seguir descreve e resume as etapas descritas anteriormente (Figura 4).

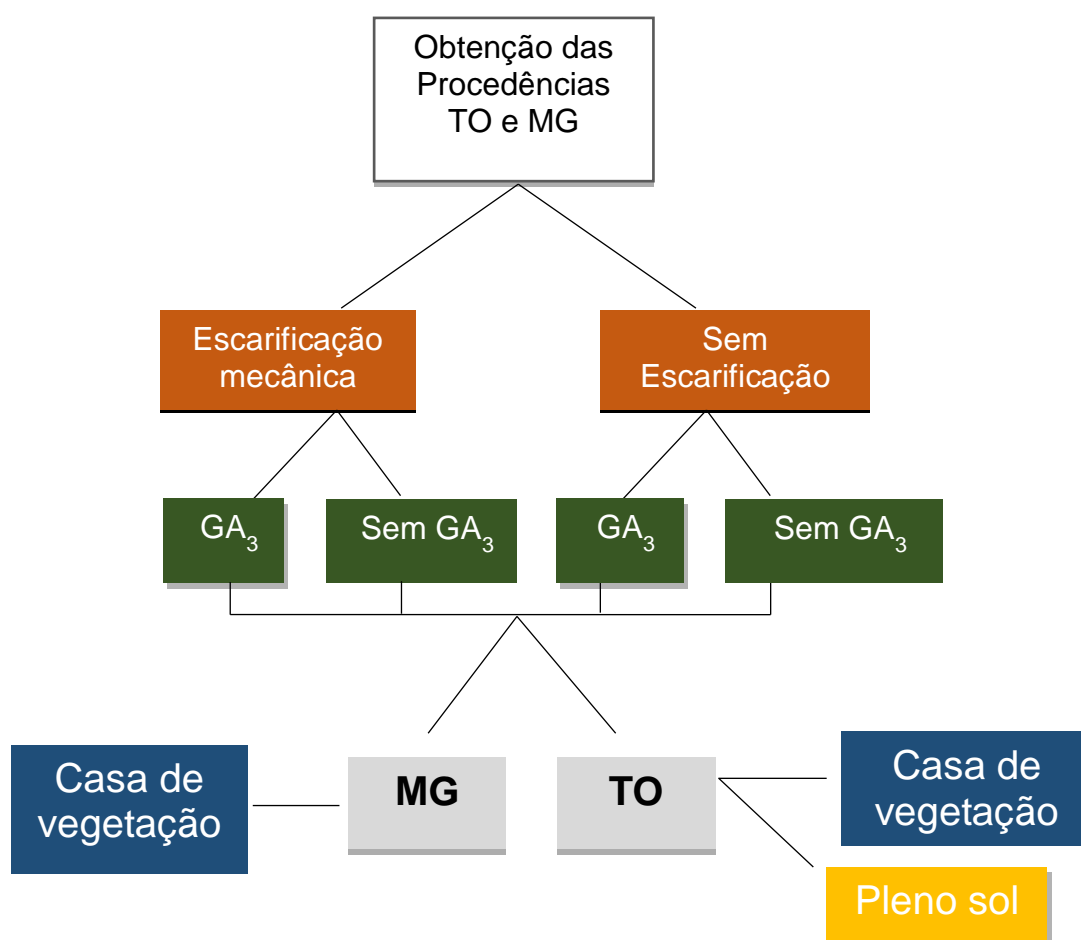


Figura 4. Etapas para quebra de dormência de sementes de *Caryocar brasiliense* por escarificação mecânica, imersão no ácido giberélico (GA_3), em duas condições de luz.

A semeadura foi realizada em fevereiro de 2022, em bandejas de polietileno com 34 cm de comprimento, 21 cm de largura e 8 cm de altura, com células medindo 6x6x7 cm, preenchidas com 2/3 de areia e 1/3 de substrato comercial Basaplant florestal®. O material foi conduzido para a casa de vegetação, sob cobertura com polipropileno leitoso de 150 micra.

A irrigação foi realizada duas vezes por dia, durante todo o período de condução do experimento, de modo a manter o substrato úmido, sem promover seu encharcamento. As bandejas mantidas a pleno sol, foram regadas manualmente com mangueira e as bandejas dentro da casa de vegetação foram irrigadas por sistema de irrigação automático, ambas, duas vezes ao dia.

A emergência das plântulas foi avaliada, diariamente, até 240 dias após a semeadura, adotando-se como critério de emergência a protrusão da radícula e crescimento da plúmula em pelo menos 3 mm (Figura 5).



Figura 5. Plântulas de *Caryocar brasiliense*.

Com os dados obtidos, ao final do período de avaliação, foram determinadas:

- Porcentagem de emergência: calculada pela fórmula $E = (N/A) \times 100$, em que: N= número de sementes emergidas; A = número de sementes na amostra.
- Índice de velocidade de emergência: $IVE = \sum (ni/ti)$, em que: ni = número de sementes que emergiram em dias “i”; ti = tempo após instalação do teste.
- Tempo médio de emergência: $TME = (\sum niti)/\sum ni$, onde: ni = número de sementes emergidas por dia; ti = tempo de incubação.

Os dados foram submetidos à Análise de Variância e as diferenças entre médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) por meio do *software* R (R Core Team, 2019).

Variabilidade fenotípica de mudas de *Caryocar brasiliense*

A partir das plântulas procedeu-se a caracterização descritiva das mudas, visando auxiliar o conhecimento do sistema vegetativo e reprodutivo das minicepas e, assim, retratar a variabilidade genética da espécie.

Foram avaliados o formato da folha e coloração da folha e do caule. As diferenças morfológicas durante o crescimento das plântulas são fundamentais para subsidiar estudos de germinação e produção de mudas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito da escarificação mecânica e do Ácido giberélico (GA₃) em sementes de pequi

Como não houve emergência de plântulas em nenhuma das repetições referentes a procedência do Tocantins, esses dados foram excluídos da análise de variância, que se baseou apenas nos resultados da procedência de Minas Gerais.

Na Tabela 1 verifica-se efeito positivo do ácido giberélico sobre o percentual de Emergência, o Índice de velocidade e o Tempo de emergência das sementes de *C. brasiliense*. A escarificação mecânica reduziu apenas o tempo médio de emergência das sementes. Não houve interação entre o ácido giberélico e a escarificação mecânica.

Tabela 1. Emergência (E), Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e Tempo Médio de Emergência (TME) em função da escarificação e de Ácido Giberélico (350 mg L⁻¹) em pirênios de *C. brasiliense*, procedentes de Minas Gerais

GA ₃	E(%)			IVE			TME (dias)		
	ESC	NE	Média	ESC	NE	Média	ESC	NE	Média
Com	26	32	29 a	0,22	0,25	2,31 a	32,5	37,3	40,72 a
Sem	10	14	12 b	0,37	0,08	0,30 b	88,5	79,3	66,76 b
Média	18 ^{ns}	23 ^{ns}	-	1,58 ^{ns}	1,03 ^{ns}	-	43,3 a	64,0 b	-

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste F (P < 0,05). ^{ns} não significativo. escarificada; NE: não escarificada.

Observa-se que os tratamentos com ácido giberélico diferiram do controle (NESC + Água) e dos pirênios escarificados com água (ESC+Água), com acréscimo na velocidade de germinação, visto que o início da emergência foi aos 22 dias após a semeadura (DAS). A emergência das sementes do tratamento controle iniciou aos 32 DAS (Figura 6).

O experimento foi avaliado pelo período de 335 dias, contudo foi verificada a estabilidade do porcentual de emergência de todos os tratamentos, a partir dos 240 dias.

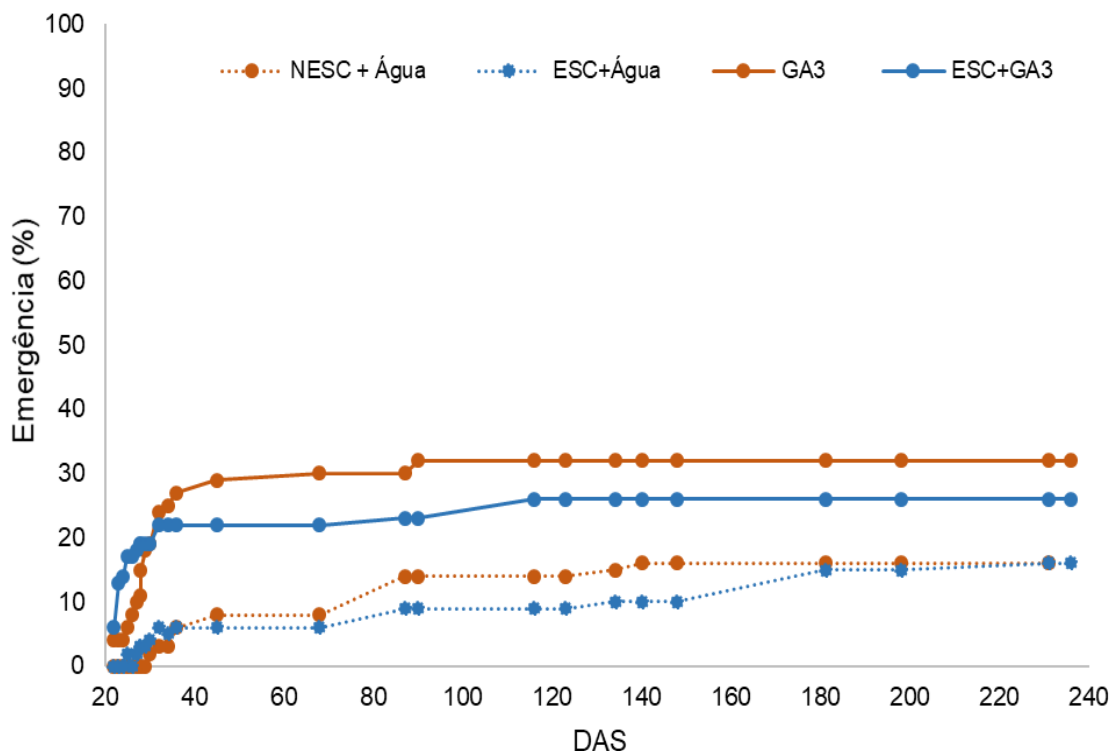


Figura 6. Emergência de *Caryocar brasiliense*, em função da Não Escarificação+Água (NESC+Água); Escarificação+Água (ESC+Água); Ácido Giberélico+Não Escarificação (GA₃) e Escarificação+Ácido Giberélico (ESC+GA₃), durante 240 dias após a semeadura (DAS).

A maior velocidade e percentual de emergência foram verificados nos pirênios tratadas apenas com ácido giberélico (GA₃), que atingiram 29%, aos 45 DAS, o que representou aproximadamente 90% da porcentagem máxima atingida com este tratamento (32% aos 90 DAS).

Os pirênios submetidos à escarificação mecânica e posterior imersão em ácido giberélico (ESC+GA₃) apresentaram 22% de emergência até 45 DAS. Em pirênios escarificados e imersos em água (ESC+ÁGUA) e nos do Controle (NESC+Água) o percentual de emergência variou de 6% a 8% aos 45 DAS, respectivamente.

Esses resultados indicam estímulo do GA₃ sobre a emergência, estudos com essa espécie sugerem o mesmo, como foi observado por Silva e Leonel (2017), cujo início da emergência ocorreu aos 35 DAS, em pirênios imersos por 24 horas em solução de ácido giberélico a 1000 mg L⁻¹, atingindo 35% de germinação, enquanto sem tratamento não houve emergência e por Bernardes et

al. (2008), que obtiveram 30,8% de emergência, aos quarenta dias após a semeadura, utilizando a concentração de 345 mg L⁻¹, entretanto a testemunha resultou em 12,3%. O mesmo foi observado neste experimento, no qual os pirênios imersos apenas em água, atingiram apenas 16% de emergência.

Nota-se que a aplicação de GA₃ aumentou o índice de velocidade de emergência (IVE), proporcionando a mais rápida formação de plântulas. Entretanto, o percentual de emergência obtido ainda é baixo, sendo importantes testes com outros indutores.

Segundo Melo (1987), há efeito prejudicial dos envoltórios nas sementes de pequi, e com sua eliminação, observou-se uma taxa de emergência de 20% e, quando estes foram mantidos, a emergência variou entre 4% e 12%, num período de observação de 29 a 308 dias.

Embora a escarificação mecânica facilite a absorção de água pelo embrião, o procedimento realizado resultou em baixo índice de emergência, especialmente sem GA₃. A dormência está associada aos efeitos dos envoltórios, por meio de inibidores e pelo menor suprimento de água (Melo, 1987).

A emergência está diretamente relacionada com a velocidade de absorção de água pela semente, que induz o embrião a sintetizar e liberar giberelinas, que irão agir diretamente nas células de revestimento do endosperma, influenciando as reações bioquímicas que são determinantes para o processo germinativo (Carvalho e Nakagawa, 2012).

Esses resultados sugerem que, além de dormência atribuídas à semente de *C. brasiliense*, pela presença de inibidores, a resistência mecânica do tegumento ao crescimento do embrião, que de acordo com da Silva et al. (2017) pode ocasionar a impermeabilidade do tegumento à água e às trocas gasosas.

Apesar da rigidez do endocarpo, com numerosos acúleos finos, houve hidratação da semente com a solução de GA₃, crescimento do embrião e a subsequente protrusão da radícula por meio do endosperma micropilar, superando a restrição mecânica imposta pelo endosperma circundante, independentemente da escarificação mecânica.

O tempo médio de emergência (TME) foi reduzido pelo ácido giberélico, bem como pela escarificação mecânica (Tabela 1). A emergência do *C. brasiliense*, ocorre geralmente aos 40 dias, quando os pirênios são submetidos ao ácido giberélico. Há relatos de que o processo germinativo de um lote de

sementes da espécie pode se prolongar por até 360 dias quando não recebem tratamento de quebra de dormência (Souza et al., 2002; Costa et al. 2022).

Apesar do endocarpo não impedir a embebição, a escarificação mecânica com a faca promoveu a diminuição da espessura, a entrada das sementes na solução de ácido giberélico ou de água, e com isto, a reativação dos processos metabólicos germinativos, contribuindo para a redução do TME.

