



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO**

AUGUSTO VINICIUS DE SOUZA NASCIMENTO

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
ESPÉCIES FLORESTAIS DA FAMÍLIA ANACARDIACEAE NATIVAS DA
CAATINGA**

SÃO CRISTÓVÃO-SE

2022

AUGUSTO VINICIUS DE SOUZA NASCIMENTO

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
ESPÉCIES FLORESTAIS DA FAMÍLIA ANACARDIACEAE NATIVAS DA
CAATINGA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da
Universidade Federal de Sergipe.

Linha de pesquisa: Dinâmica e Avaliação Ambiental

Orientadora: Prof.^a Dra. Marlucia Cruz de Santana

Coorientadora: Prof.^a Dra. Ane Marcela das Chagas
Mendonça

SÃO CRISTÓVÃO-SE

2022

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

N244s Nascimento, Augusto Vinicius de Souza.
Substratos alternativos para produção de mudas de espécies florestais da família Anacardiaceae nativas da Caatinga / Augusto Vinicius de Souza Nascimento; orientadora Marlucia Cruz de Santana. – São Cristóvão, SE, 2022.
146 f.; il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente)
– Universidade Federal de Sergipe, 2022.

1. Aroeira-do-sertão. 2. Umbuzeiro. 3. Schinopsis brasiliensis. 4. Biomas. 5. Árvores - Mudas. 6. Caatinga. I. Santana, Marlucia Cruz de, orient. II. Título.

CDU634.44

AUGUSTO VINICIUS DE SOUZA NASCIMENTO

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
ESPÉCIES FLORESTAIS DA FAMÍLIA ANACARDIACEAE NATIVAS DA
CAATINGA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

Aprovada em 21 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Marluce Cruz de Santana
Universidade Federal de Sergipe - UFS (Presidente – Orientadora)



Prof. Dr. Milton Marques Fernandes
Universidade Federal de Sergipe – UFS (Avaliador interno)



Prof. Dr. Paulo Augusto Almeida Santos
Universidade Federal de Sergipe – UFS (Avaliador externo)

DECLARAÇÃO DE VERSÃO FINAL

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).



Profa. Dra. Marlucia Cruz de Santana - Orientadora
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS



Profa. Dra. Ane Marcela das Chagas Mendonça - Coorientadora
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

CESSÃO DE DIREITOS

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo curso de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.



Augusto Vinicius de Souza Nascimento
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS



Profa. Dra. Marlucia Cruz de Santana - Orientadora
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS



Profa. Dra. Ane Marcela das Chagas Mendonça - Coorientadora
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa à minha mãe Iracema, ao meu pai Sulo, aos meus irmãos Vitor e Clesio, à minha namorada Edicarla e a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a sua realização.

AGRADECIMENTOS

Nesse espaço, gostaria de agradecer a todos e a todas que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho. Concluir um Mestrado não é fácil, ainda mais quando durante os dois anos de curso se vive uma Pandemia.

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pois sem ele nada disso seria possível.

Agradeço imensamente ao meu pai Sulo, e meus irmãos Vitor e Clesio por me ajudarem sempre que precisei, desde a coleta das sementes para realização dos experimentos até o apoio incondicional nos momentos difíceis. À minha mãe Iracema por fazer dos meus objetivos os seus objetivos, sem a senhora jamais conseguiria alcançar esse sonho, muito obrigado mãe. À minha avó Iolanda e minha tia Denize agradeço por todo o carinho de sempre.

À minha namorada Edicarla por estar sempre comigo em todos os momentos e sempre me apoiar em tudo.

Agradeço à minha orientadora professora Dra. Marlucia Cruz por ter aceitado me orientar e contribuir diretamente para a realização desse projeto e na minha formação profissional e pessoal. Agradeço imensamente a minha coorientadora Dra. Ane Marcela por toda a contribuição para a realização desta pesquisa, sua ajuda foi essencial para a finalização desse ciclo.

Agradeço ao técnico João dos Santos pela amizade e todo o apoio na condução dos experimentos, sem a sua contribuição seria impossível realizar todos os experimentos sozinho.

Ao professor Dr. Paulo Augusto por toda a contribuição que deu para minha formação profissional e pessoal desde a graduação e por aceitar participar da minha banca de defesa. Ao professor Dr. Milton por aceitar participar da minha banca de defesa e contribuir assim para minha formação profissional.

Aos amigos do mestrado do PRODEMA turma 2020, por todo companheirismo e amizade nessa jornada, vocês foram essenciais para conclusão dessa etapa. Em especial agradeço a Joyce e Erik por todas as experiências trocadas. Agradeço também aos amigos de longa jornada, Joice, Elisa, Iere, Paulinho, Joseane, Danilo, Joedna e Carol por todo apoio de sempre.

Por fim, gostaria de agradecer ao PRODEMA-UFS pela oportunidade de ampliar ainda mais minha visão sobre os problemas ambientais e a todos os professores por todo conhecimento repassado. À Universidade Federal de Sergipe por proporcionar toda infraestrutura necessária para realização deste trabalho. E à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento da bolsa de pesquisa (demanda social, código de financiamento 001).

Muito obrigado!

EPÍGRAFE

O umbuzeiro a árvore sagrada do sertão, segundo Euclides da Cunha em seu famoso livro “Os Sertões”.

É a árvore sagrada do sertão. Sócia fiel das rápidas horas felizes e longos dias amargos dos vaqueiros (...). Alimenta-o e mitiga-lhe a sede. Abre-lhe o seio acariciador e amigo, onde os ramos recurvos e entrelaçados parecem de propósito feitos para a armação das redes bamboantes. E ao chegarem os tempos felizes dá-lhe os frutos de sabor esquisito para o preparo da umbuzada tradicional.

Poema “Aroeira-do-Sertão”: Mary Anne M. Bandeira.

Aroeira, dádiva da natureza, abrigo onde a Arara se deleita, és bênção nativa do nosso sertão, És sombra e luz, do pobre sem proteção. És pau para toda obra. Estruturas uma casa, como se fosses uma rocha. E, se por necessidade, te põem fogo, no fogão, és tição, que pernoita e não se apaga, Como o amor no coração, de quem ama. Árvore forte e firme, Como o sertanejo, que contigo convive. Mas se nele aparece a ferida, A inflamação, Em nome de Deus, Tu és a salvação. Após preparado, no teu sumo, A mulher se assenta. Tu saras as partes escondidas. Tu estancas a criança que vaza. A fêmea que parir tu lavas. Aroeira-do-sertão, em nossas mãos serviste da experiência, agora, tu és ciência. A ti, a nossa gratidão.

Poema “A Baraúna “: Ulisses Lins de Albuquerque.

Rainha, na arrogância real do porte, a fronte verde estende... Mas, um dia, a volúpia do raio traz-lhe a morte num beijo, e abate-a, em fúria, a ventania. Robusta, senhoril, zomba do corte do machado. E ao tombar, na erma e bravia Caatinga, ouve-se ao longe o ruído forte, A ressoar nos desvãos da serra. E, homem mau! Se golpeias inclemente o tronco negro da árvore imponente – Belo exemplar da nossa flora agreste. Não te apercebes que ela é a imagem viva da resistência da alma primitiva dos Centauros e Atlantes do Nordeste!

SUBSTRATOS ALTERNATIVOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA FAMÍLIA ANACARDIACEAE NATIVAS DA CAATINGA

RESUMO

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, que ocupa cerca de 11% da área nacional. Uma das características mais marcantes desse Bioma é o seu alto grau de endemismo florístico, que está seriamente ameaçado por atividades antrópicas, como o desmatamento ilegal para produzir estacas, mourões, lenha e carvão, bem como a conversão de áreas naturais em plantações de grandes culturas e pastagens, colocando várias espécies desse bioma em risco de extinção. Nesse contexto, até 50% da Caatinga já está alterada de alguma forma, e as perdas de cobertura vegetal comprometem drasticamente a biodiversidade deste Bioma. Uma das famílias botânicas presente na Caatinga é a Anacardiaceae, que é formada por aproximadamente 81 gêneros e 800 espécies. Dentre as espécies florestais nativas da família Anacardiaceae com ocorrência na Caatinga podemos destacar *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. (aroeira-do-sertão), *Spondias tuberosa* Arruda (umbuzeiro) e *Schinopsis brasiliensis* Engl. (baraúna). Considerando a grande importância socioeconômica e ambiental que essas espécies apresentam para o semiárido brasileiro, devido principalmente aos seus múltiplos usos, as mesmas têm sido exploradas de forma essencialmente extrativista, o que tem resultado em diminuição das suas populações naturais e perdas de variabilidade genética. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade da utilização de substratos alternativos para produção de mudas de espécies florestais nativas da família Anacardiaceae. O uso de esterco bovino foi eficiente para a produção de mudas de baraúna e aroeira-do-sertão, aumentando a maioria das variáveis analisadas, quando utilizado em proporções entre 10 e 40% desse resíduo. Para o umbuzeiro o uso de esterco bovino e ovino na proporção de 10% foi eficiente para aumentar o crescimento inicial das mudas. O lodo de esgoto urbano pode ser utilizado em proporções de 5 a 20% para produção de mudas de aroeira-do-sertão, aumentando a altura, o diâmetro do caule e o acúmulo de biomassa. O aproveitamento de substratos alternativos é viável para produção de mudas de espécies florestais da família Anacardiaceae, possuindo potencial para serem utilizados em substituição a substratos comerciais.

Palavras-chave: *Astronium urundeuva*; *Spondias tuberosa*; *Schinopsis brasiliensis*; Esterco animal; Lodo de esgoto urbano.

ALTERNATIVE SUBSTRATES FOR THE PRODUCTION OF SEEDLINGS OF FOREST SPECIES OF THE FAMILY ANACARDIACEAE AND NATIVES OF CAATINGA

ABSTRACT

The Caatinga is an exclusively Brazilian biome, which occupies about 11% of the national area. One of the most striking features of this biome is its high degree of floristic endemism, which is seriously threatened by human activities, such as illegal deforestation to produce stakes, fence posts, firewood and charcoal, as well as the conversion of natural areas into plantations of large crops and pastures, putting several species of this biome at risk of extinction. In this context, up to 50% of the Caatinga is already altered in some way and the loss of vegetation cover drastically compromises the biodiversity of this biome. One of the botanical families present in the Caatinga is the Anacardiaceae, which is formed by approximately 81 genera and 800 species. Among the native forest species of the Anacardiaceae family occurring in the Caatinga, we can highlight *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. (aroeira-do-sertão), *Spondias tuberosa* Arruda (umbuzeiro) and *Schinopsis brasiliensis* Engl. (barauna). Considering the great socioeconomic and environmental importance that these species have for the Brazilian semiarid region, mainly due to their multiple uses, they have been exploited in an essentially extractive way, which has resulted in a decrease in their natural populations and loss of genetic variability. The objective of this work was to evaluate the feasibility of using alternative substrates for the production of seedlings of native forest species of the Anacardiaceae family. The use of bovine manure is efficient for the production of seedlings of baraúna and aroeira-do-sertão, increasing most of the analyzed variables, being able to be used in proportions between 10 and 40% of this residue. For umbuzeiro the use of cattle and sheep manure in the proportion of 10% is efficient to increase the initial growth of the seedlings. Urban sewage sludge can be used in proportions of 5 to 20% for the production of aroeira-do-sertão seedlings, increasing height, stem diameter and biomass accumulation. The use of alternative substrates is feasible for seedling production of forest species of the Anacardiaceae family, having the potential to be used as a substitute for commercial substrates.

Keywords: *Astronium urundeuva*; *Spondias tuberosa*; *Schinopsis brasiliensis*; animal manure; urban sewage sludge.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** (A) Delimitação do semiárido brasileiro e (B) Delimitação do Bioma Caatinga. 30
- Figura 2.** (A) Aspecto geral de um indivíduo adulto, (B) aspecto geral do caule, (C) aspecto geral da planta em período de frutificação, (D) aspecto geral da folha e (E) sementes com alas persistentes, (F) semente de aroeira-do-sertão. 33
- Figura 3.** Tuim (*Forpus xanthopterygius*) se alimentando dos frutos da aroeira-do-sertão. 34
- Figura 4.** (A) Aspecto geral da planta adulta e (B) inflorescência, (C e D) frutos, (E) semente e (F) embrião de umbuzeiro. 36
- Figura 5.** Distribuição espacial dos municípios do semiárido brasileiro que realizaram extrativismo do umbu 37
- Figura 6.** (A) aspecto geral da planta adulta, (B) aspecto geral do caule, (C) aspecto geral das folhas, (D) inflorescência, (E) frutos ligados a planta mãe e (F) frutos e sementes de baraúna. 39
- Figura 7.** Altura (a), diâmetro do caule (b) e número de folhas (c) de mudas de baraúna cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). 66
- Figura 8.** Massa seca da parte aérea (a), massa seca da raiz (b), massa seca total (c) e relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (d) de mudas de baraúna cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). As colunas representam as médias ($n = 7$) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). 67
- Figura 9.** Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (a) e índice de relação altura/diâmetro (b) de mudas de baraúna cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). As colunas representam as médias ($n = 7$) e as barras são o erro

- padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). 67
- Figura 10.** Índice de clorofila de mudas de baraúna cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). As colunas representam as médias ($n = 7$) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). 68
- Figura 11.** Mudas de baraúna cultivadas em (1) 100% TV, (2) 10% EB + 80% TV, (3) 20% EB + 80% TV (4) 40% EB + 60% TV e (5) 100% BIOMIX[®]. (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). A régua representa 60 cm. 69
- Figura 12.** Folhas utilizadas para determinação da área foliar (A) e estimativa de área verde utilizando o aplicativo Canopeo (B) em mudas de aroeira-do-sertão..... 82
- Figura 13.** Plantas utilizadas para determinação da área da copa (A) e estimativa de área da copa utilizando o aplicativo Canopeo (B) em mudas de aroeira-do-sertão..... 83
- Figura 14.** Altura (a), diâmetro do caule (b) e número de folhas (c) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). 84
- Figura 15.** Massa seca da parte aérea (a), massa seca da raiz (b), massa seca total (c) e relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (d) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). As colunas representam as médias ($n = 12$) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). 85
- Figura 16.** Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (a) e índice de relação altura/diâmetro (b) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). As colunas representam as médias ($n = 12$)

e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$) para variável H/D e pelo teste post-hoc de Dunn's ($p < 0,05$) para a variável IQD.

..... 86

Figura 17. Área foliar (a) e área da copa (b) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). As colunas representam as médias ($n = 12$) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$) para a variável área da copa e pelo teste post-hoc de Dunn's ($p < 0,05$) para a variável área foliar. 86

Figura 18. Índice de clorofila de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). 87

Figura 19. Mudas de aroeira-do-sertão com 120 dias cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (A) 100% TV, (B) 10% EB + 90% TV, (C) 40% EB + 60% TV, (D) 60% EB + 40% TV e (E) 100% BIOMIX®. (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). A régua representa 15 cm. 88

Figura 20. Folhas utilizadas para determinação da área foliar (A) e estimativa de área verde utilizando o aplicativo Canopeo (B) em mudas de umbuzeiro. 103

Figura 21. Plantas utilizadas para determinação da área da copa (A) e estimativa de área da copa utilizando o aplicativo Canopeo (B) em mudas de umbuzeiro. 103

Figura 22. Altura (a), diâmetro do caule (b) e número de folhas (c) de mudas de umbuzeiro cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino e ovino (EB=Esterco bovino, EO=Esterco ovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). 105

Figura 23. Massa seca da parte aérea (a), massa seca da raiz (b), massa seca total (c) e relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (d) de mudas de

umbuzeiro cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino e ovino (EB=Esterco bovino, EO=Esterco ovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). As colunas representam as médias (n= 12) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey (p <0,05). 106

Figura 24. Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (a) e índice de relação altura/diâmetro (b) de mudas de umbuzeiro cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino e ovino (EB=Esterco bovino, EO= Esterco ovino; TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). As colunas representam as médias (n= 12) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey (p <0,05). 107

Figura 25. Área foliar (a) e área da copa (b) de mudas de umbuzeiro cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino e ovino (EB=Esterco bovino, EO= Esterco ovino; TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). As colunas representam as médias (n= 12) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey (p <0,05). 107

Figura 26. Índice de clorofila de mudas de umbuzeiro cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino ou ovino (EB=Esterco bovino, EO=Esterco ovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey (p<0,05)... 108

Figura 27. Mudas de umbuzeiro cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino e ovino: (A) 100% TV, (B) 100% BIOMIX[®], (C) 10% EB + 90% TV, (D) 20% EB + 80% TV, (E) 40% EB + 60% TV, (F) 10% EO + 90%, (G) 20% EO + 80% TV e (H) 40% EO + 60% TV. (EB=Esterco bovino, EO= Esterco ovino; TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). A régua representa 60 cm. 109

Figura 28. Altura (a), diâmetro do caule (b) e número de folhas (c) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey (p<0,05) para

variável altura e pelo teste post-hoc de Dunn's ($p < 0,05$) para as variáveis diâmetro do caule e número de folhas. 126

Figura 29. Massa seca das folhas (a), massa seca do caule (b), massa seca da raiz (c) e massa seca total (d) de mudas de sroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). As colunas representam as médias ($n = 6$) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). 127

Figura 30. Relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) (a), relação altura/diâmetro (H/D) (b) e Índice de Qualidade de Dickson (c) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). As colunas representam as médias ($n = 6$) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). 128

Figura 31. Área da copa (a) e área foliar (b) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). As colunas representam as médias ($n = 6$ para área da copa e $n = 3$ para área foliar e área foliar específica) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). 129

Figura 32. Índice de clorofila de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). 129

Figura 33. Índice Pi abs (a) e índice Fv/Fm (a) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). As colunas representam as médias ($n = 5$) e as barras são o erro padrão. Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$) para o índice clorofila e pelo teste post-hoc de Dunn's ($p < 0,05$) para os índices Fv/Fm e Pi abs. . 130

Figura 34. Seções transversais de folhas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano. (A) 100% A, (B) 5% LE + 95% A, (C) 10% LE + 90% A, (D) 20% LE + 80% A, (E) 50% A + 50% TV e (F) 100% TV. Barras = 50µm. 132

Figura 35. Mudanças de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano. (A) 100% A, (B) 5% LE + 95% A, (C) 10% LE + 90% A, (D) 20% LE + 80% A, (E) 50% A + 50% TV e (F) 100% TV... 133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção de umbu no Brasil em 2020.....	38
Tabela 2. Formulação dos tratamentos para o experimento de diferentes proporções de esterco bovino para produção de mudas de baraúna	63
Tabela 3. Caracterização físico-química dos substratos utilizados para o cultivo das mudas de baraúna	63
Tabela 4. Formulação dos tratamentos para o experimento de diferentes proporções de esterco bovino para produção de mudas de aroeira-do-sertão.....	80
Tabela 5. Caracterização físico-química dos substratos utilizados para o cultivo das mudas de aroeira-do-sertão.....	80
Tabela 6. Formulação dos tratamentos testados para produção de mudas de umbuzeiro em esterco bovino e ovino	101
Tabela 7. Caracterização físico-química dos substratos utilizados para o cultivo das mudas de umbuzeiro	101
Tabela 8. Formulação dos tratamentos testados para produção de mudas de aroeira-do-sertão em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano.	122
Tabela 9. Caracterização físico-química dos substratos utilizados para o cultivo das mudas de aroeira-do-sertão em lodo de esgoto urbano.....	122
Tabela 10. Características anatômicas foliares de aroeira-do-sertão cultivada em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano.....	131

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

BGCI	Botanic Gardens Conservation International
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IUCN	International Union for Conservation of Nature
MMA	Ministério do Meio Ambiente
REFLORA	Plantas do Brasil: Resgate Histórico e Herbário Virtual Para o Conhecimento e Conservação da Flora Brasileira
SNIF	Sistema Nacional de Informações Florestais
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
IQD	Índice de Qualidade de Dickson
MSPA/MSR	Massa Seca da Parte Aérea/Massa Seca da Raiz
R:PA	Raiz/Parte Aérea
H/D	Altura/Diâmetro
WWF	World Wide Fund for Nature
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
APPs	Áreas de Preservação Permanente
CAR	Cadastro Ambiental Rural
PRA	Programa de Regularização Ambiental
RLs	Reservas Legais

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	24
1. CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	29
1.1 O semiárido e a Caatinga	29
1.2 Caracterização e importância da família Anacardiaceae para o semiárido nordestino	31
1.3 Caracterização e importância da espécie <i>Astronium urundeuva</i>	32
1.4 Caracterização e importância da espécie <i>Spondias tuberosa</i>	35
1.5 Caracterização e importância da espécie <i>Schinopsis brasiliensis</i>	38
1.6 Produção de mudas de espécies florestais	41
1.7 Substrato para produção de mudas	42
1.8 Esterco animal	43
1.9 Lodo de esgoto urbano.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
2. CAPÍTULO 2: UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE ESTERCO BOVINO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE BARAÚNA.....	60
ARTIGO 1.....	60
Avaliação de crescimento inicial de mudas de baraúna (<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl. - Anacardiaceae) em diferentes proporções de esterco bovino.....	60
RESUMO.....	60
2.1 INTRODUÇÃO	61
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	62
2.2.1 Material vegetal	62
2.2.2 Formulação dos tratamentos	62
2.2.3 Caracterização dos Substratos	63
2.2.4 Monitoramento das condições ambientais.....	64
2.2.5 Avaliações de crescimento e acúmulo de biomassa	64
2.2.6 Avaliações de clorofila	64
2.2.7 Desenho experimental e análises estatísticas.....	65
2.3 RESULTADOS	65
2.3.1 Avaliações de crescimento	65
2.3.2 Acúmulo de biomassa.....	66
2.3.3 Índice de clorofila	68
2.4 DISCUSSÃO	68
2.5 CONCLUSÃO.....	71

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
3. CAPÍTULO 3: UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE ESTERCO BOVINO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE AROEIRA-DO-SERTÃO.....	77
ARTIGO 2.....	77
Influência do esterco bovino no crescimento inicial de mudas de aroeira-do-sertão (<i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl. - Anacardiaceae).....	77
RESUMO.....	77
3.1 INTRODUÇÃO	78
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	79
3.2.1 Material vegetal e formulação dos tratamentos	79
3.2.2 Caracterização dos Substratos	80
3.2.3 Monitoramento das condições ambientais.....	80
3.2.4 Análises de crescimento e acúmulo de biomassa	81
3.2.5 Índice de clorofila	81
3.2.6 Análises de área foliar e área da copa.....	81
3.2.7 Desenho experimental e análises estatísticas.....	83
3.3 RESULTADOS	84
3.3.1 Análises de crescimento	84
3.3.2 Acúmulo de biomassa.....	85
3.3.3 Área foliar e área da copa	86
3.3.4 Índice de clorofila	87
3.3 DISCUSSÃO	87
3.4 CONCLUSÃO.....	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
4. CAPÍTULO 4: APROVEITAMENTO DE ESTERCO BOVINO E OVINO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE UMBUZEIRO	98
ARTIGO 3.....	98
O uso de esterco animal incrementa o crescimento inicial de mudas de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arruda - Anacardiaceae): uma espécie frutífera com importância socioeconômica para o semiárido	98
RESUMO.....	98
4.1 INTRODUÇÃO	99
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	100
4.2.1 Material vegetal e formulação dos tratamentos	100
4.2.2 Caracterização dos Substratos	101
4.2.3 Monitoramento das condições ambientais.....	101

4.2.4 Análises de crescimento e acúmulo de biomassa	102
4.2.5 Índice de clorofila	102
4.2.6 Análises de área foliar e área da copa.....	102
4.2.7 Desenho experimental e análises estatísticas.....	104
4.3 RESULTADOS	104
4.3.1 Análise de crescimento	104
4.3.2 Acúmulo de biomassa.....	105
4.3.3 Área foliar e área da copa	107
4.3.4 Índice de clorofila	108
4.3 DISCUSSÃO	108
4.4 CONCLUSÃO.....	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
5. CAPÍTULO 5: UTILIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO URBANO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE AROEIRA-DO-SERTÃO	118
ARTIGO 4.....	118
O uso de lodo de esgoto urbano na composição de substrato altera as características morfoanatômicas e fisiológicas de <i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl. (Anacardiaceae): uma espécie ameaçada com potencial madeireiro	118
RESUMO.....	118
5.1 INTRODUÇÃO	119
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	121
5.2.1 Material Vegetal	121
5.2.2 Formulação dos tratamentos e caracterização do substrato	121
5.2.3 Monitoramento das condições ambientais.....	123
5.2.4 Análises de crescimento e acúmulo de biomassa	123
5.2.5 Análises de área foliar e área da copa.....	123
5.2.6 Índice de clorofila e fluorescência da clorofila a.....	124
5.2.7 Análises anatômicas.....	124
5.2.8 Desenho experimental e análises estatísticas.....	125
5.3 RESULTADOS	125
5.3.1 Análises de crescimento e acúmulo de biomassa	125
5.3.2 Análises de área foliar e área da copa.....	128
5.3.3 Índice de clorofila e de fluorescência	129
5.3.4 Análises Anatômicas	130
DISCUSSÃO	132

5.4 CONCLUSÃO.....	137
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	138
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	146
APÊNDICES	148
Apêndice A -	148
Apêndice B -	149
Apêndice C -	149

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro, que ocupa cerca de 11% da área nacional, ocorrendo do Maranhão ao norte de Minas Gerais. Na Caatinga há uma predominância de espécies xerófitas e caducas, com presença de árvores, arbustos, cactos, orquídeas e bromélias (LEAL et al., 2003; MMA, 2012; MAIA, 2012). Uma das características mais marcantes da Caatinga é o seu elevado grau de endemismo florístico, que está seriamente ameaçado por atividades antrópicas (RIBEIRO et al., 2015). O desmatamento ilegal para produzir estacas, mourões, lenha e carvão, bem como a conversão de áreas naturais em plantações de grandes culturas e pastagens colocam várias espécies desse bioma em risco de extinção (LEAL et al., 2005a; LEAL et al., 2005b; MMA, 2012; FAGGIN et al., 2017). Nesse contexto, cerca de 50% da Caatinga já está alterada de alguma forma, e as perdas de cobertura vegetal comprometem drasticamente a biodiversidade deste bioma (DRUMOND et al., 2016).

Uma das famílias botânicas presente na Caatinga é a Anacardiaceae, que é formada por aproximadamente 81 gêneros e 800 espécies, distribuídas principalmente em ambientes secos e de planícies em países tropicais e subtropicais em todo o mundo, estendendo-se também para a zona temperada (PELL et al., 2011; PIRANI e SILVA-LUZ, 2018; SILVA-LUZ et al., 2020b). No semiárido nordestino a família Anacardiaceae destaca-se por possuir potencial socioeconômico e ambiental, seja pelas espécies frutíferas nativas como as dos gêneros *Anacardium* e *Spondias*, ou pelas espécies com grande potencial madeireiro e medicinal dos gêneros *Schinopsis* e *Astronium* (*Myracrodruon*) (SANTOS et al., 2008; PELL et al., 2011; SILVA-LUZ et al., 2020b).

Dentre as espécies florestais nativas da família Anacardiaceae com ocorrência na Caatinga podemos destacar a *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. que tem como basinômio *Myracrodruon urundeuva* Allemão (MITCHELL e DALLY, 2017; SILVA-LUZ et al., 2020a) e é conhecida popularmente como aroeira-do-sertão, aroeira-preta, aroeira-verdadeira; e a *Schinopsis brasiliensis* Engl. conhecida como baraúna, braúna e braúna-do-sertão (MAIA, 2012). A aroeira-do-sertão e a baraúna possuem madeiras de excelente qualidade que têm sido empregadas na fabricação de estacas e mourões, na construção civil e em construções internas e externas (LIMA, 2012; MAIA, 2012; PAREYN et al., 2018; LORENZI, 2020). Essas espécies possuem ainda diversas propriedades farmacológicas que chamam a atenção da indústria farmacêutica, como

cicatrizantes, anti-inflamatórias, analgésicas, antifúngicas e antimicrobianas (AMORIM et al., 2019; GALVÃO et al., 2018; SANTOS et al., 2018; MATOS et al., 2019).

Outra espécie dessa família que merece destaque é a *Spondias tuberosa* Arruda, conhecida como umbuzeiro ou imbuzeiro (MAIA, 2012; LORENZI, 2020). O umbuzeiro ocorre exclusivamente no Bioma Caatinga e seu fruto, o umbu, é explorado de forma extrativista e comercializado para o consumo humano de forma *in natura* ou para fabricação de doces, sucos, geleias e licores (LIMA, 2012; MAIA, 2012; BATISTA et al., 2015; LORENZI, 2020).

Considerando a grande importância socioeconômica e ambiental que as espécies aroeira-do-sertão, baraúna e umbuzeiro apresentam para o semiárido brasileiro, devido principalmente aos seus múltiplos usos, estas têm sido exploradas de forma essencialmente extrativista, o que tem resultado na diminuição das suas populações naturais e em perdas de variabilidade genética (BARROS, et al., 2016; MERTENS et al., 2017; ALVES et al., 2020).

A aroeira-do-sertão e baraúna já foram listadas como ameaçadas de extinção através da Instrução normativa nº 6 de 2008 do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2008). Já o umbuzeiro sofre com o declínio na sua densidade populacional e com uma redução na regeneração natural das suas populações (MERTENS et al., 2017), o que pode estar atrelado à baixa porcentagem de germinação das sementes, uma vez que estas apresentam pelo menos um mecanismo de dormência, como a dureza do seu endocarpo (LOPES, et al., 2009). Dessa forma, estas espécies estão com as suas populações gravemente fragmentadas e os indivíduos em fase reprodutiva estão em contínuo declínio (BGCI e IUCN, 2019). Diante do exposto, estudos que visem à valorização e a produção de mudas dessas espécies são essenciais, como forma de proteção da flora nativa.

A etapa de produção de mudas de espécies florestais nativas é uma das mais importantes do sistema produtivo, pois exerce, fundamental papel para o sucesso na recuperação de áreas degradadas e para a conservação de espécies ameaçadas (BRANCALION et al., 2010; WWF, 2017). Esta etapa é dependente de insumos e tem impacto direto na sobrevivência e no crescimento inicial das mudas no campo (FARIA et al., 2013; ABREU et al., 2018). Vários fatores influenciam diretamente a produção de mudas de espécies florestais, dentre os quais se destaca o tipo de substrato utilizado,

esse deve oferecer condições adequadas que propiciem um bom desenvolvimento das mudas, permitindo uma boa formação da parte aérea e do sistema radicular (TRIGUEIRO e GUERRINI, 2014). Existem vários materiais orgânicos que são utilizados para composição de substrato, no entanto, nos últimos anos tem se buscado substratos alternativos que sejam de baixo custo e melhorem a qualidade do solo, como o lodo de esgoto e o esterco animal (SANTOS et al., 2014; FARIA et al., 2017).

