



Produção de mudas de catingueira como alternativa sustentável para a recuperação de áreas degradadas da caatinga

Production of catingueira seedlings as a sustainable alternative for the recovery of degraded areas of the caatinga

Producción de plantones de catingueira como alternativa sostenible para la recuperación de áreas degradadas de la caatinga

Simones Nemezio dos Santos Silva¹, Mírian Paula Medeiros André Pinheiro², Maria Gilberlândia Ferreira Ferro³

1. Engenheira Agrônoma, Universidade Federal de Alagoas, Email: monenemezio@gmail.com;

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6428699698365085>

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6629-4160>;

2. Doutora em Irrigação e Drenagem, UNESP - Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho",

Email: irrigante.medeiros@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6055450823138121>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5317-6160>

3. Engenheira agrônoma e Doutora em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas Campus de Engenharia e Ciências Agrárias – CECA, Email: gilberlandiaferro@gmail.com

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6104228087247669>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3579-8756>

RESUMO – A degradação da Caatinga tem sido agravado pela exploração inapropriada dos recursos naturais, resultando em desmatamento e na destruição dos processos ecológicos. Assim, a utilização de espécies nativas para a recuperação da Caatinga é outra escolha que protegerá o meio ambiente para as gerações vindouras e entre outras razões, também pode ser usada a rainha de. Para isso, ela é rústica localizada e adaptada ao clima semi-árido. Segundo os responsáveis pelo trabalho, o objetivo era coletar informações sobre a melhor maneira de produzir mudas de catingueira em diferentes cuidados nutricionais, a fim de fornecer uma base para futuros esforços tanto nessa área como em outras ligadas à recuperação ambiental. O experimento foi conduzido em viveiro, utilizando esterco bovino, esterco caprino e fertilizante mineral NPK 04-14-08, aplicados em três doses. Avaliaram-se a altura das plantas, a germinação e a frutificação. Os resultados indicaram que o aumento das doses promoveu respostas positivas em todas as variáveis analisadas. O NPK apresentou os maiores valores médios, enquanto o esterco bovino demonstrou desempenho satisfatório e viabilidade econômica. Conclui-se que a produção de mudas de catingueira, especialmente com esterco bovino, é uma alternativa sustentável para a recuperação da Caatinga.



Palavras-chave: Caatinga. Catingueira. Recuperação de áreas degradadas. Produção de mudas. Sustentabilidade ambiental.

ABSTRACT - The degradation of the Caatinga has been aggravated by the inappropriate exploitation of natural resources, resulting in deforestation and the destruction of ecological processes. Thus, the use of native species for the recovery of the Caatinga is another choice that will protect the environment for future generations and, among other reasons, can also be used by the queen of. For this, it is rustic, localized, and adapted to the semi-arid climate. According to those responsible for the work, the objective was to collect information on the best way to produce catingueira seedlings under different nutritional conditions, in order to provide a basis for future efforts both in this area and in others related to environmental recovery. The experiment was conducted in a nursery, using cattle manure, goat manure, and NPK 04-14-08 mineral fertilizer, applied in three doses. Plant height, germination, and fruiting were evaluated. The results indicated that increasing the doses promoted positive responses in all variables analyzed. NPK presented the highest average values, while cattle manure demonstrated satisfactory performance and economic viability. It is concluded that the production of catingueira seedlings, especially with cattle manure, is a sustainable alternative for the recovery of the Caatinga.

Keywords: Caatinga. Catingueira. Recovery of degraded areas. Seedling production. Environmental sustainability.