Silva e Medeiros Filho (2006) observaram um percentual de emergência de 7% para as sementes escarificadas e 5% para as não escarificadas, com 0,08% de IVE para as escarificadas e 0,03% para as não escarificadas. Os autores também submeteram os putâmens a diferentes períodos de baixa temperatura, o que não influenciou os resultados.

Campos et al. (2021) estudaram o efeito da escarificação em 1 e 2 faces de putâmen realizada com serra manual e esmeril em *C. brasiliense*, e observaram 17,8% e 15,8%, respectivamente, na percentagem de emergência, enquanto sem a escarificação obtiveram 7,8%.

Por meio de seus efeitos antagônicos ao ácido abscísico, as giberelinas são capazes de liberar sementes da dormência (Gubler et al., 2008; Seo et al., 2009). A indução da expansão celular se dá por meio de uma sinalização química da giberelina, que provoca maior atividade da enzima xiloglucana endotransglicosilase (Taiz et al., 2017).

A sinalização química da giberelina provavelmente ocorre de forma sinérgica e aditiva à ação de auxinas que ativam H⁺-ATPases e tornam o meio apropriado para a atividade das expansinas. Além de estimular a expansão celular, as giberelinas são, possivelmente, mensageiras químicas para a ação de outros hormônios, como auxinas, citocininas e brassinosteroides, que aumentam a emergência de primórdios foliares e crescimento de raízes (Matos et al., 2020).

A concentração de ácido giberélico (GA₃) de 350 mg L⁻¹ utilizada, resultou em taxa de emergência inferior à encontrada por outros autores, como Leão et al. (2012), que obtiveram 57,38% de emergência na concentração de 500 mgL⁻¹; por Dombroski et al. (2010) que conseguiram 54% quando as sementes foram tratadas na concentração de 350 mg L⁻¹; e Costa et al. (2022), que obtiveram entre 56 a 72% de germinação, utilizando imersão em solução de 345 mg L⁻¹ de GA₃.

Em alguns estudos, os autores avaliaram as características físicas dos frutos de pequizeiros oriundos de distintas procedências do cerrado. Os resultados indicaram que há diferenças tanto nas características químicas como físicas entre os frutos das diferentes regiões, principalmente, em frutos dentro de plantas, em plantas dentro de áreas e entre as regiões (Nascimento et al., 2005; Ramos et al., 2015; Hernández et al., 2020).

Essas informações corroboram as baixas taxas de emergência observadas neste experimento e surge como hipótese para ausência de emergência das sementes da procedência de Tocantins, como também pode estar relacionada às características fisiológicas. Uma vez que a utilização de sementes de alta qualidade fisiológica está ligada ao potencial de emergência e a capacidade de armazenamento, podendo retardar o crescimento do embrião mesmo em condições ideais.

Variabilidade fenotípica de mudas de *C. brasiliense*

Foi observado que plântulas de *C. brasiliense*, que tiveram a sua emergência no mesmo dia, apresentavam variações, quanto a coloração e formato das folhas (Figura 7). Ao longo do crescimento das plântulas, trinta e três mudas foram formadas, sendo observado variações, para a coloração do caule e formato das folhas (Figura 8).

De forma geral, a coloração das folhas no início da emergência é avermelhada, tornando-se esverdeada, e mantêm-se no verde-claro. Na literatura a morfologia das folhas é classificada como compostas e trifoliadas (com 3 folíolos), entretanto é possível verificar neste trabalho, divergências sobre o formato, na fase inicial de crescimento das mudas. As folhas trifoliadas são mais comuns, mas também é possível encontrar folhas simples no início, que podem ser ou não substituídas pelas trifoliadas.

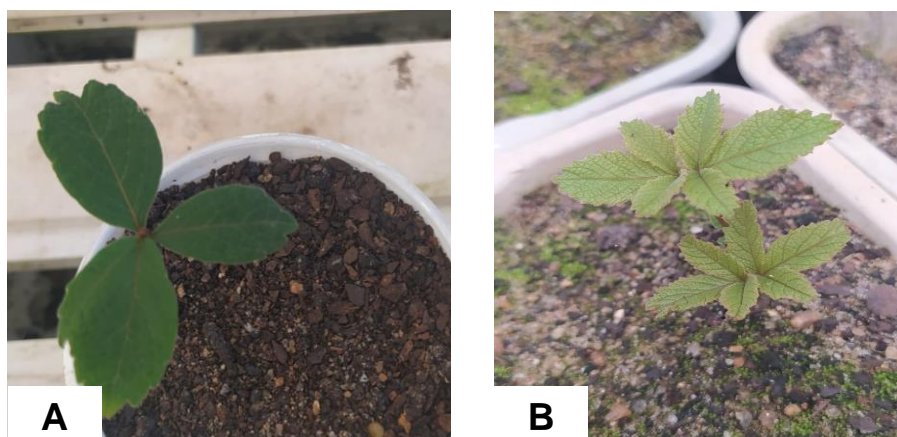


Figura 7. Variação da coloração e morfologia da folha (A) folhas simples (B) folhas trifoliadas aos 15 dias após a emergência de *C. brasiliense*.

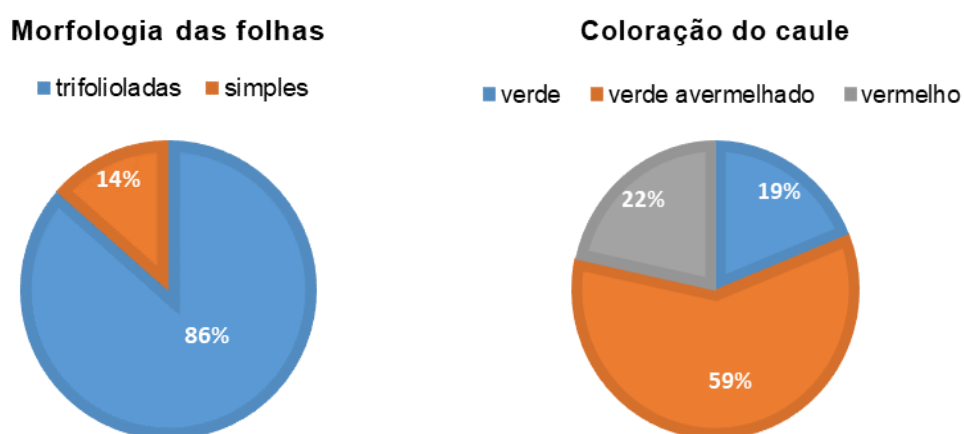


Figura 8. Valores da média da Morfologia da folha e Coloração do caule de mudas de *C. brasiliense* aos 40 dias após a emergência.

Essas diferenças observadas na coloração e morfologia, comprova a variação genética, mesmo que sejam da mesma procedência, como foi observada neste trabalho após 40 dias da sementeira (Figura 9). O conhecimento da morfologia e desenvolvimento das plântulas, bem como de frutos e sementes é fundamental para subsidiar estudos de propagação seminífera e vegetativa e assim, a produção de mudas em grande escala (Lima, 2012).

A variabilidade em *C. brasiliense*, observada entre plantas e frutos pode ser influenciada por componentes ambientais, como o solo, o clima, a idade das plantas. Contudo alguns autores verificaram que esta variabilidade é resultado

das próprias diferenças genéticas existentes entre os indivíduos (Nascimento et al., 2005; Moura et al., 2013), o que pode ser observado na emergência e na morfologia das mudas.

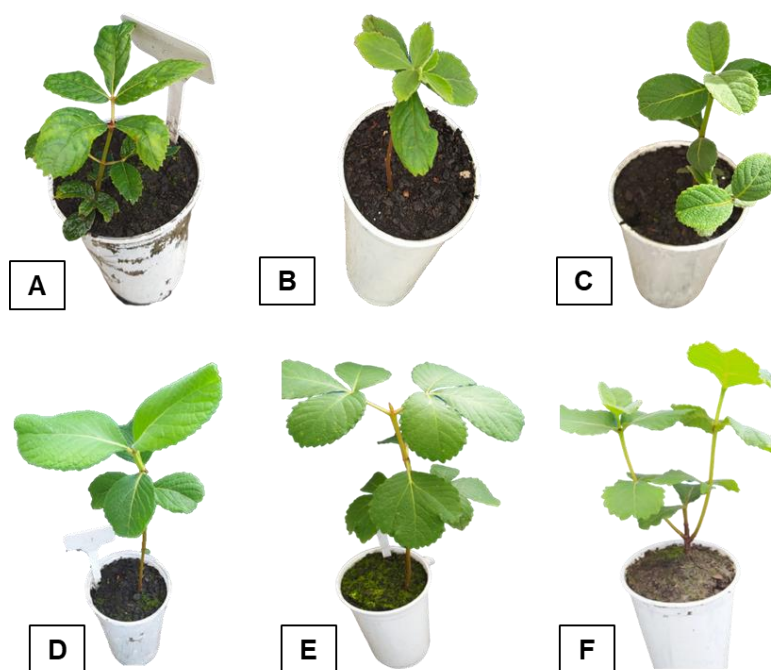


Figura 9. Variação do crescimento das mudas aos 40 dias de *C. brasiliense*. (A e B) - coloração da folha e caule (C e D) - Folhas simples (E) - Folhas trifoliadas e (F) - Caule bifurcado.

CONCLUSÕES

Houve 33% de emergência em sementes tratadas com ácido giberélico.

A escarificação nos putâmens não influenciou as variáveis analisadas.

As mudas de *Caryocar brasiliense*, quando propagadas por sementes, apresentam variabilidade fenotípica quanto à cor do caule, número de folíolos e formato da folha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernardes, T.G., Naves, R.V., Rezende, C.F.A., Borges, J.D., Chaves, L.J. (2008) Propagação sexuada do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) estimulada por ácido giberélico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38 (2):71-77.
- Costa, E.S., Marinho, C.S., Amaral, C.O., Souza, J.A.G. (2022) Germinação Precoce de Sementes de Pequi e Desempenho Pós-plantio de Mudanças na Região Noroeste Fluminense. *Floresta e Ambiente*, 29.
- Carvalho, N.M., Nakagawa, J. (2012) *Sementes: Ciência, tecnologia e produção*. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 590 p.
- Campos, L.O., da Silva, R.B., da Mota Gonçalves, R.G., Silva, S.F. (2021) Produção de mudas de pequi sob diferentes métodos de quebra de dormência. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 12 (7):148-154.
- Carmona, R., Oliveira Júnior, A.A.D., Ferreira, D.F.N., Costa, T.E.D., Carvalho Júnior, L.C., Gonçalves, H.M. (2022) Air layering in *Caryocar brasiliense* - effect of stem diameter. *Ciência Rural*, 52.
- Dombroski, J.L.D., Paiva, R., Alves, J.M.C., Santos, B.R., Nogueira, R.C., Paiva, P.D. D.O., Barbosa, S. (2010) Métodos para a superação da dormência fisiológica de *Caryocar brasiliense* Camb. *Cerne*, 16:131-135.
- Da Silva, S.Â.M., Lopes, P.S.N., Ribeiro, L.M., Andrade, M.S., Mercadante-Simões, M.O. (2017) Aspectos estruturais do controle da germinação em pirênios de *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae). *Árvores*, 31:887-902.
- Gomes, B.H, Faria, M.V., Mendes, M.G., Bonetti, A., Júnior, O., Nogueira, A.P.O. (2022) Diversidade genética e correlação entre características morfológicas de frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) com e sem espinhos no endocarpo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 94.
- Gubler F., Hughes T., Waterhouse P., Jacobsen J. (2008) Regulation of dormancy in barley by lightblue and post-ripening: effects on abscisic acid and gibberellin metabolism. *Plant Physiol*, 147:886-896.
- Hernández, L.H., Santos, F.A.D., Palomino, E.C., Tambarussi, E.V., Moraes, C.B. (2020) Variação genética de árvores de *Caryocar brasiliense* para características morfométricas de frutos. *Floresta e Ambiente*, 28:2-3.
- Leão, É.F., Peixoto, N., Morais Júnior, O.P.D. (2012) Emergência de plântulas de pequi em função da planta matriz e uso de ácido giberélico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42:416-423.
- Melo, J.T.D. (1987) Fatores relacionados com a dormência de sementes de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Moura, N.F., Chaves, L.J., Naves, R.V. (2013) Caracterização física de frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb) do cerrado. *Revista Árvore*, 37:905-912.

- Matos, F.S, Freitas, I.A.S., Pereira, V.L.G., Pires, W.K.L. (2020) Efeito da giberelina no crescimento e desenvolvimento de mudas de *Spondias tuberosa*. *Revista Caatinga*, 33:1124-1130.
- Nascimento, J.L., Naves, R.V., Vera, R., Leandro, W.M., Chaves, L.J., de Souza, E.R. B. (2005) Caracterização física de frutos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 35 (2):71-79.
- Oliveira, M.E.B.D., Guerra, N.B., Maia, A.D.H.N., Alves, R.E., Xavier, D.D.S., Matos, N.M.D.S. (2009) Caracterização física de frutos do pequi nativos da chapada do Araripe-CE. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31:1196-1201.
- Pereira, A.V., Pereira, E.B.C., da Silva, D.B., Gomes, A.C., Sousa-Silva, J.C. (2004) Quebra da dormência de sementes de pequi. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados.
- Ramos, B.H., Coimbra, R.R., das Chagas, D.B., de Melo Ferreira, W., Silva, K.L.F. (2015) Variabilidade fenotípica de frutos de *Caryocar brasiliense* Cambess em três diferentes fitofisionomias do Cerrado. *Iheringia, Série Botânica*, 70 (1):39-46.
- Seo, M., Nambara, E., Choi, G., Yamaguchi, S. (2009) Interação de sinais luminosos e hormonais em sementes em germinação. *Biologia molecular de plantas*, 69:463-472.
- Silva, E.C., Leonel, L.V. (2017) Avaliação da germinação de sementes de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) submetidas em diferentes concentrações de ácido giberélico. *Revista Cultura Agrônômica*, 26 (2):217-223.
- Silva, M.A.P., Medeiros Filho, S. (2006) Emergência de plântulas de pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm). *Revista Ciência Agrônômica*, 37 (3):381-385.
- Taiz, L., Zeiger, E., Muller, I.M., Murphy, A. (2017) *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora. 800p.