O lodo de esgoto urbano é um resíduo oriundo das estações de tratamento de esgotos (ETE) após o tratamento de águas residuárias (GROBELAK et al., 2019). O lodo destaca-se por possuir um alto teor de matéria orgânica, grande quantidade de macronutrientes e micronutrientes, principalmente fósforo, potássio e nitrogênio, além de possuir uma elevada capacidade de retenção de água (BETTIOL e CAMARGO, 2006; GOMES et al., 2013; SIQUEIRA et al., 2018; SIQUEIRA et al., 2019). Devido a essas características, a utilização do lodo de esgoto urbano na produção de mudas de espécies florestais nativas, mostra-se promissora para disposição final desse resíduo, por ser ambientalmente sustentável e melhorar a qualidade das mudas produzidas (SANTOS et al., 2013; FARIA et al., 2013; MENDONÇA et al., 2019).

O esterco animal é outro resíduo orgânico que possui um grande potencial para compor substratos, podendo contribuir para a redução dos custos de produção de mudas florestais em viveiros (COSTA et al., 2015). Esse resíduo pode fornecer matéria orgânica para as mudas, contribuindo para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, aumentando a capacidade de troca catiônica, a retenção de umidade e a disponibilidade de nutrientes, como o nitrogênio (TRAZZI et al., 2012).

Assim, a seguinte pesquisa tem como objetivo geral avaliar a viabilidade do uso de substratos alternativos para produção de mudas de espécies florestais da família Anacardiaceae nativas da Caatinga. Para cumprir o objetivo geral os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- Avaliar a viabilidade da utilização de diferentes proporções de esterco bovino para produção de mudas *Schinopsis brasiliensis*.
- Avaliar a influência de diferentes proporções de esterco bovino para a produção de mudas de *Astronium urundeuva*.
- Avaliar a possibilidade de aproveitamento de esterco bovino e ovino para produção de mudas de *Spondias tuberosa*.

- Avaliar diferentes proporções de lodo de esgoto urbano na composição de substrato para produção de mudas de *Astronium urundeuva*.

Esta pesquisa está estruturada em cinco capítulos, no primeiro foi realizada uma revisão sobre o Bioma Caatinga e o semiárido brasileiro, sobre a família Anacardiaceae, as espécies trabalhadas e sua importância para o semiárido, e por fim sobre a produção de mudas de espécies florestais e tipos de substratos. No segundo e terceiro capítulo foi avaliada a viabilidade do uso de diferentes proporções de esterco bovino na produção de mudas de *Schinopsis brasiliensis* e *Astronium urundeuva*. No quarto capítulo foi testado a utilização de esterco bovino e ovino na produção de mudas de *Spondias tuberosa* e no quinto capítulo foi testado a viabilidade da utilização do lodo de esgoto urbano na produção de mudas de *Astronium urundeuva*.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

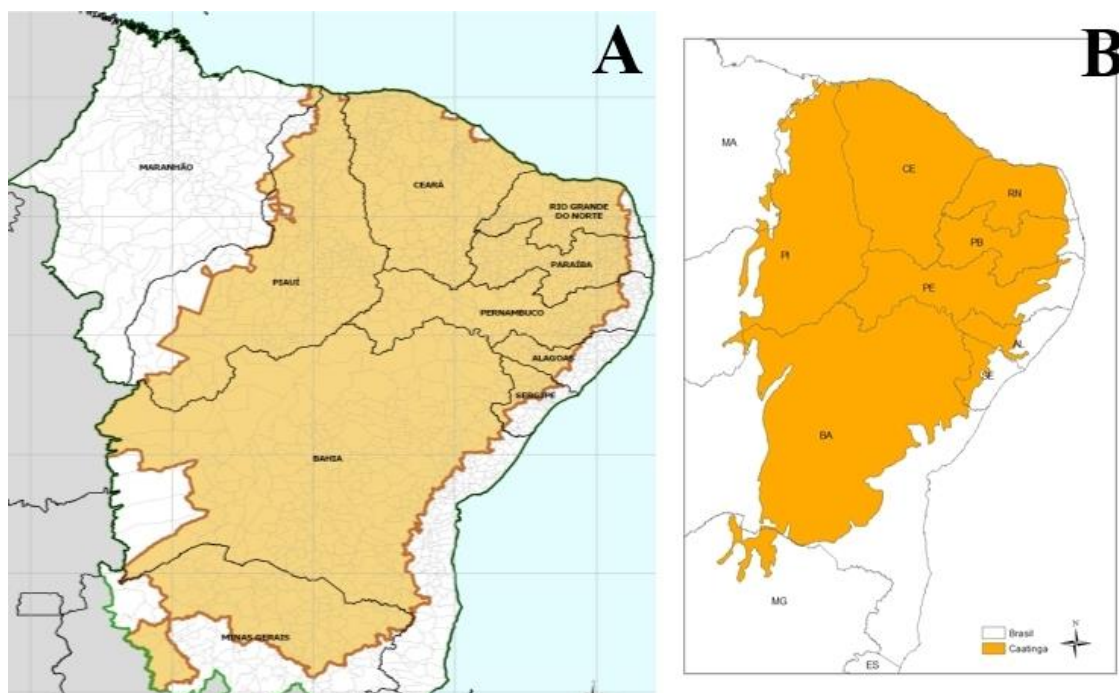
1.1 O semiárido e a Caatinga

O semiárido brasileiro ocupa uma área de aproximadamente 1.542.000 km² ou cerca de 11% da área do Brasil, incluindo todos os estados do Nordeste e o Norte do estado de Minas Gerais (IBGE, 2010a; MARENGO et al., 2018) (FIGURA 1 a). A região é fortemente caracterizada por diferenças regionais, como altas taxas de analfabetismo, altos níveis de baixa renda, migração aos grandes centros urbanos, exclusão social, entre outros (VIEIRA et al., 2016). Além das diferenças culturais e econômicas, a região é afetada pela degradação do solo e desertificação exacerbada por fatores antropogênicos (VIEIRA et al., 2015; MARENGO et al., 2018). Nessa região, o clima é caracterizado pela escassez e irregularidade das chuvas, com pluviosidade igual ou inferior a 800 mm/ano e precipitações restritas a poucos meses do ano (RITO et al., 2017).

A vegetação predominante no semiárido brasileiro é a Caatinga, que é o único Bioma exclusivamente brasileiro, nessa região vivem aproximadamente 24 milhões de pessoas, o que equivale a 12% da população nacional, tornando o semiárido brasileiro a região seca mais populosa do mundo (MARENGO, 2008; ALVALÁ et al., 2019). Seu clima é quente, com altas temperaturas, apresentando duas estações bem definidas, a seca, com duração de 7 a 10 meses, e a chuvosa caracterizada por precipitações irregulares (KILL et al., 2013).

A Caatinga ocupa uma área de aproximadamente 844.453 quilômetros quadrados, o que equivale a cerca de 10% do território nacional, englobando os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais (IBGE, 2004) (FIGURA 1 b). Esse Bioma é caracterizado por apresentar uma vegetação xerófila, compreendendo espécies de plantas arbóreas, arbustivas e herbáceas (MAIA, 2012). Suas espécies geralmente são dotadas de espinhos e folhas pequenas que costumam cair na estação seca (KILL et al., 2013). A palavra Caatinga tem origem indígena da língua Tupi-guarani e significa “mata branca”, isso deve-se ao fato que na estação seca a maioria das plantas perdem suas folhas e muitas apresentam coloração branca na sua casca (MAIA, 2012).

Figura 1. (A) Delimitação do semiárido brasileiro e (B) Delimitação do Bioma Caatinga.



Fonte: (A) SUDENE, 2017; (B) Fonte: SNIF, 2020.

Na Caatinga, os recursos florestais são fundamentais para a subsistência das populações locais e uma importante fonte de biomassa para o abastecimento de energia (lenha e carvão) (GARIGLIO et al., 2010). Os recursos florestais fornecem 30% do abastecimento de energia na região, sendo que aproximadamente 10 milhões de metros cúbicos de lenha e carvão são obtidos por ano, através da exploração da vegetação nativa da Caatinga (GARIGLIO et al., 2010; FAGGIN et al., 2017).

A exploração da Caatinga tem ocorrido de forma essencialmente extrativista, o que tem levado ao desmatamento de grandes áreas desse Bioma, estimando-se que até 50% da Caatinga já teve sua vegetação alterada de alguma forma (SAMPAIO, 2010; SCHULZ et al., 2017). Além disso, a criação de ruminantes como ovinos e caprinos, cujos rebanhos podem ultrapassar os 16 milhões de animais, representa ameaça à conservação da Caatinga (IBGE, 2010b). Dessa forma, além da agricultura de corte e queima, o sobrepastoreio pelo gado e a retirada excessiva de lenha, impõe uma degradação excessiva e contínua desse Bioma, levando à redução de biomassa e a sua completa desertificação (LEAL et al., 2005a; LEAL et al., 2005b; RIBEIRO et al., 2015; SCHULZ et al., 2019).

1.2 Caracterização e importância da família Anacardiaceae para o semiárido nordestino

Anacardiaceae é uma das nove famílias da ordem Sapindales, formada por aproximadamente 800 espécies e 81 gêneros, tornando-se uma das famílias mais diversas dessa ordem (MUELLNER et al., 2007; PELL et al., 2011; KUBITZKI, 2011; PIRANI e SILVA-LUZ, 2018). Suas espécies estão distribuídas principalmente em ambientes secos e de planícies, em países tropicais e subtropicais em todo o mundo, estendendo-se também para a zona temperada (PELL et al., 2011; MUELLNER-RIEHL et al., 2016; PIRANI e SILVA-LUZ, 2011). No Continente Americano existem aproximadamente 32 gêneros nativos, onde aproximadamente 77% das espécies encontradas nas Américas são endêmicas (TERRAZAS, 1999). Já no Brasil 64 espécies são registradas, distribuídas em 15 gêneros, sendo um gênero e 19 espécies endêmicas do país (SILVA-LUZ et al., 2020a).

As espécies da família Anacardiaceae são plantas lenhosas que possuem resinas, suas partes jovens exalam aroma e sabor característico da terebentina, semelhantes ao do fruto verde da mangueira (*Mangifera indica* L.), espécie marcante dessa família. As folhas geralmente são alternas, simples ou compostas e imparipinadas, as flores dialipétalas, com ovário súpero unicarpelar ou tricarpelar, seus frutos são secos ou carnosos e unisseminados (SANTOS et al., 2008; SILVA-LUZ, 2011; HALL e GIL, 2017).

Diversas espécies da família Anacardiaceae apresentam importância econômica por fornecerem frutos comestíveis para a alimentação humana. Dentre elas podemos destacar as espécies dos gêneros *Anacardium* (caju), *Mangifera* (manga), *Schinus* (pimenta rosa) e *Spondias* (cajá, seriguela, umbu). Como espécies ornamentais que podem ser utilizadas na arborização urbana, destacam-se as dos gêneros *Schinus* (aroeira-vermelha) e *Tapirira* (pau pombo). Já as espécies dos gêneros *Schinopsis* (baraúna, quebracho) e *Astronium* (aroeira-do-sertão, Gonçalo-alves, guaritá) apresentam grande importância para a medicina popular, para a indústria farmacêutica, além do grande potencial madeireiro (PELL et al., 2011; SILVA-LUZ, 2011; SILVA-LUZ et al., 2013).

No semiárido nordestino a família Anacardiaceae destaca-se por possuir espécies de árvores com potencial socioeconômico e ecológico na Caatinga, seja pelas espécies frutíferas nativas que fornecem importantes recursos comestíveis como a *Spondias*

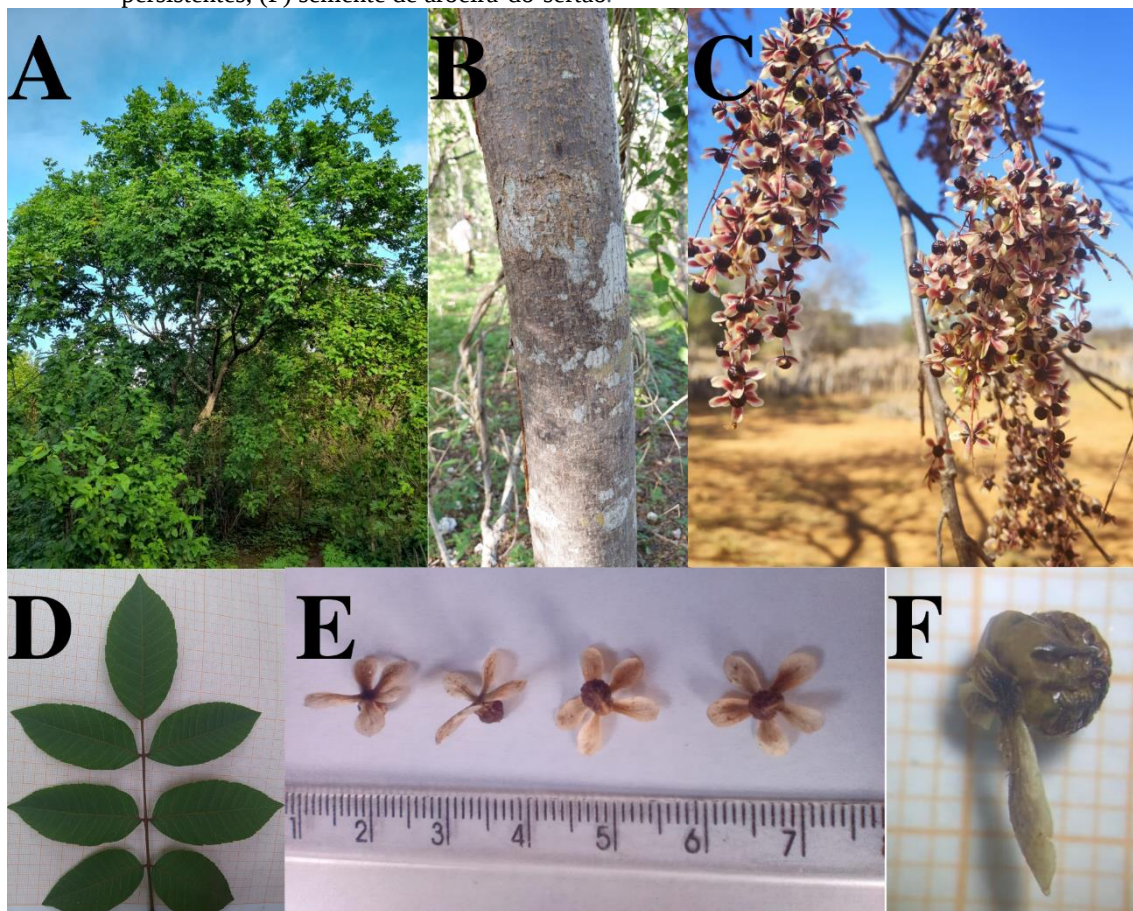
tuberosa Arruda (umbuzeiro), ou pelas espécies com grande potencial madeireiro e medicinal como a *Schinopsis brasiliensis* Engl. (baraúna) e a *Astronium urundeuva* Allemão (aroeira-do-sertão) (SANTOS et al., 2008). Essas árvores figuram entre as mais importantes da Caatinga e são distribuídas ao longo de todo o semiárido brasileiro (ALBUQUERQUE et al., 2005).

1.3 Caracterização e importância da espécie *Astronium urundeuva*

Astronium urundeuva (M. Allemão) Engl. é uma espécie florestal arbórea nativa do Brasil, que pertence à família Anacardiaceae e tem como basionímio *Myracrodruon urundeuva* Allemão (MITCHELL e DALLY, 2017; SILVA-LUZ et al., 2020b), sendo conhecida popularmente como aroeira, aroeira-do-sertão, aroeira-do-campo, aroeira-preta, aroeira-verdadeira e árvore-da-arara. O seu nome popular deriva de *araroeira*, que vem de “arara” e de “eira” (árvore da arara), por ser uma planta onde a arara costuma viver e alimentar-se (MAIA, 2012). Esta espécie possui uma ampla distribuição por todo o país, ocorrendo em diferentes domínios fitogeográficos brasileiros, como a Mata Atlântica, o Cerrado, o Pampa, o Pantanal e principalmente a Caatinga (MAIA, 2012; PAREYN et al., 2018; LORENZI, 2020; SILVA-LUZ, 2020b).

A aroeira-do-sertão é uma árvore de fuste alto e reto e uma copa larga, com altura entre 5 a 20 metros na Caatinga e no Cerrado, podendo atingir até 30 metros na Mata Atlântica. As suas folhas são compostas, alternas, pilosas, e imparipinadas, com 5-9 folíolos. É uma espécie dióica, decídua, heliófila e seletiva xerófita, possui inflorescência do tipo panícula com 12 a 20 cm de comprimento, as suas flores são sésseis e unissexuais. O fruto é uma drupa redonda de 3 a 4 mm de diâmetro, indeiscente, quando seco tem cor marrom escuro, as sépalas das flores continuam fixas nos frutos e servem como alas (FIGURA 2) (MAIA, 2012; LIMA, 2012; LORENZI, 2020).

Figura 2. (A) Aspecto geral de um indivíduo adulto, (B) aspecto geral do caule, (C) aspecto geral da planta em período de frutificação, (D) aspecto geral da folha e (E) sementes com alas persistentes, (F) semente de aroeira-do-sertão.



Fonte: Figura 2A, B, C, D, E, F: Augusto Vinicius; Figura 2C: Elaine Lima.

A aroeira-do-sertão possui uma madeira de excelente qualidade considerada praticamente imputrescível, devido, principalmente a sua alta densidade e grande resistência mecânica, sendo muito utilizada para construções internas e externas e na fabricação de estacas e mourões (LIMA, 2012; MAIA, 2012; PAREYN et al., 2018; LORENZI, 2020). Além disso, esta espécie chama a atenção da indústria farmacêutica por possuir diversas propriedades de interesse para a área, como cicatrizantes, antiinflamatórias, analgésicas, antifúngicas e antimicrobianas (VIANA et al., 2003; SOUZA et al., 2007; GALVÃO et al., 2018; MATOS et al., 2019).

Essa espécie apresenta ainda uma grande importância ambiental, por florescer e frutificar durante a estação seca, época do ano em que os recursos são escassos na Caatinga. Suas flores são utilizadas como fonte de alimento por espécies de abelhas nativas como a *Melipona mandacaia*, *Melipona asilvai*, *Trigona spinipes* e *Friesiomelita doerdeleini* (KILL et al., 2010). Já os seus frutos podem ainda ser

consumidos por espécies de aves nativas da Caatinga como o Tuim (*Forpus xanthopterygius*) (FIGURA 3).

Figura 3. Tuim (*Forpus xanthopterygius*) se alimentando dos frutos da aroeira-do-sertão.



Fonte: Figura 3A: Gustavo Bezerra; Figura 3B: João Batista.

Lucena et al. (2011) avaliando o uso e o conhecimento de aroeira-do-sertão em duas comunidades tradicionais do semiárido brasileiro, observaram diversas formas de utilização dessa espécie, as quais foram divididas em sete categorias: forragem, combustível (lenha e carvão), construção (estaca, linha e mourão), medicinal, veterinário, tecnologia (torno de parede, canga, ferramentas e móveis) e veneno/abortivo. Os autores destacam ainda que a notória popularidade e às diversas formas de utilização da aroeira-do-sertão são as principais ameaças que podem levar à extinção local dessa espécie. Barros et al. (2016) estudando a etnobotânica e o *status* populacional de aroeira-do-sertão destacam 26 formas de usos dentro de quatro categorias para essa espécie (lenha, construção, tecnologia e medicinal). A construção (viga de telhado) foi a categoria mais popular, seguida da medicinal (cascas e folhas), da lenha (madeira) e da tecnologia (ferramentas). É destacado pelos autores ainda que o

comprometimento da estrutura populacional, a alta colheita e as percepções locais sobre o declínio populacional da espécie são evidências importantes, o que sugere uma colheita insustentável.

Lins Neto et al. (2008) relatam que a aroeira-do-sertão é uma espécie com uso amplamente difundido em comunidades rurais do Nordeste do Brasil, sendo utilizada na construção, como combustível e principalmente para fins medicinais. Penido et al. (2016) e Silva & Albuquerque (2005) observaram que a aroeira-do-sertão é uma das principais plantas medicinais utilizadas por moradores de cidades do interior dos estados do Maranhão e de Pernambuco, região Nordeste do Brasil. Já Pereira et al. (2014) destacam que as principais partes da planta utilizadas por agricultores do interior do Ceará, nordeste do Brasil, para o uso ou produção de fitoterápicos são a entrecasca e o fruto cozidos, e as formas de uso mais comuns são como banho de assento, na fabricação de sabonetes utilizados como cicatrizantes, antialérgicos e bactericidas e no preparo de chás ou infusos contra úlceras e gastrites.

Considerando a importância econômica pelo uso da sua madeira e por suas propriedades farmacológicas, aroeira-do-sertão tem sido explorada de forma extrativista o que resultou em reduções drásticas nas suas populações naturais e consequente perda de variabilidade genética. Devido ao consequente risco de extinção, a espécie aroeira-do-sertão foi listada como ameaçada de extinção (MMA, Instrução Normativa n ° 6, 2008) (BRASIL, 2008). Assim, pesquisas que visem aprimorar os métodos de propagação para essa espécie se tornam essenciais para garantir a sua conservação.

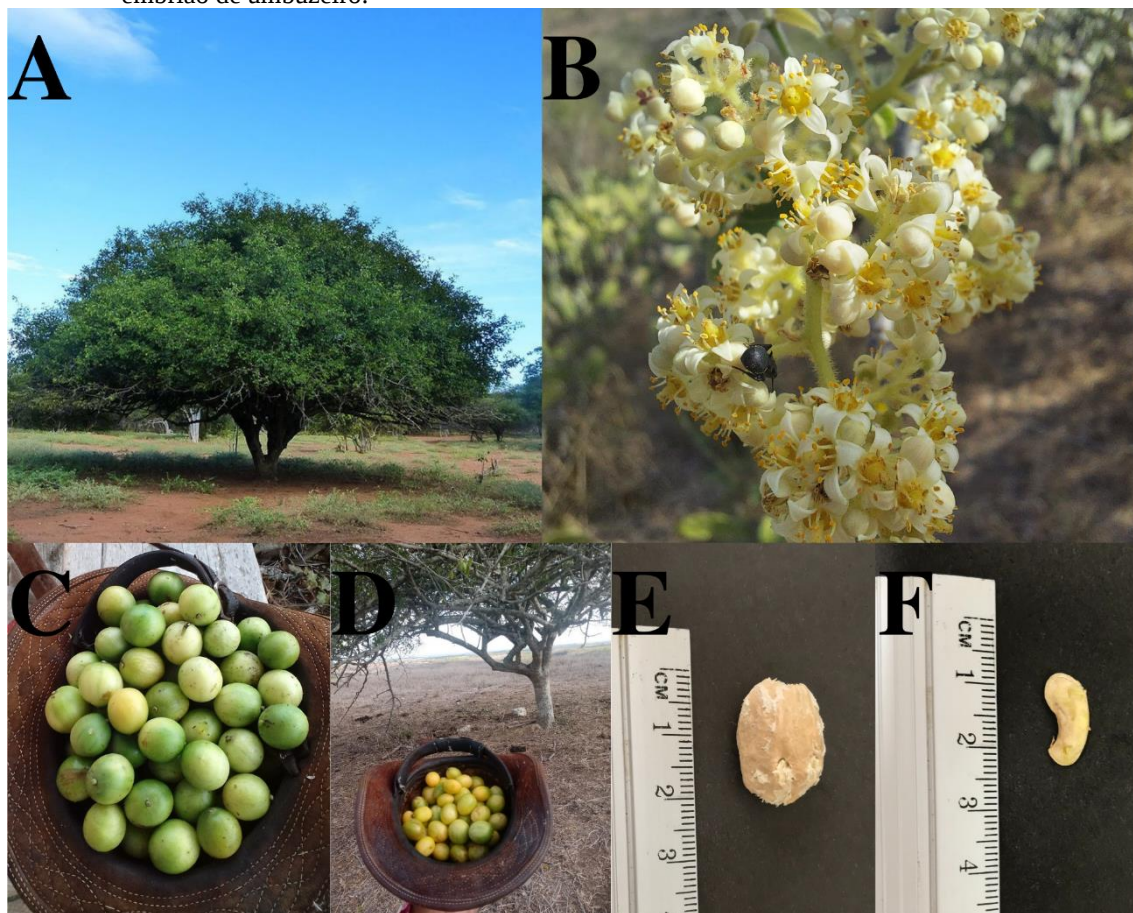
1.4 Caracterização e importância da espécie *Spondias tuberosa*

A espécie *Spondias tuberosa* Arruda é conhecida popularmente como umbuzeiro ou imbuzeiro. Seu nome popular “y-mb-ú” deriva do tupi-guarani e significa “árvore que dá pra beber”, uma vez que suas túberas contêm água e eram consumidas pelos índios que viviam na Caatinga (MAIA, 2012; KIILL et al., 2016). Esta espécie é nativa e endêmica do Brasil, típica das Caatingas do semiárido nordestino, podendo ocorrer também em Minas Gerais (MAIA, 2012; MITCHELL e DALY, 2015; LORENZI, 2020).

O umbuzeiro é uma árvore com altura entre 4 e 7 metros, seu tronco é curto e sua copa é arredondada. As suas folhas são alternas, compostas, imparipinadas, com 3-7 folíolos, suas flores são brancas, pequenas, perfumadas e dispostas em panículas

terminais. Seus frutos chamados de umbus, são drupas glabras ou levemente pilosas (MAIA, 2012; MITCHELL e DALY, 2015). É uma espécie xerófila, que apresenta caducifolia durante a época seca. Uma de suas principais características é a presença de túberas (xilopódios), em média cada planta possui 978 túberas com 1.700 quilos por planta e podem armazenar até 2000 litros de água (FIGURA 4) (CAVALCANTI et al., 2002; CAVALCANTI e RESENDE, 2006; KIILL et al., 2016).

Figura 4. (A) Aspecto geral da planta adulta e (B) inflorescência, (C e D) frutos, (E) semente e (F) embrião de umbuzeiro.



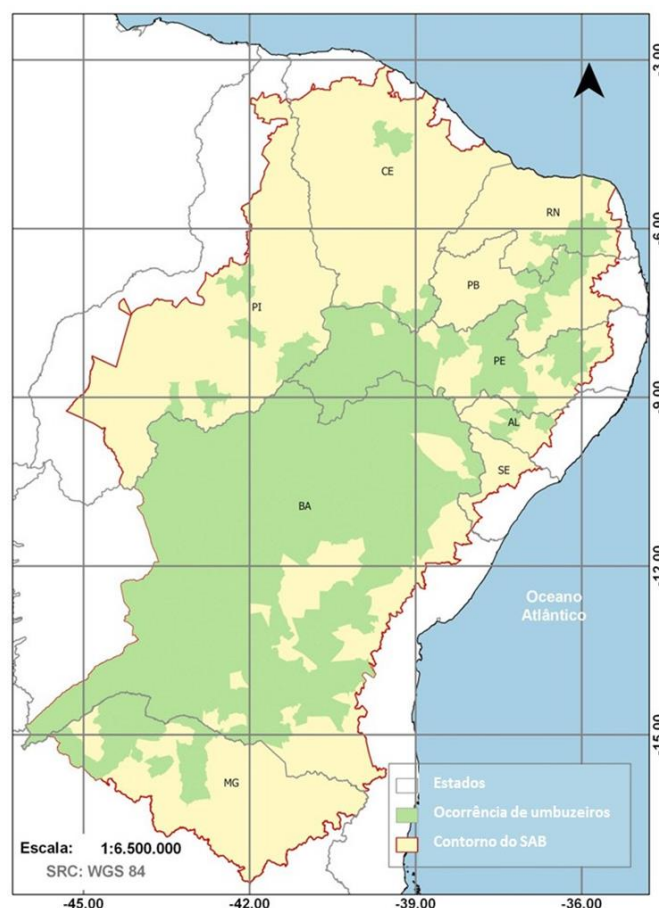
Fonte: Augusto Vinicius de Souza Nascimento.

O extrativismo vegetal é uma das principais fontes de renda para os pequenos agricultores do semiárido nordestino. Entre as plantas que proporcionam esta atividade, o umbuzeiro é a espécie que mais se destaca, pelas múltiplas possibilidades do seu aproveitamento. O seu fruto, o umbu *in natura*, possui grande importância socioeconômica e cultural para o semiárido brasileiro, dele podem ser produzidos sucos, doces, geleias, licores, além disso, dos xilopódios podem-se fazer doces (ANJOS e

RYBKA, 2016). Apesar dos seus múltiplos usos, esta espécie encontra-se ainda em um processo incipiente de domesticação (LINS NETO et al., 2012).

O extrativismo do umbu é realizado em quase todos os estados do Nordeste do Brasil, e no semiárido de Minas Gerais (FIGURA 5). O estado da Bahia é o maior produtor do fruto, com quase 5.500 toneladas produzidas em 2020 (TABELA 1). A coleta extrativista do umbu é um dos maiores exemplos de atividades tradicionais do semiárido nordestino, seja para o consumo próprio, para a comercialização *in natura*, ou para fabricação de produtos derivados, o que permite agregar valor ao fruto, representando uma importante fonte de renda para as comunidades rurais do semiárido brasileiro, na época da safra do umbuzeiro (BATISTA et al., 2015; MATTA et al., 2019).

Figura 5. Distribuição espacial dos municípios do semiárido brasileiro que realizaram extrativismo do umbu.



Fonte: Batista et al. (2015).

Tabela 1. Produção de umbu no Brasil em 2020.

Estado	Municípios (Nº)	Maior Produtor do Estado	Quantidade Produzida (t)	Valor da Produção (R\$ 1.000)
Alagoas	29	Delmiro Gouveia- AL	277	721
Bahia	202	Riachão do Jacuípe- BA	5413	7.202
Ceará	9	Porteira- CE	15	20
Minas Gerais	35	Lontra-MG	1976	2.110
Paraíba	46	São Vivente do Seridó-PB	842	606
Pernambuco	73	Buíque-PE	369	630
Piauí	22	Acauã-PI	107	186
Rio Grande do Norte	39	São Miguel do Gostoso-RN	467	410
Total	455	-	9466	11.885

Fonte: IBGE, 2020.

Elaboração: Augusto Vinicius de Souza Nascimento

Lins Neto et al. (2010) verificaram nove formas de usos de umbuzeiro em comunidades do interior de Pernambuco, Nordeste do Brasil, sendo predominante a utilização do seu fruto como fonte de alimento *in natura*, como doces feitos dos frutos e das raízes (xilopódios) ou na forma de sucos dos seus frutos. Nunes et al. (2018) observaram que o umbuzeiro é uma das principais plantas alimentícias nativas da Caatinga, no semiárido brasileiro, e os seus frutos são consumidos na natureza e usados para fazer sucos, doces, bolos e umbuzada.