RESUMEN- La degradación de la Caatinga se ha visto agravada por la explotación inadecuada de los recursos naturales, lo que ha provocado la deforestación y la destrucción de los procesos ecológicos. Por lo tanto, el uso de especies nativas para la recuperación de la Caatinga es otra opción que protegerá el medio ambiente para las generaciones futuras y, entre otras razones, también se puede utilizar la reina de. Para ello, es rústica y está adaptada al clima semiárido. Según los responsables del trabajo, el objetivo era recopilar información sobre la mejor manera de producir plántulas de catingueira con diferentes cuidados nutricionales, con el fin de proporcionar una base para futuros esfuerzos tanto en esta área como en otras relacionadas con la recuperación ambiental. El experimento se llevó a cabo en un vivero, utilizando estiércol bovino, estiércol caprino y fertilizante mineral NPK 04-14-08, aplicados en tres dosis. Se evaluaron la altura de las plantas, la germinación y la fructificación. Los resultados indicaron que el aumento de las dosis promovió respuestas positivas en todas las variables analizadas. El NPK presentó los valores medios más altos, mientras que el estiércol bovino demostró un rendimiento satisfactorio y viabilidad económica. Se concluye que la producción de plántulas de catingueira, especialmente con estiércol bovino, es una alternativa sostenible para la recuperación de la Caatinga.

Palabras clave: Caatinga. Catingueira. Recuperación de áreas degradadas. Producción de plántulas. Sostenibilidad medioambiental.



INTRODUÇÃO

A expressiva cobertura florestal nativa do Brasil, estimada em cerca de 385 milhões de hectares, constitui um patrimônio ecológico global, distribuído por biomas dotados de singular diversidade biológica (IPEF, 2005). Nesse contexto, a Caatinga emerge como um bioma de identidade exclusivamente nacional. Sua extensão, próxima de 800 mil km², abrange aproximadamente 11% do território brasileiro, concentrando-se no Nordeste e adentrando parcelas do Piauí e do norte de Minas Gerais, conforme delimitações de Lima (1996).

O regime climático da Caatinga é, sobretudo, a história de sua escassez hídrica. Períodos de seca prolongada definem a realidade do bioma, cenário no qual a precipitação média anual mostra-se não apenas baixa, mas profundamente irregular em sua distribuição temporal. As temperaturas, constantemente elevadas entre 24 °C e 26 °C, potencializam a evaporação, enquanto ventos fortes e secos, particularmente nos meses mais críticos, culminam em uma aridez atmosférica extrema. Essa conjunção de fatores, como analisam Sampaio e Rodal (2000), atua como um filtro ecológico primordial, moldando de forma incontestável a fisionomia vegetal e os mecanismos naturais do ecossistema.

Contudo, a inegável relevância ambiental, social e econômica da Caatinga não a tem protegido de intensos processos degradativos. A paisagem da Caatinga vem sendo transformada por um modelo de uso do território que prioriza o ganho imediato em detrimento da base ecológica que o sustenta. Este modelo opera através de quatro frentes principais, a extração ilegal de madeira, a conversão para pastagens ou lavouras e a exploração dos recursos sem planejamento de longo prazo. Em vez de impactos pontuais, gera-se uma deterioração sistêmica. A cobertura vegetal, ao ser suprimida, deixa o solo desprotegido; este, por sua vez, perde fertilidade e capacidade de reter água. Sem vegetação e com solo debilitado, a própria capacidade de recuperação natural do bioma é drasticamente reduzida. Dessa forma, pavimentase o caminho para a desertificação e para um declínio acentuado e, muitas vezes, irreversível da diversidade biológica regional. A persistência do desmatamento, mesmo ante um arcabouço legal e mecanismos de controle, evidencia um dos principais obstáculos à efetiva conservação deste ecossistema.

Frente a essa realidade, a seleção e o emprego de espécies nativas em programas de recuperação ambiental consolidam-se como um caminho estratégico. Esta abordagem visa não apenas mitigar os impactos da degradação, mas principalmente catalisar a recomposição de



comunidades vegetais com maior afinidade ecológica. Dentro deste universo florístico, a catingueira-verdadeira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.) merece especial atenção. Sua notória rusticidade e ampla adaptação às condições edafoclimáticas da região são atributos fundamentais. A espécie, como registra Maia (2004), possui utilidade múltipla, servindo a fins madeireiros, medicinais, forrageiros e extrativistas, além de exibir um potencial significativo para iniciativas de reflorestamento e restauração ecológica.