4.2. Propagação vegetativa: Efeito do AIB e de Rizobacterias na promoção do enraizamento de estacas e miniestacas de *Caryocar brasiliense*

RESUMO

A propagação vegetativa é uma alternativa para a produção de mudas em escala comercial de espécies de difícil propagação seminífera. Não há trabalhos sobre a propagação por miniestaquia de *Caryocar brasiliense* e os poucos sobre propagação vegetativa abordam a produção de mudas por estaquia, mas relatam baixo percentual de enraizamento. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar efeito do AIB e de rizobactérias na promoção do enraizamento adventício de estacas e miniestacas de *C. Brasiliense*. Para isso, foram realizados 3 experimentos. No primeiro, estacas com 8 a 15 cm e minietacas com 5 cm tiveram suas bases imersas, por 15 min, na solução de 500 mg L⁻¹ de AIB, sendo comparadas com tratamento controle, no qual os propágulos tiveram a base imersa em água deionizada. Em seguida, propágulos de ambos os tratamentos foram estaqueados e mantidos em câmara de nebulização intermitente por 60 dias. As estacas não enraizaram enquanto, as miniestacas apresentaram 27% e 52% de enraizamento, sem e com AIB, respectivamente. No segundo experimento foi avaliado o efeito da rizobactéria *Enterobacter* no enraizamento de estacas e miniestacas. O substrato foi inoculado com solução de 1x10⁸ UFC mL⁻¹ e as estacas tiveram sua base imersa em mesma solução. Como controle foi utilizado o substrato comercial puro, sem a imersão da base dos propágulos. Foram testadas estacas basais e apicais com e sem inoculação (fatorial 2x2). Não

houve enraizamento das estacas, porém as miniestacas tiveram aumento na taxa de enraizamento. No terceiro experimento foi avaliado o efeito das bactérias S3, S3T e S23, no enraizamento pela imersão da base dos propágulos nas respectivas soluções bacterianas (1×10^8 UFC mL⁻¹). As estacas e miniestacas enraizaram e os resultados evidenciaram que a sobrevivência e a biomassa radicular não diferiram do controle.

Palavras-chave: Auxinas; Produção de mudas; Propágulos

ABSTRACT

Vegetative propagation is an alternative to the production of seedlings on a commercial scale of species that are difficult to propagate in seminiferous species. There are no studies on propagation by minicutting of *Caryocar brasiliense* and the few on vegetative propagation address the production of seedlings by cutting but report a low percentage of rooting. Thus, the objective of the present work was to evaluate the effect of IBA and rhizobacteria in promoting adventitious rooting of cuttings and mini cuttings of *C. Brasiliense*. For this, 3 experiments were carried out. In the first, cuttings measuring 8 to 15 cm and mini cuttings measuring 5 cm had their bases immersed for 15 min in a solution of 500 mg L⁻¹ of IBA, in comparison with the control treatment, in which the propagules had their bases immersed in water deionized. Then, propagules from both treatments were staked and kept in an intermittent mist chamber for 60 days. The cuttings did not root, while the mini cuttings showed 27% and 52% rooting, without and with IBA, respectively. In the second experiment, the effect of the rhizobacteria *Enterobacter* on the rooting of cuttings and mini cuttings was evaluated. The substrate was inoculated with a solution of 1×10^8 UFC mL⁻¹ and the cuttings had their base immersed in the same solution. As a control, pure commercial substrate was used, without immersion of the base of the propagules. Basal and apical cuttings were tested with and without inoculation (2x2 factorial). There was no rooting of the cuttings, but the mini cuttings had an increase in the rooting rate. In the third experiment, the effect of S3, S3T and S23 bacteria on rooting was evaluated by immersing the base of the propagules in the respective bacterial solutions (1×10^8

CFU mL⁻¹). The cuttings and mini cuttings took root and the results showed that survival and root biomass did not differ from the control.

Keywords: Auxins; Seedling production; Propagules

INTRODUÇÃO

O crescente interesse pelo pequi, devido à importância socioeconômica e grande aceitabilidade pela população, tem motivado o aumento de pesquisas sobre a propagação desta espécie. A comercialização de pequi é prioritariamente extrativista e sua exploração por meio de pomares comerciais é, incipiente devido à dormência das sementes e dificuldade de produção de mudas em quantidade e qualidade.

Neste cenário, a propagação vegetativa pode ser considerada, como alternativa para espécies de difícil propagação seminífera e viabilizando o resgate e a multiplicação de indivíduos superiores em curto espaço de tempo e permitindo a conservação de recursos genéticos.

Uma das técnicas de propagação vegetativa muito utilizadas, especialmente no resgate de plantas lenhosas, é a estaquia, que possibilita a clonagem de indivíduos selecionados, possibilitando a produção uniforme de mudas (Hilgert et al., 2020). Entretanto, a capacidade de enraizamento é reduzida com a idade, devido ao gradiente de juvenilidade.

Observa-se na literatura que há variação na capacidade de enraizamento adventício do pequi via estaquia, bem como redução gradual do potencial de enraizamento com o aumento da idade das plantas (Guimarães et al., 2019).

A miniestaquia é uma variação da estaquia, que consiste na utilização de brotações de plantas jovens propagadas por sementes ou vegetativamente (Oliveira et al., 2016; Sá et al., 2018). É possível que a miniestaquia permita aumentar o percentual de enraizamento, uma vez que os propágulos (miniestacas) são obtidos em plantas mais jovens. Entretanto, não há informações sobre o uso desta técnica em *C. brasiliense*.

A aplicação de auxinas exógenas é procedimento comum e muitas vezes efetivo no aumento do enraizamento de estacas e miniestacas de plantas

lenhosas (Paulus et al., 2014; Faganello et al., 2015; Altmann et al., 2022), entretanto, nem todas as espécies respondem a este tratamento (Oliveira et al., 2016; Pessanha et al., 2018; Moura et al., 2019).

Estacas de *Caryocar brasiliense* submetidas a concentrações entre 1000 a 6000 mg L⁻¹ não enraizaram (de Deus et al. 2020). O mesmo foi observado por Carvalho et al. (2020), que avaliaram o efeito de concentrações entre 1500 a 6000 mg L⁻¹. Entretanto, baixas concentrações de AIB (de 0 a 500 mg L⁻¹) foram estudadas por Valeri et al. (2012) que observaram que a concentração de 100 mgL⁻¹ promoveu 60% enraizamento de *Caesalpinia echinata*, se bem que, Silva et al. (2019) obtiveram 80 % de enraizamento em 300 mg L⁻¹ de AIB de *C. trichotoma*.

A utilização das rizobactérias ou bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCPs), podem promover o crescimento vegetal por meio da fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fosfato ou aumento da disponibilidade de outros nutrientes devido à produção de hormônios vegetais, como auxinas, citocininas e giberelinas (Jiao et al., 2021; Vijaysri et al., 2023) em inúmeras espécies vegetais (Sousa et al., 2019; Ferraro et al., 2023) e podem atuar sobre o enraizamento adventício (Mafia et al., 2007; Peralta et al., 2012).

Embora não se conheça completamente os mecanismos pelos quais essas bactérias promovam o crescimento, sabe-se que elas são capazes de estimular direta ou indiretamente o crescimento das plantas, por meio da produção de auxinas na solução do solo ou modificação das auxinas (Sanchez López et al., 2014). Os grupos de rizobactérias comumente isolados são: *Azotobacter*, *Enterobacter* e *Herbaspirillum* (Benizri et al., 2001). No entanto, outros gêneros de bactérias que promovem o enraizamento vêm sendo estudadas.

Apesar da importância econômica e ambiental da espécie *Caryocar brasiliense*, sua propagação vegetativa ainda foi pouco estudada. A técnica da miniestaquia não foi ainda avaliada para essa espécie e os poucos trabalhos que abordam a estaquia, relatam baixo percentual de enraizamento. Diante do exposto, esse trabalho foi proposto para avaliar a propagação por miniestaquia, o efeito da aplicação exógena de ácido indolbutírico em concentração inferior às já pesquisadas e o uso de bactérias na promoção de enraizamento em estacas e miniestacas de *Caryocar brasiliense*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar registrados pela câmara de nebulização, estão expostos na Figura 1.

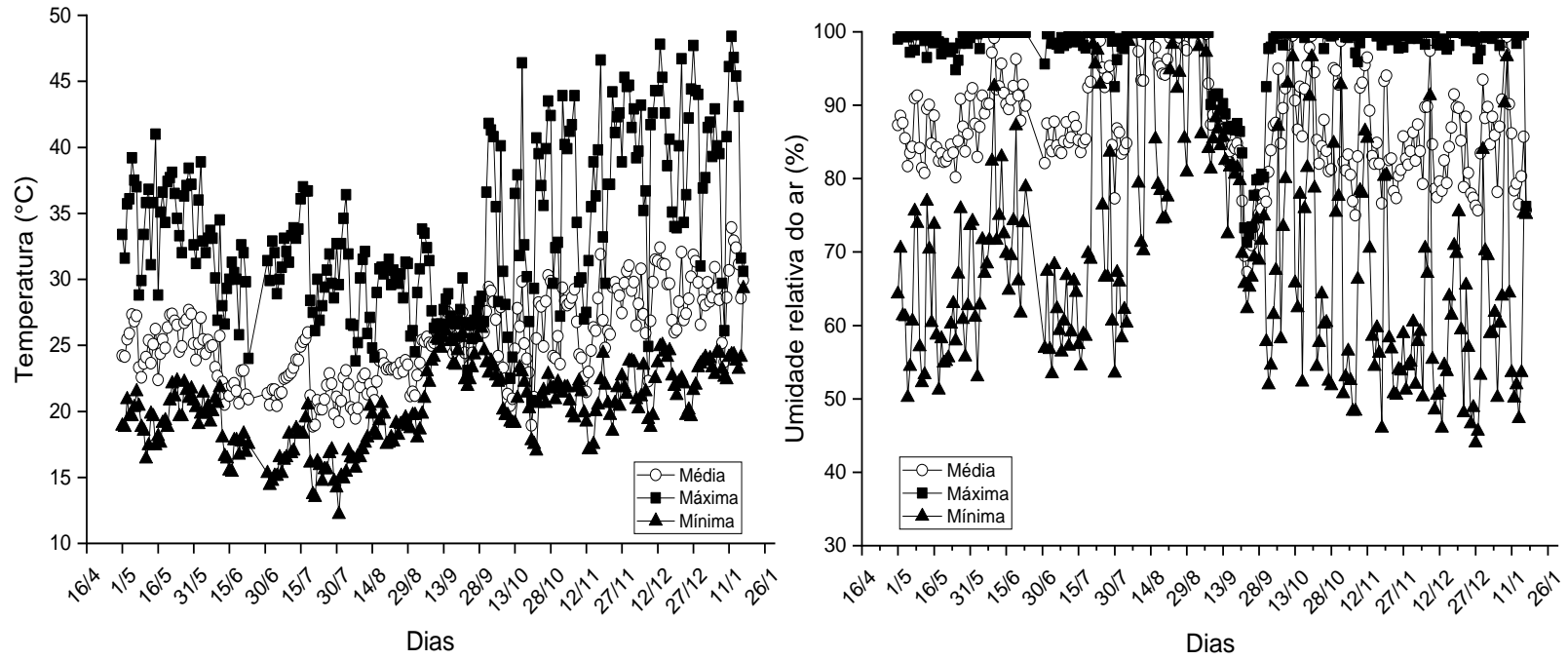


Figura 1. Dados das temperaturas (°C) e Umidade relativa média do ar (%) registrados em câmara de nebulização.

Obtenção das mudas – Minijardim clonal

Após a emergência das sementes provenientes de Minas Gerais, quando as plântulas atingiram 5 cm e um par de folhas aos 10 dias, foram transplantadas para copos plásticos com capacidade de 750 mL, com fundo devidamente perfurado, para drenagem da água e preenchidos com substrato comercial florestal (Basaplant®). Os copos plásticos foram pulverizados externamente com spray branco para menor aquecimento do substrato, mantidas em casa de vegetação.

Após três meses do transplântio das mudas, foi realizada a poda apical de 33 mudas para induzir a emissão e o crescimento de brotações laterais, formando-se assim as minicepas. Posteriormente, o minijardim multiclonal permaneceu em casa de vegetação por 12 meses, com irrigação automática por microaspersores, programada para duas vezes ao dia, com rega de 5 minutos.

Variabilidade fenotípica de minicepas de *Caryocar brasiliense*

As minicepas apresentaram novos brotos, não havendo diferença nas brotações quando deixadas com um ou três entrenós e o intervalo entre as coletas das brotações foi a cada 3 meses e isso foi suficiente, para não exaurir as minicepas, evitando estresse e mantendo a longevidade do minijardim clonal como fornecedora de brotos.

A quantidade de brotações emitidas foi semelhante para todas as minicepas, que emitiram de uma a três brotações (Figura 10), atingindo 5 cm ou mais, a partir dos 45 dias após a poda apical e estando todas vigorosas, com altura que variou de 14 a 28 (média de 21,2 cm) e diâmetro de 1,47 a 3,70 (média de 2,47 mm) e o número de entrenós entre 1 e 3.

Enraizamento adventício de Miniestacas e Estacas

Para os testes iniciais, foram obtidas da poda apical, quarenta miniestacas, entre elas, apicais e basais, confeccionadas com tamanhos variando entre 5 a 8 cm de comprimento, aproximadamente, deixadas com um par de folha reduzidas 50% da área foliar.

O material foi estaqueado em tubetes de 280 cm³, preenchidos com substrato florestal e acrescido de Osmocote® (15-09-12) na dose de 8 g Kg⁻¹. As

bandejas foram mantidas em câmara de nebulização acionada por 30 segundos, a cada 15 minutos sob cobertura plástica de polipropileno de 150 µm e tela aluminizada de 30% de sombreamento por 60 dias.

Após esse período de nebulização, as miniestacas foram transferidas para casa de vegetação, onde permaneceram por 70 dias.

Foi avaliada a porcentagem de enraizamento após a saída da câmara de nebulização e porcentagem de sobrevivência após os 70 dias em casa de vegetação.