Considerando a grande importância socioeconômica e ambiental que o umbuzeiro apresenta para o semiárido brasileiro, devido principalmente aos seus múltiplos usos, esta tem sido explorada de forma essencialmente extrativista, o que tem resultado em diminuição das suas populações naturais e perdas de variabilidade genética (MERTENS et al., 2017), o que pode estar atrelado à baixa porcentagem de germinação das sementes, uma vez que estas apresentam pelo menos um mecanismo de dormência, como a dureza do seu endocarpo (LOPES et al., 2009). Além disso, está espécie encontra-se ainda em um processo incipiente de domesticação (MERTENS et al., 2017). Diante do exposto, estudos que visem à valorização e à conservação dessa espécie são essenciais, como forma de proteção da flora nativa.

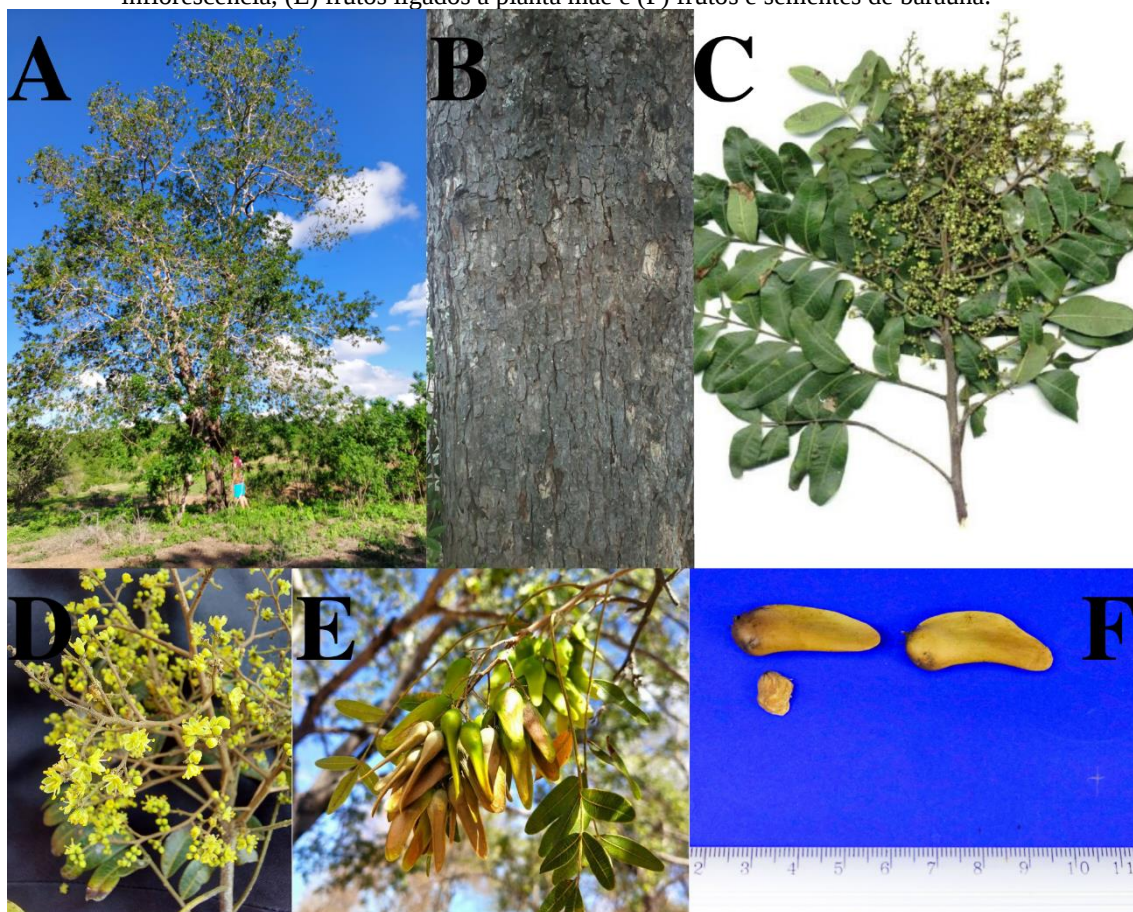
1.5 Caracterização e importância da espécie *Schinopsis brasiliensis*

A espécie *Schinopsis brasiliensis* Engl. pertence à família Anacardiaceae e é conhecida, popularmente, como baraúna, braúna, braúna-do-sertão, maria-preta, braúna-parda, quebracho, entre outros. A baraúna é uma árvore nativa do Brasil, típica do bioma Caatinga e sua ocorrência vai desde a região Nordeste do Brasil até o norte de Minas Gerais (LORENZI, 2020; MAIA, 2012). O seu nome popular provavelmente tem

origem da língua tupi, *ibirá-una* (madeira preta) ou *muira-una* (*muira-madeira* + *una-preto*) (MAIA, 2012).

A Baraúna é considerada uma das maiores árvores da Caatinga, medindo entre 10 e 15 metros de altura, com fuste reto medindo até 60 cm de diâmetro. As suas folhas são alternas, compostas, imparipininadas, com 7-17 folíolos oblongos. A inflorescência é do tipo panícula, com até 12 cm de comprimento, as flores são pequenas, 3 a 4 mm de diâmetro, brancas e aromáticas. O seu fruto é uma drupa alada, com até 3,5 cm de comprimento de cor castanho-claro, apresentando uma massa esponjosa. A semente é obovoide tendendo a reniforme, 1,4 cm de comprimento, 1 cm de largura e 0,5 cm de espessura, cor amarelo-claro e superfície rugosa, envolta por um tegumento lenhoso difícil de ser rompido (FIGURA 6) (MAIA, 2012; MIRANDA et al., 2018).

Figura 6. (A) aspecto geral da planta adulta, (B) aspecto geral do caule, (C) aspecto geral das folhas, (D) inflorescência, (E) frutos ligados a planta mãe e (F) frutos e sementes de baraúna.



Fonte: Figura 6A, B, C, D e F: Augusto Vinicius; Figura 6E: Elaine Lima.

A baraúna pode ser utilizada na arborização de praças e parques, além da madeira ser muito explorada para fabricação de mourões, estacas, na construção civil e

na indústria madeireira (MAIA, 2012). Outro aspecto relevante da espécie é o seu potencial biotecnológico a ser explorado devido aos compostos químicos isolados dos órgãos vegetais. As folhas da baraúna possuem compostos com atividade antimicrobiana, propriedade comprovada por diversos autores em testes contra cepas fúngicas (CHAVES et al., 2015; SARAIVA et al., 2011; SARAIVA et al., 2013).

De acordo com Lucena et al. (2007) a baraúna é uma das espécies mais proeminentes da vegetação de Caatinga, sendo muito utilizada para construções rurais e domésticas, devido principalmente a características como durabilidade, força e disponibilidade, no geral madeiras mais densas como a da baraúna são muito utilizadas para construção de cercas e moradias. Os autores destacam ainda que a baraúna está sujeita a níveis severos de exploração e/ou altas pressões de usos, devido principalmente as suas diversas formas de utilização, sua preferência pelos coletores e sua disponibilidade, sendo intensamente coletada durante todo o ano.

Albuquerque et al. (2005) destacam que assim como aroeira-do-sertão, a baraúna figura entre as árvores mais importantes da Caatinga, sendo uma importante fonte de medicamentos para diabetes, inflamações e perturbações do sistema digestivo. Santos et al. (2008b) observaram que a baraúna é a planta lenhosa com o maior número de usos registrado no semiárido nordestino, dentre os quais destacam-se a utilização da sua madeira para construção, como planta medicinal, como combustível (lenha e carvão), na ornamentação, como planta apícola e para produção de taninos.

Devido a esse grande potencial de uso em diversas aplicações, tornam-se necessárias pesquisas com enfoque na sua conservação e propagação. Entre os entraves já caracterizados está a biologia reprodutiva da baraúna, pois trata-se de uma espécie dióica (KIILL, 2010) e segundo Alves (2016) essa característica pode ser um agravante para sua conservação, pois o desaparecimento dos indivíduos de um dos sexos em um determinado local pode comprometer a sua reprodução. Outra característica dessa espécie que causa problemas na sua reprodução em viveiros é a presença de dormência nas sementes (CARVALHO, 2009).

A reprodução da baraúna ocorre exclusivamente por sementes, porém apresenta uma baixa taxa de germinação, sendo recomendada a realização de escarificação das sementes para quebra de dormência (MAIA, 2012). Atrelado a esse fato, o uso indiscriminado dessa espécie reduziu drasticamente as suas populações deixando-a

ameaçada de extinção (MAIA, 2012), o que fez com que o seu nome fosse incluído na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção, publicada pelo Ministério do Meio Ambiente através da Instrução Normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008, fazendo-se necessária a intensificação dos estudos sobre esta espécie, a fim de entender melhor o seu comportamento e aprimorar os métodos para propagação dessa espécie.

1.6 Produção de mudas de espécies florestais

As florestas nativas vêm sofrendo forte degradação ambiental através do desmatamento, seja para retirada ilegal da madeira ou para conversão da paisagem para produção agropecuária. Assim, reduziu-se fortemente a variabilidade genética de várias espécies florestais, ocasionando até mesmo a extinção de muitas delas (CALDEIRA et al., 2013; NAVROSKI et al., 2018). Atualmente, a legislação vigente determina a recuperação de áreas degradadas, como as áreas de reserva legal ou de APPs (áreas de preservação permanente), influenciando diretamente no aumento da demanda pela produção de sementes e mudas florestais que possuam uma grande variabilidade genética (NAVROSKI et al., 2018).

Nos últimos anos existe uma demanda crescente pela produção de mudas de espécies florestais, seja para cumprir passivos ambientais ou pelo aumento da consciência ambiental nas pessoas (CALDEIRA et al., 2013; SIQUEIRA et al., 2018). Segundo dados do IPEA, 2015 (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) com a aprovação da Lei 12.651 de 2012 conhecida como Novo Código Florestal, apesar de uma redução nas áreas a serem restauradas, foram criados também instrumentos como o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Programa de Regularização Ambiental (PRA), que pretendem mapear, monitorar e induzir a restauração de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Reservas Legais (RLs) (SILVA et al., 2015). Diante desse cenário, é provável que nos próximos anos ocorra um relevante aumento na demanda por mudas de espécies florestais nativas, que são importantes insumos para a recuperação de áreas degradadas, para reflorestamento, para recomposição de mata ciliar e para arborização urbana (SAINDELLES et al., 2009).

A produção de mudas florestais é uma das etapas mais importantes do sistema produtivo, sendo fundamental no estabelecimento de florestas, na restauração florestal e na recuperação de áreas degradadas, afetando diretamente a produção florestal. O sucesso dessa etapa está intimamente relacionado com a qualidade das mudas

produzidas, que devem ser capazes de resistir às condições adversas do campo (BINOTTO et al., 2010)

A qualidade das mudas produzidas em viveiros pode ser avaliada por vários parâmetros. Pesquisadores têm trabalhado para identificar características que possam ser usadas como indicadores de qualidade das mudas produzidas em viveiros e, melhor ainda, preditores de desempenho após a transferência para o campo (RITCHIE et al., 2010). Os atributos morfológicos estão entre as principais características utilizadas para avaliação da qualidade da muda, pois estas características são facilmente observadas e medidas, como altura da parte aérea, diâmetro do caule, e o peso seco da parte aérea e do sistema radicular (RITCHIE et al., 2010; BINOTTO et al., 2010).

1.7 Substrato para produção de mudas

Muitos fatores influenciam o crescimento e qualidade das mudas de espécies florestais durante a fase de viveiro. Estes incluem água, nutrientes, sombreamento, substratos, idade de transplante, ervas daninhas, pragas e doenças. Alguns desses fatores (por exemplo, nutrientes e substratos) podem ser controlados por gerentes de viveiros, aumentando a qualidade e diminuindo o tempo de produção das mudas no viveiro (POORTER et al., 2012; AKPO et al., 2014).

O sucesso obtido na produção de mudas florestais está diretamente relacionado ao tipo do substrato utilizado, pois este influencia diretamente a qualidade das mudas produzidas, sendo fundamental para o sucesso da restauração florestal (SILVA et al., 2020). Para garantir a qualidade do substrato, a seleção dos constituintes deve ser levada em consideração, pois a sobrevivência e o crescimento da muda quando transferidas para o campo estão diretamente relacionados com a sua formação inicial (ROS et al., 2015; MELO et al., 2018).

O solo foi por muito tempo o principal componente de substratos para produção de mudas, no entanto, novas tecnologias estão sendo aplicadas para melhorar as características físicas e químicas do substrato, visando garantir maior qualidade das mudas produzidas (SANTOS et al., 2014). Com isso, novos materiais passaram a ser incorporados ao solo, como o lodo de esgoto, o esterco animal, a casca de arroz *in natura* ou carbonizada e a fibra de coco (SAIDELLES et al., 2009; TRAZZI et al., 2012; SANTOS et al., 2014). A formulação do substrato deve atender às necessidades das mudas que serão produzidas, para isso algumas características devem ser levadas

em consideração, sejam características físicas (estrutura, textura e porosidade), propriedades químicas (pH e fertilidade do solo) ou sua disponibilidade, fácil manuseio e custo reduzido (HIGASHIKAWA et al. 2016; FARIA et al., 2020).

A função do substrato é fornecer as condições adequadas para uma boa formação das mudas com um bom desenvolvimento das raízes e da parte aérea, fornecendo sustentação e os nutrientes necessários (TRIGUEIRO & GUERRINI, 2014; FERMINO et al., 2018). A utilização do substrato adequado é um dos principais objetivos da etapa de produção de mudas, sendo a busca pelo aproveitamento de resíduos de origem urbana ou agrícola uma forma muito vantajosa, pela redução dos custos de produção e pela destinação ambiental correta desses resíduos (KLEIN, 2015; ARAÚJO et al., 2020).

1.8 Esterco animal

O Brasil possui o maior rebanho de bovinos confinados do mundo, estimado em mais de 217 milhões de cabeças, já de ovinos o rebanho ultrapassa as 20 milhões de cabeças (FAO, 2020; MAGALHÃES et al., 2021). Um dos principais problemas advindos dos sistemas de produção pecuária é a grande quantidade de resíduos orgânicos que são gerados (ECKHARDT et al., 2018). No Brasil, a produção de esterco pode ultrapassar as 40 toneladas diariamente, somente de bovinos (SANTOS e NOGUEIRA, 2012). O esterco pode ser aplicado ao solo ou na composição de substratos como fonte de nutrientes para diversas culturas, no entanto se o seu gerenciamento não for adequado pode causar a contaminação do solo e da água (CIANCIO et al., 2014; CIAPPARELLI et al., 2016).

O uso de substratos à base de resíduos orgânicos, de origem animal, como esterco de bovinos ou ovinos, ajuda a nutrir as mudas, e também na melhoria das características físicas e propriedades químicas do substrato. O uso desses materiais é uma opção de baixo custo para produtores, em comparação com substratos comerciais, permitindo ainda o aproveitamento de resíduos agrícolas (TRAZZI et al., 2012; COSTA et al., 2015). O esterco animal é um resíduo orgânico com grande potencial como substrato no fornecimento de matéria orgânica para mudas, pois contribui para a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, no aumento da capacidade de troca catiônica e na retenção de umidade e nutrientes, como nitrogênio (TRAZZI et al., 2012).

Vários autores já observaram a influência positiva do uso de esterco animal na composição de substrato para produção de mudas de espécies florestais nativas. Como por exemplo, Souza et al. (2016) observaram que a adição de esterco bovino ao substrato como fonte de matéria orgânica promove efeito positivo sobre o crescimento de mudas de aroeira-do-sertão. Já Lima et al. (2017) destacam que o esterco ovino e o húmus de minhoca são os resíduos orgânicos mais recomendados para produção de mudas de aroeira-do-sertão, Resultados semelhantes foram observados por Paes et al. (2019), os autores relatam que o uso de diferentes proporções de composto orgânico no solo estimulou o crescimento de mudas de aroeira-do-sertão.

Cruz et al., (2016) observaram que os substratos formulados com esterco bovino proporcionam os maiores valores em altura e comprimento de raiz em mudas de umbuzeiro. Já Melo et al. (2018) observaram que o uso de esterco bovino é eficiente para aumentar o diâmetro do caule em mudas de umbuzeiro. Resultados semelhantes foram observados também por Hafle et al. (2019) que observaram que adubos de origem orgânica favorecem o crescimento inicial de umbuzeiro.

1.9 Lodo de esgoto urbano

O lodo de esgoto urbano é um resíduo gerado nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) a partir do tratamento de águas residuárias para o retorno da água tratada aos corpos hídricos. Pode ser denominado também de biossólido após passar por tratamentos de estabilização, como a compostagem ou a calagem, ressaltando o seu potencial agrônomo (BETTIOL; CAMARGO, 2006; BERTON; NOGUEIRA, 2010; SPERLING; ANDREOLI, 2014). Atualmente, o lodo tem sido descartado principalmente em aterros sanitários, lixões, em alto mar ou é destinado para incineração, processos de disposição final que não são sustentáveis e que podem gerar altos custos para as empresas de saneamento (SPERLING e ANDREOLI, 2014).

A destinação final adequada do lodo de esgoto urbano é um fator chave para o sucesso dos sistemas de saneamento, no entanto, essa prática tem sido negligenciada no Brasil. É comum nos projetos para construção de ETEs não abordarem o tema gestão de resíduos na sua criação, de modo que essa complexa atividade vem sendo realizada sem planejamento pelas empresas de saneamento, muitas vezes de forma emergencial e adotando alternativas inadequadas para disposição final desse resíduo (SPERLING; ANDREOLI, 2014; SANTOS et al., 2019). Outros problemas associados ao lodo de

esgoto urbano são a presença de elementos tóxicos e microrganismos, que podem contaminar o solo e os lençóis freáticos. Além disso, por possuir uma elevada quantidade de nutrientes, se disposto inadequadamente, pode causar a eutrofização de lagos e rios (BERTON; NOGUEIRA, 2010; GROBELAK et al., 2019).

O lodo de esgoto destaca-se principalmente pelo seu alto teor de matéria orgânica, grande quantidade de macronutrientes e micronutrientes, principalmente fósforo, potássio e nitrogênio, além de possuir uma elevada capacidade de retenção de água (BETTIOL; CAMARGO, 2006; SIQUEIRA et al., 2018). Devido a essas características, a utilização do lodo de esgoto urbano na agricultura e para produção de mudas de espécies florestais nativas, mostra-se promissora para a disposição final desse resíduo, por ser ambientalmente sustentável (SANTOS et al., 2013; MENDONÇA et al., 2019).

Nesse contexto, alternativas sustentáveis para a sua reutilização vem ganhando destaque, como é o caso da sua disposição no solo para agricultura e no setor florestal para produção de mudas (BETTIOL; CAMARGO, 2006). No setor florestal trabalhos têm buscado avaliar o potencial da utilização do lodo de esgoto urbano como componente de substrato para a produção de mudas florestais. Abreu et al., (2017) avaliou o potencial técnico do biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Handroanthus heptaphyllus*, enquanto Cabreira et al. (2017) avaliaram diferentes proporções de biossólido como componente de substratos para a produção de mudas de três espécies da Floresta Atlântica (*Peltophorobium dubim*, *Lafoensia pacari* e *Ceiba speciosa*). Através dos resultados obtidos por esses autores foi possível evidenciar que o lodo de esgoto urbano pode ser utilizado na composição de substratos para a produção de mudas dessas espécies, promovendo maior crescimento das mudas em viveiro.

No entanto, cada espécie vegetal costuma responder de uma forma diferente, dependendo da proporção de lodo de esgoto incorporada ao substrato. Kratka e Correia (2015) destacam que lodo de esgoto da maneira como é ofertado, não pode ser utilizado na produção de mudas de aroeira-do-sertão. Já Mendonça et al. (2019) e Abreu et al. (2019) trabalhando com *Schinus terebinthifolius* espécie da mesma família da aroeira-do-sertão (Anacardiaceae) observaram que o lodo de esgoto urbano é viável para composição de substrato para produção de mudas dessa espécie. Diante disso, o aproveitamento do lodo de esgoto urbano vem se mostrando uma alternativa viável na

composição de substrato para produção de mudas de espécies florestais, devido principalmente à presença de uma grande quantidade de matéria orgânica e também de nutrientes como fósforo, potássio e nitrogênio, reduzindo assim os custos, o tempo de produção de mudas e aumentando a qualidade das mudas de espécies florestais produzidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. H. M.; ALONSO, J. M.; MELO, L. M.; LELES, P. S. S.; SANTOS, G. R. Caracterização de bio-sólido e potencial de uso na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Eng Sanit Ambient**, v.24 n.3, 591-599, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019108265>
- ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; OLIVEIRA, R. R.; FERREIRA, D. H. A. A. Caracterização e potencial de substratos formulados com bio-sólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 1179-1190, 2017. <https://doi.org/10.5902/1980509830300>
- ABREU, A. H. M.; OLIVEIRA, R. R.; ABEL, E. L. S.; LIMA FILHO, P.; LELES, P. S. S. Bio-sólido e substrato comercial na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia*. **Pesq. flor. bras.**, v. 38, e201501066, p. 1-10, 2018. <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.38e201501066>
- AKPO, E.; STOMPH, T. J.; KOSSOU, D. K.; OMORE, A. O.; STRUIK, P. C. Effects of nursery management practices on morphological quality attributes of tree seedlings at planting: The case of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Forest Ecology and Management**, 324, 28–36, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.045>
- ALBUQUERQUE, U. P.; ANDRADE, L. H. C.; SILVA, A. C. O. Use of plant resources in a seasonal dry forest (Northeastern Brazil). **Acta bot. bras.** 19(1): 27-38. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000100004>
- ALVALÁ, R. C. S.; CUNHA, A. P. M. A.; BRITO, S. S. B.; SELUCHI, M. E.; MARENGO, J. A.; MORAES, O. L. L. CARVALHO, M. A. Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 91(Suppl. 1): e20170209. 2019. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170209>
- ALVES, C. A. B.; LEITE, A. P.; RIBEIRO, J. E. S.; GUERRA, N. M.; SANTOS, S. S.; SOUZA, R. S.; CARVALHO, T. K. N.; LUCENA, C. M.; FONSECA, A. M. F. A.; LINS FILHO, J. A.; SOUTO, J. S.; LUCENA, R. F. P. Distribution and future projections for *Schinopsis brasiliensis* Engler (Anacardiaceae) in the semi-arid region of Brazil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, 7(17): 1361-1378, 2020. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071721](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071721)
- ALVES, M. M. **Distribuição real e potencial de *Schinopsis brasiliensis* Engler (Anacardiaceae) no estado da Paraíba**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba, p.44, 2016.
- AMORIM, E. M.; SANTANA, S. L.; SILVA, A. S.; AQUINO, N. C.; SILVEIRA, E. R.; XIMENES, R. M.; ROHDE, C. Genotoxic Assessment of the Dry Decoction of *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) Leaves in Somatic Cells of *Drosophila melanogaster* by the Comet and SMART Assays. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, 61, 329-337, 2019. <https://doi.org/10.1002/em.22332>

- ANJOS, J. B.; RYBKA, A. C. P. **Processamento de produtos a bases de umbu**. In: DRUMOND, M. A.; AIDAR, S. T.; NASCIMENTO, C. E. S.; OLIVEIRA, V. R. Umbuzeiro: avanços e perspectivas. Petrolina-PE, Embrapa Semiárido, 2016. p.217-241.
- ARAÚJO, M. F. P.; PINHO, E. F. M.; SILVA, C. A. P.; RUAS, M. A. O. Substratos alternativos para a produção de mudas de Angico Branco (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan). **Cad. Ciênc. Agrá.**, v. 12, p. 01–07, 2020. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.15976>
- BARROS, F. N.; NASCIMENTO, V. T.; MEDEIROS, P. M. Ethnobotany and Population Status of *Myracrodruon urundeuva* Allemão in Rural Northeastern Brazil. **Economic Botany**, 70(1), pp. 79–84, 2016. <https://doi.org/10.1007/s12231-015-9329-4>
- BATISTA, F. R. C.; SILVA, S. M.; SANTANA, M. F. S.; CAVALCANTE, A. R. **O umbuzeiro e o semiárido brasileiro**. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande – PB, 2015.
- BERTON, R. S.; NOGUEIRA, T. A. R. **Uso do lodo de esgoto na agricultura**. In: CONSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. Uso agrícola de lodo de esgoto. Botucatu-SP, FEPAF, 2010. 407p.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O. **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna-SP, Embrapa Meio Ambiente, 2006. 347p.
- BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D. C.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the Dickson Quality Index in forest seedlings. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000400005>
- Botanic Gardens Conservation International (BGCI) & IUCN SSC Global Tree Specialist Group. 2019. ***Spondias tuberosa***. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T148763261A148763263.en>. Acesso em: 21/03/2021.
- BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P. Y.; NAVE, A. G.; GANDARA, F. B.; BARBOSA, L. M.; TABARELLI, M. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de Florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, v.34, n.3, p.455-470, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000300010>
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº. 006 de 23 de setembro de 2008**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/> Acesso em 03 set. 2018.
- CABREIRA, G. V.; LELES, P. S. S.; ALONSO, J. M.; ABREU, A. H. M.; LOPES, N. F.; SANTOS, G. R. Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Floresta**, 47(2), 165–176, 2017. <https://doi.org/10.5380/rf.v47i1.44291>
- CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; FARIA, J. C. T.; JUVANHOL, R. S.; Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p.31-39, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100004>

CARVALHO, P. E. R. **Braúna-do-sertão - *Schinopsis brasiliensis***. Embrapa - Comunicado Técnico 222. p.1-9, 2009.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, J. M. Ocorrência de xilopódio em plantas nativas de imbuzeiro. **Caatinga** (Mossoró, Brasil), v.19, n.3, p.287-293, julho/setembro 2006.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, J. M.; BRITO, L. T. L. Levantamento da produção de xilopódio e os efeitos de sua retirada sobre a frutificação e persistência de plantas nativas de imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). **Ciênc. agrotec.**, Lavras. V.26, n.5, p.927-942, set./out., 2002.

CHAVES, T. P.; BARBOSA, A. S.; NUNES, L. E.; SILVA, K. M. A.; SIMÕES, M. O. S.; SANTOS, R. L.; CATÃO, R. M. R.; SANTOS, V. L.; MEDEIROS, A. C. D. Evaluation of the potential modulator of bacterial resistance, acute toxicity and chemical composition of *Schinopsis brasiliensis* Engl. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 9(33):843-849, 2015. <http://dx.doi.org/10.5897/AJPP2015.4381>

CIANCIO, N. R.; CERETTA, C. A.; LOURENZI, C. R.; FERREIRA, P. A. A.; TRENTIN, G.; LORENSINI, F.; TIECHER, T. L.; DE CONTI, L.; GIROTTO, E.; BRUNETTO, G. Crop response to organic fertilization with supplementary mineral nitrogen. **Rev Bras Cienc Solo**, 38:912-22, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300023>

CIAPPARELLI, I. C.; IORIO, A. F.; GARCÍA, A. R. Phosphorus downward movement in soil highly charged with cattle manure. **Environ Earth Sci**, 75:568, 2016. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5284-3>

COSTA, E.; PRADO, J. C. L.; CARDOSOS, E. D.; BINOTTI, F. F. S. Substrate from vermiculite and cattle manure for ornamental pepper seedling production. **Horticultura Brasileira** 33: 163-167, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000200005>

CRUZ, F. R. S.; ANDRADE, L. A.; FEITOSA, R. C. Produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) em diferentes substratos e tamanho de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 69-80, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509821092>

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; RIBASKI, J. AIDAR, S. T. **Caracterização e usos das espécies da Caatinga: Subsídio para programas de restauração florestal nas Unidades de Conservação da Caatinga (UCCAS)**. 44p. Petrolina-PE, 2016.

ECKHARDT, D. P.; REDIN, M.; SANTANA, N. A.; DE CONTI, L.; DOMINGUEZ, J.; JACQUES, R. J. S.; ANTONIOLLI, Z. I. Cattle manure bioconversion effect on the availability of nitrogen, phosphorus, and potassium in soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.42, e0170327, 2018. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170327>

FAGGIN, J. M.; BEHAGEL, J. H.; ARTS, B. Sustainable Forest Management and Social-Ecological Systems: An Institutional Analysis of Caatinga, Brazil. **Forests**, 8, 454, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/f8110454>

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. **Rebanho bovino no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 03/02/2022.

FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; LACERDA, L. C.; GONÇALVES, E. O. Substratos à base de lodo de esgoto na produção de mudas de *Senna alata*. **Comunicata Scientiae** 4(4): 342-351, 2013.

FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; NIERI, E. M.; SOUZA, D. M. S. C.; MOLINARI, L. V. Sewage sludge and rice husk as potential substrate to produce *Mimosa setosa* seedlings. **Adv. For. Sci.**, v. 7, n. 3, p. 1111-1119, 2020. <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v7i3.10011>

FARIA, J. C. T.; MELO, L. M.; BRONDANI, G. E.; DELARMELINA, W. M.; SILVA, D. S. N.; NIERI, E. M. Substrates formulated with organic residues in the production of seedlings of *Moquiniastrum polymorphum*. **Floresta**, v. 47, n. 4, p. 523–532, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v47i4.50568>

FERMINO, M. H.; ARAUJO, M. M.; AIMI, S. C.; TURCHETTO, F.; BERGHETTI, A. L. P.; ZAVISTANOVICZ, T. C.; MIETH, P.; GRIEBELER, A. M.; VILELLA, J. M. Reutilization of residues as components of substrate for the production of *Eucalyptus grandis* seedlings. **Cerne**, v. 24, n. 2, p. 80–89, 2018. <https://doi.org/10.1590/01047760201824022522>

GALVÃO W. R. A.; BRAZ FILHO, R.; CANUTO, K. M.; RIBEIRO, P. R. V.; CAMPOS, A. R.; MOREIRA, A. C. O. M.; SILVA, S. O.; MESQUITA FILHO, F. A.; SANTOS, S. A. A. R.; MELO JÚNIOR, J. M. A.; GONÇALVES, N. G. G.; FONSECA, S. G. C.; BANDEIRA, M. A. M. Gastroprotective and anti-inflammatory activities integrated to chemical composition of *Myracrodruon urundeuva* Allemão - A conservationist proposal for the species. **Journal of Ethnopharmacology** 222 (2018) 177–189, 2018. DOI: 10.1016/j.jep.2018.04.024

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p.

GOMES, D.R.; CALDEIRA, M.V.W.; DELARMELINA, W.M.; GONÇALVES, E.O.; TRAZZI, P.A. Lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Revista Cerne**, v.19, n.1, p.123-131, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000100015>

GROBELAK, A.; CZERWIŃSKA, K.; MURTAŚ, A. General considerations on sludge disposal, industrial and municipal sludge. **Industrial and Municipal Sludge: Emerging Concerns and Scope for Resource Recovery**, p. 135–153, 2019.