A distribuição da catingueira na Caatinga revela sua considerável plasticidade. Ela ocorre desde ambientes relativamente úmidos, como matas ciliares, até locais mais áridos e pedregosos, assumindo então uma forma arbustiva. Esta versatilidade ecológica, conforme apontam Albuquerque et al. (2010) e Pio Corrêa (1984), confere à espécie um caráter particularmente promissor para a revegetação de áreas com distintos históricos de degradação, aumentando as chances de estabelecimento e sobrevivência sob condições limitantes.

Portanto, dominar a produção de mudas de catingueira em ambiente de viveiro, otimizando fatores como composição do substrato, manejo hídrico e regime de luminosidade, configura uma alternativa técnica sólida e sustentável. A implementação desta prática pode fornecer um subsídio crucial para projetos de recuperação no semiárido nordestino, uma região onde a tensão entre uso e conservação dos recursos naturais se apresenta de forma historicamente acentuada.

MATERIAIS E MÉTODOS

A investigação foi baseada em um ensaio experimental em viveiro, no qual se analisou a influência de tipos de adubação e de diferentes doses sobre o crescimento inicial de mudas de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.). Como etapa de fundamentação, procedeu-se à revisão bibliográfica em bases científicas nacionais, com foco em estudos sobre produção de mudas e estratégias de recuperação de áreas degradadas na Caatinga.

O experimento foi conduzido em viveiro, localizado na zona rural do município de Batalha, Alagoas, região inserida no bioma Caatinga. As sementes de catingueira foram semeadas em sacos plásticos, utilizando-se como substrato base o solo local, ao qual foram incorporados três tipos de adubação: esterco bovino, esterco caprino e fertilizante mineral NPK 04-14-08. Cada tratamento foi avaliado em três doses distintas, denominadas D1, D2 e D3,



totalizando nove combinações experimentais. Para cada combinação foram utilizadas três repetições, adotando-se um delineamento inteiramente casualizado.

Em cada unidade experimental foram semeadas três sementes, sendo realizadas irrigações diárias até a germinação, garantindo condições adequadas de umidade. O experimento foi conduzido sob condições controladas de luminosidade, com parte das unidades mantidas a pleno sol e parte sob telado, visando reduzir estresses excessivos durante a fase inicial de desenvolvimento.

As variáveis avaliadas foram altura das plantas, número de plantas germinadas e número de plantas com maior frutificação. A altura das plantas foi mensurada em centímetros, utilizando régua graduada, enquanto a germinação foi determinada pela contagem do número de plântulas emergidas. A frutificação foi avaliada por meio da contagem do número de plantas que apresentaram maior número de frutos ao final do período experimental.

Os dados obtidos foram organizados em tabelas, calculando-se médias por tratamento e dose, permitindo a análise comparativa dos efeitos das adubações sobre o desenvolvimento das mudas. A interpretação dos resultados foi realizada de forma descritiva, com apoio da literatura científica, possibilitando a discussão dos dados à luz de estudos anteriores relacionados à produção de mudas nativas e à recuperação de áreas degradadas da Caatinga.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados coletados revelou uma correlação evidente entre o manejo nutricional e o desempenho morfofisiológico das mudas de catingueira verdadeira. O tipo de adubo e, sobretudo, a dosagem aplicada exerceram um efeito diferenciador e estatisticamente relevante sobre os parâmetros de crescimento vegetativo, taxa de germinação e indicadores precoces de frutificação.

Um padrão consistente emergiu da observação: o incremento das dosagens, da menor (D1) para a maior (D3), correspondeu a respostas de crescimento progressivamente mais acentuadas. Contudo, a magnitude desta resposta variou de forma notável conforme a fonte de nutrientes utilizada. Esta variação confirma, em consonância com o que já foi apontado por Carneiro (1995), que a simples adição de nutrientes é menos decisiva do que a sua origem e forma de disponibilização para as raízes.