Após os 70 dias, as mudas foram retiradas dos tubetes, postas sob peneiras e lavadas com água corrente para retirada do substrato, com o intuito de avaliar as características biométricas das mudas que sobreviveram. Foram determinados a altura das mudas, da base do colo até o ápice da gema apical com auxílio da régua graduada; o diâmetro do colo, por meio do paquímetro digital; e área foliar, com medidor eletrônico de bancada (LI-COR modelo LI-3000). As raízes foram processadas para digitalização usando o software General Image Analysis of Roots (Galkovskyi et al., 2012), para avaliação qualitativa do sistema radicular. As mudas foram separadas em parte aérea e sistema radicular, secas em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas, para determinação da massa seca das partes, com uso de balança analítica.

Para estaquia, foram coletadas brotações herbáceas (Figura 2), de quatro matrizes que haviam florescido e seis matrizes que não haviam atingido o florescimento de pequizeiros com seis anos de idade pertencentes à área experimental do Instituto Federal de Bom Jesus do Itabapoana-RJ, com as coordenadas geográficas 21° 08' 02" Sul de latitude e 41° 40' 47" de longitude Oeste e a altitude média é de 88 metros.



Figura 2. Emissão de brotações em troncos de *Caryocar brasiliense*, aos seis anos após o plantio- Bom Jesus do Itabapoana-RJ - Brasil.

A coleta foi realizada no período da manhã, de brotações da região basal e mediana da árvore. Após o corte, para manter a turgescência até a confecção das estacas, os ramos foram mantidos em caixa de isopor com a base envolvida com estopa molhada e imersa em água refrigerada. O isopor foi coberto com sacos plásticos preto sendo encaminhados ao local de implantação, localizado a cerca de 100 km.

Os ramos que deram origem ao material propagativo apresentavam boas características de sanidade, o corte dos ramos e a confecção das estacas herbáceas foram realizados com uso de tesoura de poda. Não foi aplicado tratamento hormonal para que fosse observada a capacidade natural das estacas em formar raízes adventícias.

Na casa de vegetação, no mesmo dia da coleta, foram preparados diferentes tipos de propágulo: estaca sem folha, estacas com um par de folhas (seis folíolos), estaca com três folíolos, e apenas as folhas. O comprimento das estacas foi de 6-10 cm, com área foliar reduzidas a 50%.

Foram produzidas 120 estacas, sendo 50 de árvores que já haviam frutificado e 70 das que não frutificaram. As estacas tiveram a base imersa em solução de hipoclorito de sódio por cinco minutos. Em seguida foram estaqueadas

em tubetes plásticos (280 cm³), contendo substrato comercial florestal e Osmocote® (15-09-12) na dose de 8 g. Kg⁻¹ de substrato.

As bandejas foram transferidas para câmara de nebulização, onde foram monitoradas por 60 dias. Ao longo do ciclo, foram consideradas mortas aquelas que escureceram, amoleceram, e ou desidrataram após o estaqueamento, sendo então descartadas (Figura 3).



Figura 3. Mortalidade das estacas de *Caryocar brasiliense* por apodrecimento após o estaqueamento.

Na Figura 4 são descritas as etapas realizadas para a confecção das miniestacas e estacas de *C. brasiliense*, procedimento adotado também nos demais testes.

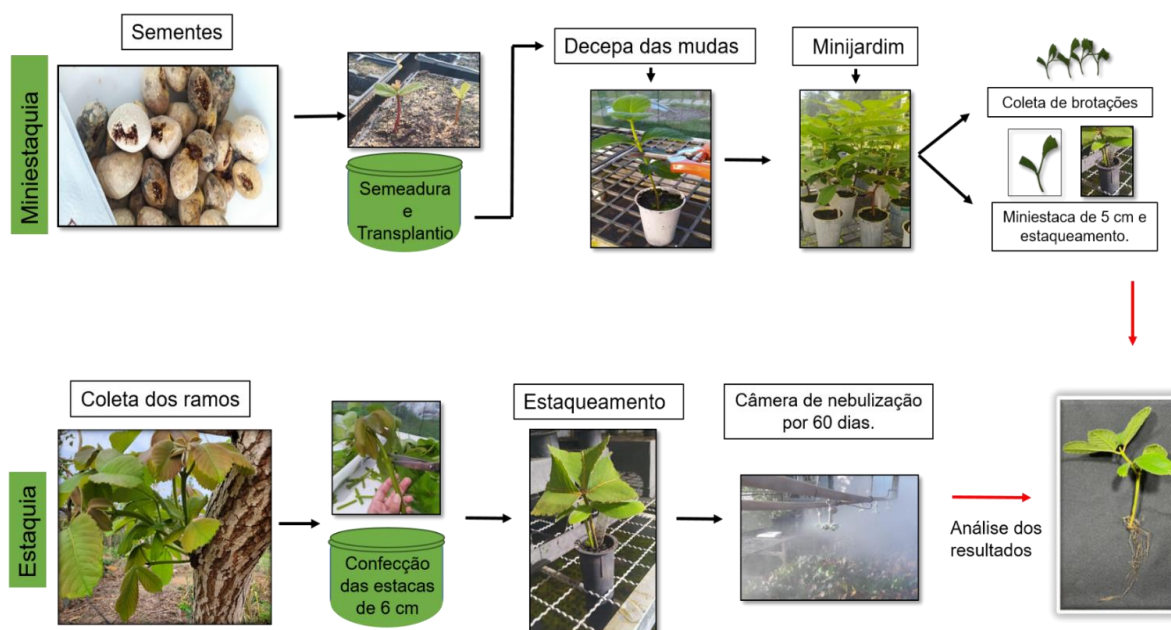


Figura 4. Esquema das etapas de miniestaquia e estaquia até avaliação do enraizamento adventício.

Efeito do AIB no enraizamento de estacas e miniestacas de *C. brasiliense*

Estaquia

As brotações das árvores adultas foram coletadas em agosto de 2022 no período da tarde e no local descrito item acima. As estacas foram confeccionadas com diâmetro médio de 2 mm e comprimento entre 8 e 15 cm, mantendo-se um par de folhas com área foliar reduzida 50%. As bases das estacas foram submetidas a tratamento fitossanitário de hipoclorito de sódio por 5 minutos, e posterior imersão em água deionizada.

As estacas foram tratadas com o regulador AIB (500 mg. L^{-1}), por imersão da extremidade basal por 15 minutos e, como tratamento controle, a imersão somente em água deionizada. O estaqueamento foi realizado conforme descrito no trabalho acima. Após isso, foram mantidas em câmara de nebulização acionada por 30 segundos, a cada 15 minutos por 60 dias.

O experimento foi implantado em DIC com 8 repetições de 10 estacas, totalizando 80 estacas por tratamento. Em função da alta mortalidade e consequente descaracterização do delineamento experimental proposto inicialmente, os dados foram submetidos à estatística descritiva.

Miniestaquia

Para a confecção das miniestacas, foram utilizadas a primeira brotação do minijardim clonal aos três meses após a poda apical, com tamanhos de 5 cm. Após isso, as miniestacas foram submetidas aos mesmos tratamentos e condições descritos anteriormente para as estacas.

Não foi possível estabelecer um delineamento devido a quantidade, sendo 15 miniestacas avaliadas em cada tratamento. Foi computado o percentual de enraizamento das mudas que formaram raízes adventícias.

Uso de bactérias na promoção do enraizamento adventício

Foram utilizadas quatro espécies de bactérias para a indução do enraizamento adventício em estacas e miniestacas de *C. brasiliense*, a inoculação foi realizada com a rizobactéria *Enterobacter* e bactérias da restinga que estão em fase de estudo sendo elas, S3T, S3 e S23.

-Bactéria *Enterobacter*

A bactéria *Enterobacter* sp foi isolada da planta aquática *Salvinia auriculata* Aublet. Esta planta foi coletada na Lagoa do Jacú, em Campos dos Goytacazes - RJ, no ano de 2013. Após o isolamento das bactérias, foi identificada a nível de 16S rDNA que se caracteriza como bactéria promotora do crescimento vegetal no estudo de Silva (2019).

Para a produção do inóculo, a bactéria foi cultivada em meio líquido Luria Bertani (LB) durante 4h a 30°C e com agitação a 160 rpm, até atingir uma concentração de 1×10^8 unidades formadoras de colônias (UFC) mL⁻¹. Para realizar essa etapa, uma alçada da bactéria *Enterobacter* sp que estava crescida por 24h em meio de cultura sólido foi adicionada em frascos Erlenmeyer de 500 mL, contendo 100 mL de meio LB. Os frascos foram cobertos com manta feita de algodão e gaze, vedados com elásticos e incubados em agitador orbital com 160 rpm a 30°C por 4 horas.

Ao todo foram preparados três litros de solução bacteriana, sendo aplicados por aspersão manual em 25 kg substrato florestal comercial (Basaplant®). Para isso, foi utilizado um borrifador pulverizador de alta pressão. Em seguida, o substrato foi incubado a 25°C, durante 48 horas.

Na casa de vegetação, as miniestacas e estacas do campo foram confeccionadas com tamanhos entre cinco e oito centímetros com um par de folhas, reduzidos a 50%.

O material, que teve a base imersa por 10 segundos na solução bacteriana (1×10^8 UFC), foi rapidamente estaqueado no substrato inoculado.

Como controle, foi utilizado substrato puro sem a presença da bactéria e, sem a imersão da base da estaca na solução bacteriana.

O estaqueamento de ambos os tratamentos foi realizado em tubetes de 280 cm^3 e mantidos na câmara de nebulização por 60 dias.

Para as estacas, o experimento teve o arranjo fatorial 2x2 em DIC sendo duas posições de estacas (basais e apicais) no ramo coletado, com e sem inoculação da solução bacteriana na base das estacas e no substrato comercial. Foram utilizadas seis repetições com dez estacas.

Foram utilizadas quinze miniestacas para o tratamento com e sem inoculação bacteriana. Após 60 dias em fase de enraizamento, foi determinado o percentual de enraizamento.

-Bactérias 3T, 3 e 23

Este experimento foi conduzido na condição de nebulização, com a temperatura e umidade relativa do ar registradas conforme a Figura 5.

As bactérias foram isoladas da serapilheira de *Clusia hilariana*, localizada em área de restinga, do Parque Estadual Paulo César Vinha em Guarapari-ES. Como as bactérias estão em fase de classificação, foram codificadas em S3123, S3103 e S3130 sendo S: serapilheira, 3: área preservada, 1: ambiente em que foram coletadas, e o restante foi o número dado no momento do isolamento, sendo abreviadas em S3T, S3 e 23. O preparo das soluções bacterianas foi realizado conforme o descrito para a *Enterobacter*.

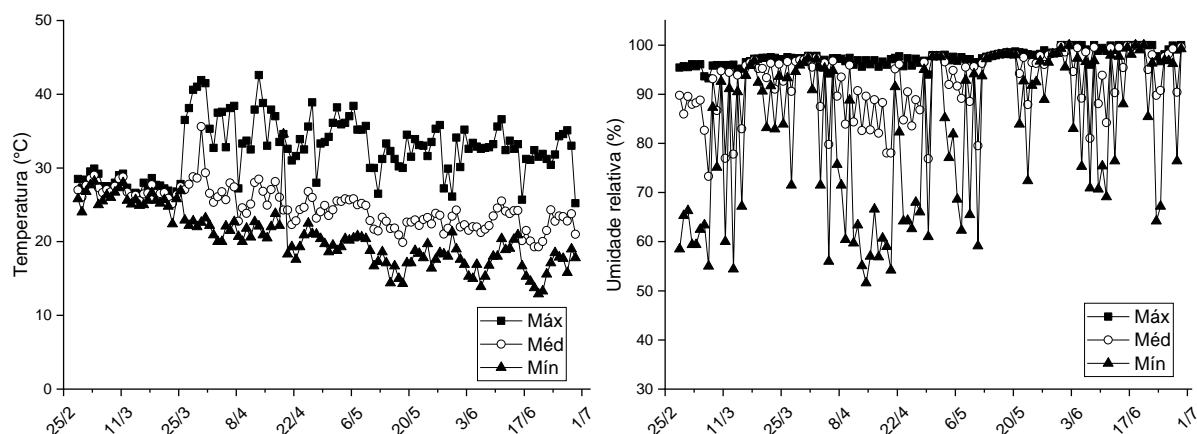


Figura 5. Dados de temperatura média (°C) e dados da umidade relativa média do ar (%) monitoradas por meio do data logger modelo RC 61 na câmara de nebulização.

O material propagativo do campo foi coletado, transportado e confeccionado. Após essa etapa, as estacas tiveram a base imersa na solução com suspensão bacteriana (1×10^8 UFC mL⁻¹) por 10 segundos, e como controle foi utilizada água deionizada. Em seguida, foram estaqueadas em tubetes de 280 cm³, e as bandejas foram conduzidas para a câmara de nebulização pelo período de 60 dias.

Os tratamentos nas estacas foram testados com quatro repetições e 10 plantas por parcela (DIC). Em função da pouca disponibilidade de material, foram testadas apenas 20 miniestacas por tratamento.

A avaliação qualitativa das plântulas foi realizada em esquema fatorial 2x3, sendo dois tipos de propágulo (estaca e miniestaca) e quatro soluções de imersão, com cinco repetições de 1 planta por parcela. Decorridos 60 dias do estaqueamento, foram obtidos o percentual de sobrevivência, o número de raízes e calos e comprimento do sistema radicular.

A sobrevivência das estacas em função dos tratamentos e os dados qualitativos das raízes de estacas e miniestacas foram testados quanto a normalidade e homogeneidade e submetidos à Análise de Variância. As diferenças foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) por meio do software R (R Core Team, 2019). O percentual de sobrevivência das miniestacas foi descrito com base na amostra (N=20).

A Figura 6 mostra de forma cronológica o início de todos os experimentos.