HAFLE, O. M.; LIMA FILHO, P.; RODRIGUES, M. H. B. S.; QUEIROGA, R. A.; FERREIRA NETO, R.; SANTOS, V. M. Produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosas* Arr. Cam) submetida a diferentes substratos orgânicos. **Revista de Agroecologia no Semiárido (RAS)**, v. 3, n.1, p.01- 09, 2019.

HALL, C. F; GIL, A. S. B. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Anacardiaceae. **Rodriguésia** 68, n.3 (Especial): 911-916. 2017. DOI: 10.1590/2175-7860201768322

HIGASHIKAWA, F. S.; SILVA, C. A.; NUNES, C. A.; BETTIOL, W. GURREIRO, M C. Physico-Chemical Evaluation of Organic Wastes Compost-Based Substrates for Eucalyptus Seedlings Growth. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 47:5, 581-592, 2016. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1146741>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass do Brasil**. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15842-biomass.html?=&t=downloads>. Acesso em: 20/03/2021

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estados: População**. 2010b. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/apps/atlas/>. Acesso em: 10/03/2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Biomass do Brasil**. 2004. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html> . Acesso em: 20/03/2021

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal**. 2010a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 20/03/2021.

KILL, L. H. P.; MARTINS, C. T. V. D.; SILVA, P. P. **Biologia reprodutiva de duas espécies de Anacardiaceae da Caatinga ameaçadas de extinção**. In: ALBUQUERQUE, U. P.; MOURA, A. N.; ARAÚJO, E. L. (Ed.). Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos. Bauru: Canal6, 2010. p.305-332.

KILL, L. H. P.; TERAÑO, D.; ALVAREZ, I. A. **Plantas ornamentais da Caatinga**. Brasília-DF, Embrapa, 139p. 2013.

KLEIN, C. Utilização de substratos alternativos para produção de mudas. **Revista brasileira de Energias renováveis**, v.18, n.2, p.111-119, 2015. <http://dx.doi.org/10.5380/rber.v4i3.40742>

KRATKA, P. C.; CORREIA, C. R. M. A. Crescimento inicial de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v.39, n.3, p.551-559, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000300016>

KUBITZKI K. **Introduction to Sapindales**. In: KUBITZKI K. (eds) Flowering Plants. Eudicots. The Families and Genera of Vascular Plants, vol 10. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14397-7_1

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LACHER JR, T. E. Changing the Course of Biodiversity Conservation in the Caatinga of Northeastern Brazil. **Conservation Biology**, Pages 701–706 V.19, No. 3, June 2005a.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LACHER JR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p.139-146, 2005b.

LEAL, I. R.; TABARELI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003.

LIMA, B. G. **Caatinga: espécies lenhosas e herbáceas**. Mossoró-RN, Editora Universitária da UFERSA, p. 120-123, 316 p. 2012.

LIMA, L. K. S.; MOURA, M. C. F.; SANTOS, C. C.; NASCIMENTO, K. P. C.; DUTRA, A. S. Produção de mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em resíduos orgânicos. **Ceres**, v. 64, n.1, p. 001-011, 2017. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764010001>

LINS NETO, E. M. F.; PERONI, N.; ALBUQUERQUE, U. P. Traditional Knowledge and Management of Umbu (*Spondias tuberosa*, Anacardiaceae): An Endemic Species from the Semi-Arid Region of Northeastern Brazil. **Economic Botany**, 64(1), 11–21, 2010. <https://doi.org/10.1007/s12231-009-9106-3>

LINS NETO, E. M. F.; PERONI, N.; MARANHÃO, C. M. C.; MACIEL, M. I. S.; ALBUQUERQUE, U. P. Analysis of umbu (*Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae)) in different landscape management regimes. **Environ Monit Assess** 184 (7), 4489–4499, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2280-7>

LINS NETO, E. M.; RAMOS, M. A.; OLIVEIRA, R. L. C.; ALBUQUERQUE, U. P. The Knowledge and Harvesting of *Myracrodruon urundeuva* Allemão by Two Rural Communities in NE Brazil. **Functional Ecosystems and Communities**, 2 (Special Issue 1), 66-71, 2008.

LOPES, P. S. N.; MAGALHÃES, H. M.; GOMES, J. G.; BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; ARAÚJO, V. D. Superação da dormência de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Câm.) utilizando diferentes métodos. **Rev. ver. Bras. Frutic.** 31 (3), 872–880, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000300034>.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de Identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Vol.01. 8ª edição. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. p. 25, 381 p. 2020.

LUCENA, R. F. P.; ALBUQUERQUE, U. P.; MONTEIRO, J. M.; ALMEIDA, C. F. C. B. R.; FLORENTINO, A. T. N.; FERRAZ, J. S. F. Useful Plants of the Semi-Arid Northeastern Region of Brazil – A Look at their Conservation and Sustainable Use. **Environ Monit Assess**, 125:281–290, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-9521-1>

LUCENA, R. F. P.; FARIAS, D. C.; CARVALHO, T. K. N.; LUCENA, C. M. NETO, C. F. A. V.; ALBUQUERQUE, U. P. Uso e conhecimento da aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) por comunidades tradicionais no Semiárido brasileiro. **Sitientibus série Ciências Biológicas**, 11(2): 255–264. 2011.

MAGALHÃES, K. A.; HOLANDA-FILHO, Z. F.; MARTINS, E. C. **Pesquisa Pecuária Municipal 2020: rebanhos de caprinos e ovinos**. Boletim Nº 16 | Sobral, CE, outubro, 2021.

MAIA, G. N. **Caatinga: Árvores e arbustos e suas utilidades**. 2 ed. Fortaleza-CE. Printcolor Gráfica e Editora, p. 20, 2012.

MARENGO, J. A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil**. Parcerias estratégicas, Brasília-DF, n.27, Dezembro 2008.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; ALVALA, R. C. S.; CUNHA, A. P.; BRITO, S. MORAES, O. L. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 90(2 Suppl. 1): 1973-1985. 2018. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170206>

MATOS, A. A.; OLIVEIRA, F. A.; MACHADO, A. C.; SALDANHA, L. L.; TOKUHARA, C. K.; SOUZA, L. P.; VILEGAS, W.; DIONÍSIO, T. J.; SANTOS, C.; PERES-BUZALAF, C.; DOKKEDALB, A. L.; OLIVEIRA, R. An extract from *Myracrodruon urundeuva* inhibits matrix mineralization in human osteoblasts. **Journal of Ethnopharmacology**, 237, 192–201, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.03.052>

MATTA, V. M.; TORREZAN, R. RIBEIRO, L. O. Agregação de valor ao fruto do umbuzeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.40, n.307, p.112-119, 2019.

MELO, D. M. A.; OLIVEIRA, G. H. A.; BARRETO, C. E.; SOUZA FILHO, M. R.; ARAÚJO, R. C. Produção de mudas de umbuzeiros (*Spondias tuberosa* A.) em substratos constituídos por compostos de diferentes resíduos orgânicos. **Cadernos de Agroecologia**, Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF, v.13, n.1, 2018.

MELO, T. M.; BOTTLINGER, M.; SCHULZ, E.; LEANDRO, W. M.; AGUIAR FILHO, A. M.; WANG, W.; OK, Y. S.; RINKLEBE, J. Plant and soil responses to hydrothermally converted sewage sludge (sewchar). **Chemosphere**, 206, 338e348, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.178>

MENDONÇA, A. M. C.; DIAS, G. S.; NASCIMENTO, A. V. S.; CAMPOS, J. A.; SANTANA, M. C.; SILVA JÚNIOR, C. D.; SANTOS, P. A. A. Utilização do lodo de esgoto na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Scientia Plena**, 15, 081201, 2019. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.081201>

MERTENS, J.; GERMER, J.; SIQUEIRA FILHO, J. A.; SAUERBORN, J. *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), a threatened tree of the Brazilian Caatinga? **Braz. J. Biol.**, vol. 77, no. 3, pp. 542-552, 2017. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.18715>

MIRANDA, M. J. A. C.; SOUZA, C. A.; SILVA, A. P. S.; BRAZOLIN, S.; MARQUES, K. K. M. *Schinopsis brasiliensis* – Baraúna. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Ed.). **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial** - Plantas para o Futuro: Região Nordeste. Brasília- DF. MMA, 2018. p.773-778.

MITCHELL, D. J.; DALY, D. C. Notes on *Astronium* Jacq. (Anacardiaceae), including a dwarf new species from the Brazilian Shield. **Brittonia** 69(4): 457–464, 2017. <https://doi.org/10.1007/s12228-017-9506-0>

MITCHELL, J. D.; DALY, D. C. A revision of *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. **PhytoKeys** 55: 1–92, 2015. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.55.8489>

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE: **Caatinga**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga> . Acesso em: 14/06/2020.

- MUELLNER-RIEHL, A. N.; WEEKS, A.; CLAYTON, J. W.; BUERKI S.; NAUHEIMER, L.; CHIANG, Y-C.; CODY, S.; PELL, S. K. Molecular phylogenetics and molecular clock dating of Sapindales based on plastid *rbcL*, *atpB* and *trnL-trnF* DNA sequences. **Taxon** 65: 1019–1036 (18), 2016. <https://doi.org/10.12705/655.5>
- NAVROSKI, M. C.; GASPARIN, E.; PEREIRA, M. O.; MENEGUZZI, A.; FELIPPE, D. **Conservação genética, produção de sementes e mudas florestais melhoradas**. In: ARAÚJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A. Produção de sementes e mudas: um enfoque à Silvicultura. Santa Maria, Ed. UFSM, 2018. p.19-40.
- NUNES, E. N.; GUERRA, N. M.; ARÉVALO-MARÍN, E.; ALVES, C. A. B.; NASCIMENTO, V. T.; CRUZ, D. D.; LADIO, A. H.; SILVA, S. M.; OLIVEIRA, R. S.; LUCENA, R. F. P. Local botanical knowledge of native food plants in the semiarid region of Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, 14:49, 2018. <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0249-0>
- PAES, E. C.; FERNANDES, I. O.; CAMILO, G. B. M.; PEREIRA, E. G.; DIAS, F. P. M.; ROCABADO, J. M. A.; NÓBREGA, J. C. A. Quality of *Myracrodruon urundeuva* seedlings in different container sizes and organic compost proportion. **AJCS** 13(08):1309-1317, 2019. <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.19.13.08.p1714>
- PAREYN, F. G. C. et al. **Myracrodruon urundeuva - Aroeira**. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Ed.). Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial - Plantas para o Futuro: Região Nordeste. Brasília - DF. MMA, 2018. p.766-772.
- PELL, S. K., MITCHELL, J. D., MILLER, A. J. e LOBOVA, T. A. **Anacardiaceae**. In: KUBITZKI, K. (ed.) The families and genera of vascular plants. X. Flowering plants. Eudicots. Sapindales, Curcubitales, Myrtales. Springer, Berlin, p. 7-50, 2011. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14397-7_3
- PENIDO, A. B.; MORAIS, S. M.; RIBEIRO, A. B.; SILVA, A. Z. Ethnobotanical study of medicinal plants in Imperatriz, State of Maranhão, Northeastern Brazil. **Acta Amazonica**, v. 46(4): 345 – 354, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201600584>
- PEREIRA, P. S.; BARROS, L. M.; BRITO, A. M.; DUARTE A. E.; MAIA, A. S. Uso da *Myracrodruon urundeuva* Allemão (aroeira do sertão) pelos agricultores no tratamento de doenças. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, 19(1):51-60, 2014.
- PIRANI, J. B.; SILVA-LUZ, C. L. Check-list de Picramniales e Sapindales (exceto Sapindaceae) do estado de Mato Grosso do Sul. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, 73(supl.):301-307, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21826/2446-8231201873s301>
- POORTER, H.; NIKLAS, K. J.; REICH, P. B.; OLEKSYN, J.; POOT, P.; MOMMER, L. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. **New Phytologist**, 193: 30–50, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03952.x>
- RIBEIRO, E. M. S.; RODRIGUEZ, V. A.; SANTOS, B. A.; TABARELI, M.; LEAL, I. R. Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the

Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Applied Ecology** 52, 611–620. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12420>.

RITCHIE, G. A.; LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. (2010) **Assessing plant quality**. In: LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. (2010) Seedling processing, storage, and outplanting. The container tree nursery manual. Agriculture handbook 674, vol 7. USDA Forest Service, Washington DC, pp 17–82

RITO, K. F.; ARROYO-RODRIGUEZ, V.; QUEIROZ, R. T.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Ecology**, 105, 828–838, 2017. DOI: 10.1111/1365-2745.12712

ROS, C. O.; REX, F. E.; RIBEIRA, I. A.; KAUFER, P. S.; RODRIGUES, A. C.; SILVA, R. F.; SOMAVILLA, L. Uso de substrato compostado na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* e *Cordia trichotoma*. **Floresta e Ambiente**, 22(4): 549-558, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.115714>

SÁ, R. A.; GOMES, F. S.; NAPOLEÃO, T. H.; SANTOS, N. D. L.; MELO, C. M. L.; GUSMÃO, N. B.; COELHO, L. C. B. B.; PAIVA, P. M. G.; BIEBER, L. W. Antibacterial and antifungal activities of *Myracrodruon urundeuva* heartwood. **Wood Science and Technology**, 43, 85e95, 2009a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00226-008-0220-7>

SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHIRMER, W. N.; SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, s.1, p.1173-1186, 2009.

SAINDELES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHIRMER, W. N.; SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, suplemento 1, p. 1173-1186, 2009. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n4Sup1p1173>

SAMPAIO, E. V. S. B. **Características e potencialidades**. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. (Ed.) Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. 2ª Ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010. p. 29-48.

SANTOS, C. C. S.; GUILHON, C. C.; MORENO, D. S. A.; ALVIANO, C. S.; ESTEVAM, C. E.; BLANK, A. F.; FERNANDES, P. D. Anti-inflammatory, antinociceptive and antioxidant properties of *Schinopsis brasiliensis* bark. **Journal of ethnopharmacology**, 2013, 176-182, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.11.012>

SANTOS, C. C.; BORBA, E. L.; QUEIROZ, L. P. A família Anacardiaceae no semi-árido do estado da Bahia, Brasil. **Sitientibus Série Ciências Biológicas** 8 (2): 189-219, 2008a.

SANTOS, F. E. V.; KUNZ, S. H.; CALDEIRA, M. V. W.; AZEVEDO, C. H. S.; RANGEL, O. J. P.; Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.9, p.971–979, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p971-979>

SANTOS, F. E.V.; ARAÚJO, J. M.; ANDRADE, W. C.; COSTA, C. C.; SILVA, A. G. Formação de mudas de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake com utilização de resíduo sólido orgânico urbano. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, 2013.

SANTOS, I. A.; NOGUEIRA, L. A. H. Estudo energético do esterco bovino: seu valor de substituição e impacto da biodigestão anaeróbia. **Revista Agrogeoambiental**, 4:41-9, 2012. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v4n12012373>

SANTOS, J. P.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. Richness and distribution of useful woody plants in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, 72, 652–663, 2008b. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.08.004>

SANTOS, R. P.; COSTA, A. L.; PEDROSO, L. D.; TRAVESSAS, A. O.; VESTANA, S. Efeito do lodo de esgoto na produção e nutrição de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Ecologia e Nutrição Florestal**, v.7, e08, 2019. <http://dx.doi.org/10.13086/2316-980x.v01n02a01>

SARAIVA, A. M.; CASTRO, R. H. A.; CORDEIRO, R. P.; SOBRINHO, T. J. S. P.; CASTRO, V. T. N. A.; AMORIM, E. L. C.; XAVIER, H. S.; PISCIOTTANO, M. N. C. In vitro evaluation of antioxidant, antimicrobial and toxicity properties of extracts of *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Anacardiaceae). **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 5(14):1724-1731, 2011.

SARAIVA, A. M.; SARAIVA, C. L.; CORDEIRO, R. P.; SOARES, R. R.; XAVIER, H. S.; CAETANO, N. Atividade antimicrobiana e sinérgica das frações das folhas de *Schinopsis brasiliensis* Engl. frente a clones multirresistentes de *Staphylococcus aureus*. **Rev. Bras. Pl. Med.**, v.15, n.2, p.199-207, 2013.

SCHULZ, C.; KOCH, R.; CIERJACKS, A.; KLEINSCHMIT, B. Land change and loss of landscape diversity at the Caatinga phytogeographical domain e Analysis of pattern-process relationships with MODIS land cover products (2001e2012). **Journal of Arid Environments**, 136, 54e74, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.10.004>

SCHULZ, K.; GUSCHAL, M.; KOWARIK, I.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CIERJACKS, A. Grazing reduces plant species diversity of Caatinga dry forests in northeastern Brazil. **Appl. Veg. Sci.** 22:348-359, 2019. <https://doi.org/10.1111/avsc.12434>

SILVA, A. C. O.; ALBUQUERQUE, U. P. Woody medicinal plants of the caatinga in the state of Pernambuco (Northeast Brazil). **Acta bot. bras.** 19(1): 17-26. 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000100003>

SILVA, A.P.M.; MARQUES, H.R.; SANTOS, T.V.M.N.; TEIXEIRA, A.M.C.; LUCIANO, M.S.F.; SAMBUICHI, R.H.R. **Diagnóstico da produção de mudas florestais nativas no Brasil**. (Relatório de Pesquisa). Brasília: IPEA, 2015. 51p.

SILVA, O. M. C.; HERNANDEZ, M. M.; ARAUJO, G. C. R.; CUNHA, F. L.; EVANGELISTA, D. V. P.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A. Potencial uso da casca de café como constituinte de substrato para produção de mudas de espécies florestais. **Ciencia Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1161-1175, 2020. <https://doi.org/10.5902/1980509842500>

SILVA-LUZ, C. L. & PIRANI, J. R. **Anacardiaceae**. In: FORZZA, R. C. et al. (org.) Catálogo de plantas e fungos do Brasil. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, v. 1, p. 599-602, 2010.

SILVA-LUZ, C. L. **Anacardiaceae R. Br. na flora fanerogâmica do estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Botânica). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 94. 2011.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R.; PELL, S. K.; MITCHELL, J. D. **Anacardiaceae in Flora do Brasil 2020 em construção**. 2020a. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB115185>>. Acesso em: 12 fev. 2021.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R.; PELL, S. K.; MITCHELL, J. D. **Anacardiaceae in Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020b. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB44>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

SIQUEIRA D. P.; CARVALHO G. C. M. W.; BARROSO D. G.; MARCIANO C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para a produção de mudas de *Lafoensia glyptocarpa*. **Floresta**. 48(2):277-284, 2018. <https://doi.org/10.5380/rf.v48i2.55795>

SIQUEIRA, D. P.; BARROSO, B. G.; CARVALHO, G. C. M. W.; ERTHAL, R. M.; RODRIGUES, C. M. A.; MARCIANO, C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 728-739, abr./jun. 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509827297>

SOUZA, P. A.; GONÇALVES, D. S.; MONTEIRO, K. M. S.; SANTOS, A. F.; SOUZA, P. B.; Comportamento de *Myracrodruon urundeuva* Allemão em substratos alternativos. **Enciclopédia Biosfera**, v.13 n.24, 2016. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2016B_024

SOUZA, S. M. C.; AQUINO, L. C. M.; MILACH JR, A. C.; BANDEIRA, M. A. M.; NOBRE, M. E. P.; VIANA, G. S. B. Antiinflammatory and Antiulcer Properties of Tannins from *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) in Rodents. **Wiley Inter Science**, December, 2006. <https://doi.org/10.1002/ptr.2011>

SPERLING, M. V.; ANDREOLI, C. V. Introdução. In: ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte-MG, Editora UFMG, 2014. 441p.

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Delimitação do semiárido brasileiro**. 2017. Disponível em: <http://antigo.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 20/03/2021

TERRAZAS, T. 1999. Anatomía de la madera de Anacardiaceae con énfasis en los géneros americanos. **Boletín de la Sociedad Botánica de México** 64:103-109.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; COLOMBI, R.; PERONI, L.; GODINHO, T. O. Estercos de origem animal em substratos para a produção de mudas florestais: atributos físicos e químicos. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 455-462, 2012.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Arvore**, v. 38, n. 4, p. 657–665, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000400009>

VIANA, G. S. B.; BANDEIRA, M. A. M.; MATOS, F. J. A. Analgesic and antiinflammatory effects of chalcones isolated from *Myracrodruon urundeuva* Allemão. **Phytochemistry**, 10: 189–195, 2003. DOI 10.1078 / 094471103321659924

VIEIRA, R. M. S. P.; TOMASELLA, J.; ALVALÁ, R. C. S.; SESTINI, M. F.; AFFONSO, A. G.; RODRIGUEZ, D. A.; BARBOSA, A. A.; CUNHA, A. P. M. A.; VALLES, G. F.; CREPANI, E.; DE OLIVEIRA, S. B. P.; DE SOUZA, M. S. B.; CALIL, P. M.; DE CARVALHO, M. A.; VALERIANO, D. M.; CAMPELLO, F. C. B.; SANTANA, M. O. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast, **Solid Earth**, 6, 347–360, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5194/se-6-347-2015>

WWF - World Wide Fund for Nature (2017). **Restauração Ecológica no Brasil: Desafios e Oportunidades**. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?60742/Restauracao-ecologica-no-Brasil-desafios-e-oportunidades>. Acesso em: 30/01/2022

CAPÍTULO 2

**UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE
ESTERCO BOVINO PARA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE BARAÚNA**

2. CAPÍTULO 2: UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE ESTERCO BOVINO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE BARAÚNA

ARTIGO 1

Avaliação de crescimento inicial de mudas de baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl. - Anacardiaceae) em diferentes proporções de esterco bovino

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar a influência de diferentes proporções de esterco bovino sobre o crescimento de mudas de *Schinopsis brasiliensis* (baraúna). Foram testadas as proporções de 10, 20 e 40% de esterco bovino adicionadas à terra vegetal, além do tratamento controle formado por 100% terra vegetal e um tratamento composto por 100% BIOMIX® (substrato comercial). Durante 135 dias foram avaliadas a altura, o diâmetro do caule, o número de folhas e o índice de clorofila. Finalizado o período experimental as plantas foram separadas em parte aérea e sistema radicular para a determinação da massa seca da parte aérea, das raízes, total e da relação massa seca da parte aérea/massa seca do sistema radicular. Foram também determinados o índice de qualidade de Dickson e a relação altura/diâmetro. O experimento foi montado em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e sete repetições por tratamento. As médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). O crescimento inicial de mudas de baraúna foi influenciado diretamente pela adição de esterco bovino ao substrato. Ao final do período experimental de 135 dias, as mudas cultivadas em qualquer uma das proporções de esterco bovino testadas apresentaram as maiores médias para a maioria das variáveis analisadas. A utilização de esterco bovino em proporções de 10 a 40% mostrou-se viável para produção de mudas de baraúna, aumentando o seu crescimento e melhorando a qualidade das mudas produzidas.

Palavras-chave: Braúna; produção de mudas; composto orgânico.

2.1 INTRODUÇÃO

A espécie *Schinopsis brasiliensis* Engl. é conhecida popularmente como baraúna, braúna ou braúna-do-sertão e pertence a família Anacardiaceae. Essa espécie ocorre principalmente na Caatinga, destacando-se pela qualidade da sua madeira que é muito utilizada para construções internas e externas, para fabricação de estacas e mourões (LIMA, 2012; MAIA, 2012; MIRANDA et al., 2018). Além disso, a baraúna possui diversas propriedades medicinais, como atividades antimicrobianas, antiinflamatórias, antinociceptivas e antioxidantes (SARAIVA et al., 2011; SANTOS et al., 2018).

A principal forma de reprodução da baraúna é por sementes, porém, devido à presença de dormência física essa espécie apresenta uma baixa taxa de germinação, sendo recomendada a realização de escarificação das sementes para quebra de dormência (MAIA, 2012). Atrelado a esse fato, a baraúna sofre com intensa coleta durante todo o ano, reduzindo drasticamente as suas populações naturais (LUCENA et al., 2007). O que fez com que o seu nome fosse incluído na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção, publicada pelo Ministério do Meio Ambiente através da Instrução Normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008 (BRASIL, 2008), fazendo-se necessário a intensificação dos estudos sobre esta espécie, a fim de entender melhor o seu comportamento e aprimorar os métodos para produção de mudas em viveiros.

O substrato é um dos principais fatores que exerce influência na produção de mudas de espécies florestais em viveiros (SAINDELES et al., 2009). Na escolha de um substrato adequado devem ser observadas as suas características químicas e físicas, bem como aspectos econômicos como ser de baixo custo e de fácil disponibilidade (FERMINO et al., 2018; AZEVEDO et al., 2021). Nesse contexto, devido à escassez dos recursos naturais, é crescente a procura por materiais alternativos que possam ser utilizados como fonte de matéria orgânica na composição de substratos para produção de mudas (KLEIN, 2015). Além disso, o uso de substratos alternativos de potenciais poluentes, como o esterco bovino, pode ser uma alternativa viável, já que é um resíduo rico em nutrientes (nitrogênio e potássio) e produzido em grandes quantidades em todo o Brasil (ECKHARDT et al., 2018).

Pesquisas com diferentes proporções de esterco bovino na composição de substrato têm apresentado resultados satisfatórios para produção de mudas de várias espécies florestais, estando associado a um incremento significativo nas características

biométricas das mudas, um maior acúmulo de massa seca da parte aérea, das raízes e um aumento nos teores relativos de clorofila na folha (AZEVEDO et al., 2021; ECKHARDT et al., 2021; FARIAS et al., 2021). Diante do exposto, este trabalho parte da hipótese de que o uso de esterco bovino na composição de substrato incrementa o crescimento inicial de baraúna, melhorando a qualidade das mudas produzidas. Partindo desse pressuposto, nosso objetivo foi avaliar diferentes proporções de esterco bovino para a produção de mudas de baraúna.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Material vegetal

Frutos de baraúna foram coletados a partir de árvores matrizes em uma área de Caatinga localizada no município de Graccho Cardoso, SE, Brasil (10° 13'41"S; 37° 11'49"O), levados ao laboratório e beneficiados manualmente. As sementes foram armazenadas em sacos de polietileno e mantidas em temperatura ambiente, até serem colocadas para germinar em bandejas de isopor contendo como substrato, vermiculita. O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Sergipe (10°55'34"S; 37°06'08"O).

Plântulas com 30 dias de idade foram transferidas para sacos pretos de polietileno (10x15) contendo como substrato areia lavada e terra vegetal na proporção de 1/1 e mantidas sob sombrite com retenção de 80% da luminosidade. Após aproximadamente 12 meses, as plantas com aproximadamente 25 cm de altura ($p=0,059$) foram transferidas para sacos de polietileno (15x25) contendo os respectivos tratamentos. Após a transferência, as plantas foram mantidas sob sombrite 80% durante 30 dias para aclimatização. Finalizado o período de aclimatização as plantas foram mantidas em pleno sol durante todo o período experimental e irrigadas três vezes por semana até a capacidade de campo do substrato.

2.2.2 Formulação dos tratamentos

Para análise do crescimento e do desenvolvimento de mudas de baraúna foram testados os seguintes tratamentos: T1- 100% terra vegetal (TV), T2- 10% de esterco bovino (EB) + 90% de TV, T3- 20% de EB + 80% de TV, T4- 40% de EB + 60% de TV e T5- 100% BIOMIX[®] (Substrato Comercial) (TABELA 1). O substrato comercial BIOMIX[®] é composto por turfa, casca de pinus moída e compostada, fibra ou pó de coco (CE (mS/cm) = 0,4, CRA (%) = 50, U (%) = 45, D (kg/m³) = 400, pH = 6,5).

Tabela 2. Formulação dos tratamentos para o experimento de diferentes proporções de esterco bovino para produção de mudas de baraúna.

Tratamentos	Terra vegetal (%)	Esterco bovino (%)	BIOMIX® (%)
T1	100	-	-
T2	90	10	-
T3	80	20	-
T4	60	40	-
T5	-	-	100

Fonte: Elaboração do autor.

2.2.3 Caracterização dos Substratos

A caracterização físico-química de todos os tratamentos testados no experimento foi realizada no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) (TABELA 1).

Tabela 3. Caracterização físico-química dos substratos utilizados para o cultivo das mudas de baraúna.

Parâmetros	Substrato				
	100% TV	10% EB + 90% TV	20% EB + 80% TV	40% EB + 60% TV	100% BIOMIX
pH (H ₂ O)	6,48	7,06	7,37	7,55	6,41
Ca + Ma (cmolc/dm ³)	4,40	5,79	6,84	8,85	14,5
Ca (cmolc/dm ³)	4,07	4,73	5,04	5,12	11,4
Al (cmolc/dm ³)	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
Na (mg/dm ³)	28,8	282	635	1100	1130
K ⁺ (mg/dm ³)	28,8	913	2410	1630	1310
P (mg/dm ³)	10,01	33,8	61,0	300	400
M.O (g/dm ³)	12,9	18,3	25,8	25,5	116
Mg (cmolc/dm ³)	0,33	1,06	1,80	3,73	3,10
H + Al (cmolc/dm ³)	1,43	ND	ND	ND	2,65
S.B. (cmolc/dm ³)	4,60	9,36	15,8	17,8	22,8
CTC (cmolc/dm ³)	6,03	9,36	15,8	17,8	25,5
PST (%)	2,07	13,1	18,5	26,9	19,3
V (%)	76,3	100	100	100	89,4
C/N (%)	0,75/0,22	1,06/0,27	1,5/0,26	1,48/0,26	6,74/1,04
N total (%N)	<0,22	0,27	0,26	0,26	1,04
Granulometria (%)	Areia	82,7	77,9	76,62	74,2
	Silte	9,84	12,1	15,83	20,6
	Argila	7,38	9,86	7,55	5,14

*pH (H₂O)- pH em água; Na- Sódio, K⁺- Potássio e P- fósforo (método Mehlich -1); Ma- Magnésio, Ca- Cálcio e Al- Alumínio (método KCL); M. O.- Matéria orgânica (método WB (colorimétrico)); H + Al- Hidrogênio + Alumínio (método SMP); SB- Soma de Bases Trocáveis; CTC- Capacidade de Troca de Cátions; PST- Porcentagem de Sódio Trocável; V- Índice de Saturação de Bases; C/N- Relação Carbono/Nitrogênio (método MPOACF); N total- Nitrogênio Total (método MAPA); Granulometria (método Densímetro de Bouyoucos); (TV = Terra vegetal, EB = Esterco bovino). Fonte: Elaboração do autor.

2.2.4 Monitoramento das condições ambientais

Durante todo o período experimental, a temperatura e a umidade relativa do ar da casa de vegetação foram monitoradas por um termohigrômetro (ASO, modelo AK172) localizado a um metro acima do nível do solo. A temperatura média durante o período experimental foi de $29 \pm 4^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa média foi de 68%.