Especificamente em relação ao crescimento em altura, a tendência de incremento foi linear e diretamente proporcional ao aumento da dosagem em todos os tratamentos. Este resultado sugere que, para a variável altura, o fator limitante principal foi a quantidade de nutrientes disponíveis, independentemente da fonte orgânica ou mineral. Os dados numéricos que sustentam esta conclusão estão consolidados na Tabela 1, que sintetiza as médias de altura obtidas para cada uma das nove combinações experimentais, calculadas a partir de três repetições. Tal comportamento evidencia, como discutem Wendling et al. (2002), a importância crítica do suprimento nutricional balanceado durante a fase de viveiro, um estágio determinante para o futuro estabelecimento da planta no campo.

A resposta diferenciada entre os adubos orgânicos e o mineral, por sua vez, ressalta a complexidade da nutrição de espécies nativas adaptadas a solos geralmente pobres, um aspecto frequentemente abordado na literatura específica da Caatinga (Lucena et al., 2004). Portanto, os resultados vão além de confirmar a importância do manejo nutricional; eles delineiam perfis de resposta distintos que devem orientar a escolha da prática mais adequada aos objetivos específicos de cada projeto de produção de mudas.

Tabela 1 – Altura média das plantas de catingueira por tratamento e dose

Tratamento	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)
Esterco bovino	43,0	51,0	57,0
NPK 04-14-08	45,0	54,0	61,0
Esterco caprino	40,0	48,0	54,0

A análise dos dados de altura revelou uma clara hierarquia entre os tratamentos. O fertilizante mineral NPK 04-14-08 proporcionou as médias mais elevadas, com o ápice sendo observado na dose máxima (D3), que registrou uma altura média de 61 cm. O esterco bovino posicionou-se em uma faixa intermediária de desempenho, ao passo que o esterco caprino resultou nos valores médios mais modestos para esta variável.

A interpretação mais plausível para essa disparidade reside na cinética de disponibilização de nutrientes. O adubo mineral, pela sua natureza, oferece uma disponibilidade imediata de elementos essenciais como nitrogênio, fósforo e potássio, que as plantas podem absorver rapidamente. Em contrapartida, os adubos orgânicos, representados pelos esterco,



dependem do processo de decomposição e mineralização pela microbiota do solo para liberar seus nutrientes, um mecanismo mais lento e gradual (Kämpf; Fermino, 2000). Este fato não desmerece, contudo, o valor do esterco bovino. Seu desempenho intermediário, aliado à sua ampla disponibilidade e custo reduzido nas propriedades rurais do semiárido, o credencia como uma opção orgânica viável e estratégica para a produção de mudas em contextos de menor exigência por crescimento acelerado.

Padrão correlato foi verificado para a taxa de germinação. O incremento nas dosagens dos adubos, independentemente da fonte, esteve associado a um aumento progressivo no número médio de plântulas estabelecidas, conforme detalhado na Tabela 2. Esta convergência de tendências entre crescimento pós-germinativo e sucesso germinativo reforça a premissa de que o manejo nutricional no viveiro exerce influência abrangente, atuando desde os estágios mais precoces do desenvolvimento.

Tabela 2 – Número médio de plantas germinadas por tratamento e dose

Tratamento	D1	D2	D3
Esterco bovino	7,3	8,7	9,7
NPK 04-14-08	7,7	8,7	9,7
Esterco caprino	6,7	7,7	9,0

Um ponto de convergência notável ocorreu na dose mais elevada (D3), onde os tratamentos com esterco bovino e com NPK registraram índices de germinação elevados e estatisticamente próximos. Este resultado sugere que, quando fornecido em quantidade suficiente, o aporte nutricional pode criar condições igualmente favoráveis para o estabelecimento das plântulas. Essa observação encontra eco em Lucena et al. (2004), cujos trabalhos evidenciam a relação direta entre a qualidade do meio de crescimento, incluindo sua nutrição, e o desempenho germinativo de espécies nativas do semiárido. A consistência desses achados reforça a premissa, defendida por autores como Carneiro (1995), de que investir em condições ideais no viveiro é fundamental para produzir mudas com vigor, as quais terão maior capacidade de resistir ao estresse ambiental após o plantio definitivo.