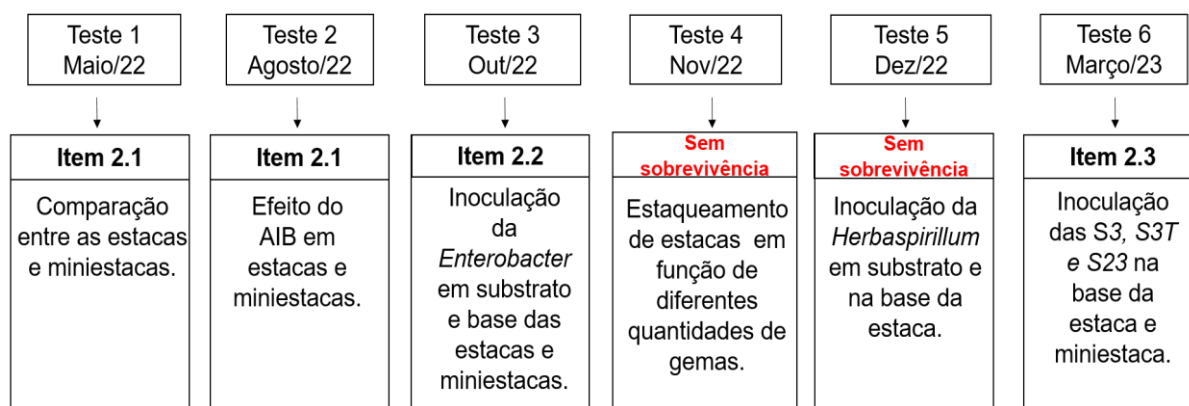


Figura 6. Fluxograma das atividades realizadas durante o período de condução dos experimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variabilidade fenotípica de minicepas de *C. brasiliense*

Foi observado que em mudas com caule bifurcado, transformadas em minicepa, apresentam brotações de todas nos ramos (Figura 7).

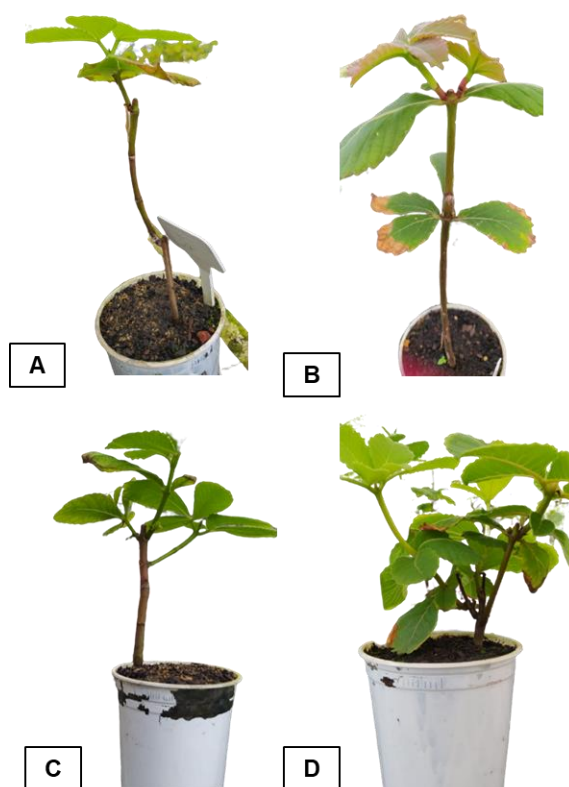


Figura 7. Uma brotação (A) Duas brotações (B) Três brotações (C) e Brotações das bifurcações (D) na posição superior das minicepas de *Caryocar brasiliense*.

A emissão de novas brotações após a quebra da dominância apical resulta das alterações nos níveis hormonais das minicepas, uma vez que a poda apical realizada nas minicepas interrompe o fluxo de auxina endógena, elevando a relação citocinina/auxina nas gemas latentes, o que favorece a emissão das brotações (Hartmann et al., 2011).

Enraizamento adventício entre Miniestacas e Estacas

Não houve enraizamento das estacas oriundas do campo, no entanto, verificou-se 55% de enraizamento de miniestacas coletadas a partir do minijardim de origem seminal (Figuras 8), não descrito antes na literatura.

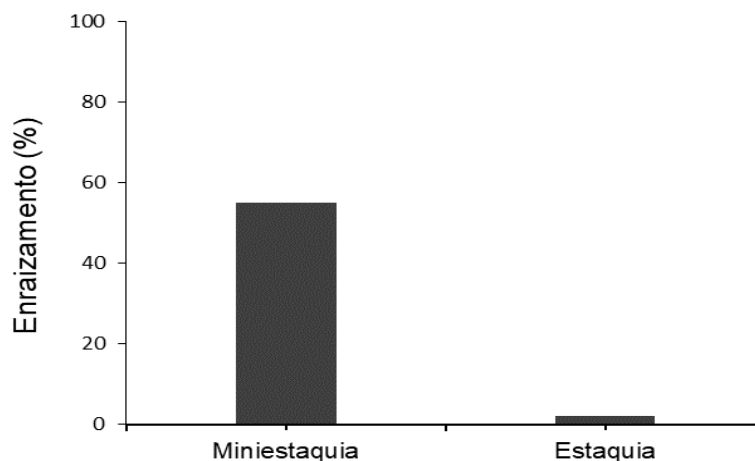


Figura 8. Enraizamento de mudas de *Caryocar brasiliense*, produzidas por estaquia e miniestaquia, aos 60 dias após o estaqueamento, mantidas sob nebulização.

Após a retirada das mudas enraizadas da câmara de nebulização, estas permaneceram por 120 dias na casa de vegetação. Ao finalizar essa fase de crescimento, foi observado o percentual de sobrevivência das mudas produzidas por miniestaquia (Figura 9).

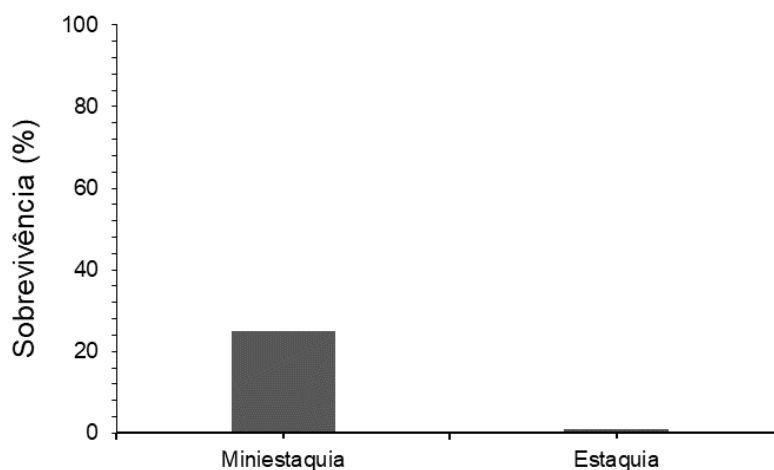


Figura 9. Percentual de sobrevivência de mudas de *Caryocar brasiliense*, aos 120 dias após o estaqueamento.

Este percentual, pode ser considerado baixo para a propagação, contudo, como é o primeiro estudo, os resultados são satisfatórios, pois indicam a capacidade de sobreviverem após enraizadas em casa de vegetação.

A capacidade de enraizamento depende da qualidade fisiológica e bioquímica das matrizes, em que o fluxo de nutrientes depende da disponibilidade de elementos minerais e hormônios das estacas, até atingirem a capacidade de absorção de nutrientes, por meio do sistema radicular (Ruedell et al., 2015).

As brotações das minicepas foram capazes de enraizar. A predisposição natural ao enraizamento das miniestacas é resultante da concentração endógena de auxina, juvenildade e a ausência de inibidores (Oliveira et al., 2020).

As raízes são formadas a partir de células de identidade pericíclica não radicular, que sofreram as primeiras divisões mitóticas antes de se desenvolverem diretamente para os primórdios da raiz ou formarem calos (da Costa et al., 2013).

As primeiras raízes adventícias de *C. brasiliense* ocorrem predominantemente de forma indireta na base das miniestacas, havendo previamente a formação de calos e posterior protrusão radicular, mas também emitem raízes sem a prévia formação dos calos (Figura 10), sendo importante pesquisar este comportamento no tempo.

Assim, a formação de calos na base das miniestacas pode ser essencial para o processo de enraizamento, pois essa capacidade é indicativa da eficiência do processamento e diferenciação tecidual.

Com relação a este potencial de enraizamento, miniestacas, por serem mais jovens apresentam células meristemáticas com metabolismo mais ativo, menor grau de lignificação dos tecidos e ausência ou menor quantidade de compostos fenólicos, o que facilita o enraizamento (Goulart et al., 2014; Silva et al., 2022) especialmente as estacas apicais.



Figura 10. Enraizamento adventício das miniestacas com presença de calos de *Caryocar brasiliense*.

Na Tabela 1 encontram-se as médias dos dados biométricos descritivos das oito mudas que sobreviveram (de 1 e 7 basal e apicais estaqueadas, respectivamente), sendo sete apicais e uma basal.

Tabela 1. Média das características biométricas de plântulas oriundas de miniestacas de *C. brasiliense*, aos 120 dias após o estaqueamento na casa de vegetação que sobreviveram

Posição	H (cm)	D (mm)	AF (cm ²)	MSPA (g)	MSR (g)	NTR	CTR (cm)	DR (mm)
Apical	5,17	3,00	82,12	3,25	6,83	83,83	8,52	0,39
Basal	4,00	2,79	52,05	2,60	4,00	88,00	3,26	0,59

Altura da brotação (H); Diâmetro da brotação (D); Área foliar da brotação (AF); Massa seca parte aérea (MSPA); Massa seca das raízes (MSR); Número de raízes (NTR); Comprimento total de raízes (CTR) e Diâmetro das raízes (DR).

Foi observado que as estacas perdem as suas folhas e emitem brotações nas primeiras semanas após o estaqueamento, mesmo antes de enraizarem e

morrem logo após (Figura 11). As gemas latentes da estaca, foram estimuladas, pela alteração do balanço hormonal após a confecção das estacas.

A perda prematura de folhas prejudica indução de raízes adventícias, uma vez que a retenção foliar é fundamental para a manutenção da atividade fotossintética e síntese de carboidratos, além de serem fontes de auxinas, condições necessárias para a rizogênese (de Assis et al., 2023). A emissão rápida de brotações pode reduzir a disponibilidade de reservas, impedindo o enraizamento (Silva et al., 2015).

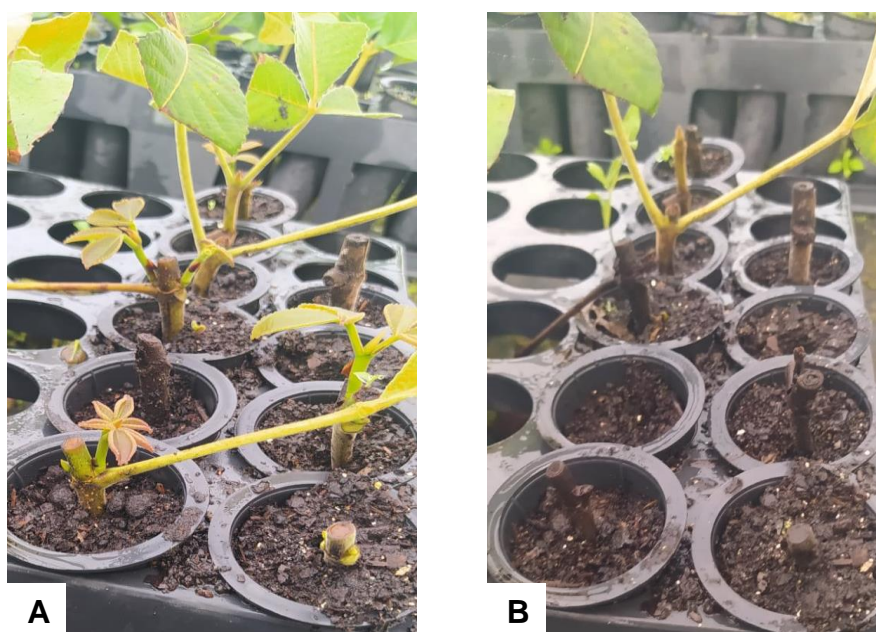


Figura 11. Estacas de *C. brasiliense*, com brotações aos 15 dias do estaqueamento (A); estacas mortas aos 10 dias após a emissão de brotações (B).

Já as miniestacas, emitem brotações, que são mantidas durante o seu crescimento, sendo observadas primeiro em estacas apicais. A formação de raízes adventícias nas miniestacas é rápida (Figura 12).



Figura 12. Miniestacas apicais de *Caryocar brasiliense* emitindo as brotações.

Embora com alto percentual de mortalidade, a técnica da miniestaquia pode ser utilizada na multiplicação de *C. brasiliense*, entretanto, devem ser desenvolvidos protocolos para aumentar o percentual de enraizamento das miniestacas.

Efeito de AIB na Estaquia e Miniestaquia de *C. brasiliense*

Apesar do efeito positivo do AIB no enraizamento, as estacas oriundas do campo não enraizaram, independente de terem a base imersa em AIB (500 mg L⁻¹). Estes dados corroboram os resultados obtidos por outros autores, testando concentrações mais elevadas, como De Deus (2020) e Carvalho et al. (2020) que avaliaram o efeito AIB no enraizamento de estacas de *C. Brasiliense* e em concentrações de 1000 a 6000 mg L⁻¹ observaram sem efeito no enraizamento.

Entretanto, as miniestacas apresentaram 27% e 52% de enraizamento, sem e com AIB, respectivamente, aos 60 dias após o estaqueamento (Figura 13).

Vale ressaltar que as miniestacas apresentam predisposição natural ao enraizamento, como foi observado nos primeiros testes, contudo, quando as mesmas tiveram sua base imersa em AIB (500 mg L^{-1}) houve aumento da porcentagem de propágulos que formam raízes.