2.2.5 Avaliações de crescimento e acúmulo de biomassa

Durante 135 dias de condução do experimento foram realizadas avaliações mensais que foram iniciadas quinze dias após a montagem do experimento. As variáveis analisadas foram: altura da parte aérea (cm) com auxílio de uma régua milimetrada, (padronizada da base do caule até a inserção da última folha), número de folhas, diâmetro do caule (cm) com auxílio de um paquímetro. Ao final do experimento, as plantas foram coletadas e separadas em parte aérea e raízes, levadas para estufa de aeração forçada à 70°C para determinação da massa seca (g) de cada uma dessas variáveis.

Os dados de crescimento e de massa foram utilizados para os cálculos das razões altura(cm)/diâmetro(mm) (A/D) (JOSÉ et al., 2005), razão massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) e do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960), de acordo com a Eq. 1:

$$IDQ = \frac{MST (g)}{\frac{H (cm)}{D (mm)} + \frac{MSPA (g)}{MSR (g)}}$$

Onde MST é a massa seca total, H é a altura, D é o diâmetro do caule, MSPA é a massa seca da parte aérea e MSR é a massa seca da raiz.

2.2.6 Avaliações de clorofila

O índice de clorofila na folha foi estimado indiretamente através do clorofilômetro portátil (modelo CCM-200, OPIT-SCIENCES, EUA). O índice foi medido sempre no folíolo terminal do ápice do último par de folhas completamente expandidas, através de duas medições em uma folha. As medidas foram realizadas ao final do período experimental de 135 dias.

2.2.7 Desenho experimental e análises estatísticas

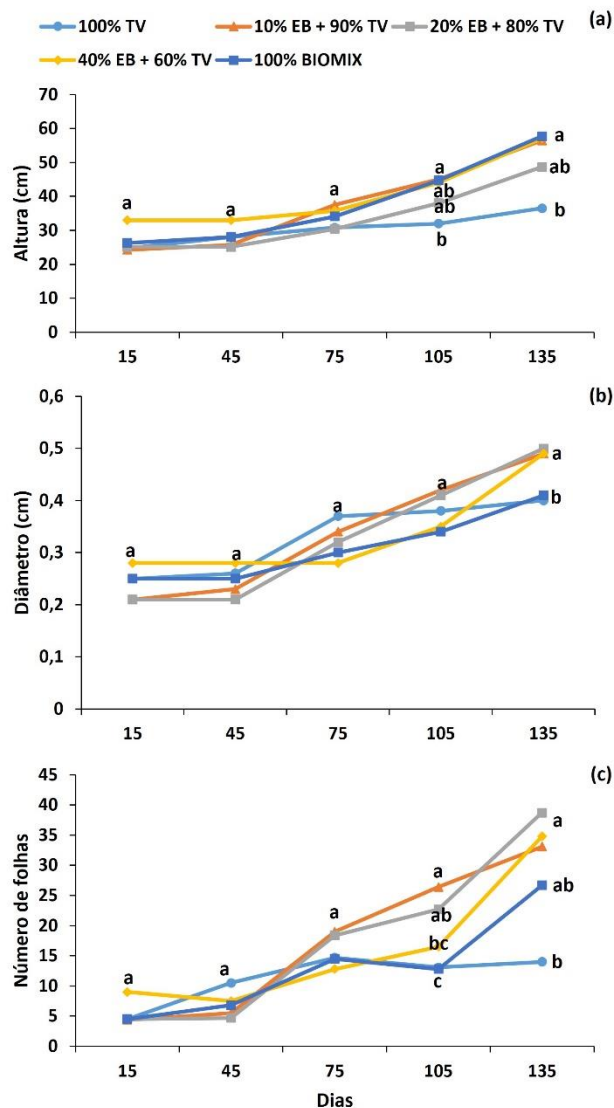
O delineamento experimental foi completamente randomizado composto por cinco tratamentos (T1- 100% terra vegetal (TV), T2- 10% de esterco bovino (EB) + 90% de TV, T3- 20% de EB + 80% de TV, T4- 40% de EB + 60% de TV e T5- 100% BIOMIX[®]) com sete repetições por tratamento, onde cada repetição era composta por uma planta. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk com auxílio do programa Past versão 4.06b. As variáveis paramétricas foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico Sisvar versão 5.7 (FERREIRA, 2011).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Avaliações de crescimento

O crescimento inicial de mudas de baraúna foi influenciado diretamente pela adição de esterco bovino ao substrato. Ao final do período experimental de 135 dias, as mudas cultivadas em 10 e 40% de esterco bovino e 100% BIOMIX apresentaram um incremento superior a 55% em altura quando comparadas com as mudas do tratamento 100% TV (FIGURA 7 a). Padrão semelhante foi observado para o número de folhas, sendo que as mudas cultivadas nos tratamentos contendo esterco bovino apresentaram em média 35 folhas, diferindo significativamente das mudas cultivadas no tratamento 100% TV com média de 14 folhas por planta (FIGURA 7 c). Para o diâmetro do caule as mudas cultivadas em esterco apresentaram em média 0,49 cm, diferindo significativamente dos tratamentos 100% TV e 100% BIOMIX[®] com média de 0,40 cm de diâmetro do caule (FIGURA 7 b).

Figura 7. Altura (a), diâmetro do caule (b) e número de folhas (c) de mudas de baraúna cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

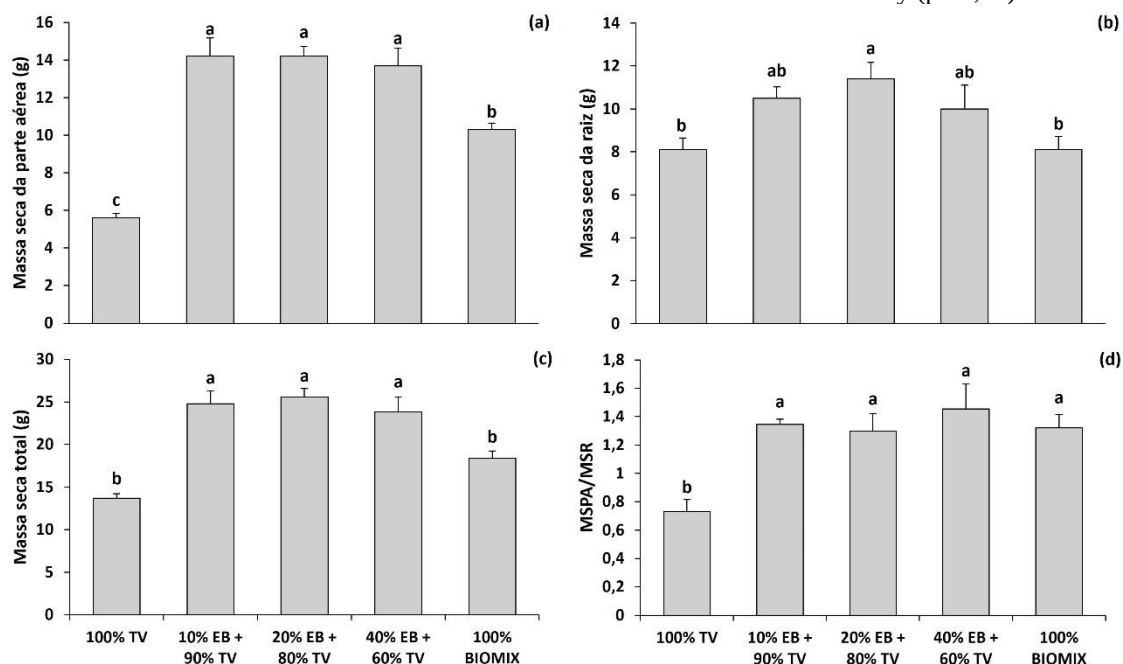


Fonte: Elaboração do autor.

2.3.2 Acúmulo de biomassa

As mudas cultivadas em esterco bovino apresentaram ainda um incremento superior a 150% para massa seca da parte aérea, superior a 30% para massa seca da raiz, superior a 80% para massa seca total e superior a 85% para o índice de relação da massa seca da parte aérea/massa seca da raiz quando comparadas com as mudas cultivadas no tratamento 100% TV (FIGURA 8 a, b, c e d).

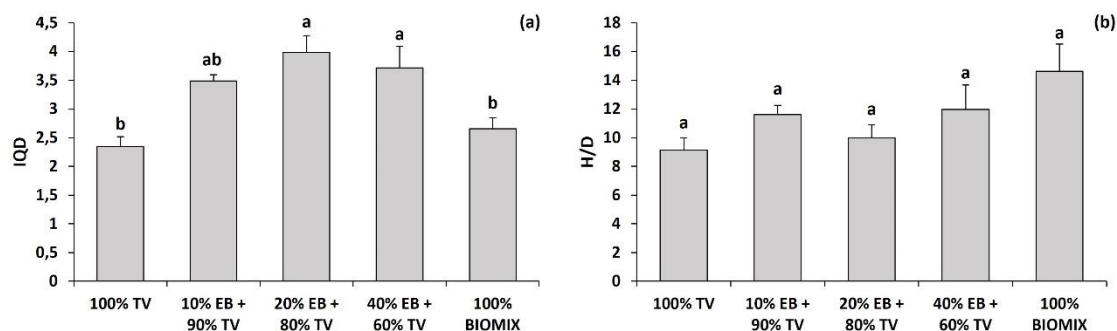
Figura 8. Massa seca da parte aérea (a), massa seca da raiz (b), massa seca total (c) e relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (d) de mudas de baraúna cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). As colunas representam as médias (n= 7) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey (p <0,05).



Fonte: Elaboração do autor.

Para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) as mudas cultivadas em 20% e 40% de esterco bovino apresentaram as maiores médias quando comparadas com as mudas cultivadas em 100% TV e 100% BIOMIX[®] (FIGURA 9 a). Para a relação altura/diâmetro (H/D) não foram observadas diferenças significativas (Figura 9 b).

Figura 9. Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (a) e índice de relação altura/diâmetro (b) de mudas de baraúna cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). As colunas representam as médias (n= 7) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey (p <0,05).

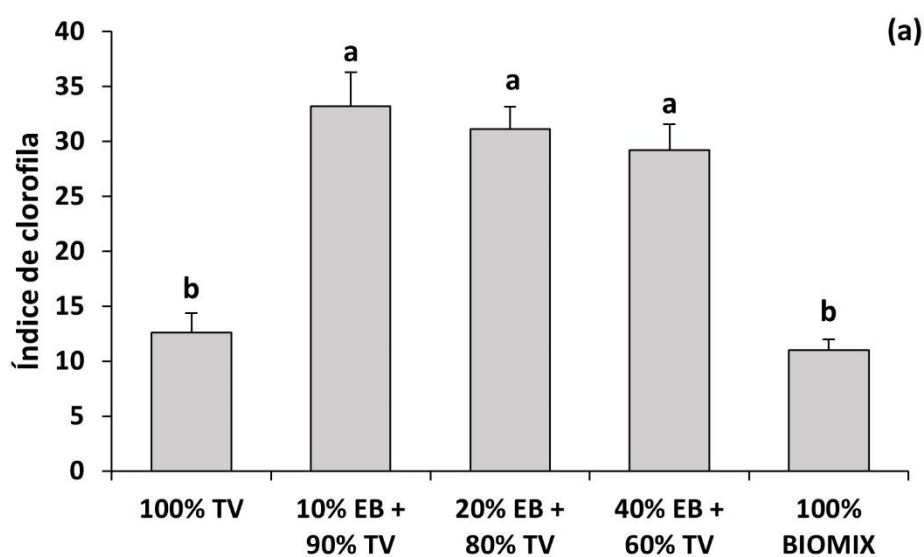


Fonte: Elaboração do autor.

2.3.3 Índice de clorofila

Ao final do período experimental os maiores valores para o índice de clorofila foram observados nas mudas cultivadas em esterco bovino independentemente da proporção, com um incremento superior a 250%, quando comparadas com as mudas cultivadas em 100% TV e 100% BIOMIX® (FIGURA 10 a).

Figura 10. Índice de clorofila de mudas de baraúna cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). As colunas representam as médias (n= 7) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).



Fonte: Elaboração do autor.

2.4 DISCUSSÃO

As mudas de baraúna cultivadas em substratos contendo de 10% a 40% de esterco bovino apresentaram as maiores médias para a maioria das variáveis analisadas quando comparadas às mudas cultivadas em 100% TV e, até mesmo, no substrato comercial 100% BIOMIX® (FIGURA 11 A). Esses resultados indicam um excelente desempenho do esterco bovino na composição de substrato para produção de mudas dessa espécie, corroborando com a hipótese desse trabalho. Mudas de baraúna cultivadas em substratos com proporções superiores a 40% não sobreviveram (dados não mostrados), isso pode ser devido aos altos teores de amônio presente em grandes concentrações de esterco bovino, podendo ter um efeito fitotóxico, limitando o desenvolvimento das plantas (VARNEIRO et al., 2007).

Figura 11. Mudas de baraúna cultivadas em (1) 100% TV, (2) 10% EB + 80% TV, (3) 20% EB + 80% TV (4) 40% EB + 60% TV e (5) 100% BIOMIX®. (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). A régua representa 60 cm.



Fonte: Augusto Vinicius de Souza Nascimento.

O substrato comercial BIOMIX® foi escolhido para esta pesquisa pois já foi utilizado em outros estudos onde sua eficiência na produção de mudas de espécies florestais foi comprovada utilizando 80% de solo e 20% de BIOMIX (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2019). Um menor diâmetro do caule, menor acúmulo de biomassa, menor índice de qualidade de Dickson e menor índice de clorofila, observados nas mudas cultivadas nesse substrato, pode ser devido ao seu menor valor de pH em comparação com os substratos com esterco bovino. O baixo valor de pH pode reduzir a eficiência da planta no uso e na absorção de nutrientes, como fósforo e potássio, fornecendo menos biomassa no crescimento inicial de mudas florestais (MAEDA & BOGNOLA, 2012; NEINA, 2019).

A altura da parte aérea, o diâmetro do caule e o número de folhas estão entre as principais variáveis utilizadas para avaliar a qualidade das mudas produzidas, pois permitem estimar o crescimento e a sobrevivência das mudas no campo (SOUZA et al., 2006; GONÇALVES et al., 2014). Essas variáveis podem ser influenciadas diretamente por fatores como a concentração de matéria orgânica e dos níveis de nutrientes minerais do substrato, onde uma variação desses fatores pode ocasionar a modificação do padrão de crescimento das mudas (GOMES et al., 2013). Como podemos observar na Tabela 3 a adição de esterco bovino ao substrato aumentou o teor de matéria orgânica e a concentração de nutrientes como nitrogênio, potássio e fósforo, o que pode estar

relacionado com a maior altura, maior diâmetro do caule e maior número de folhas das mudas cultivadas em substrato contendo esterco bovino, em comparação com as mudas cultivadas em 100% TV. Mudas de baraúna costumam responder bem ao aumento de nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, conforme observado por Brito et al. (2018) avaliando diferentes doses de fertilizante de liberação controlada NPK (15-10-10). No entanto, em doses superiores a $12,75 \text{ kg m}^{-3}$ ocorre um decréscimo das características alométricas e no acúmulo de biomassa.

O acúmulo de biomassa é uma medida fundamental para avaliação da qualidade das mudas produzidas em viveiros, pois mudas com um maior acúmulo de biomassa terão um melhor desenvolvimento e uma maior sobrevivência no campo (MAÑAS et al., 2009; GROSSNICKLE, 2012). De modo geral, a adição de esterco bovino ao substrato proporcionou que as mudas cultivadas nesses tratamentos tivessem um maior acúmulo de biomassa da parte aérea, da raiz, total e do índice de relação MSPA/MSR. Essa resposta pode ter relação com os efeitos de melhoria provocados pela adição de esterco bovino ao substrato, que aumenta o teor de matéria orgânica e de nutrientes como o nitrogênio, o fósforo e o potássio (PAHLA et al., 2013). Além disso, o esterco bovino melhora a troca catiônica e sua aplicação também pode resultar em uma maior capacidade de retenção de água (TRAZZI et al., 2012).

O índice de qualidade de Dickson (IQD) e a relação altura diâmetro (H/D) são importantes variáveis para avaliação da qualidade de mudas florestais, pois indicam a robustez das mudas produzidas. O IQD é um dos índices mais completos, pois leva em seu cálculo características de crescimento e de acúmulo de biomassa (MELO et al., 2018), já a relação H/D representa o quanto a muda cresceu em altura em relação ao seu crescimento em diâmetro (ALONSO et al., 2018). Neste estudo observamos que as mudas cultivadas em esterco bovino apresentaram os maiores valores para o índice de qualidade de Dickson quando comparadas com as mudas cultivadas em 100% TV e 100% BIOMIX®. Maiores valores desse índice podem indicar uma maior qualidade das mudas produzidas e com maior robustez para sobrevirem às condições de campo (GONZAGA et al., 2018). Para a relação altura/diâmetro não foram observadas diferenças significativas.

O índice de clorofila nas folhas é uma das variáveis que podem ser utilizadas para avaliar a qualidade das mudas e para monitorar o seu estado fisiológico, pois é um indicador indireto da saúde e do estado nutricional da planta, além de ser uma variável

sensível e poder ser determinada por meio de uma análise relativamente simples (LIANG et al., 2017; GONZAGA et al., 2018; SILVA et al., 2021). Neste estudo observamos que o teor de clorofila nas folhas das mudas foi maior pela adição de esterco bovino ao substrato quando comparado com as mudas cultivadas em 100% TV e 100% BIOMIX[®]. O teor de clorofila foliar tem relação direta com a concentração de nitrogênio nas folhas das plantas, sendo um importante indicador de eficiência fotossintética e de adequação das plantas aos ecossistemas (SILVA et al., 2016; GONZAGA et al., 2018). Valores mais elevados desse índice podem indicar que as mudas apresentam altas taxas fotossintéticas e, conseqüentemente, possuem maior qualidade e são mais resistentes às condições adversas do campo (REGO e POSSAMAI, 2006).

Pesquisas sobre a composição e as proporções adequadas dos componentes de substratos para produção de mudas de espécies florestais nativas como a baraúna ainda são incipientes, mesmo sendo muito importantes, pois cada espécie pode apresentar uma resposta diferente, a depender da proporção de esterco bovino adicionado ao substrato (LISBOA et al., 2018). Logo, estudos como este são fundamentais para determinar as proporções e os componentes adequados do substrato para produção de mudas que possuam maior qualidade e que sejam mais resistentes quando transferidas para o campo.

2.5 CONCLUSÃO

A utilização de esterco bovino na proporção de 10% a 40% é eficiente para produção de mudas de baraúna, melhorando o seu crescimento e a qualidade das mudas produzidas, podendo ser utilizado como alternativa ao uso de substratos comerciais. O aproveitamento do esterco bovino pode ser uma alternativa viável para a produção de mudas, visto que, apresenta um custo baixo e pode ser preparado a partir de resíduos encontrados facilmente nas propriedades rurais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, J. M.; ABREU, A. H. M.; MELO, L. A.; LELES, P. S. S.; CABREIRA, G.V. Biosolids as substrate for the production of *Ceiba speciosa* seedlings. **CERNE**, v. 24, n. 4, p. 420–429, dez. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201824042568>
- AZEVEDO, G. A.; COSTA, C. A. A.; SILVA-MATOS, R. R. S.; AZEVEDO, J. R.; ALMEIDA, E. I. B.; SOUZA, W. S. Esterco bovino como substrato alternativo na produção de mudas de açaí cultivar brs-pará. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 11, n. 1, p. 218-224, 2021. <https://doi.org/10.21206/rbas.v11i1.9887>
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº. 006 de 23 de setembro de 2008**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/> Acesso em 03 set. 2021.
- BRITO, L. P. S.; BEZERRA, T. T.; NUNES, E. M. B.; CAVALCANTE, M. Z. B.; SIQUEIRA FILHO, J. A. Produção de mudas de *Schinopsis brasiliensis* Engler sob prévia lavagem do pó de coco e submetidas a doses crescentes de fertilizante de liberação controlada. **Ciência Florestal**, 28: 1022-1034, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509833385>
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- ECKHARDT, D. P.; REDIN, M.; SANTANA, N. A.; DE CONTI, L.; DOMINGUEZ, J.; JACQUES, R. J. S.; ANTONIOLLI, Z. I. Cattle manure bioconversion effect on the availability of nitrogen, phosphorus, and potassium in soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.42, e0170327, 2018. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170327>
- ECKHARDT, D. P.; SANTANA, N. A.; SOUZA, E. L.; FERREIRA, P. A. A. ANTONIOLLI, Z. I.; MARTIN, J. D.; JACQUES, J. S. Comparison between cattle manure, organic compost, and vermicompost in the production of *Eucalyptus urograndis* seedlings. **Ciência Rural**, v.51:9, e20200600, 2021. <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200600>
- FARIAS, O. R.; NOBRE, R. G.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, L. A.; CRUZ, J. M. F. L. Produção e qualidade de porta-enxertos de cajueiro-anão-precoce sob diferentes doses de esterco ovino. **Acta Biológica Catarinense**, 8(1):35-43, 2021. <https://doi.org/10.21726/abc.v8i1.820>
- FERMINO, M. H.; ARAUJO, M. M.; AIMI, S. C.; TURCHETTO, F.; BERGHETTI, A. L. P.; ZAVISTANOVICZ, T. C.; MIETH, P.; GRIEBELER, A. M.; VILELLA, J. M. Reutilization of residues as components of substrate for the production of *Eucalyptus grandis* seedlings. **Cerne**, v. 24, n. 2, p. 80–89, 2018. <https://doi.org/10.1590/01047760201824022522>
- FERREIRA, D. F; Sisvar: a computer statistic alanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

- GOMES, D.R.; CALDEIRA, M.V.W.; DELARMELINA, W.M.; GONÇALVES, E.O.; TRAZZI, P.A. Lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Revista Cerne**, v.19, n.1, p.123-131, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000100015>
- GONÇALVES, E.O.; PETRI, G.M.; CALDEIRA, M.V.W. et al. Crescimento de mudas de *Ateleia glazioviana* em substratos contendo diferentes materiais orgânicos. **Floresta e Ambiente**, v.21, n.3, p.339-348, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.029213>
- GONZAGA, M. I. S.; MACKOWIAK, C. ALMEIDA, A. Q.; CARVALHO JÚNIOR, J. I. T. Sewage sludge derived biochar and its effect on the growth and morphological traits of *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden seedlings. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 687-695, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509832067>
- GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: Influence of plant attributes. **New Forests**, v. 43, n. 5–6, p. 711–738, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9336-6>
- JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, v.11, n. 2, p. 187-196, 2005.
- KLEIN, C. Utilização de substratos alternativos para produção de mudas. **Revista brasileira de Energias renováveis**, v.18, n.2, p.111-119, 2015. <http://dx.doi.org/10.5380/rber.v4i3.40742>
- LIANG, Y.; URANO, D.; LIAO, K. L.; HEDRICK, T. L.; GAO, Y.; JONES, A. M. A nondestructive method to estimate the chlorophyll content of Arabidopsis seedlings. **Plant methods**, 13(1), 1-10, 2017. <http://dx.doi.org/10.1186/s13007-017-0174-6>
- LIMA, B. G. **Caatinga: espécies lenhosas e herbáceas**. Mossoró-RN, Editora Universitária da UFERSA, p. 120-123, 316 p. 2012.
- LISBOA, A. C. MELO JUNIOR, C. J. A. H.; TAVARES, F. P. A. ALMEIDA, R. B.; MELO, J. A.; MAGISTRALI, I. C. Crescimento e qualidade de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em substrato com esterco bovino. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, n. 93 p. 1-6, 2018. <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.e201701485>
- LUCENA, R. F. P.; ALBUQUERQUE, U. P.; MONTEIRO, J. M.; ALMEIDA, C. F. C. B. R.; FLORENTINO, A. T. N.; FERRAZ, J. S. F. Useful Plants of the Semi-Arid Northeastern Region of Brazil – A Look at their Conservation and Sustainable Use. **Environ Monit Assess**, 125:281–290, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-9521-1>
- MAEDA, S.; BOGNOLA, I. A. Influência de calagem e adubação fosfatada no crescimento inicial de eucalipto e nos níveis críticos de P. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 32(72): 401-407, 2012. <http://dx.doi.org/10.4336/2012.pfb.32.72.401>
- MAIA, G. N. **Caatinga: Árvores e arbustos e suas utilidades**. 2 ed. Fortaleza-CE. Printcolor Gráfica e Editora, p. 20, 2012.

MAÑAS, P.; CASTRO, E.; HERAS, J. Quality of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) seedlings using waste materials as nursery growing media. **New Forests**, 37:295–311, 2009. 10.1007/s11056-008-9125-4

MELO, L. M.; ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA, R. R.; SILVA, D. T. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 47-55, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509831574>

MIRANDA, M. J. A. C.; SOUZA, C. A.; SILVA, A. P. S.; BRAZOLIN, S.; MARQUES, K. K. M. *Schinopsis brasiliensis* – Baraúna. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Ed.). **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial** - Plantas para o Futuro: Região Nordeste. Brasília- DF. MMA, 2018. p.773-778.

NEINA, D. The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. **Applied and Environmental Soil Science**, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>

OLIVEIRA JUNIOR, J. Q.; SILVA, A. C. R.; SILVEIRA, P. V. M.; JESUS, E. C.; PEREIRA, M. C. Effect of mycorrhizal inoculation and substrate composition on seedling growth of two Atlantic Forest tree species. **FLORESTA**, v. 49, n. 4, p. 623 - 632, 2019. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v49i4.54525>

PAHLA, I.; TAGWIRA, F.; MUZEMU, S.; CHITAMBA, J. Effects of soil type and manure level on the establishment and growth of *Moringa oleifera*. **International Journal of Agriculture and Forestry**, 3(6), 226-230, 2013. <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20130306.04>

REGO, G. M.; POSSAMANI, E. Efeito do Sombreamento sobre o Teor de Clorofila e Crescimento Inicial do Jequitibá-rosa. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n. 53, p.179-194, jul./dez. 2006.

SAINDELES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHIRMER, W. N.; SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, suplemento 1, p. 1173-1186, 2009. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n4Sup1p1173>

SANTOS, C. C. S.; GUILHON, C. C.; MORENO, D. S. A.; ALVIANO, C. S.; ESTEVAM, C. S.; BLANK, A. F.; FERANDES, P. D. Anti-inflammatory, antinociceptive and antioxidant properties of *Schinopsis brasiliensis* bark. **Journal of Ethnopharmacology**, v.213, 176-182, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.11.012>

SARAIVA, A. M.; CASTRO, R. H. A.; CORDEIRO, R. P.; SOBRINHO, T. J. S. P.; CASTRO, V. T. N. A.; AMORIM, E. L. C.; XAVIER, H. S.; PISCIOTTANO, M. N. C. In vitro evaluation of antioxidant, antimicrobial and toxicity properties of extracts of *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Anacardiaceae). **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 5(14):1724-1731, 2011.

SILVA, A. G.; PANDOLFI, F.; PENCHEL FILHO, R. M.; DOS REIS, E. F.; & OLIVEIRA, G. E. Relação entre características fisiológicas, bioquímicas e de coloração das folhas no crescimento inicial de clones de *Eucalyptus* sp. **Ciência Florestal**, 31(2), 569-589, 2021. <https://doi.org/10.5902/1980509815840>

SILVA, V. D.; ANJOS, L.; BRITO-ROCHA, E.; DALMOLIN, A. C.; MIELKE, M. S. Calibration of a multi-species model for chlorophyll estimation in seedlings of Neotropical tree species using hand-held leaf absorbance meters and spectral reflectance. **iForest-Biogeosciences and Forestry**, 9(5), 829, 2016. <http://dx.doi.org/10.3832/ifor1785-009>

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B. D.; MARTINS, S.; LIMA, J. S. D. S. Desenvolvimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p.243-249, 2006. <https://doi.org/10.5902/198050981905>

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; COLOMBI, R.; PERONI, L.; GODINHO, T. O. Estercos de origem animal em substratos para a produção de mudas florestais: atributos físicos e químicos. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 455-462, dez. 2012.

VARNERO, M. T.; ROJAS, C.; ORELLANA, R. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. **Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal**, 7(1), 28-37, 2007. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912007000100003>

CAPÍTULO 3

**UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE
ESTERCO BOVINO PARA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE AROEIRA-DO-SERTÃO**

3. CAPÍTULO 3: UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE ESTERCO BOVINO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE AROEIRA-DO-SERTÃO

ARTIGO 2

Influência do esterco bovino no crescimento inicial de mudas de aroeira-do-sertão (*Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. - Anacardiaceae)

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar a influência de diferentes proporções de esterco bovino sobre o crescimento inicial de mudas de *Astronium urundeuva* (aroeira-do-sertão). Foram testadas as proporções de 10, 40 e 60% de esterco bovino adicionadas à terra vegetal. Além do tratamento controle formado por 100% terra vegetal e um tratamento formado por 100% BIOMIX[®] (substrato comercial). As variáveis analisadas foram a altura, o diâmetro do caule, o número de folhas, o índice de clorofila, a área foliar e a área da copa. Finalizado o período experimental, as plantas foram seccionadas em parte aérea e raízes para determinação da massa seca da parte aérea, das raízes, total e da relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz. Foram também determinados o índice de qualidade de Dickson e a relação altura/diâmetro. O experimento foi montado em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e 12 repetições por tratamento. O crescimento inicial de mudas de aroeira-do-sertão foi influenciado diretamente pela adição de esterco bovino ao substrato. Ao final do período experimental de 120 dias as mudas cultivadas em qualquer uma das proporções de esterco bovino testadas apresentaram as maiores médias para a maioria das variáveis analisadas. A utilização de esterco bovino em proporções de 10 a 40% é viável para produção de mudas de aroeira-do-sertão, aumentando o seu crescimento e melhorando a qualidade das mudas produzidas.

Palavras-chave: Aroeira-do-sertão; substrato; produção de mudas.

3.1 INTRODUÇÃO

Astronium urundeuva (M. Allemão) Engl. é uma espécie florestal arbórea nativa do Brasil, que pertence à família Anacardiaceae e tem como basônimo *Myracrodruon urundeuva* Allemão, sendo conhecida popularmente como aroeira-do-sertão (MAIA, 2012; MITCHELL e DALLY, 2017). Essa espécie possui uma ampla distribuição por todo o país, ocorrendo em diferentes Biomas brasileiros, como a Mata Atlântica, o Cerrado, o Pampa, o Pantanal e, principalmente, a Caatinga (MAIA, 2012; PAREYN et al., 2018; LORENZI, 2020). A aroeira-do-sertão possui uma madeira de excelente qualidade, sendo muito utilizada para construções internas, externas e na fabricação de estacas e mourões (LIMA, 2012; MAIA, 2012; PAREYN et al., 2018). A aroeira-do-sertão possui ainda diversas propriedades medicinais, como atividades gastroprotetoras, antiinflamatórias e cicatrizantes (GALVÃO et al., 2018; TEIXEIRA et al., 2020).