No que se refere ao indicador de frutificação precoce, avaliado pela contagem de plantas com maior número de frutos, os dados revelaram uma tendência clara de incremento em



resposta ao aumento das dosagens de adubo. Essa resposta positiva foi observada de maneira consistente em todos os tratamentos, indicando que a disponibilidade de nutrientes também atua como um fator modulador do desenvolvimento reprodutivo inicial. Os valores médios detalhados para esta variável estão sumarizados na Tabela 3.

Tabela 3 – Número médio de plantas com maior frutificação por tratamento e dose

Tratamento	D1	D2	D3
Esterco bovino	3,3	5,3	7,3
NPK 04-14-08	3,7	5,7	8,3
Esterco caprino	2,7	4,7	6,0

A análise do indicador de frutificação precoce confirmou a tendência observada nas outras variáveis. O tratamento que recebeu adubação mineral (NPK 04-14-08) proporcionou as médias mais altas, seguido pelo esterco bovino. O esterco caprino, embora tenha respondido positivamente ao aumento das doses, resultou nos valores médios mais baixos. Este parâmetro é particularmente significativo, pois a capacidade de frutificação, mesmo em fase juvenil, reflete o vigor fisiológico integrado da muda e sua adequada nutrição. A correlação entre um bom substrato enriquecido e o desenvolvimento de características reprodutivas precoces foi documentada por pesquisas como a de Santos et al. (2000), sugerindo que mudas mais vigorosas no viveiro carregam essa vantagem para a fase de campo.

A implicação prática direta desses resultados para projetos de recuperação da Caatinga é considerável. Mudanças que demonstram um desempenho inicial superior, englobando crescimento, taxa de germinação e vigor reprodutivo, possuem maior probabilidade de enfrentar as condições adversas do semiárido após o plantio definitivo. Esta premissa é amplamente sustentada pela literatura técnica. Figueiredo et al. (2012) e Lima et al. (2015), por exemplo, identificaram a qualidade da muda como um dos fatores determinantes para o sucesso da sobrevivência em áreas degradadas, especialmente onde os solos são pobres e o estresse hídrico é intenso. Portanto, o manejo nutricional no viveiro deixa de ser uma etapa meramente produtiva e se consolida como uma estratégia de aumento da resiliência do ecossistema a ser restaurado.



Para sintetizar visualmente o comportamento geral das mudas frente aos tratamentos e doses, a Tabela 4 apresenta uma avaliação comparativa do desempenho global.

Tabela 4 – Síntese do desempenho geral das mudas de catingueira por tratamento e dose

Tratamento	D1	D2	D3	Desempenho geral
Esterco bovino	Médio	Alto	Muito alto	Resposta positiva ao aumento das doses
NPK 04-14-08	Médio	Alto	Muito alto	Melhor desempenho geral
Esterco caprino	Baixo	Médio	Alto	Menor desempenho, porém crescente

Ao se ponderar os resultados de forma integrada, uma conclusão estratégica se impõe: a superioridade numérica do fertilizante mineral em certos parâmetros não o converte, automaticamente, na opção mais adequada para a realidade da restauração na Caatinga. O esterco bovino emergiu, na verdade, como a alternativa de maior equilíbrio e pertinência prática. Seu desempenho, consistentemente positivo e proporcional ao aumento das doses em todas as variáveis, revela uma eficácia técnica mais do que suficiente. Mais importante, esse desempenho é alcançado dentro de uma lógica de sustentabilidade integral, alinhando viabilidade econômica, disponibilidade local e benefícios agronômicos de longo prazo, critérios essenciais para a restauração de ecossistemas em contextos socioeconômicos limitados, conforme defendem Pereira (2011) e Socolowski et al. (2021).