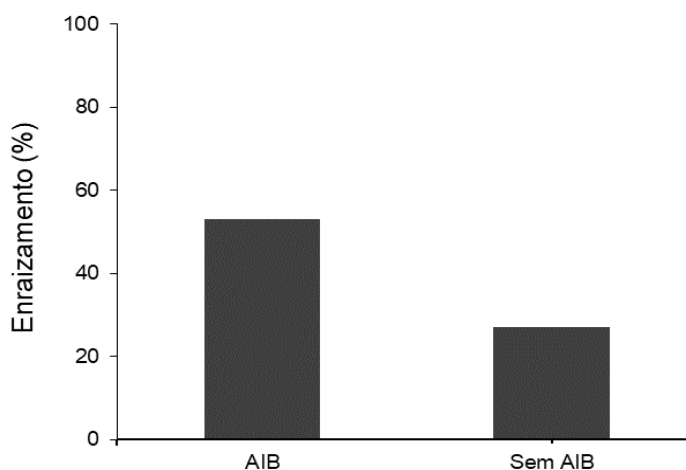


Figura 13. Enraizamento adventício em miniestacas de *C. brasiliense* em função da imersão em AIB (500 mg L^{-1}), aos 60 dias após o estaqueamento.

A quantidade endógena de auxinas nas miniestacas não foi o suficiente, visto que a aplicação do AIB, aumentou o percentual de enraizamento, entretanto são importantes testes com outras concentrações entre 500 a 1000 mg L^{-1} ou abaixo de 500 mg L^{-1} uma vez que já existe na literatura experimentos ineficazes com doses de AIB acima de 1000 mg L^{-1} , a fim de determinar o ótimo para o enraizamento da espécie.

A imersão das miniestacas no AIB estimula o acúmulo de auxinas na base da estaca, promovendo a iniciação radicular adventícia, pelo estímulo ao crescimento e multiplicação de células parenquimáticas ou meristemáticas (Hartmann et al., 2018).

A aplicação exógena de auxina estimula a mobilização de carboidratos na parte aérea superior, aumentando a translocação de assimilados e a disponibilidade de açúcar no local de desenvolvimento dos primórdios da raiz. A

iniciação de raízes adventícias é estimulada por fatores exógenos e endógenos (Souza et al., 2020).

As características endógenas são determinadas pela idade do propágulo, já que material juvenil enraízam com maior facilidade, sendo mais rápida a formação das raízes, e menor é a probabilidade de barreiras anatômicas (Mireski et al., 2019).

O material mais tenro passa por mudanças morfológicas, fisiológicas e bioquímicas durante a transição da fase juvenil para a adulta, principalmente com relação ao potencial de clonagem e vigor de crescimento (Faganello et al., 2015).

Este propágulo apresenta ainda, uma bainha de esclerênquima perivascular que pode constituir um obstáculo ao crescimento da raiz (Appezato-da-Glória e Hayashi 2004) e assim, impedir que o AIB chegue às áreas de formação de raízes, dificultando o enraizamento. Segundo Wendling et al. (2014) uma das expressões mais consistentes da maturação em plantas lenhosas é o declínio da capacidade de enraizamento e do vigor das estacas.

Viabilizar o enraizamento de material proveniente de árvores adultas é importante para o estabelecimento de pomares mais homogêneos e produtivos da espécie. Observa-se que a miniestaquia a partir de minicepas produzidas por sementes apresenta resultados promissores para a propagação vegetativa da espécie, resultado pioneiro. São fundamentais testes com novos protocolos, que visem estimular o enraizamento de estacas, e a partir destas mudas resgatadas de materiais adultos selecionados, testes com minicepas clonais.

Espera-se que, quanto mais cedo for a retirada de propágulos de uma planta, maior seja a capacidade de enraizamento (Dias et al., 2012). A compreensão das limitações de enraizamento de ramos epicórmicos de árvores adultas e definição de protocolos, permitirá a miniestaquia a partir do resgate de campo, contribuindo assim com o avanço da cultura.

Inoculação de bactérias em substrato

Bactéria *Enterobacter*

A bactéria *Enterobacter* sp. não proporcionou enraizamento das estacas obtidas no campo, entretanto, obteve 40% e 22% de enraizamento das miniestacas, com e sem a bactéria, respectivamente (Figura 14).

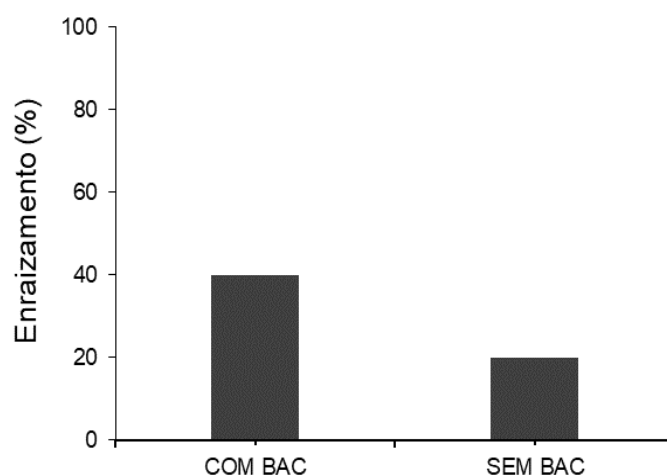


Figura 14. Enraizamento em miniestacas de *C. brasiliense* em função da inoculação do substrato e imersão da base da estaca por 10 segundos em solução de bactéria *Enterobacter* (1×10^8 UFC mL⁻¹), aos 60 dias após o estaqueamento.

A associação dos microrganismos com o tecido vegetal pode resultar em interação benéfica entre eles, o que foi observado nas miniestacas, que apresentaram o dobro de enraizamento, quando inoculadas e imersas na solução bacteriana de *Enterobacter*.

A promoção direta do crescimento ocorre quando a rizobactéria produz metabólitos, no caso, os fitohormônios, promovendo a proliferação e alongamento das raízes pela divisão e multiplicação celular e, conseqüentemente, facilitando a absorção de água e nutrientes do solo (Teixeira et al., 2007; Ribeiro et al., 2021). As bactérias podem fornecer ou aumentar a síntese ácido indolacético (AIA), reduzindo as exigências de auxina exógena e então, aumentar a porcentagem de enraizamento.

Embora, não se conheça completamente os mecanismos pelos quais essas bactérias promovam o crescimento, percebe-se a eficiência de isolados de *Enterobacter* em miniestacas de *C. brasiliense* foi capaz de estimular o enraizamento, sendo necessária a validação dos testes, com número maior de miniestacas e ajustes metodológicos para que a interação positiva, resulte em percentual maior de enraizamento.

Bactéria S3T, S3 e 23

Foi possível observar índices de sobrevivência das estacas e miniestacas. Entretanto, não houve efeito das bactérias na sobrevivência dos dois tipos de propágulo (Figura 15).

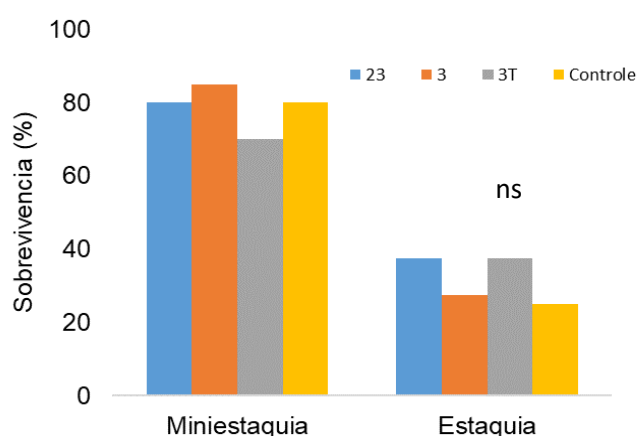


Figura 15. Sobrevivência de *C. brasiliense*, após a imersão da base em solução com bactérias 23, 3 e 3T, aos 60 dias após o estaqueamento. Miniestaca (N=20) e estacas submetidas ao teste de Tukey a 5%. ns = não significativo.

O comprimento do sistema radicular (CSR) e número de raízes (NR) não diferiram em função dos tratamentos. Contudo as miniestacas apresentaram maior número de raízes que as estacas (Tabela 2).

Houve formação de calos em ambos os propágulos (Figuras 18 e 19). As miniestacas submetidas à imersão da base na solução S3 apresentaram menor quantidade de calos que as do controle (Tabela 2).

Tabela 2. Número de calos, comprimento do sistema radicular (CSR) e o número total de raízes (NR) em estacas e miniestacas de *C. brasiliense* aos 60 dias após o estaqueamento

Bactéria	CALOS (%)			CSR (cm)			NR (%)		
	Estaca	Miniestaca	Média	Estaca	Miniestaca	Média	Estaca	Miniestaca	Média
Controle	21,2	23,0	22,1a	7,00	12,64	9,68a	4,40	18,50	11,45a
S23	19,0	16,4	17,1ab	8,25	6,80	7,52a	4,66	8,00	6,33a
S3T	17,0	16,4	16,7ab	7,93	7,80	7,86 a	5,00	10,75	7,87a
S3	14,4	13,6	14,7b	12,93	5,00	8,96a	8,80	11,20	10,00a
Média	17,9 A	17,3 A	-	9,02A	8,06A	-	5,83 B	11,69 A	-
CV (%)	29,8			70,0			84,0		

Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) de probabilidade.



Figura 16. Enraizamento de miniestacas de *C. brasiliense* e variações de raízes, aos 60 dias após o estaqueamento.

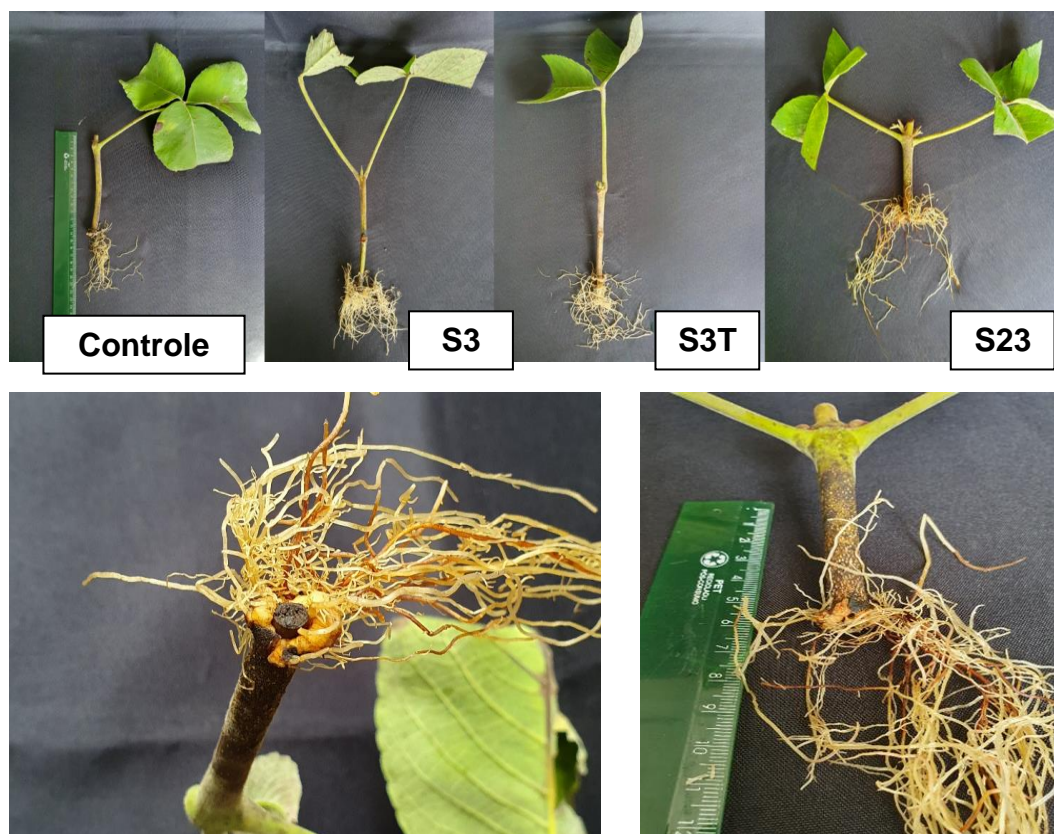


Figura 17. Enraizamento de estacas e presença de calos na base da estaca de *C. brasiliense*, aos 60 dias após o estaqueamento.

Segundo Xavier (2009) a época do ano é muito importante para o enraizamento de estacas, pois as condições fisiológicas da planta matriz podem ser influenciadas pelas variações sazonais.

No verão, dias longos e altas temperaturas alteram processos fisiológicos da matriz, bem como a fotossíntese, transporte de compostos e substâncias como o AIA (ácido indolacético), produzido endogenamente nas regiões de crescimento (Silva, 2022). O que pode ter facilitado o enraizamento das estacas.

A porcentagem de enraizamento diminui com a proximidade do inverno, quando os níveis de ácido abscísico (ABA) são normalmente altos. Essa queda na capacidade de enraizamento pode estar relacionada às variações no conteúdo de cofatores ou à formação e acúmulo de inibidores de enraizamento (Nachtigal et al., 1999; Neves et al., 2006; Spandre et al., 2012).

Com isso, o enraizamento das estacas de *C. brasiliense*, varia com a espécie, e dentro da espécie, sendo ainda resultante do manejo adequado em todas as etapas da formação de raízes adventícias. Entretanto, as estacas

enraizadas não sobreviveram ao serem colocadas na casa de vegetação, o que indica a necessidade de melhor compreensão do manejo necessário para a aclimatação das plântulas.

Os resultados demonstram a capacidade natural de enraizamento das miniestacas e estacas, contudo, são necessários estudos de novos protocolos para aumentar o percentual de enraizamento das estacas e da aclimatação das plântulas enraizadas de estacas e miniestacas, para que seja possível o resgate de árvores adultas selecionadas e multiplicá-las por miniestaquia.

CONCLUSÕES

A propagação por miniestaquia é viável para a produção de mudas de *Caryocar brasiliense* a partir de minicepas juvenis.

Brotações de plantas adultas apresentaram baixo potencial de enraizamento.

A aplicação de bactéria *Enterobacter* no substrato e por imersão da base, aumenta o percentual de enraizamento de miniestacas.

Não houve efeito positivo das demais bactérias testadas na sobrevivência e na qualidade do enraizamento de estacas e miniestacas de *Caryocar brasiliense*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Appezato-da-Glória, B., Carmello-Guerreiro, S.M. (2022) *Anatomia vegetal*. 422p.

Carvalho, W.F., Ribeiro, F.H.M., Sousa, C.M. (2020) Aplicação de AIB em estacas caulinares com folhas de pequizeiro. *Brazilian Journal of Development*, 6 (6):33175-33179.