Devido à sua importância econômica, principalmente pelo uso da sua madeira, aroeira-do-sertão tem sido explorada de forma extrativista, o que tem resultado em um declínio das suas populações adultas com consequente perda de variabilidade genética (BARROS et al., 2015). Devido aos seus múltiplos usos e diante de estudos que sugerem uma colheita insustentável, essa espécie já foi listada como ameaçada de extinção (MMA, Instrução Normativa n ° 6, 2008) (BRASIL, 2008). Assim, estudos que visem aprimorar os métodos de propagação e de produção de mudas em larga escala dessa espécie são essenciais para garantir a sua conservação.

Diversos fatores influenciam diretamente a produção de mudas em viveiros, dentre os quais destaca-se o tipo de substrato utilizado (SAINDELES et al., 2009). A formulação do substrato deve atender às necessidades das mudas que serão produzidas, para isso algumas características devem ser levadas em consideração, sejam características físicas como estrutura, textura e porosidade, propriedades químicas como o pH, a fertilidade do solo ou sua disponibilidade, fácil manuseio e custo reduzido (HIGASHIKAWA et al. 2016; FARIA et al., 2020).

Para garantir a qualidade do substrato, a seleção dos constituintes deve ser levada em consideração, pois a sobrevivência e o crescimento da muda quando transferidas para o campo estão diretamente relacionados com à sua formação inicial (ROS et al., 2015; MELO et al., 2018). Com o aumento dos custos de substratos comerciais e de adubos minerais, torna-se cada vez mais urgente e necessário a busca

por alternativas sustentáveis e de baixo custo. Nesse cenário, a utilização de diferentes fontes de matéria orgânica para composição de substratos tem se mostrado uma alternativa promissora (PEREIRA et al., 2017; FARIAS et al., 2021). O esterco bovino tem sido utilizado com frequência como fonte de matéria orgânica para compor substratos para produção de mudas, pois além de estimular a atividade microbiana do solo pode melhorar as características químicas, físicas do substrato, além de ser economicamente viável e de fácil aquisição (MORAIS et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014).

Nesse contexto, esta pesquisa parte da hipótese de que o aproveitamento do esterco bovino é viável para composição de substrato, incrementando o crescimento inicial de aroeira-do-sertão. Para corroborar ou refutar a nossa hipótese, nosso objetivo foi avaliar a influência de diferentes proporções de esterco bovino sobre as características morfológicas de aroeira-do-sertão.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Material vegetal e formulação dos tratamentos

Sementes maduras de aroeira-do-sertão foram coletadas a partir de árvores matrizes em áreas de Caatinga localizadas no município de Graccho Cardoso, Sergipe, Brasil (10°13'41" S; 37° 11'49" O), levadas ao laboratório e colocadas para germinar em bandejas de poliestireno contendo como substrato vermiculita. Finalizado o período germinativo, as plântulas com aproximadamente 15 dias de idade, 3 cm e 1 par de folhas completamente expandido foram transferidas para tubetes com capacidade de 290 cm³ contendo os respectivos tratamentos: T1- 100% terra vegetal (TV), T2- 10% de esterco bovino (EB) + 90% de TV, T3- 40% de EB + 60% de TV, T4- 60% de EB + 40% de TV e T5- 100% BIOMIX[®] (Substrato Comercial) (TABELA 4). O substrato comercial BIOMIX[®] foi composto por turfa, casca de pinus moída e compostada, fibra ou pó de coco (CE (mS/cm) = 0,4, CRA (%) = 50, U (%) = 45, D (kg/m³) = 400, pH = 6,5). A irrigação foi realizada três vezes por semana até a capacidade de campo do substrato.

Tabela 4. Formulação dos tratamentos para o experimento de diferentes proporções de esterco bovino para produção de mudas de aroeira-do-sertão.

Tratamentos	Terra vegetal (%)	Esterco bovino (%)	BIOMIX® (%)
T1	100	-	-
T2	90	10	-
T3	60	40	-
T4	40	60	-
T5	-	-	100

Fonte: Elaboração do autor.

3.2.2 Caracterização dos Substratos

A caracterização físico-química de todos os tratamentos foi realizada no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) (TABELA 5).

Tabela 5. Caracterização físico-química dos substratos utilizados para o cultivo das mudas de aroeira-do-sertão.

Parâmetros	Substratos				
	100% TV	100% BIOMIX	10% EB + 90% TV	40% EB + 60% TV	60% EB + 40% TV
pH (H ₂ O)	6,48	6,41	7,06	7,55	7,78
Ca + Ma (cmolc/dm ³)	4,40	14,5	5,79	8,85	8,91
Ca (cmolc/dm ³)	4,07	11,4	4,73	5,12	5,76
Al (cmolc/dm ³)	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
Na (mg/dm ³)	28,8	1130	282	1100	1180
K ⁺ (mg/dm ³)	28,8	1310	913	1630	3420
P (mg/dm ³)	10,01	400	33,8	300	280
M.O (g/dm ³)	12,9	116	18,3	25,5	50,3
Mg (cmolc/dm ³)	0,33	3,10	1,06	3,73	3,15
H + Al (cmolc/dm ³)	1,43	2,65	ND	ND	ND
S.B. (cmolc/dm ³)	4,60	22,8	9,36	17,8	25,9
CTC (cmolc/dm ³)	6,03	25,5	9,36	17,8	25,9
PST (%)	2,07	19,3	13,1	26,9	21,5
V (%)	76,3	89,4	100	100	100
C/N (%)	0,75/0,22	6,74/1,04	1,06/0,27	1,48/0,26	2,92/0,53
N total (%N)	<0,22	1,04	0,27	0,26	0,53
Granulometria (%)	Areia	82,7	72,4	77,9	74,2
	Silte	9,84	20,2	12,1	20,6
	Argila	7,38	7,30	9,86	5,14

*pH (H₂O)- pH em água; Na- Sódio, K⁺- Potássio e P- fósforo (método Mehlich -1); Ma- Magnésio, Ca- Cálcio e Al- Alumínio (método KCL); M. O.- Matéria orgânica (método WB (colorimétrico)); H + Al- Hidrogênio + Alumínio (método SMP); SB- Soma de Bases Trocáveis; CTC- Capacidade de Troca de Cátions; PST- Porcentagem de Sódio Trocável; V- Índice de Saturação de Bases; C/N- Relação Carbono/Nitrogênio (método MPOACF); N total- Nitrogênio Total (método MAPA); Granulometria (método Densímetro de Bouyoucos); (TV = Terra vegetal, EB = Esterco bovino). Fonte: Elaboração do autor.

3.2.3 Monitoramento das condições ambientais

Durante todo o período experimental, a temperatura e a umidade relativa do ar na casa de vegetação foram monitoradas por um termohigrômetro (ASO, modelo

AK172) localizado um metro acima do nível do solo. A temperatura média durante o período experimental foi de $29 \pm 4^{\circ}\text{C}$ a umidade relativa média foi de 68%.

3.2.4 Análises de crescimento e acúmulo de biomassa

Durante 120 dias de condução do experimento foram realizadas avaliações mensais, iniciadas um mês após a montagem do experimento. As variáveis analisadas foram altura da parte aérea (cm), (padronizada da base do caule até a inserção da última folha), número de folhas e diâmetro do caule (cm). Ao final do período experimental, as plantas foram coletadas e separadas em folhas, caule e raízes e levadas para estufa de aeração forçada à 70°C para determinação da massa seca das folhas, do caule, da raiz e total (g). Os dados de crescimento e de massa foram utilizados para os cálculos das razões altura/diâmetro (H/D) (JOSÉ et al., 2005), razão massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) e do Índice de Qualidade de Dickson (IDQ) (DICKSON et al., 1960), de acordo com a Eq. 1:

$$IDQ = \frac{MST (g)}{\frac{H (cm)}{D (mm)} + \frac{MSPA (g)}{MSR (g)}}$$

Onde MST é a massa seca total, H é a altura, D é o diâmetro do caule, MSPA é a massa seca da parte aérea e MSR é a massa seca da raiz.

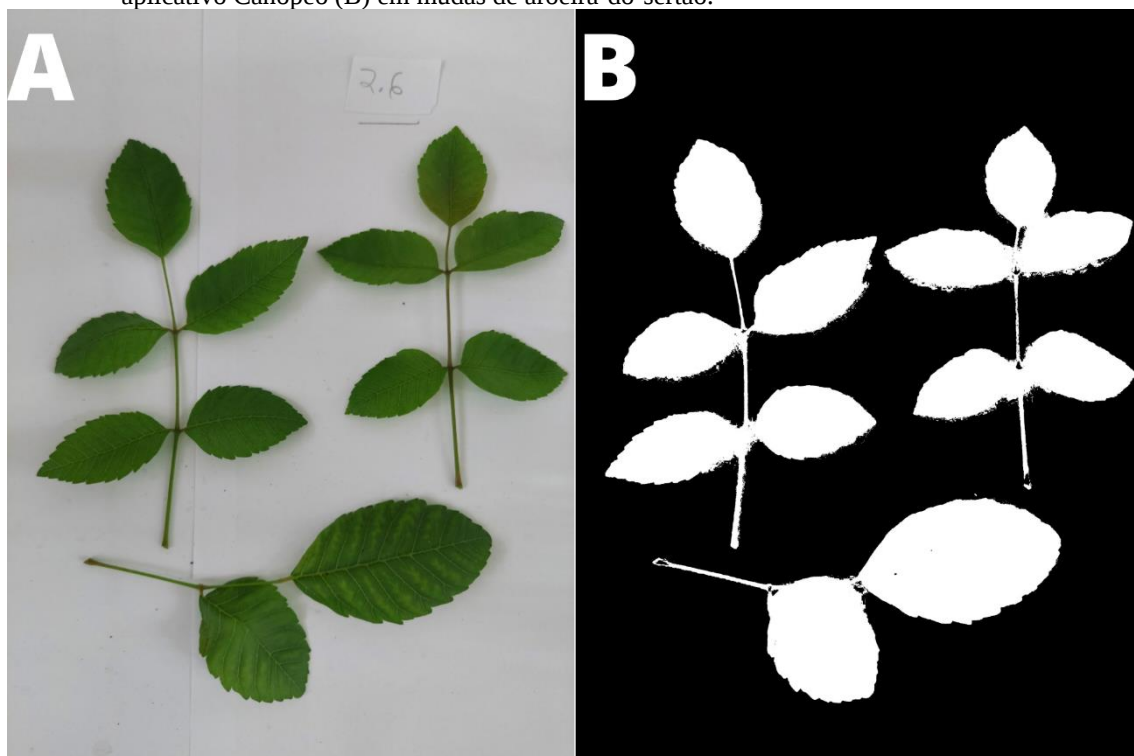
3.2.5 Índice de clorofila

O índice de clorofila na folha foi estimado indiretamente através do clorofilômetro portátil (modelo CCM-200, OPIT-SCIENCES, EUA). O índice foi medido mensalmente a partir de 30 dias após a instalação do experimento sempre no folíolo terminal da última folha completamente expandida do ápice, através de duas medições em uma folha.

3.2.6 Análises de área foliar e área da copa

Para medida da área foliar foram tiradas fotos de todas as folhas das mudas com câmera de celular Samsung M51 de 64 megapixels, padronizando-se a mesma altura para todas as fotos, com auxílio do aplicativo Canopeo (<https://canopeoapp.com>) (PATRIGNANI & OCHSNER, 2015), onde o aplicativo estima a porcentagem de área verde que as folhas ocupam, e sabendo-se as dimensões da imagem é possível determinar a área foliar de cada tratamento (FIGURA 12 A e B).

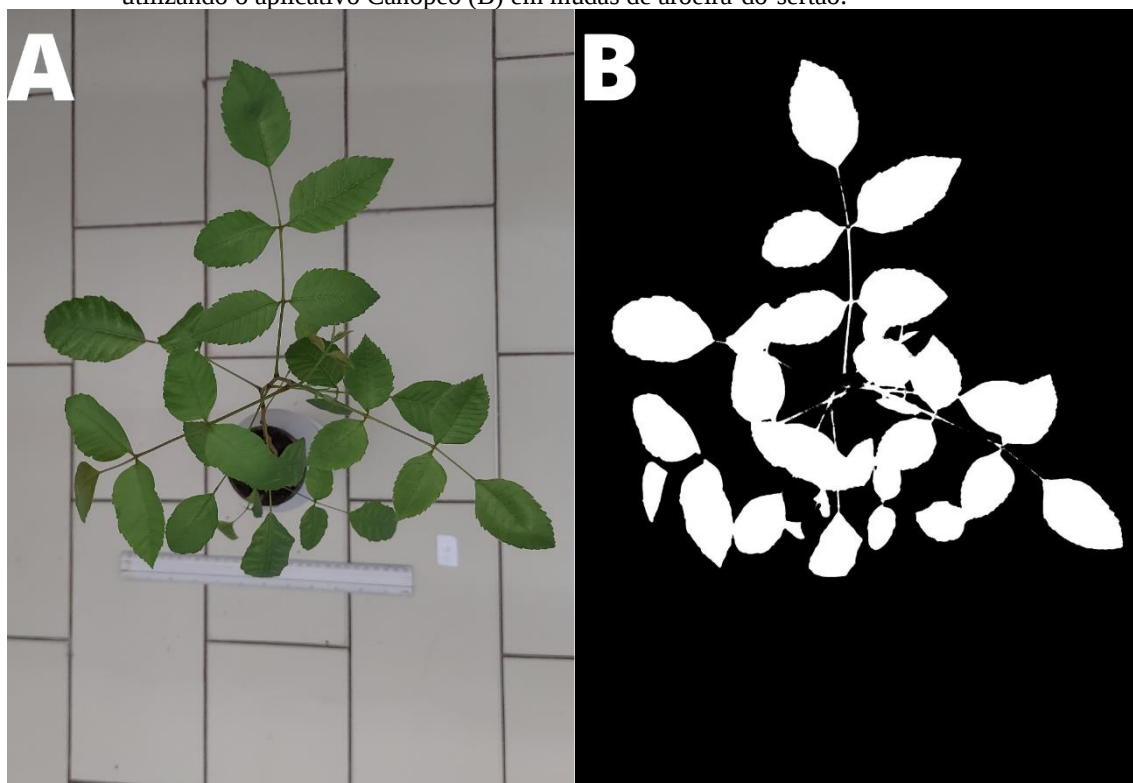
Figura 12. Folhas utilizadas para determinação da área foliar (A) e estimativa de área verde utilizando o aplicativo Canopeo (B) em mudas de aroeira-do-sertão.



Fonte: Augusto Vinicius de Souza Nascimento.

Para medida da área da copa foi utilizado o aplicativo Canopeo (<https://canopeoapp.com>) (PATRIGNANI & OCHSNER, 2015). As plantas foram fotografadas com câmera de celular Samsung M51 de 64 megapixels, a altura foi padronizada para 30 cm do topo do dossel da planta até a câmera, utilizando-se uma régua milimetrada (Figura 13 A e B). O aplicativo estimou a porcentagem de área verde, e a partir de regra de três foi obtido o valor correspondente à área copa.

Figura 13. Plantas utilizadas para determinação da área da copa (A) e estimativa de área da copa utilizando o aplicativo Canopeo (B) em mudas de aroeira-do-sertão.



Fonte: Augusto Vinicius de Souza Nascimento.

3.2.7 Desenho experimental e análises estatísticas

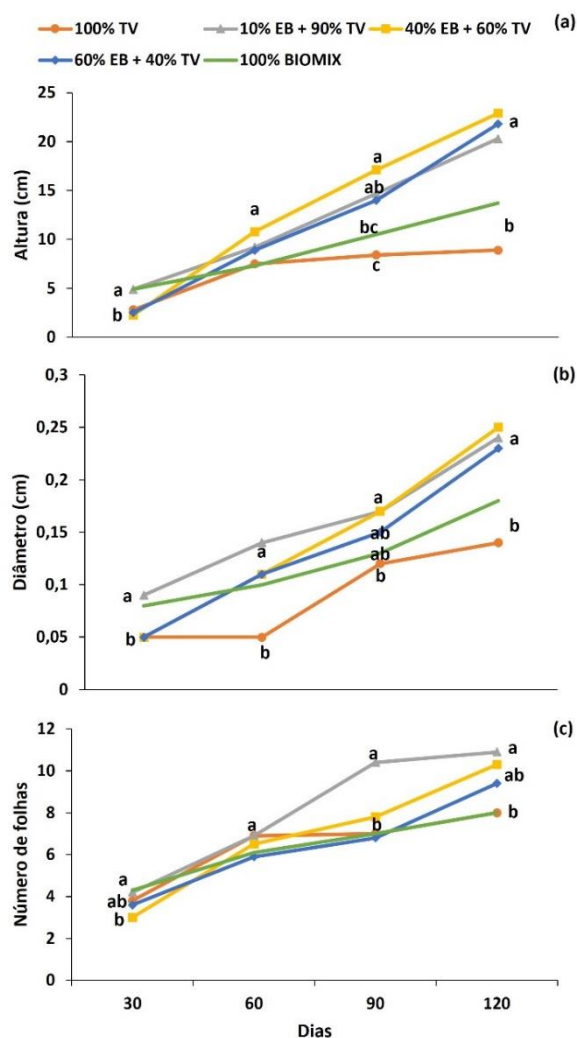
O experimento foi realizado utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (T1- 100% terra vegetal (TV), T2- 10% de esterco bovino (EB) + 90% de TV, T3- 40% de EB + 60% de TV, T4- 60% de EB + 40% de TV e T5- 100% BIOMIX®) e doze repetições por tratamento, cada repetição foi composta por uma planta. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk com auxílio do programa Past versão 4.06b. Para as variáveis paramétricas os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico Sisvar versão 5.7 (FERREIRA, 2011). Para as variáveis que não atenderam as premissas de normalidade (índice de qualidade de Dickson e área foliar) foi realizada uma análise não-paramétrica usando o teste de Kruskal-Wallis e as médias comparadas pelo teste post-hoc de Dunn's ($p < 0,05$) com auxílio do programa Past versão 4.06b.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Análises de crescimento

O crescimento inicial das mudas de aroeira-do-sertão foi influenciado diretamente pela adição de esterco bovino ao substrato. Ao final do período experimental de 120 dias, as mudas cultivadas em qualquer das proporções de esterco bovino testadas apresentaram um incremento superior a 10 cm no comprimento da parte aérea, um incremento de 0,8 cm no diâmetro do caule e um maior número de folhas quando comparadas com as mudas cultivadas em 100% TV e 100% BIOMIX (FIGURA 14 a, b e c).

Figura 14. Altura (a), diâmetro do caule (b) e número de folhas (c) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

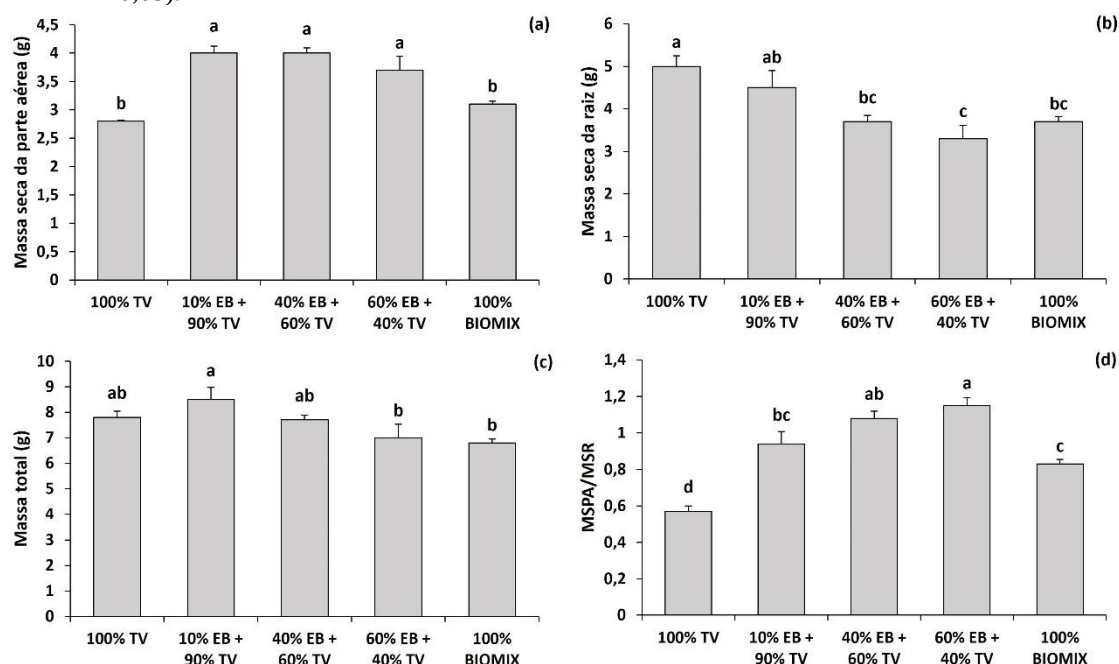


Fonte: Elaboração do autor.

3.3.2 Acúmulo de biomassa

As mudas cultivadas em esterco bovino apresentaram ainda um maior acúmulo de biomassa da parte aérea, com um incremento superior a 30% (FIGURA 15 a). Para a massa seca da raiz, o tratamento composto por 100% TV apresentou as maiores médias quando comparado com os tratamentos com 40% e 60% de esterco bovino e o tratamento 100% BIOMIX®, com um incremento de 42% (FIGURA 15 b). Para a massa seca total as mudas do tratamento com 10% de esterco apresentaram um incremento de 23% quando comparadas com as mudas dos tratamentos 60% EB + 40% TV e 100% BIOMIX® (FIGURA 15 c). Para o índice de relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) as menores médias foram observadas em 100% TV e 100% BIOMIX® (FIGURA 15 d).

Figura 15. Massa seca da parte aérea (a), massa seca da raiz (b), massa seca total (c) e relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (d) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). As colunas representam as médias (n= 12) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey (p <0,05).

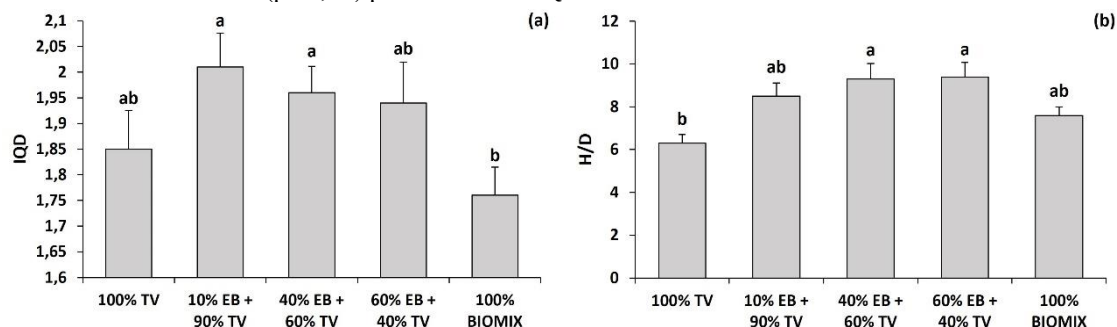


Fonte: Elaboração do autor.

As mudas cultivadas em 10 e 40% de esterco bovino apresentaram ainda maior índice de qualidade de Dickson quando comparadas com as mudas cultivadas em 100% BIOMIX®, com um aumento de 12,5% (FIGURA 16 a). Já para a relação altura/diâmetro (H/D) as mudas cultivadas em 40 e 60% de esterco apresentaram um

aumento de 43% para esse índice quando comparadas com as mudas cultivadas em 100% TV (FIGURA 16 b).

Figura 16. Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (a) e índice de relação altura/diâmetro (b) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). As colunas representam as médias (n= 12) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$) para variável H/D e pelo teste post-hoc de Dunn's ($p < 0,05$) para a variável IQD.

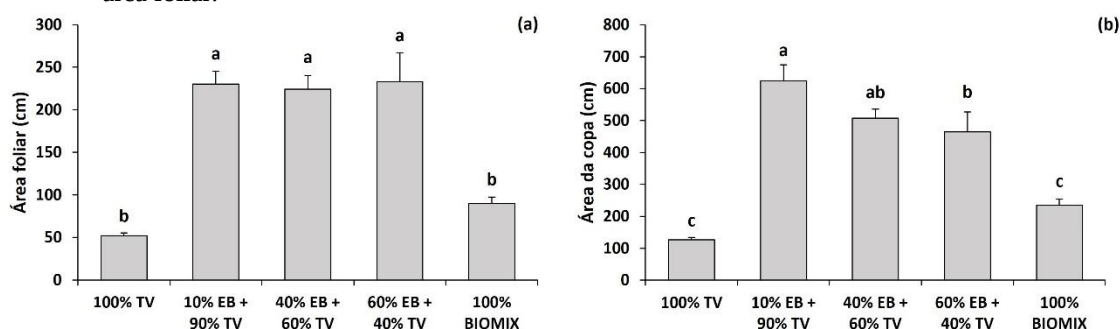


Fonte: Elaboração do autor.

3.3.3 Área foliar e área da copa

As análises de área foliar e área da copa mostraram que houve um aumento significativo dessas variáveis com a adição de esterco bovino ao substrato. Para área foliar houve um incremento superior a 220% e para área da copa superior a 195% das mudas cultivadas em qualquer uma das proporções de esterco bovino quando comparadas com as mudas cultivadas em 100% TV e 100% BIOMIX® (FIGURA 17 a e b).

Figura 17. Área foliar (a) e área da copa (b) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). As colunas representam as médias (n= 12) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$) para a variável área da copa e pelo teste post-hoc de Dunn's ($p < 0,05$) para a variável área foliar.

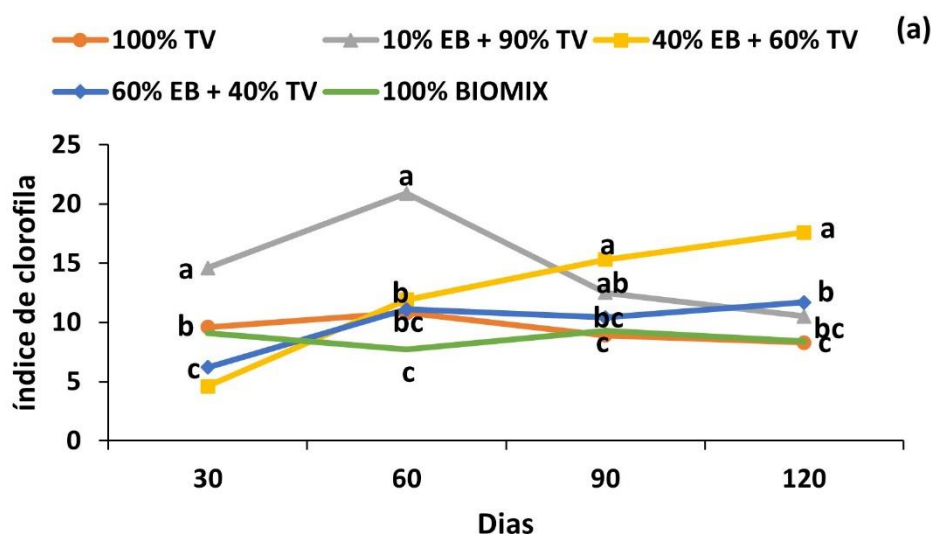


Fonte: Elaboração do autor.

3.3.4 Índice de clorofila

Após 120 dias de condução do experimento as mudas cultivadas em 40% de esterco bovino apresentaram os maiores valores para o índice de clorofila na folha, diferindo significativamente de todos os outros tratamentos. Já as mudas cultivadas em 60% de esterco bovino apresentaram as maiores médias para esse índice quando comparadas com as mudas cultivadas em 100% TV e 100% BIOMIX® (FIGURA 18 a).

Figura 18. Índice de clorofila de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).



Fonte: Elaboração do autor.

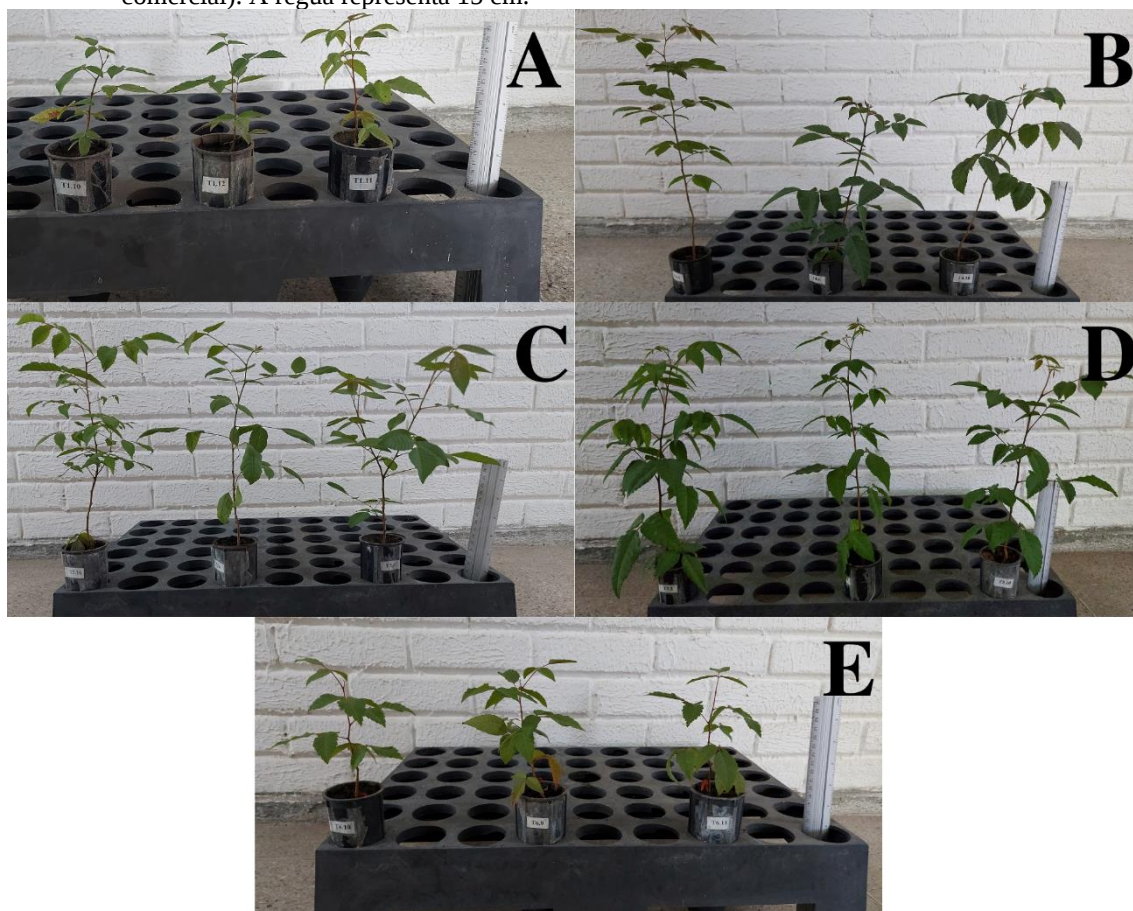
3.3 DISCUSSÃO

Nossos resultados mostram que a hipótese apresentada inicialmente foi confirmada, o uso de esterco bovino na composição de substrato é eficiente para produção de mudas de aroeira-do-sertão. De fato, as mudas de aroeira-do-sertão exibiram alterações morfológicas com a adição de esterco bovino ao substrato, apresentando as maiores médias para a maioria das variáveis analisadas. Variáveis como a altura, o diâmetro do caule e o número de folhas foram incrementadas com a adição de esterco bovino ao substrato (FIGURA 19 A, B, C, D e E).