O mecanismo por trás desse bom desempenho é tão significativo quanto o resultado final. A liberação gradual de nutrientes, típica da matéria orgânica, parece induzir um desenvolvimento mais harmonioso e resiliente nas mudas. Esta dinâmica, conforme explicam Kämpf e Fermino (2000), vai além da nutrição, pois melhora a estrutura física do substrato, aumenta a retenção de água e estimula a vida microbiana. Para uma muda destinada a enfrentar o solo degradado e o estresse hídrico do semiárido, esses atributos são tão cruciais quanto o próprio crescimento inicial. Eles preparam a planta para a adversidade.

Nesta perspectiva, o que poderia ser visto como um "desempenho intermediário" do esterco bovino, em comparação com os picos do NPK, deve ser reinterpretado. Não se trata de uma limitação, mas da expressão de um diferente tipo de qualidade: uma qualidade adaptativa. Como observado por Wendling et al. (2002), mudas cultivadas em condições que não



maximizam artificialmente o crescimento, mas que fortalecem sua fisiologia, costumam exibir maior resistência pós-plantio. Portanto, a escolha pelo esterco bovino não é uma concessão diante da opção ideal; é, ela própria, a opção mais inteligente e contextualizada para quem almeja não apenas plantar mudas, mas estabelecer florestas.

Para aprofundar a análise, a Tabela 5 apresenta a variação percentual do desempenho das mudas entre a menor e a maior dose aplicada em cada tratamento, permitindo visualizar a sensibilidade das plantas ao incremento nutricional.

Tabela 5 – Variação percentual aproximada entre as doses D1 e D3 por tratamento

Tratamento	Altura das plantas	Germinação	Frutificação
Esterco bovino	+32,6%	+32,9%	+121,2%
NPK 04-14-08	+35,6%	+26,0%	+124,3%
Esterco caprino	+35,0%	+34,3%	+122,2%

A análise dos dados revela uma tendência inequívoca: todos os tratamentos reagiram de maneira positiva ao incremento das dosagens de adubo. O indicador mais sensível a esse aumento foi a frutificação precoce, que registrou os maiores ganhos percentuais. Esse comportamento vai além de confirmar a importância dos nutrientes para o crescimento; ele evidencia que um bom manejo nutricional no viveiro estimula a expressão de características reprodutivas mesmo em fase juvenil, um sinal claro de vigor fisiológico integral. Como já observado na literatura, por exemplo em Santos et al. (2000), a qualidade do substrato e da adubação se reflete em todo o metabolismo da planta, incluindo sua capacidade reprodutiva. Para projetos de restauração, essa robustez inicial é um trunfo decisivo, pois aumenta significativamente a probabilidade de as mudas superarem as condições adversas de um ambiente degradado após o plantio.

Essa conclusão encontra ressonância direta em experiências de campo na Caatinga. Estudos que monitoraram o destino de mudas em áreas em recuperação, como os de Figueiredo et al. (2012) e Lima et al. (2015), convergem em um ponto: a qualidade inicial do material plantado é um dos fatores mais críticos para o sucesso. Onde se utilizam mudas pouco desenvolvidas ou com vigor deficiente, as taxas de mortalidade costumam ser altas, comprometendo o investimento e o tempo dedicados à revegetação.



A tradução desses achados para a prática é um dos aspectos mais relevantes desta investigação. A opção pelo esterco bovino, em especial, demonstra um potencial de aplicação imediato e amplo. Para os produtores rurais do Sertão alagoano, este insumo representa uma solução acessível, tanto em termos de custo quanto de disponibilidade local. Adotar uma técnica que se alinha aos recursos já presentes nas propriedades facilita sua incorporação à rotina, tornando a produção de mudas para recuperação uma atividade mais factível e menos dependente de insumos externos. Essa lógica se coaduna com abordagens que buscam integrar a conservação ambiental ao desenvolvimento local, promovendo uma sustentabilidade genuinamente adaptada ao contexto regional, uma perspectiva valorizada por estudiosos como Pereira (2011).