De Assis, T.F., Reis, C.A.F. (2023) *Produção de mudas clonais de teca por miniestaquia*. Embrapa Cerrado. 700 (8):295-326.

- De Deus, R.R.P., Coutinho, G., Melo, E. T. (2020) Ácido indolbutírico como indutor de enraizamento em estacas de pequiheiro. *Magistra*, 31:611-619.
- Da Costa, C.T, de Almeida, M.R, Ruedell, C.M, Schwambach, J., Maraschin, F.S., Fett-Neto, A.G. (2013) Quando estresse e desenvolvimento andam de mãos dadas: principais controles hormonais do enraizamento adventício em estacas. *Frente. Plant Sci.*
- Dutra, L.F., Kersten, E., Fachinello, J.C. (2002) Época de coleta, ácido indolbutírico e triptofano no enraizamento de estacas de pessegueiro. *Scientia agrícola*, 59:327-333.
- Faganello, L.R. Dranski, J.A.L., Malavasi, U.C., Malavasi, M.de M. (2015) Efeito dos ácidos indolbutírico e naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. *Ciência Florestal, Santa Maria*, 25 (4):863-871.
- Garrido G., Guerreiro J.R., Cano E.A., Acosta M., Sánchez-Bravo J. (2002). Origem e transporte basípeto do IAA responsável pelo enraizamento de estacas de cravo. *Physiologia Plantarum* 114:303 -312.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E. (1975) *Propagação de plantas: princípios e práticas*. 8.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011.
- Hartmann, H., Kester, D., Davies, F.T., Geneve, R.L., Wilson, S.B. (2018) *Hartmann Kester's plant propagation: principles and practices*. 9.ed. New York: Pearson.
- Mireski, M.C, Duarte, M.M, Stuepp, C.A., Wendling, I. (2019) Enraizamento de miniestacas de *Ficus enormis* com diferentes comprimentos. *Floresta*, 49 (4):615-622.
- Nachtigal, J.C. Pereira, F.M. Campo dall'Orto, F.A.. Ojima, M. Martins, F.P. (1999) Propagação vegetativa do umezeiro (*Prunus mume*) por meio de estacas herbáceas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 21:226-228.
- Oliveira, V., de Souza Rodrigues, P., Buffon, S.B., de Moraes, A.L., Arantes, S.D., Tognere, J. Schmildt, E.R. (2020) Efeito da aplicação de ácido-indol-3-butírico (AIB) no crescimento e qualidade de mudas de *Piper nigrum* L. CV. Kottanadan propagadas vegetativamente. *Revista Ifes Ciência*, 6 (2):139-148.
- Ribeiro, J.C.D., Hanada, R.E, de Souza Costa, S. (2021) Propagação vegetativa por miniestacas de castanha-do-pará "*Bertholletia excelsa* Bonpl" com auxílio de misturas de rizobactérias. *Research, Society and Development*, 12 (6):e6612641947-e6612641947.
- Ruedell, C.M., de Almeida, M.R., Fett-Neto, A.G. (2015) A transcrição concertada de genes relacionados à homeostase de auxinas e carboidratos fundamenta o enraizamento adventício aprimorado de microestacas derivadas de plantas-mãe de *Eucalyptus globulus* Labill tratadas com vermelho extremo. *Plant Physiol. Biochim.* 97.
- Spandre, P., Zanette, F., Biasi, L.A., Koheler, H.S., Niesing, P.C. (2012) Estaquia caulinar de guaçatonga (*Casearia sylvestris* Swartz) nas quatro estações do

ano, com aplicação de diferentes concentrações de AIB. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 14:529-536.

Souza, J.L.D.C.S., do Carmo Vieira, M., de Souza, E.R.B., Guimarães, R.N., Naves, R.V. (2020) Estaquia em frutíferas do Cerrado/Cutting in fruit of the Cerrado. *Brazilian Journal of Development*, 6 (3):15531-15544.

Silva, A.K.V.D, Aguiar, T.D.S., Santos, M.E.C.D., Araújo, J.K.P.D, Freire, Á.D.C., Salami, G. Araujo, P.C.D. (2022) Propagação vegetativa de *Mimosa Caesalpiniiifolia* pela técnica de miniestaquia. *Revista Árvore*, 46.

Silva, A.D.S., Reges, N.P.R., De Melo, J.K., Dos Santos, M.P., Sousa, C.M. (2015) Enraizamento de estacas caulinares de ixora. *Ornamental Horticulture*, 21 (2):201-208.

Silva, F.B.D. (2022) *Seleção de bactérias do microbioma rizosférico de acácia-negra, com potencial como promotoras de crescimento vegetal*. Tese (Doutorado em ciência do solo), Porto Alegre, RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 149p.

Xavier A., Wendling I. Silva. R.L. (2009) *Silvicultura clonal: princípios e técnicas*. Viçosa, MG: UFV, 272p.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O primeiro trabalho refere-se à propagação seminífera em que metade das sementes de pequi de cada procedência (Tocantins - TO e Minas Gerais – MG) foram escarificadas manualmente, formando um corte longitudinal na região do hilo. Em seguida, 50% das sementes escarificadas, de cada procedência, foram imersas na solução de giberelina (GA₃) na concentração de 350 mg. L⁻¹ por 24 horas e os outros 50% imersos em água pelo mesmo tempo. O mesmo procedimento foi realizado para os endocarpos não escarificados. Após a semeadura, as bandejas da procedência - TO, foram conduzidas para casa de vegetação e a céu aberto, já as bandejas da procedência - MG foram conduzidas apenas a casa de vegetação. Ambos foram conduzidos em DIC, com quatro repetições de 25 sementes. Ao final do experimento (x dias), foi determinado o percentual de emergência, o índice de velocidade e o tempo médio de emergência das plântulas (TME). Os dados foram submetidos à análise de variância (two-way) por meio do *software* R.

O início da emergência das sementes se deu aos 22 dias após a semeadura e a estabilização a partir de 240 dias. A giberelina aumentou o percentual e a velocidade de emergência das sementes de pequi, independentemente da escarificação mecânica, entretanto, a escarificação também reduziu o tempo médio de emergência das sementes.

O segundo trabalho, é referente à multiplicação por estaquia e miniestaquia. Para os testes iniciais, foram obtidas quarenta miniestacas de minijardim de origem seminal, confeccionadas com tamanhos variando entre 5 a 8

cm de comprimento, com um par de folha reduzidas em 50%. As estacas herbáceas foram coletadas de matrizes de pequizeiros com seis anos de idade, pertencentes à área experimental do Instituto Federal de Bom Jesus do Itabapoana-RJ. Foram preparados diferentes tipos de estacas com comprimento de 6 a 10 cm. Ao longo da fase de enraizamento, as estacas morreram e 55% das miniestacas enraizadas.

Para avaliar o efeito do AIB, foram coletados ramos de matrizes de pequi no campo, para confecção de estacas com comprimento de 8 a 15 cm. As miniestacas, com 5 cm, foram obtidas de um minijardim multiclonal, implantado com mudas produzidas por sementes. Ambos os propágulos continham um par de folhas reduzidas em 50%. Metade dos propágulos tiveram suas bases imersas em 500 mg. L⁻¹ de AIB, por 15 min e a outra metade teve sua base imersa em água deionizada. O estaqueamento foi realizado em tubetes de 280 cm³, contendo substrato florestal Basaplant® acrescido de Osmocote® (15-09-12) na dose de 8 g. Kg⁻¹ de substrato. Os propágulos foram mantidos em câmara de nebulização intermitente por 35 dias.

As estacas foram conduzidas em DIC, com 8 repetições de 10 estacas. Para a miniestaquia, foram obtidas apenas 15 miniestacas por tratamento, dessa forma os dados foram submetidos à estatística descritiva. As estacas não enraizaram, possivelmente pela maior lignificação dos tecidos. As miniestacas apresentaram 27% e 52% de enraizamento, sem e com AIB, respectivamente. Os resultados sugerem que a juvenilidade do material e a aplicação de AIB favoreceram a formação de raízes adventícias em miniestacas.

Para avaliar o efeito da rizobactéria *Enterobacter*, o substrato foi inoculado pela solução bacteriana (1×10^8 UFC mL⁻¹) e houve a imersão da base do propágulo na solução. Como controle foi utilizado substrato florestal puro, sem a imersão da base da estaca na solução bacteriana. Para as estacas, o experimento em DIC teve o arranjo fatorial 2x2, sendo dois tipos de estacas (basais e apicais), com e sem inoculação, com seis repetições com dez estacas. Foram utilizados 15 miniestacas por tratamento. Não houve enraizamento para estacas, porém as miniestacas tiveram aumento na taxa de enraizamento.

Para as bactérias S3, S3T e S23, o substrato não foi inoculado, apenas teve a imersão da base da estaca, e para isso, foram utilizadas quatro repetições de 10 estacas /parcela e 20 miniestacas por tratamento. A avaliação qualitativa foi

realizada em esquema fatorial 2x3, sendo dois tipos de propágulo (estaca e miniestaca) e quatro soluções de imersão (controle, S3, S3T e S23), com cinco repetições de 1 planta/parcela. As estacas enraizaram e os resultados evidenciaram que a sobrevivência e a biomassa radicular não diferiram do controle.

Os resultados demonstram a capacidade natural de enraizamento das miniestacas e estacas, contudo, são necessários estudos de novos protocolos para aumentar o percentual de enraizamento das estacas e da aclimação dos propágulos enraizados, para que seja possível o resgate de árvores adultas selecionadas e a multiplicação destes por miniestaquia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, S.P., Proença, C.E.B., Sano, S.M., Ribeiro, J.F. (1998) *Cerrado: espécies vegetais úteis*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 464p.
- Aragão, C.A., Dantas, B.F., Alves, E., Cataneo, A.C., Cavariani, C., Nakagawa, J. (2003) Atividade amilolítica e qualidade fisiológica de sementes armazenadas de milho super doce tratadas com ácido giberélico. *Revista Brasileira de Sementes*, 25:43-48.
- Benizri, E., Baudoin, E., Guckert, A. (2001) Colonização de raízes por rizobactérias promotoras de crescimento de plantas inoculadas. *Biocontrol science and technology*, 11 (5):557-574.
- Bandeira, F.S., Xavier, A., Otoni, W.C., Lani, E.R.G. (2007) Aclimatização ex vitro de plantas propagadas pela enxertia in vitro de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, 31:773-781.
- Bastos, D.C., Scarpate Filho, J.A., Libardi, M.N., Pio, R. (2009) Estiolamento, incisão na base da estaca e uso do ácido indolbutírico na propagação da caramboleira por estacas lenhosas. *Ciência e agrotecnologia*, 33:313-318.
- Bernardes, T.G., Naves, R.V., Rezende, C.F.A., Borges, J.D., Chaves, L.J. (2008). Propagação sexuada do pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) estimulada por ácido giberélico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38 (2):71-77.
- Bewley, J.D, Black, M. (2013) *Sementes: fisiologia do desenvolvimento e germinação*. Springer Science: Business Media. 392 p.
- Biasi, L.A., Pommer, C.V., Pino, P.A.G.S. (1997) Propagação de porta-enxertos de videira mediante estaquia semilenhosa. *Bragantia*, 56:367-376.

- Brainer, M.S.D.C.P. (2021). *Recursos florestais naturais: produtos da exploração. Caderno Setorial- Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE*, 163p.
- Burns, J.A, Schwarz, O.J. (1996) Estimulação bacteriana do enraizamento adventício em explantes de mudas de pinheiro bravo (*Pinus elliottii* Engelm.) cultivadas *in vitro*. *Plant Cell Reports*, 15:405-408.
- Cardoso, R.M. Barros, S.V. (2013) Influência do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas em espécies frutíferas e ornamentais. *Revista eletrônica de Educação e Ciência*, 3 (2):11-16.
- Carvalho, G.C.M.W.D. Pessanha, D.S., Silva, R.D.D.D, Silva, M.K.F.D., Barroso, D.G. (2021) Miniestaquia de *Plathymenia reticulata* benth. com minicepas conduzidas em canteiro suspenso e tubetes. *Cerne*, 27:e102584.
- Carvalho, W.F., Ribeiro, F.H.M., Sousa, C.M. (2020) Aplicação de AIB em estacas caulinares com folhas de pequiheiro. *Brazilian Journal of Development*, 6 (6):33175-33179.
- Campos, A.G., Coelho, M.D.F.B., Pimenta, A.C., Floriano, S.A., Xavier, M.F.N., Flores, P.R.L. (2022) Propagação por estaquia de Sangra-d'Água. *Agronegócio e Meio ambiente*, 15 (1):65-75.
- Carmona, R., Nunes, F.D.F., Da Costa, T.E., Carvalho Júnior, L.C., Alves, O.J.A. (2022) Tamanho da semente e presença de espinhos em *Caryocar brasiliense* na emergência de plântulas. *Bioscience Journal*, 38.
- Chanway, C.P. (1997) Inoculação de raízes de árvores com bactérias promotoras do crescimento vegetal: uma tecnologia emergente para reflorestamento. *Forest Science*, 43 (1):99-112.
- Cattelan, A.J. (1999) Métodos quantitativos para determinação de características bioquímicas e fisiológicas associadas com bactérias promotoras do crescimento vegetal. Embrapa Soja, p.36 (1):5-30.
- Cornélio-Santiago, H.P., Bodini, R.B., Oliveira, A.L. (2021) Potencial de oleaginosas nativas dos biomas amazônico e cerrado brasileiro: benefícios, propriedades químicas e funcionais e métodos de extração. *Jornal da American Oil Chemists' Society*, 98 (1):3-20.
- Da Silva, M.K.F., Siqueira, D.P., de Carvalho, G.C.M.W., Silva, R., de Aguiar, A.V., Barroso, D.G. (2021) Resgate vegetativo de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud via indução de brotos epicórmicos em galhos de árvores adultas. *Rizosfera*, 20:100431.
- Dias, P.C., Oliveira, L.S., Xavier, A., Wendling, I. (2012) Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, 32 (72): 453–462.