A altura da parte aérea e o diâmetro do caule estão entre as principais características morfológicas para avaliar a qualidade das mudas, pois fornece uma excelente estimativa de predição para o crescimento inicial das mudas no campo, além de serem medidas não destrutivas e de fácil obtenção (GOMES et al., 2013;

GONÇALVES et al., 2014). Neste estudo observamos que as mudas cultivadas em 10, 40 e 60% de esterco bovino apresentaram as maiores médias para essas variáveis, atingindo em tempo reduzido os valores de altura e diâmetro do caule necessários para serem levadas ao campo. De uma forma geral, o aumento dessas características é positiva para os viveiristas, pois tende a diminuir o tempo e o custo de produção das mudas (CABREIRA et al., 2017).

Figura 19. Mudas de aroeira-do-sertão com 120 dias cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino (A) 100% TV, (B) 10% EB + 90% TV, (C) 40% EB + 60% TV, (D) 60% EB + 40% TV e (E) 100% BIOMIX®. (EB=Esterco bovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). A régua representa 15 cm.



Fonte: Augusto Vinicius de Souza Nascimento.

É possível que o maior crescimento de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em substratos contendo esterco bovino tenha relação com a melhoria das características físicas e químicas promovidas pela adição desse resíduo, uma vez que a adição de esterco bovino pode promover mudanças como o aumento da porosidade e dos níveis nutricionais do solo (TRAZZI et al., 2012; CARNEIRO & VIEIRA, 2020). Resultados similares de maior investimento em parte aérea foram encontrados para mudas de

Myracrodruon urundeuva (KRATKA e CORREIA, 2015) e de *Anacardium occidentale* (SILVA et al., 2019) ambas cultivadas em 25% de esterco bovino.

A adição de esterco bovino ao substrato promoveu um maior acúmulo de biomassa da parte aérea nas mudas, sendo uma característica importante para indicar a robustez e consequentemente uma maior sobrevivência das mudas no campo (GROSSNICKLE, 2012). No entanto, para a biomassa do sistema radicular, o acúmulo foi menor à medida que o teor de matéria orgânica aumentou, o que pode ser relacionado com o aumento da relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz. Para essa variável, valores maiores indicam que houve um maior investimento em biomassa da parte aérea, já valores menores indicam que o investimento em biomassa radicular foi maior. Uma maior quantidade de matéria orgânica presente nos tratamentos com 40 e 60% de esterco bovino e em 100% BIOMIX pode ter relação com a redução de biomassa das raízes, como observado em experimentos com *Tectona grandis*, *Handroanthus heptaphyllus* e *Schinus terebinthifolius*, demonstrando que uma maior proporção de composto orgânico no substrato reduz a alocação de biomassa para o sistema radicular (GOMES et al., 2013; TRIGUEIRO e GUERRINI, 2014; LISBOA et al., 2018; MENDONÇA et al., 2019).

Os maiores valores para o índice de qualidade de Dickson foram observados nas mudas cultivadas em 10 e 40% de esterco bovino, essa variável é considerada uma das mais completas para avaliação da qualidade das mudas, pois no seu cálculo são levados em consideração características de crescimento e de acúmulo de biomassa (BINOTTO et al., 2010). Valores mais elevados de IQD indicam que as mudas produzidas são mais robustas e possuem maior qualidade (LISBOA et al., 2018). Lima et al. (2017) observou maiores valores para o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Myracrodruon urundeuva* cultivadas em esterco ovino quando comparadas com mudas cultivadas em esterco bovino e humus de minhoca.

Já a relação altura/diâmetro do caule indica o quanto a planta cresceu em altura em relação ao seu diâmetro, valores elevados desse índice podem indicar alongamento das mudas o que compromete a sua qualidade (ALONSO et al., 2018). No entanto, não existe um valor de referência para espécies florestais da Caatinga. Em nosso estudo observamos que as mudas cultivadas em 40 e 60% de esterco apresentaram as maiores médias para essa relação quando comparadas com as cultivadas em 100% TV.

Resultados similares foram observados por Vieira et al. (2019) em mudas de *M. urundeuva* cultivadas em substrato contendo casca de arroz carbonizada.

A área foliar é uma variável determinante para o aumento da capacidade fotossintética das plantas, estando diretamente relacionada a um maior desenvolvimento das mudas (BRITO et al., 2018). Da mesma forma a área da copa é uma maneira útil de monitorar a qualidade das mudas, pois a área da copa modifica a maneira como a radiação fotossinteticamente ativa é interceptada, influenciando no processo fotossintético (SHEPHERD et al., 2018; SCHMITZ e KANDEL, 2021). Nossos resultados revelaram que a área foliar e a área da copa são relativamente aumentadas com a adição de esterco bovino ao substrato, seja pelo aumento do número de folhas ou do tamanho médio das folhas. Resultados similares para maior investimento em área foliar foram observados em experimentos com mudas de *Schinus terebinthifolius* com 121 dias de idade e cultivadas em 20% de esterco bovino (SALES et al., 2017) e mudas de *Erythrina velutina* cultivadas em 25% de esterco bovino (SANTOS e COELHO, 2013).

As clorofilas são pigmentos fotossintéticos que atuam diretamente na captura de luz solar e na sua conversão em energia química, que é utilizada nos processos fisiológicos das plantas. A redução quantidade de clorofila no interior dos órgãos fotossintéticos pode resultar em diminuição dos processos relacionados à fixação de carbono e a produção de energia, podendo afetar o desenvolvimento das plantas e sua capacidade de adaptação a diferentes ambientes (TAIZ et al., 2017). O teor de clorofila na folha está diretamente relacionado com a concentração de nitrogênio foliar, sendo considerada uma excelente variável para monitorar o estado nutricional das mudas (LIANG et al., 2017; GONZAGA et al., 2018). Neste estudo observamos que após 120 dias de condução do experimento as mudas cultivadas em 40% de esterco bovino apresentaram os maiores teores relativos de clorofila na folha. Maiores índices de clorofila também foram observados em mudas de *Lafoensia glyptocarpa* (SIQUEIRA et al., 2018) e mudas de *Peltophorum dubium* (SILVA et al., 2020) cultivadas em lodo de esgoto urbano, resíduo rico em matéria orgânica e nutrientes, assim como o esterco bovino. Os autores atribuem ainda os resultados de maiores teores de clorofila à riqueza nutricional desse composto orgânico, principalmente o nitrogênio.

3.4 CONCLUSÃO

O aproveitamento de esterco bovino é viável na composição de substratos para a produção de mudas de aroeira-do-sertão, podendo ser utilizado em proporções entre 10 e 40%. Dessa forma, possui potencial para ser usado como substrato alternativo em substituição a fertilizantes químicos e substratos comerciais, reduzindo os custos de produção de mudas em viveiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, J. M.; ABREU, A. H. M.; MELO, L. A.; LELES, P. S. S.; CABREIRA, G.V. Biosolids as substrate for the production of *Ceiba speciosa* seedlings. **CERNE**, v. 24, n. 4, p. 420–429, dez. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201824042568>
- BARROS, F. N.; NASCIMENTO, V. T.; MEDEIROS, P. M. Ethnobotany and Population Status of *Myracrodruon urundeuva* Allemão in Rural Northeastern Brazil. **Economic Botany**, v.70, n.1, p.79–84, 2016.<https://doi.org/10.1007/s12231-015-9329-4>
- BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D. C.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the Dickson Quality Index in forest seedlings. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000400005>
- BRASIL. 2008. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº. 006 de 23 de setembro de 2008**. Disponível em: https://servicos.ibama.gov.br/phocadownload/legislacao/in_06_lista_flora_ameacada_extincao.pdf. Acesso em 15/05/2021
- BRITO, L. P. S.; BEZERRA, T. T.; NUNES, E. M. B.; CAVALCANTE, M. Z. B.; SIQUEIRA FILHO, J. A. Produção de mudas de *Schinopsis brasiliensis* Engler sob prévia lavagem do pó de coco e submetidas a doses crescentes de fertilizante de liberação controlada. **Ciência Florestal**, 28(3), 1022, 2018. <https://doi.org/10.5902/1980509833385>
- CABREIRA, G. V.; LELES, P. S. S.; ALONSO, J. M.; ABREU, A. H. M.; LOPES, N. F.; SANTOS, G. R. Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Floresta**, 47(2), 165–176, 2017. <https://doi.org/10.5380/rf.v47i1.44291>
- CARNEIRO, R. S. A.; VIEIRA, C. T. Produção de Mudas de Espécies Florestais em Substrato Contendo Esterco de Aves ou Esterco Bovino. **Ensaio**, v. 24, n. 4, p. 386-395, 2020. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2020v24n4p386-395>
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- FARIA, J. C. T.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; NIERI, E. M.; SOUZA, D. M. S. C.; MOLINARI, L. V. Sewage sludge and rice husk as potential substrate to produce *Mimosa setosa* seedlings. **Adv. For. Sci.**, v. 7, n. 3, p. 1111-1119, 2020. <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v7i3.10011>
- FARIA, J. C. T.; MELO, L. M.; BRONDANI, G. E.; DELARMELINA, W. M.; SILVA, D. S. N.; NIERI, E. M. Substrates formulated with organic residues in the production of seedlings of *Moquiniastrum polymorphum*. **Floresta**, v. 47, n. 4, p. 523–532, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v47i4.50568>
- FARIAS, O. R.; NOBRE, R. G.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, L. A.; CRUZ, J. M. F. L. Produção e qualidade de porta-enxertos de cajueiro-anão-precoce sob diferentes doses de esterco ovino. **Acta Biológica Catarinense**, 8(1):35-43, 2021. <https://doi.org/10.21726/abc.v8i1.820>

- FERREIRA, D. F.; Sisvar: a computer statistic alanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- GALVÃO W. R. A.; BRAZ FILHO, R.; CANUTO, K. M.; RIBEIRO, P. R. V.; CAMPOS, A. R.; MOREIRA, A. C. O. M.; SILVA, S. O.; MESQUITA FILHO, F. A.; SANTOS, S. A. A. R.; MELO JÚNIOR, J. M. A.; GONÇALVES, N. G. G.; FONSECA, S. G. C.; BANDEIRA, M. A. M. Gastroprotective and anti-inflammatory activities integrated to chemical composition of *Myracrodruon urundeuva* Allemão - A conservationist proposal for the species. **Journal of Ethnopharmacology** 222 (2018) 177–189, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.04.024>
- GOMES, D. R.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P. A. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, 19(1), 123–131, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000100015>
- GONÇALVES, E.O.; PETRI, G.M.; CALDEIRA, M.V.W. et al. Crescimento de mudas de *Ateleia glazioviana* em substratos contendo diferentes materiais orgânicos. **Floresta e Ambiente**, v.21, n.3, p.339-348, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.029213>
- GONZAGA, M. I. S.; MACKOWIAK, C. ALMEIDA, A. Q.; CARVALHO JÚNIOR, J. I. T. Sewage sludge derived biochar and its effect on the growth and morphological traits of *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden seedlings. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 687-695, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509832067>
- GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: Influence of plant attributes. **New Forests**, v. 43, n. 5–6, p. 711–738, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9336-6>
- HIGASHIKAWA, F. S.; SILVA, C. A.; NUNES, C. A.; BETTIOL, W. GURREIRO, M C. Physico-Chemical Evaluation of Organic Wastes Compost-Based Substrates for Eucalyptus Seedlings Growth. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 47:5, 581-592, 2016. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1146741>
- JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, v.11, n. 2, p. 187-196, 2005.
- KRATKA, P. C.; CORREIA, C. R. M. A. Crescimento inicial de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em diferentes substratos. **Revista Arvore**, 39(3), 551–559, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000300016>
- LIANG, Y.; URANO, D.; LIAO, K. L.; HEDRICK, T. L.; GAO, Y.; JONES, A. M. A nondestructive method to estimate the chlorophyll content of *Arabidopsis seedlings*. **Plant Methods**, 13(1), 1–10, 2017. <https://doi.org/10.1186/s13007-017-0174-6>
- LIMA, B. G. **Caatinga: espécies lenhosas e herbáceas**. Mossoró-RN, Editora Universitária da UFERSA, p. 120-123, 316 p. 2012.
- LIMA, L. K. S.; MOURA, M. C. F.; SANTOS, C. C.; NASCIMENTO, K. P. C.; DUTRA, A. S. Produção de mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em resíduos orgânicos. **Revista Ceres**, 64(1), 1–11, 2017.

<https://doi.org/10.1590/0034-737X201764010001>

LISBOA, A. C.; MELO-JÚNIOR, C. J. A. H.; TAVARES, F. P. A.; ALMEIDA, R. B.; MELO, L. A.; MAGISTRALI, I. C. Crescimento e qualidade de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em substrato com esterco bovino. **Pesq. flor. bras.**, v. 38, e201701485, p. 1-6, 2018. <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.e201701485>

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de Identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Vol.01. 8ª edição. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. p. 25, 381 p. 2020.

MAIA, G. N. **Caatinga: Árvores e arbustos e suas utilidades**. 2 ed. Fortaleza-CE. Printcolor Gráfica e Editora, p. 20, 2012.

MELO, T. M.; BOTTLINGER, M.; SCHULZ, E.; LEANDRO, W. M.; AGUIAR FILHO, A. M.; WANG, W.; OK, Y. S.; RINKLEBE, J. Plant and soil responses to hydrothermally converted sewage sludge (sewchar). **Chemosphere**, 206, 338e348, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.178>

MENDONÇA, A. M. C.; DIAS, G. S.; NASCIMENTO, A. V. S.; CAMPOS, J. A.; SANTANA, M. C.; SILVA JÚNIOR, C. D.; SANTOS, P. A. A. Utilização do lodo de esgoto na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Scientia Plena**, 15, 081201, 2019. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.081201>

MITCHELL, D. J.; DALY, D. C. Notes on *Astronium* Jacq. (Anacardiaceae), including a dwarf new species from the Brazilian Shield. **Brittonia** 69(4): 457–464, 2017. <https://doi.org/10.1007/s12228-017-9506-0>

MORAIS, F. A.; GÓES, G. B.; COSTA, M. E.; MELO, I. G. C.; VERAS, A. R. R.; CUNHA, G. O. M. Fontes e proporções de esterco na composição de substratos para produção de mudas de jaqueira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 7: 784-789, 2012. <https://doi.org/10.5039/agraria.v7isa2204>

OLIVEIRA, F. T.; HAFLE, O. M.; MENDONÇA, V.; MOREIRA, J. N.; PEREIRA JÚNIOR, E. B.; MARACAJÁ, P. B. Produção de mudas de goiabeira com diferentes fontes e proporções de adubos orgânicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 9(2): 111-116, 2014.

PAREYN, F. G. C. et al. *Myracrodruon urundeuva* - **Aroeira**. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Ed.). Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial - Plantas para o Futuro: Região Nordeste. Brasília - DF. MMA, 2018. p.766-772.

PATRIGNANI, A.; OCHSNER, T. E. Canopeo: A Powerful New Tool for Measuring Fractional Green Canopy Cover. **Agronomy Journal**, v. 107, p.6, 2015. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0150>

PEREIRA, I. S.; LIMA, K. C. C.; MELO JUNIOR, H. B. Substratos orgânicos na produção de mudas de cafeeiro em tubetes. **Revista de Agricultura Neotropical**, 4(2): 17-26, 2017. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i2.1254>

- ROS, C. O.; REX, F. E.; RIBEIRO, I. R.; KAHER, P. S.; RODRIGUES, A. C.; SILVA, R. F.; SOMAVILLA, L. Uso de Substrato Compostado na Produção de Mudanças de *Eucalyptus dunnii* e *Cordia trichotoma*. **Floresta e Ambiente**, 22(4): 549-558, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.115714>
- SAINDELES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHIRMER, W. N.; SPERANDIO, H. V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, suplemento 1, p. 1173-1186, 2009. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n4Sup1p1173>
- SALES, R. A.; SALES, R. A.; NASCIMENTO, T. A.; SILVA, T. A.; SILVA BERILLI, S.; SANTOS, R. A. Influência de diferentes fontes de matéria orgânica na propagação da *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Scientia Agraria**, 18(4), 99–106, 2017. <https://doi.org/10.5380/ras.v18i4.54203>
- SANTOS, L. W.; COELHO, M. F. B. Sombreamento e substratos na produção de mudas de *Erythrina velutina* Willd. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 4, p. 571-577, 2013. <https://doi.org/10.5902/1980509812341>
- SCHMITZ, P. K.; KANDEL, H. J. Individual and combined effects of planting date, seeding rate, relative maturity, and row spacing on soybean yield. **Agronomy**, 11(3) 605, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030605>
- SHEPHERD, M. J.; LINDSEY, L. E.; LINDSEY, A. J. Soybean Canopy Cover Measured with Canopeo Compared with Light Interception. **Agricultural & Environmental Letters**, 3(1), 180031, 2018. <https://doi.org/10.2134/aer2018.06.0031>
- SILVA, E. M.; PARREIRA, M. C.; SIEBEICHLER, S. C.; SANTOS, E. R.; VIDAL NETO, F. C.; FREITAS, G. A. Produção de mudas de cajueiro anão-precoce em substratos de resíduos orgânico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.9, n.1, p.90-96, 2019. <https://doi.org/10.21206/rbas.v9i1.7969>
- SILVA, L. O. C.; FONSECA, A. C.; SIVISACA, D. C. L.; SILVA, M. R.; VILLAS BOAS, R. L.; GUERRINI, I. A.; sewage sludge compost associated to frequency of irrigation for *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert seedlings production. **FLORESTA**, v. 50, n. 2, p. 1389 - 1398, 2020. <https://doi.org/10.5380/rf.v50 i2. 64158>
- SIQUEIRA, D. P.; CARVALHO, G. C. M. W.; BARROSO, D. G. MARCIANO, C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Lafoensia glyptocarpa*. **FLORESTA**, v. 48, n. 2, p. 277-284, 2018. <https://doi.org/10.5380/rf.v48 i2.55795>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Artmed, Porto Alegre. 2017. 888 p.
- TEIXEIRA, M. C. LOPES, M. J. P.; SOUSA-JÚNIOR, D. L.; RIBEIRO, A. E. S.; PEREIRA, B. S.; AQUINO, P. E. A.; AQUINO, N. C.; SILVEIRA, E. R.; LEAL, L. K. A. M.; VIANA, G. S. B. Evaluation of the Healing Potential of *Myracrodruon urundeuva* in Wounds Induced in Male Rats. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 30, n. 2, p. 214–223, 2020. <https://doi.org/10.1007/s43450-020-00025>
- TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; COLOMBI, R.; PERONI, L.; GODINHO, T. O. Esterco de origem animal em substratos para a produção de mudas florestais:

atributos físicos e químicos. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 455-462, 2012.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Arvore**, v. 38, n. 4, p. 657–665, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000400009>

VIEIRA, A. C. C.; TERRA, D. L. C. V.; FONSECA, E. F.; SOUZA, P. B. Utilização de resíduos agroindustriais na produção de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. Allemão). **Magistra**, v. 30, p. 86-93, 2019.

CAPÍTULO 4
APROVEITAMENTO DE ESTERCO BOVINO E
OVINO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
UMBUZEIRO

4. CAPÍTULO 4: APROVEITAMENTO DE ESTERCO BOVINO E OVINO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE UMBUZEIRO

ARTIGO 3

O uso de esterco animal incrementa o crescimento inicial de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda - Anacardiaceae): uma espécie frutífera com importância socioeconômica para o semiárido

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar a influência de diferentes proporções de esterco bovino e ovino sobre o crescimento inicial de mudas de *Spondias tuberosa* (umbuzeiro). Foram testadas as proporções de 10, 20 e 40% de esterco bovino ou esterco ovino adicionadas à terra vegetal. Além do tratamento controle formado por 100% terra vegetal e um tratamento formado por 100% BIOMIX® (substrato comercial). As variáveis analisadas foram a altura, o diâmetro do caule, o número de folhas, o índice de clorofila, a área foliar e a área da copa. Finalizado o período experimental, as plantas foram separadas em parte aérea e raízes para determinação da massa seca da parte aérea, das raízes, total e da relação massa seca do sistema radicular/massa se da parte aérea. Foram também determinados o índice de qualidade de Dickson e a relação altura/diâmetro. O experimento consistiu de um delineamento inteiramente casualizado, oito tratamentos e 12 repetições por tratamento. O crescimento inicial de mudas de umbuzeiro foi influenciado diretamente pela adição de esterco bovino e ovino ao substrato. Ao final do período experimental as mudas cultivadas em 10% de esterco bovino ou ovino apresentaram as maiores médias para a maioria das variáveis analisadas. A utilização de esterco bovino e ovino na proporção de 10% é viável para produção de mudas de umbuzeiro, aumentando o seu crescimento e melhorando a qualidade das mudas produzidas.

Palavras-chave: Imbuzeiro; esterco bovino; esterco ovino; produção de mudas.

4.1 INTRODUÇÃO

Spondias tuberosa Arruda é uma espécie florestal arbórea, nativa da Caatinga, que pertence a família Anacardiaceae e é conhecida popularmente como umbuzeiro (MAIA, 2012). O seu fruto, o umbu, é explorado de forma extrativista e comercializado para o consumo *in natura* ou para fabricação de polpas, sucos, doces, geleias, licores e umbuzada (ANJOS & RYBKA, 2016). Apesar disso, essa espécie ainda se encontra em processo incipiente de domesticação (LINS NETO et al., 2012). O umbuzeiro é uma espécie xerófita, capaz de sobreviver e produzir frutos durante a época seca na Caatinga. Essa característica é possível devido às suas adaptações fisiológicas e a presença de raízes tuberosas (xilopódios) que armazenam água, minerais e solutos orgânicos (CAVALCANTI et al., 2010; SANTOS et al., 2018).

A coleta extrativista do umbu é um dos maiores exemplos de atividades tradicionais do semiárido nordestino, seja para o consumo próprio, para a comercialização *in natura* ou para fabricação de produtos derivados, o que permite agregar valor ao fruto, representando uma importante fonte de renda para as comunidades rurais do semiárido brasileiro, na época da safra do umbuzeiro (BATISTA et al., 2015; MATTA et al., 2019). No entanto, mesmo que amplamente utilizada essa espécie é ameaçada pelo extrativismo não sustentável e pela redução da sua área de distribuição natural (MERTENS et al., 2017; ALMEIDA & FABRICANTE, 2021). Arelado a esse fato, o umbuzeiro apresenta uma baixa porcentagem de germinação, uma vez que as suas sementes apresentam pelo menos um mecanismo de dormência, como a dormência física imposta pela dureza do seu endocarpo (LOPES et al., 2009).

A produção de mudas de espécies florestais nativas é uma etapa fundamental para o sucesso da restauração florestal e para conservação de espécies ameaçadas (GROSSNICKLE, 2012; GROSSNICKLE & MACDONALD, 2018). Esta etapa é dependente de insumos e tem impacto direto na sobrevivência e no crescimento inicial das mudas no campo (RIIKONEN & LOURANEN, 2018; HAASE et al., 2021). Um dos principais insumos utilizados para produção de mudas em viveiro é o substrato e esse deve oferecer as condições adequadas de sustentação e os nutrientes necessários que permitam um bom desenvolvimento de todas as partes da planta, com qualidade suficiente para sobreviverem às condições adversas do campo (TRIGUEIRO & GUERRINI, 2014; FERMINO et al., 2018; SILVA et al., 2019).

Ao substrato podem ser adicionados resíduos orgânicos de origem animal, como o esterco de bovinos e ovinos. Além de ajudar na melhoria das propriedades químicas e das características físicas do substrato, esses resíduos ajudam a nutrir as mudas, pois contém elevada carga de matéria orgânica e de nutrientes (ECKHARDT et al., 2018). A utilização de resíduos de origem animal pode ser uma opção de baixo custo para viveirista, já que pode ser facilmente encontrado, além de ser uma alternativa sustentável quando comparado aos substratos comerciais, permitindo o aproveitamento de resíduos de origem agrícola para produção de mudas de espécies florestais nativas (TRAZZI et al., 2012; COSTA et al., 2015).

Considerando a importância socioeconômica e ambiental de umbuzeiro para o semiárido brasileiro, bem como a necessidade de produção de mudas em larga escala dessa espécie, partimos da hipótese que a adição de resíduos orgânicos de origem animal incrementa o crescimento inicial e melhora a qualidade das mudas produzidas. Partindo desse pressuposto, nosso objetivo foi avaliar o efeito de diferentes proporções de esterco bovino e ovino na produção de mudas de umbuzeiro.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Material vegetal e formulação dos tratamentos

Frutos maduros de umbuzeiro foram coletados a partir de árvores matrizes em áreas de Caatinga localizadas no município de Graccho Cardoso, Sergipe, Brasil (10°13'41" S; 37° 11'49" O), levadas ao laboratório, beneficiadas manualmente para retirada da polpa e colocadas para germinar em substrato formado por areia lavada e terra vegetal na proporção de 1/1. Finalizado o período germinativo as plântulas com aproximadamente 30 dias de idade, 10,7 cm de altura ($p=0,6897$) e dois pares de folhas completamente expandidas, foram transferidas para sacos de polietileno (15x25cm) contendo os respectivos tratamentos: T1- 100% terra vegetal (TV), T2- BIOMIX® (Substrato Comercial), T3- 10% de esterco bovino (EB) + 90% de TV, T4- 20% de EB + 80% de TV, T5- 40% de EB + 60% de TV, T6- 10% de esterco ovino (EO) + 90% de TV, T7- 20% de EO + 80% de TV e T8- 40% de EO + 60% de TV (TABELA 6). O substrato comercial BIOMIX® é composto por turfa, casca de pinus moída e compostada, fibra ou pó de coco ($CE\ (mS/cm) = 0,4$, $CRA\ (\%) = 50$, $U\ (\%) = 45$, $D\ (kg/m^3) = 400$, $pH = 6,5$). As mudas foram irrigadas três vezes por semana até a capacidade de campo do substrato.

Tabela 6. Formulação dos tratamentos testados para produção de mudas de umbuzeiro em diferentes proporções de esterco animal.

Tratamentos	Terra vegetal (%)	Esterco bovino (%)	Esterco Ovino (%)	BIOMIX® (%)
T1	100	-	-	-
T2	-	-	-	100
T3	90	10	-	-
T4	80	20	-	-
T5	60	40	-	-
T6	90	-	10	-
T7	80	-	20	-
T8	60	-	40	-

Fonte: Elaboração do autor.

4.2.2 Caracterização dos Substratos

A caracterização físico-química de todos os tratamentos foi realizada no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) (Tabela 7).

Tabela 7. Caracterização físico-química dos substratos utilizados para o cultivo das mudas de umbuzeiro.

Parâmetros	Substrato							
	100% TV	100% BIOMIX	10% EB + 90% TV	20% EB + 80% TV	40% EB + 60% TV	10% EO + 90% TV	20% EO + 80% TV	40% EO + 60% TV
pH (H ₂ O)	6,48	6,41	7,06	7,37	7,55	6,8	7,38	7,55
Ca + Ma (cmolc/dm ³)	4,40	14,5	5,79	6,84	8,85	6,53	8,20	8,85
Ca (cmolc/dm ³)	4,07	11,4	4,73	5,04	5,12	5,50	5,10	5,12
Al (cmolc/dm ³)	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
Na (mg/dm ³)	28,8	1130	282	635	1100	182	1040	1100
K ⁺ (mg/dm ³)	28,8	1310	913	2410	1630	673	1270	1630
P (mg/dm ³)	10,01	400	33,8	61,0	300	77	170	300
M.O (g/dm ³)	12,9	116	18,3	25,8	25,5	20,6	30,7	25,5
Mg (cmolc/dm ³)	0,33	3,10	1,06	1,80	3,73	1,03	3,10	3,73
H + Al (cmolc/dm ³)	1,43	2,65	ND	ND	ND	0,857	ND	ND
S.B. (cmolc/dm ³)	4,60	22,8	9,36	15,8	17,8	9,05	16,0	17,8
CTC (cmolc/dm ³)	6,03	25,5	9,36	15,8	17,8	9,91	16,0	17,8
PST (%)	2,07	19,3	13,1	18,5	26,9	7,98	28,3	26,9
V (%)	76,3	89,4	100	100	100	91,3	100	100
C/N (%)	0,75/0,22	6,74/1,04	1,06/0,27	1,5/0,26	1,48/0,26	1,20/0,26	1,78/0,22	1,48/0,26
N total (%N)	<0,22	1,04	0,27	0,26	0,26	0,26	<0,22	0,26
Granulometria (%)	Areia	82,7	72,4	77,9	76,62	74,2	78,37	74,2
	Silte	9,84	20,2	12,1	15,83	20,6	14,16	20,66
	Argila	7,38	7,30	9,86	7,55	5,14	7,47	5,14

*pH (H₂O)- pH em água; Na- Sódio, K⁺- Potássio e P- fósforo (método Mehlich -1); Ma- Magnésio, Ca- Cálcio e Al- Alumínio (método KCL); M. O.- Matéria orgânica (método WB (colorimétrico)); H + Al- Hidrogênio + Alumínio (método SMP); SB- Soma de Bases Trocáveis; CTC- Capacidade de Troca de Cátions; PST- Porcentagem de Sódio Trocável; V- Índice de Saturação de Bases; C/N- Relação Carbono/Nitrogênio (método MPOACF); N total- Nitrogênio Total (método MAPA); Granulometria (método Densímetro de Bouyoucos); (TV = Terra vegetal, EB = Esterco bovino, EO = Esterco Ovino).
Fonte: Elaboração do autor.

4.2.3 Monitoramento das condições ambientais

Durante todo o período experimental, a temperatura e a umidade relativa do ar da casa de vegetação foram monitoradas por um termohigrômetro (ASO, modelo

AK172) localizado um metro acima do nível do solo. A temperatura média durante o período experimental foi de $29 \pm 4^\circ\text{C}$ e a umidade relativa média foi de 68%.