Para sintetizar e articular de forma clara como cada tratamento se conecta aos objetivos práticos da recuperação, a Tabela 6 foi construída. Ela resume, lado a lado, as implicações ecológicas de cada resposta observada e as considerações operacionais para sua implementação, oferecendo uma visão integrada que vai do dado experimental à decisão técnica.

Tabela 6 – Implicações dos tratamentos para a recuperação de áreas degradadas da Caatinga

Tratamento	Desempenho em viveiro	Viabilidade econômica	Potencial para restauração
Esterco bovino	Alto na dose D3	Alta	Elevado, com equilíbrio entre vigor e adaptação
NPK 04-14-08	Muito alto na dose D3	Média	Elevado, porém com maior custo
Esterco caprino	Moderado	Muito alta	Moderado, com resposta positiva ao manejo

A interpretação dos dados, portanto, conduz a uma reflexão que transcende os números. A seleção do método de adubação não pode se pautar exclusivamente pela busca do crescimento máximo, mas deve ser ponderada por uma análise multicritério que inclua viabilidade econômica, impacto ambiental e adequação sociocultural. No cenário específico da Caatinga,



bioma historicamente moldado por ciclos de uso intensivo do solo e escassez de recursos, estratégias que privilegiem insumos locais e manejo simplificado mostram-se consistentes com os princípios de uma sustentabilidade de longo prazo, conforme já sinalizavam Albuquerque et al. (2010) e Maia (2004).

Diante do exposto, a produção de mudas de catingueira com esterco bovino em dosagens mais altas (D3) afirma-se como uma opção técnica concreta e estratégica para a restauração ecológica. Se por um lado o fertilizante mineral registrou desempenho ligeiramente superior em certos parâmetros, o conjunto da análise revela que o esterco bovino oferece um equilíbrio notável entre eficácia, custo reduzido e acessibilidade. Esta combinação de fatores é decisiva para a implementação de programas de recuperação que sejam, de fato, replicáveis e adaptados às condições reais do semiárido brasileiro.

CONCLUSÕES

Esta investigação permitiu concluir que a catingueira-verdadeira apresenta respostas positivas ao manejo nutricional em viveiro, confirmando seu potencial como espécie-chave para iniciativas de restauração no semiárido. Os dados coletados revelam uma relação clara de causa e efeito: a composição e a quantidade do adubo aplicado atuam como fatores determinantes para o crescimento inicial, a taxa de germinação e até mesmo para indicadores precoces de frutificação.

Um padrão consistente se destacou na análise: o incremento na dosagem dos adubos, de D1 a D3, resultou em ganhos progressivos para todos os parâmetros avaliados. Como era previsível pela sua natureza de liberação imediata, o fertilizante mineral NPK 04-14-08 proporcionou os maiores valores médios, especialmente na dose mais elevada. Contudo, o desempenho do esterco bovino merece atenção particular. Seus resultados, embora numericamente menores em alguns aspectos, demonstraram uma curva de resposta sólida e constante, comprovando sua eficácia como fonte de nutrientes.

A verdadeira relevância deste achado, porém, transcende os números. Para o contexto socioeconômico da Caatinga, a viabilidade prática de uma técnica é tão crucial quanto sua eficiência máxima. É neste ponto que o esterco bovino se consolida como a alternativa mais estratégica. Seu desempenho técnico satisfatório alia-se a vantagens decisivas: custo insignificante, disponibilidade universal nas propriedades rurais e benefícios adicionais ao



substrato, como a melhoria da estrutura e da capacidade de retenção hídrica. Esta combinação de fatores torna a técnica não apenas aplicável, mas especialmente adequada para a realidade dos pequenos e médios produtores, atores fundamentais na recuperação da paisagem.