- Dombroski, J.L.D., Paiva, R., Alves, J.M.C., Santos, B.R., Nogueira, R.C., Paiva, P.D.D.O., Barbosa, S. (2010) Métodos para a superação da dormência fisiológica de *Caryocar brasiliense* Camb. *Cerne*, 16:131-135.
- Fachinello, J.C., Choffmann, A., Nachtigal, J.C. (2005) *Propagação de plantas frutíferas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 221p.
- Ferreira, E.M, Alfenas, A.C, Máfia, R.G, Leite, H.G, Sartório, R.C., Penchel Filho, R.M. (2004) Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. *Revista Árvore*, 28:183-187.
- Ferreira, B.C.V., Cardoso, A.V.R., Assis, M.Â.C. (2019) Influência da luminosidade e do hormônio giberelina na germinação de sementes e crescimento da parte aérea de pimenta-malagueta. *Revista Acadêmica Conecta*, 4 (1).
- Fernandes, S.P.S., Arriel, E.F., Almeida, E.P., Araujo, A.N., Arriel, D.A.A., Justino, S.T.P. (2017) Altura de decepa para estabelecimento de minijardim clonal de nim (*Azadirachta indica* A. Juss). *Agropecuária Científica no Semiárido*, 13 (1):67-71.
- Freitas, T.A.S., de Souza, S.S.M., dos Santos, L.B., Mendonça, A.V.R. (2018) Produtividade de minicepas de três espécies florestais em diferentes tamanhos de tubetes. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 38v, 1-11p.
- Fischer, D.L.D.O., Fachinello, J.C., Antunes, L.E.C., Tomaz, Z.F.P., Giacobbo, C.L. (2008) Efeito do ácido indolbutírico e da cultivar no enraizamento de estacas lenhosas de mirtilo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30:285-289.
- Fonseca, A.S.F., dos Santos Neto, N.F., Mendes, J.B. (2022). Modelagem logística aplicada ao extrativismo do pequi. *Revista Transporte y Territorio*, 26.
- Floriano, E.P. (2004) Germinação e dormência de sementes florestais. 2 ed. *Caderno didático*, 19p.
- Hilgert, M.A., de Sá, L.C., Lazarotto, M., de Souza, P.V.D., Martins, C.R. (2020) Período de coleta e ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de plantas adultas de noqueira-pecã. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 55.
- Gomes, M.V.F., Moreira, J.A., Araujo, J.F., Monte, C.F., Peixoto, A.R. (2023) A resposta produtiva do pequi às condições climáticas em uma região do Cariri Cearense. *Observatório de la economía latinoamericana*, 21(6).
- Guedes, A.M.M, Antoniassi, R., e de Faria-Machado, A.F. (2017) Pequi: uma fruta brasileira com potencial de aproveitamento para a indústria de gordura. *OCL*, 24 (5):D507.
- Guimarães, R.N., Souza, E.R.B.D., Naves, R.V., Melo, A.P.C.D., Rubio, A. (2019) Propagação vegetativa do pequizeiro por estaquia. *Ciência Rural*, 49.
- Gnoatto, F.L.C., Cruz, C.T.A. (2011) Superação da dormência em sementes de pau-ferro. *Revista Cultivando o Saber*, 4 (2):81-94.

- Kerr, W.E., Silva, F.R.D., Tchucarramae, B. (2007) Pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.): informações preliminares sobre um pequi sem espinhos no caroço. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29:169-171.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2018) *Produção da Extração vegetal e da Silvicultura*. Rio de Janeiro, 33v, 1-8p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2020) *Extração vegetal e Silvicultura: Cidade e Estados: IBGE*. Disponível em: sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2020. Acesso em: 10 mai. 2022.
- Legue, V., Rigal, A., Bhalerao, R.P., (2014) Formação de raízes adventícias em espécies arbóreas: envolvimento de fatores de transcrição. *Physiologia plantarum*, 151 (2):192-198.
- Leão, É.F., Peixoto, N., Morais Júnior, O.P.D. (2012) Emergência de plântulas de pequizeiro em função da planta matriz e uso de ácido giberélico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42:416-423.
- Lima, A.D., Silva, A.M.D.O., Trindade, R.A., Torres, R.P. (2007) Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29:695-698.
- Lima, V.O.B. (2012) *Emergência e crescimento de plântulas de matrizes de Caryocar brasiliense* Camb. em diferentes condições ambientais. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) São Paulo – SP, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade de São Paulo, 56p.
- Manhaes, C.M.C., Francelino, F.M.A. (2013) Biota do solo e suas relações ecológicas com o sistema radicular. *Nucleus* (16786602), 10 (2).
- Mantovani, N., Roveda, M., Tres, L., Fortes, F.D.O., Grando, M.F. (2017) Cultivo de canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestacas. *Ciência Florestal*, 27:225-236.
- Melo, J.T.D. (1987) Fatores relacionados com a dormência de sementes de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). 92p.
- Melo Júnior, A.F., de Carvalho, D., Póvoa, J.S.R., Bearzoti, E. (2004) Genetic structure of natural populations of pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.). *Scientia Forestalis*, 66:55-65.
- Moura, N.F., Chaves, L.J., Naves, R.V., Aguiar, A.V.D., Sobierajski, G.D.R. (2013) Variabilidade entre procedências e progênies de Pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.). *Scientia Forestalis*, Piracicaba, 41 (97):103-112.
- Moura, L.C., Titon, M., Moura, C.C., Souza, C.C., Santana, R.C., (2019) Ácido indolbútírico (AIB) e substratos na propagação vegetativa de Jatobá

- (*Hymenaea courbaril* L.) por miniestaquia. *Advances in Forestry Science*, 6 (1):515-522.
- Nascimento, J.L., Naves, R.V., Vera, R., Leandro, W.M., Chaves, L.J., Souza, E.R.B. (2005) Caracterização física de frutos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 35 (2):71-79.
- Oliveira, E. (2006) *Exploração de espécies nativas como uma estratégia de sustentabilidade socioambiental - o caso do pequi (Caryocar brasiliense Camb.) em Goiás*. Tese de doutorado. Universidade de Brasília, UNB CDS, 294p.
- Oliveira, M.E.B., Guerra, N.B., Barros, L.D.M., Alves, R.E. (2008) *Aspectos agrônômicos e de qualidade do pequi*. Embrapa Agroindústria Tropical, 32p.
- Oliveira, M.E.B.D., (2009) Características físicas, químicas e compostos bioativos em pequis (*Caryocar coriaceum* Wittm.). Tese (Doutorado em Nutrição). Recife – PE, Universidade Federal de Pernambuco, 123p.
- Oliveira, T.P.D.F.D., Barroso, D.G., Lamônica, K.R., Carvalho, G.C.M.W.D., (2016) Tipo de aplicação e miniestacas de AIB na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. *Ciência Florestal*, 26 (1):313-320.
- Oliveira, F.S. (2017) *Informativo da Unidade Regional Nordeste. A importância da lenha na matriz energética Brasileira*. 2(2):1-3. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/pngf/images/stories/informativo2final.pdf>.
- Prance, G.T., Pirani, J.R. *Caryocaraceae in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB6687>. Acesso em: 10 jul. 2023.
- Paula, D., da Capela, A., Martins, A.F., Costa, N., Lelis, C. (2022). *Atividades biológicas do óleo da polpa do pequi (Caryocar brasiliense Camb.)*. Em *Múltiplas Atividades Biológicas de Óleos de Sementes Não Convencionais*, Imprensa Acadêmica, 257-267p.
- Pereira, A.V., Pereira, E.B.C., da Silva, D.B., Gomes, A.C., e Sousa-Silva, J.C. (2004) *Quebra da dormência de sementes de pequi*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados- Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. 15 p.
- Pereira, A., Pereira, E., Goncalves, H., Andere, S. (2022) *Orientações para o cultivo do pequi*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. Goiânia, 40p.
- Pereira, V.J., Santana, D.G., Lobo, G.A., Brandão, N.A.L., Soares, D.C. (2014) Eficiência dos tratamentos para a superação ou quebra de dormência de sementes de Fabaceae. *Revista de Ciências Agrárias*, 37 (2):187-197,
- Pereira, M.D.O., Wendling, I., Nogueira, A.C., Navroski, M.C. (2015) Resgate vegetativo e propagação de cedro-australiano por estaquia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50:282-289.

- Pimenta, M.R., Fernandes, L.S., Pereira, U.J., Garcia, L.S., Leal, S.R., Leitão, S.G., Peixoto, P.H. (2007) Floração, germinação e estaquia em espécies de *Lippia L.* (Verbenaceae). *Brazilian Journal of Botany*, 30:211-220.
- Pinhal, H.F., Anastácio, M.R., Carneiro, P.A.P., Silva, V.J.D., Morais, T.P.D., Luz, J.M.Q. (2011) Aplicações da cultura de tecidos vegetais em fruteiras do Cerrado. *Ciência Rural*, 41:1136-1142.
- Pinto, L.S., Ribas, K.C.Z., Carpanezzi, A.A., Tavares, F.R., Koehler, H.S. (2003) Indução do enraizamento de estacas de araticum pela aplicação de fitorreguladores. *Scientia Agraria*, 4 (1):41-45.
- Rocha, J.P. *Fatores genéticos e ambientais na emergência de plântulas de pequi (Caryocar brasiliense Camb.)* (2009). Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Diamantina – MG, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 45p.
- Sá, F.P.D., Portes, D.C., Wendling, I., Zuffellato-Ribas, K.C. (2018) Miniestaquia de erva-mate em quatro épocas do ano. *Ciência Florestal*, 28:1431-1442.
- Santos, F.S., Ferreira S.R., Pereira, D.P., Zanão, J.R.L.A., Tomassoni, F. (2000) A cultura do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). *Acta Iguazu*, 2 (3):46–57.
- Santos, G.G., Silva, M.R. Lacerda, D.B.C.L., Martins, D.M.O. Almeida, R.A. (2012) Aceitabilidade e qualidade físico-química de paçocas elaboradas com amêndoa de baru. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, 42 (2):980-991.
- Silva, A.K.V.D, Aguiar, T.D.S, Santos, M.E.C.D, Araújo, J.K.P.D, Freire, Á.D.C, Salami, G., Araujo, P.C.D. (2022) Propagação vegetativa de *Mimosa Caesalpinifolia* pela técnica de miniestaquia. *Revista Árvore*, 46.
- Silva, R.D.D., Pessanha, D.S., Carvalho, G.C.M.W.D., Silva, M.K.F. Barroso, D.G. (2021) Resgate vegetativo de árvores adultas de *Paratecoma peroba*: enraizamento adventícios de brotos epicórmicos de galhos soltos. *Rhizosphere*, 19:100419-03.
- Silva, S.Â.M., Lopes, P.S.N., Ribeiro, L.M., Andrade, M.S., Mercadante-Simões, M.O. (2017) Aspectos estruturais do controle da germinação em pirênios de *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae). *Árvores*, 31:887-902.
- Silva, R.S., Santos, D.L.C.A., Duarte, C.D.S., Arevalo, A.C.M., Arguelho, S.B.D. (2021). Qualidade fisiológica de sementes de pequi (*Caryocar brasiliense* cambess) após submetidos a diferentes testes de quebra de dormência. *Anais do ENIC*.
- Sousa, A.C.M., Santos, N.G.A., Oliveira, N.C.F., Cruz, E.D., Silva, B.G.H., Silva, A.C., Silva Pantoja, J. (2020) Efeito do ácido giberélico na germinação de sementes e na produção de biomassa inicial em *Virola surinamensis* (Myristicaceae). *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v.(9),10p.

- Tamura, M.M.N., Mattiuz, C.F.M., Ueno, S., Toledo, J.A.M., Ambrosano, M. Piedade, S.M.D.S (2022) Ácido indolbutírico no enraizamento de *Fuchsia* spp. estacas. *Ciência Rural*, 52.
- Valério, D.B. (2021). Avaliação da qualidade pós-colheita de pequi minimamente processado (*Caryocar brasiliense* Camb.) Submetido ao armazenamento em diferentes temperaturas e embalagens e caracterização de frutos de diferentes genótipos. 120p.
- Wendling, I. (2003). Propagação vegetativa. In: *Embrapa Florestas-Artigo em anais de Congresso. Florestas e Meio ambientes: palestras*. Colombo: Embrapa Florestas. 6p.
- Wendling, I., Xavier, A. (2012). Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. *Floresta e Ambiente*, 8:187-194.
- Wendling, I., Zanette, F., Rickli-Horsti, H.C., Constantino, V. (2017) Produção de mudas de araucária por enxertia. *Embrapa Florestas*, v(37), 109-144.
- Xavier, A., Wendling, I.V.A.R., Silva, R.L. (2009) *Silvicultura clonal: princípios e técnicas*, Viçosa. MG: Universidade Federal de Viçosa, 272p.

APÉNDICE

O papel da Escarificação mecânica e Ácido giberélico (GA₃) na quebra de dormência em sementes de *Caryocar brasiliense*

Tabela 1A: Análise de variância de EMER, IVE e TME de sementes de *Caryocar brasiliense*

FV	GL	----QM----		
		EMER	IVE	TME
GA	1	64,00*	15,98 *	3.23*
Escarificação	1	12,25	0,63	3.09*
GA* Esc	1	1,00	0,01	0,01
Resíduo	12	1,71	0,20	1,42
CV (%)		30,02	60	20,67

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey ns: não significativo.

Porcentagem de emergência (%), Índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (dias).

Efeito das bactérias S3, S3T, S23 em estacas e miniestacas de *Caryocar brasiliense*

Tabela 2A. Resumo da análise de variância do número de calos, comprimento do sistema radicular e do número total de raízes

FV	GL	---QM---	
		Calos	CSR
Propágulo	1	3,02 ^{ns}	20,02 ^{ns}
Bact	3	113,42*	17,44 ^{ns}
Propágulo*Bact	3	8,15 ^{ns}	39,52 ^{ns}
Resíduo	32	27,61	37,87
Total	29	125,1	140,17
CV (%)		29	70

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 2B. Resumo da análise de variância do número total de raízes.

FV	GL	---QM---
		NTR
Propágulo	1	259,12*
Bact	3	20,61 ^{ns}
Propágulo*Bact	3	41,57 ^{ns}
Resíduo	23	14,46
Total	30	25,94
CV (%)		80

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.