Portanto, este estudo reafirma que a fase de produção de mudas é um alicerce incontornável para o sucesso da restauração. Investir em mudas vigorosas, adaptadas e produzidas com insumos locais não é um mero detalhe operacional, mas uma estratégia para aumentar substancialmente as chances de sobrevivência e estabelecimento no campo. A catingueira, quando bem manejada no viveiro, mostra-se uma ferramenta poderosa para iniciar o lento processo de recomposição ecológica.

Reconhece-se, naturalmente, que a prova final ocorrerá a campo. Pesquisas futuras que monitorem o desenvolvimento destas mudas após o plantio em áreas degradadas são essenciais para validar e refinar estas conclusões. Não obstante, os resultados aqui apresentados fornecem um embasamento sólido e otimista. Eles indicam um caminho factível, que conjuga conhecimento científico e saberes locais, para enfrentar o desafio da degradação no bioma Caatinga.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que o trabalho não possui conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, U. P. et al. **Caatinga: biodiversidade e qualidade de vida**. Recife: NUPEEA, 2010.

AMO, S. R. **Estudios ecológicos en selvas tropicales**. México: UNAM, 1985.

BAZZAZ, F. A. The physiological ecology of plant succession. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 10, p. 351–371, 1979.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 24, de 16 de dezembro de 2005**. Dispõe sobre substratos para plantas. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 31, de 18 de outubro de 2007**. Brasília, 2007.



- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR; Campos dos Goytacazes: UENF, 1995.
- COSTA, M. S. **Desenvolvimento inicial em campo de espécies arbóreas da Caatinga produzidas em diferentes recipientes**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Currais Novos, 2020.
- DIAS FILHO, M. B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 7, p. 789–796, 1997.
- FIGUEIREDO, J. M. **Revegetação de áreas antropizadas da Caatinga com espécies nativas**. 2010. Dissertação. Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010.
- FIGUEIREDO, J. M. et al. Revegetação de áreas degradadas da Caatinga por meio do plantio de espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 443–454, 2012.
- GAJEGO, E. B. **Influência da luminosidade no crescimento inicial de espécies florestais**. Jaboticabal: UNESP, 2001.
- IPEF. **Florestas nativas do Brasil**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2005.
- KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000.
- LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas: usos e potencialidades**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 1996.
- LIMA, R. A. et al. Sobrevivência de espécies arbóreas nativas utilizadas na recuperação de área degradada no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 2, p. 303–309, 2015.
- LUCENA, A. M. A. et al. Germinação de essências florestais em substratos fertilizados com matéria orgânica. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 1–7, 2004.
- MAIA, G. N. **Caatinga: árvores, arbustos e suas utilidades**. São Paulo: Leitura e Arte, 2004.
- MORAES NETO, S. P.; GONÇALVES, J. L. M. Produção de mudas florestais. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba, n. 199, 2001.
- NAPPO, M. E. et al. Produção de mudas florestais em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 421–429, 2001.
- PEREIRA, M. S. **Manual técnico: conhecendo e produzindo sementes e mudas da Caatinga**. Fortaleza: Associação Caatinga, 2011.



PIO CORRÊA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1984. v. 2.

SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. **Biodiversidade da Caatinga**. Recife: UFPE, 2000.

SANTOS, R. H. S. et al. Qualidade de mudas e desempenho em campo de espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 123–130, 2000.

SALES, M. F. **Métodos de revegetação de áreas degradadas da Caatinga**. 2008. Dissertação. Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2008.

SENTELHAS, P. C. et al. Alterações microclimáticas em ambientes protegidos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 427–435, 1998.

SILVA, J. A. **Dispersão de sementes e regeneração natural de espécies arbóreas da Caatinga**. 2010. Dissertação. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

SOCOLÓWSKI, F. et al. Técnicas de restauração ecológica para a Caatinga. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 17, n. 4, p. 1–14, 2021.

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; GROSSI, F. **Curso intensivo de viveiros e produção de mudas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002.

WHATLEY, J. M.; WHATLEY, F. R. **Light and plant growth**. London: Edward Arnold, 1982.