4.2.4 Análises de crescimento e acúmulo de biomassa

Durante 105 dias de condução do experimento foram realizadas avaliações mensais, sendo iniciadas quinze dias após a montagem do experimento. As variáveis analisadas foram: altura da parte aérea (cm), (padronizada da base do caule até a inserção da última folha), número de folhas e diâmetro do caule (cm). Ao final do período experimental, as plantas foram coletadas e separadas em folhas, caule e raízes e levadas para estufa de aeração forçada à 70°C para determinação da massa seca das folhas, do caule, da raiz e total (g). Os dados de crescimento e de massa foram utilizados para os cálculos das razões altura/diâmetro (H/D) (JOSÉ et al., 2005), razão raiz/parte aérea (R:PA) e do Índice de Qualidade de Dickson (IDQ) (DICKSON et al., 1960), de acordo com a Eq. 1:

$$IDQ = \frac{MST (g)}{\frac{H (cm)}{D (mm)} + \frac{MSPA (g)}{MSR (g)}}$$

Onde MST é a massa seca total, H é a altura, D é o diâmetro do caule, MSPA é a massa seca da parte aérea e MSR é a massa seca da raiz.

4.2.5 Índice de clorofila

O índice de clorofila na folha foi estimado indiretamente através do clorofilômetro portátil (modelo CCM-200, OPIT-SCIENCES, EUA). O índice foi medido a partir de 30 dias da instalação do experimento sempre no folíolo terminal do ápice da última folha completamente expandida, através de duas medições em uma folha.

4.2.6 Análises de área foliar e área da copa

Para medida da área foliar foram tiradas fotos de todas as folhas das mudas com câmera de celular de 64 megapixels, padronizando-se a mesma altura para todas as fotos, com auxílio do aplicativo Canopeo (<https://canopeoapp.com>) (PATRIGNANI & OCHSNER, 2015), onde o aplicativo estiva a porcentagem de área verde que as folhas ocupam, e sabendo-se as dimensões da imagem é possível determinar a área foliar de cada tratamento (FIGURA 20).

Figura 20. Folhas utilizadas para determinação da área foliar (A) e estimativa de área verde utilizando o aplicativo Canopeo (B) em mudas de umbuzeiro.



Fonte: Augusto Vinicius de Souza Nascimento.

Para medida da área da copa foi utilizado o aplicativo Canopeo (<https://canopeoapp.com>) (PATRIGNANI & OCHSNER, 2015). As plantas foram fotografadas com câmera de celular de 64 megapixels, a altura foi padronizada para 30 cm do topo do dossel da planta até a câmera, utilizando-se uma régua milimetrada (FIGURA 21). O aplicativo estimou a porcentagem de área verde, e a partir de regra de três chega-se ao valor correspondente à área copa.

Figura 21. Plantas utilizadas para determinação da área da copa (A) e estimativa de área da copa utilizando o aplicativo Canopeo (B) em mudas de umbuzeiro.



Fonte: Augusto Vinicius de Souza Nascimento.

4.2.7 Desenho experimental e análises estatísticas

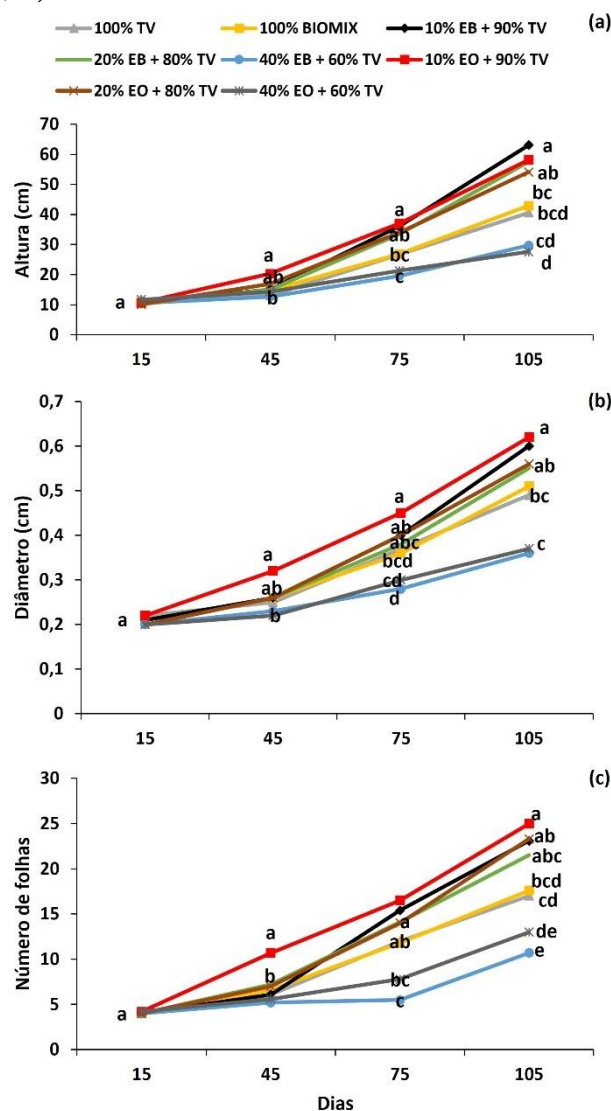
O experimento foi realizado utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado, com oito tratamentos (T1- 100% terra vegetal (TV), T2- BIOMIX[®] (Substrato Comercial), T3- 10% de esterco bovino (EB) + 90% de TV, T4- 20% de EB + 80% de TV, T5- 40% de EB + 60% de TV, T6- 10% de esterco ovino (EO) + 90% de TV, T7- 20% de EO + 80% de TV e T8- 40% de EO + 60% de TV) e doze repetições por tratamento, sendo que cada repetição era composta por uma planta. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk com auxílio do programa Past versão 4.06b. Para as variáveis paramétricas os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico Sisvar versão 5.7 (FERREIRA, 2011).

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Análise de crescimento

O crescimento inicial de umbuzeiro foi influenciado diretamente pela adição de esterco animal ao substrato. As mudas cultivadas em esterco bovino ou ovino na proporção de 10% apresentaram um incremento de 45% na altura da parte aérea, de 22% no diâmetro do caule e em média 7 folhas a mais do que as mudas cultivadas em 100% TV e 100% BIOMIX[®]. Os tratamentos com 20% de esterco bovino ou ovino também apresentaram bons resultados para a maioria das variáveis, com valores intermediários entre os tratamentos com 10% de esterco bovino ou ovino e os tratamentos 100% TV e 100% BIOMIX[®]. No entanto, as mudas cultivadas em 40% de esterco, tanto bovino quanto ovino, apresentaram um decréscimo em todas as variáveis analisadas (Figura 22 a, b e c).

Figura 22. Altura (a), diâmetro do caule (b) e número de folhas (c) de mudas de umbuzeiro cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino e ovino (EB=Esterco bovino, EO=Esterco ovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p<0,05$).



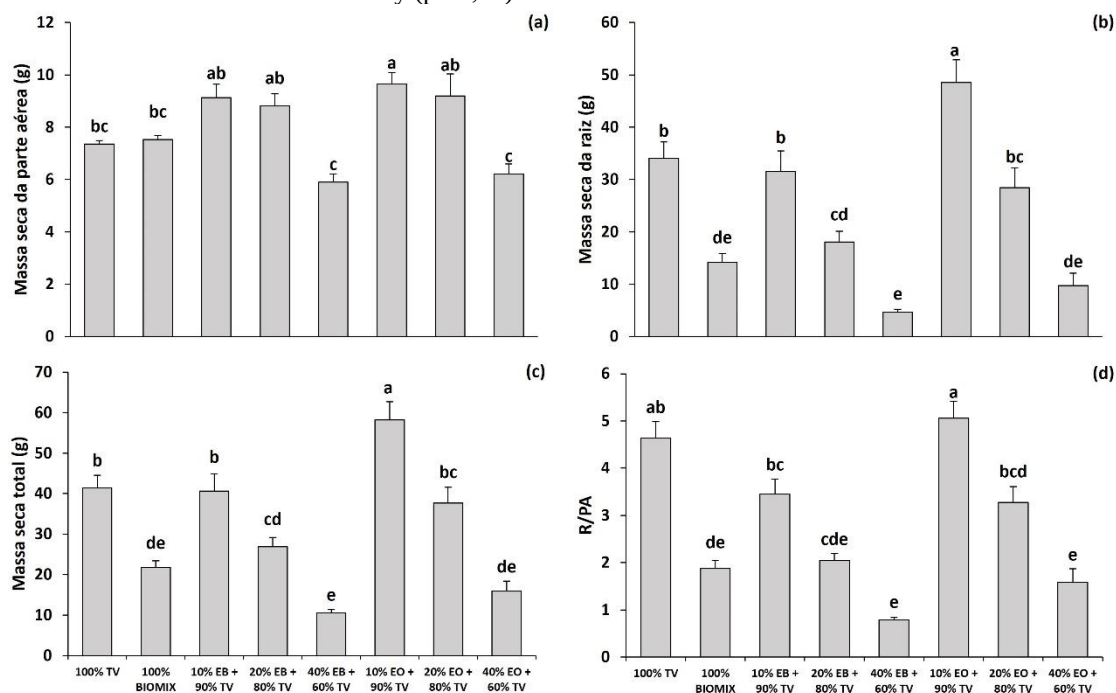
Fonte: Elaboração do autor.

4.3.2 Acúmulo de biomassa

As mudas cultivadas em 10% de esterco ovino apresentaram um maior acúmulo de biomassa da parte aérea quando comparadas com as mudas cultivadas em 100% TV, 100% BIOMIX® e 40% de esterco bovino ou ovino, com um incremento superior a 35% (FIGURA 22 a). As mudas cultivadas em 10% de esterco ovino apresentaram ainda um incremento superior a 140% para a massa seca da raiz e superior a 108% para a massa seca total quando comparadas com as mudas cultivadas em todos os outros tratamentos (Figura 23 b e c). Para a relação raiz/parte aérea (R:PA) as mudas do tratamento com

10% de esterco ovino apresentaram as maiores médias quando comparadas com as mudas dos outros tratamentos (Figura 22 d).

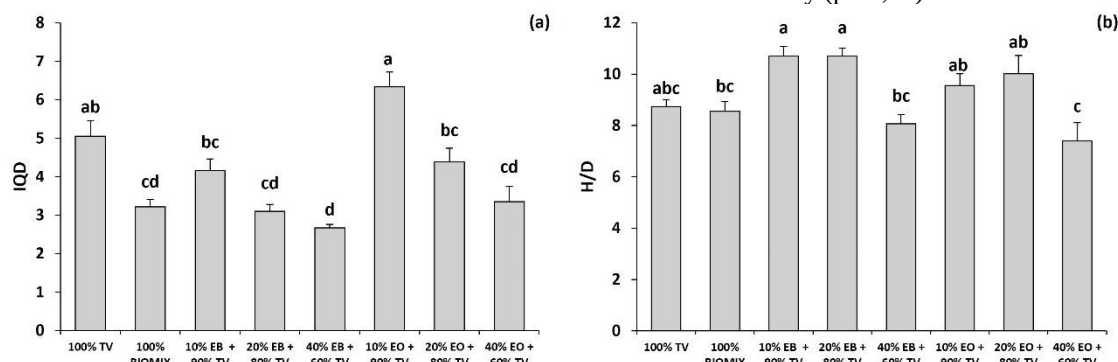
Figura 23. Massa seca da parte aérea (a), massa seca da raiz (b), massa seca total (c) e relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (d) de mudas de umbuzeiro cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino e ovino (EB=Esterco bovino, EO=Esterco ovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX[®]=Substrato comercial). As colunas representam as médias (n= 12) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey (p <0,05).



Fonte: Elaboração do autor.

Para o índice de qualidade de Dickson (IQD) as maiores médias foram observadas para as mudas cultivadas em 10% de esterco ovino, com um aumento de aproximadamente 70% (Figura 24 a). Para a relação altura/diâmetro (H/D) as mudas cultivadas em 10 e 20% de esterco bovino apresentaram as maiores médias quando comparadas com as mudas cultivadas em 100% BIOMIX[®] e em 40% de esterco bovino ou ovino (Figura 24 b).

Figura 24. Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (a) e índice de relação altura/diâmetro (b) de mudas de umbuzeiro cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino e ovino (EB=Esterco bovino, EO= Esterco ovino; TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). As colunas representam as médias (n= 12) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

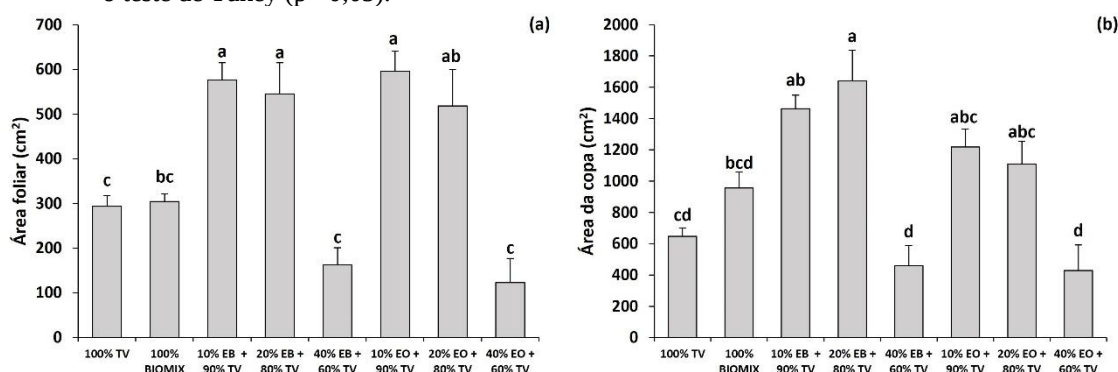


Fonte: Elaboração do autor.

4.3.3 Área foliar e área da copa

As análises de área foliar mostraram que houve um incremento significativo dessa variável com a adição de 10 e 20% de esterco bovino ou ovino ao substrato, com um incremento superior a 150% quando comparado com as mudas cultivadas em todos os outros tratamentos (FIGURA 25 a). Para a área da copa a maior média foi observada em 20% de esterco bovino quando comparado com as mudas cultivadas nos tratamentos 100% TV, 100% BIOMIX® e 40% de esterco bovino ou ovino (FIGURA 25 b).

Figura 25. Área foliar (a) e área da copa (b) de mudas de umbuzeiro cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino e ovino (EB=Esterco bovino, EO= Esterco ovino; TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). As colunas representam as médias (n= 12) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

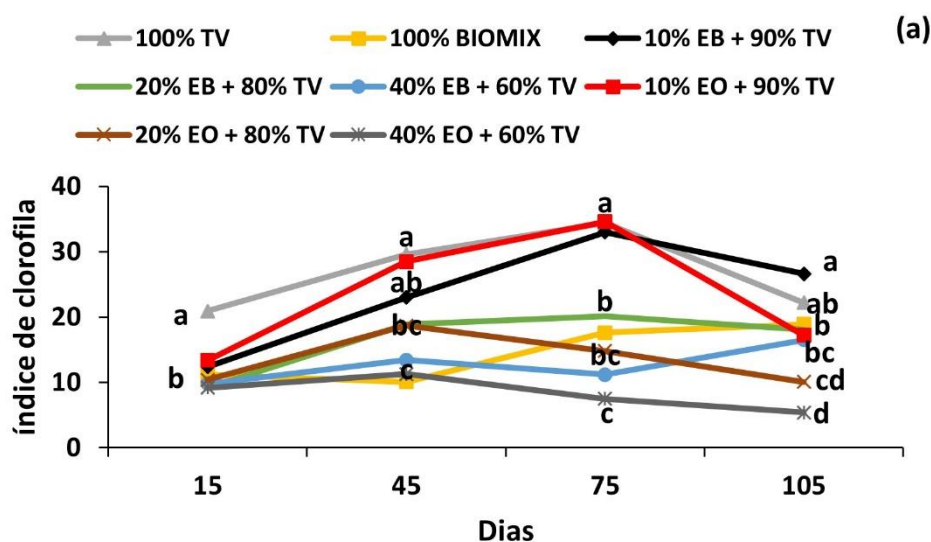


Fonte: Elaboração do autor.

4.3.4 Índice de clorofila

O índice de clorofila na folha mostrou que as mudas cultivadas em 10% de esterco bovino ou ovino apresentaram as maiores médias aos 75 dias de condução do experimento quando comparadas com as mudas dos outros tratamentos. Aos 105 dias as mudas do tratamento 10% de esterco bovino apresentaram as maiores médias quando comparadas com as mudas cultivadas em 100% BIOMIX®, 10% esterco ovino e 20 ou 40% de esterco bovino ou de ovino (Figura 26 a).

Figura 26. Índice de clorofila de mudas de umbuzeiro cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino ou ovino (EB=Esterco bovino, EO=Esterco ovino, TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).



Fonte: Elaboração do autor.

4.3 DISCUSSÃO

Nossos resultados indicam que o uso de esterco bovino e esterco ovino na composição de substrato para o cultivo de mudas de umbuzeiro promoveram a modificação das características analisadas, corroborando com a hipótese proposta inicialmente. As proporções mais baixas desses resíduos foram responsáveis pelo aumento de quase todas as variáveis observadas. No entanto, em altas proporções de esterco ocorreu redução das características analisadas. É bem descrito na literatura que agentes ambientais em baixas doses podem apresentar efeitos benéficos, estimulando o desenvolvimento vegetal, já em doses altas pode causar toxicidade, inibindo o crescimento vegetal, esse fenômeno é conhecido como hormese (AGATHOKLEOUS & CALABRESE, 2019). Assim, nossos resultados mostram que em proporções baixas

desses resíduos ocorre a estimulação do crescimento vegetal, mostrando o papel do esterco animal como fonte de nutrientes minerais para o desenvolvimento das mudas (FIGURA 27) (LIMA et al., 2017; LISBOA et al., 2018).

Figura 27. Mudanças de umbuzeiro cultivadas em diferentes proporções de esterco bovino e ovino: (A) 100% TV, (B) 100% BIOMIX®, (C) 10% EB + 90% TV, (D) 20% EB + 80% TV, (E) 40% EB + 60% TV, (F) 10% EO + 90%, (G) 20% EO + 80% TV e (H) 40% EO + 60% TV. (EB=Esterco bovino, EO= Esterco ovino; TV=Terra vegetal, BIOMIX®=Substrato comercial). A régua representa 60 cm.



Fonte: Augusto Vinicius de Souza Nascimento.

Variáveis como a altura da planta, o diâmetro do caule e o número de folhas estão entre os principais atributos morfológicos para avaliação da qualidade das mudas produzidas em viveiros, pois são indicadores do crescimento e da sobrevivência das mudas transplantadas para o campo (GROSSNICKE & MacDONALD, 2018). Neste estudo, observamos que as mudas cultivadas nas proporções mais baixas de esterco bovino e ovino (10%) apresentaram os maiores valores para a altura, o diâmetro do caule e o número de folhas. A altura das mudas no momento do plantio pode indicar o

crescimento no campo, pois mudas mais altas mantêm sua vantagem de altura ao longo do tempo (PINTO, 2011). Mudas com maior altura inicial podem posteriormente ter um maior desenvolvimento de brotações, devido ao maior número de ramos e gemas (DEL CAMPO et al., 2010). Além disso, mudas com um maior número de folhas terão uma maior área superficial fotossinteticamente ativa (LUIS et al., 2009). Já o diâmetro do caule é considerado o melhor atributo morfológico para prever o crescimento futuro das mudas, pois se correlaciona com o peso da plântula e com o tamanho do sistema radicular (GROSSNICKE e MacDONALD, 2018).

De uma forma geral a adição de 10% de esterco ovino ao substrato proporcionou um maior acúmulo de biomassa das mudas, esse aumento foi mais evidente para a massa seca do sistema radicular e para a massa seca total. Um bom desenvolvimento do sistema radicular em particular é fundamental para o desenvolvimento das plantas, pois mudas com um sistema radicular mais desenvolvido tem maior capacidade de renovar rapidamente as raízes após o plantio (DAVIS & JACOBS, 2005; HAASE, 2011). É por isso que existe uma relação positiva entre a massa da raiz e o potencial do seu crescimento, sendo que um sistema radicular mais desenvolvido fornece às mudas a capacidade de superar o estresse de plantio e se estabelecer após a transferência para o campo (GROSSNICKLE, 2005; GROSSNICKE E MacDONALD, 2018).

Para o umbuzeiro, em particular, um bom desenvolvimento do sistema radicular pode ser um indicativo de que as mudas apresentam uma boa reserva de água, sais minerais e açúcares, pois esta espécie apresenta xilopódios em suas raízes que são capazes de armazenar essas substâncias (LINS-NETO et al., 2012; CRUZ et al., 2016; ANTUNES et al., 2016). Essa característica é indispensável para que a planta tolere os estresses abióticos resultantes da transferência para o campo (CRUZ et al., 2016). A razão raiz/parte aérea (R:PA) mostrou que as mudas cultivadas em 10% de esterco ovino apresentaram os maiores valores desse índice. O aumento da razão R:PA geralmente contribui para a captura de água em relação em camadas mais profundas do solo, sugerindo que mudas de umbuzeiro cultivadas em 10% de esterco ovino poderiam aumentar sua capacidade de absorver água e nutrientes durante a estação seca, sendo um importante mecanismo de defesa contra o déficit hídrico, permitindo que as mudas sobrevivam durante esses períodos (ANTUNES et al., 2016; BLANCO-MARTÍNEZ et al., 2022).

O índice de qualidade de Dickson (IQD) é uma importante variável para avaliação da qualidade das mudas produzidas em viveiros, pois engloba características como a altura, o diâmetro do caule e o acúmulo de biomassa (AVELINO et al., 2021). Neste estudo observamos as maiores médias para esse índice nas mudas cultivadas em 10% de esterco ovino, valores mais elevados de IQD indicam que as mudas produzidas possuem maior qualidade e consequentemente maior capacidade para sobreviverem após o plantio (SIQUEIRA et al., 2018). Resultados similares de maior IQD foram observados em mudas de *M. urundeuva* (Anacardiaceae) cultivadas em esterco ovino, sendo superior às mudas mantidas em esterco bovino e humus de minhoca (LIMA et al., 2017). Para a relação altura/diâmetro (H/D) as mudas cultivadas em 10 e 20% de esterco bovino e ovino apresentaram as maiores médias. Cruz et al. (2016) observaram maiores valores para essa relação em mudas de umbuzeiro cultivadas em substrato contendo 40% de esterco bovino.

A área foliar e a área da copa são outras características morfológicas que podem ser utilizadas na avaliação da qualidade das mudas, pois estão diretamente relacionadas com a capacidade fotossintética das plantas (BRITO et al., 2018; TENREIRO et al., 2021). Neste estudo observamos que ocorreu um aumento significativo dessas variáveis com a adição de esterco ao substrato nas proporções de 10 e 20%, independentemente se de origem bovina ou ovina. Maiores valores desses índices podem indicar que as mudas possuem maior capacidade para interceptação da luz e utilização da radiação fotossintética (SCHMITZ & KANDEL, 2021).

As clorofilas também desempenham um papel importante na fotossíntese, pois são responsáveis pela captura e conversão da luz solar em energia (TAIZ et al., 2017). Através do índice relativo de clorofila na folha é possível monitorar o estado fisiológico e nutricional das mudas, pois existe uma relação direta entre o teor de clorofila foliar e a disponibilidade de nutrientes no substrato, principalmente o nitrogênio (LIANG et al., 2017; GONZAGA et al., 2018). Ao final do período experimental observamos os maiores valores para esse índice nas mudas cultivadas em 10% de esterco bovino. É mencionado na literatura que a adição de compostos orgânicos aos substratos pode favorecer o aumento do teor de clorofila na folha, pois esses compostos possuem nitrogênio em sua estrutura (JOSHI et al., 2015). Outros autores também observaram que a adição de esterco ao substrato pode promover o aumento do índice de clorofila na

folha, como é caso Franceschi et al. (2018) em mudas de *Schinus terebinthifolius* e Carvalho et al. (2020) em mudas de *Hymenaea courbaril*.

4.4 CONCLUSÃO

O aproveitamento de esterco de bovinos e ovinos é eficiente para ser utilizado na composição de substrato para produção de mudas de umbuzeiro, podendo substituir a utilização de substratos comerciais. De acordo com os resultados observados recomenda-se a utilização de 10% de esterco bovino ou ovino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGATHOKLEOUS, E.; CALABRESE, E. J. Hormesis can enhance agricultural sustainability in a changing world. **Global food security**, 20, 150-155, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.02.005>
- ALMEIDA, T. S. FABRICANTE, J. R. Modelagem de nicho climático atual e futuro do umbuzeiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.21, n.1, 2021.
- ANJOS, J. B.; RRYBKA, A. C. P. **Processamento de produtos à base de umbu**. In: DRUMOND, M. A.; AIDAR, S. T.; NASCIMENTO, C. E. S.; OLIVEIRA, V. R. Umbuzeiro: avanços e perspectivas. Petrolina, Embrapa Semiárido, 2016. p.217-241.
- ANTUNES, C. W.; MENDES, K. R.; CHAVES, A. R. M.; OMETTO, J. P. JARMA-OROZCO, A. POMPELLI, M. F. *Spondias tuberosa* trees grown in tropical, wet environments are more susceptible to drought than those grown in arid environments. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, 10(1), 9-27, 2016. <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.4456>
- AVELINO, N. R.; SCHILLING, A. C.; DALMOLIN, A. C.; SANTOS, M. S.; MIELKE, M. S.; Alocação de biomassa e indicadores de crescimento para a avaliação da qualidade de mudas de espécies florestais nativas. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 4, p. 1733-1750, 2021. <https://doi.org/10.5902/1980509843229>
- BATISTA, F. R. C.; SILVA, S. M.; SANTANA, M. F. S.; CAVALCANTE, A. R. **O umbuzeiro e o semiárido brasileiro**. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande – PB, 2015.
- BLANCO-MARTÍNEZ, J. R.; HUANTE, P.; PISANTY-BARUCH, I.; OROZCO-SEGOVIA, A.; REYES-ORTEGA, I.; NIETO-VÁZQUEZ, N.; GARCÍA-GUZMÁN, G.; SÁNCHEZ-CORONADO, M. E. Preparing seedlings for dry spells: Drought acclimation in the seedlings of two tree species of a seasonal tropical dry forest. **Flora**, 286, 151967, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151967>
- BRITO, L. P. S.; BEZERRA, T. T.; NUNES, E. M. B.; CAVALCANTE, M. Z. B.; SIQUEIRA FILHO, J. A. Produção de mudas de *Schinopsis brasiliensis* Engler sob prévia lavagem do pó de coco e submetidas a doses crescentes de fertilizante de liberação controlada. **Ciência Florestal**, 28: 1022-1034, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509833385>
- CARVALHO, P. R. M.; SILVA, C. A.; REIS, L. L.; MAFFUD, J. R. Superação de dormência de sementes e desenvolvimento de mudas de jatobazeiro em substratos alternativos. **Colloquium Agrariae**, v.16, n.5, p. 103-113, 2020. <https://doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n5.a399>
- CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. O crescimento de plantas de imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) no semi-árido de Pernambuco. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 021-031, 2010.
- COSTA, E.; PRADO, J. C. L.; CARDOSOS, E. D.; BINOTTI, F. F. S. Substrate from vermiculite and cattle manure for ornamental pepper seedling production. **Horticultura Brasileira** 33: 163-167, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000200005>

CRUZ, F. R. S.; ANDRADE, L. A.; FEITOSA, R. C. Produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) em diferentes substratos e tamanho de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 69-80, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509821092>

DAVIS, A. S.; JACOBS, D. F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. **New Forests**, 30:295–311, 2005. <https://doi.org/10.1007/s11056-005-7480-y>

DEL CAMPO, A. D.; NAVARRO, R. M.; CEACERO, C. J. Seedling quality and field performance of commercial stocklots of containerized holm oak (*Quercus ilex*) in Mediterranean Spain: an approach for establishing a quality standard. **New Forests**, 39:19–37, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11056-009-9152-9>

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>

ECKHARDT, D. P.; REDIN, M.; SANTANA, N. A.; DE CONTI, L.; DOMINGUEZ, J.; JACQUES, R. J. S.; ANTONIOLLI, Z. I. Cattle manure bioconversion effect on the availability of nitrogen, phosphorus, and potassium in soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.42, e0170327, 2018. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170327>

FERMINO, M. H.; ARAUJO, M. M.; AIMI, S. C.; TURCHETTO, F.; BERGHETTI, A. L. P.; ZAVISTANOVICZ, T. C.; MIETH, P.; GRIEBELER, A. M.; VILELLA, J. M. Reutilization of residues as components of substrate for the production of *Eucalyptus grandis* seedlings. **Cerne**, v. 24, n. 2, p. 80–89, 2018. <https://doi.org/10.1590/01047760201824022522>

FERREIRA, D. F; Sisvar: a computer statistic alanalysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

Franceschi, E.; Missio, E. L.; Steffen, G. P. K.; Maldaner, J.; Morais, R. M.; Roubuste, R. R.; Fermino, M. H. Vermicomposto na composição do substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.38, e201801653, p. 1-10, 2018. <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.38e201801653>

GONZAGA, M. I. S.; MACKOWIAK, C. ALMEIDA, A. Q.; CARVALHO JÚNIOR, J. I. T. Sewage sludge derived biochar and its effect on the growth and morphological traits of *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden seedlings. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 687-695, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509832067>

GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: Influence of plant attributes. **New Forests**, v. 43, n. 5–6, p. 711–738, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9336-6>

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Why seedlings grow: influence of plant attributes. **New Forests**, v. 49, n. 1, p. 1–34, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9606-4>

HAASE, D. L.; BOUZZA, K.; EMERTON, L.; FRIDAY, J. B.; LIEBERG, B.; ALDRETE, A.; DAVIS, A. S. The High Cost of the Low-Cost Polybag System: A Review of Nursery Seedling Production Systems. **Land**, 10, 826, 2021.

<https://doi.org/10.3390/land10080826>

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, v.11, n. 2, p. 187-196, 2005.

JOSHI, R.; SINGH, J.; VIG, A. P. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. **Rev Environ Sci Biotechnol**, 14(1), 137-159, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9347-1>

LIANG, Y.; URANO, D.; LIAO, K. L.; HEDRICK, T. L.; GAO, Y.; JONES, A. M. A nondestructive method to estimate the chlorophyll content of Arabidopsis seedlings. **Plant methods**, 13(1), 1-10, 2017. <http://dx.doi.org/10.1186/s13007-017-0174-6>

LIMA, L. K. S.; MOURA, M. C. F.; SANTOS, C. C.; NASCIMENTO, K. P. C.; DUTRA, A. S. Produção de mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em resíduos orgânicos. **Ceres**, v. 64, n.1, p. 001-011, 2017. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764010001>

LINS NETO, E. M. F.; PERONI, N.; MARANHÃO, C. M. C.; MACIEL, M. I. S.; ALBUQUERQUE, U. P. Analysis of umbu (*Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae)) in different landscape management regimes. **Environ Monit Assess** 184 (7), 4489–4499, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2280-7>

LISBOA, A. C. MELO JUNIOR, C. J. A. H.; TAVARES, F. P. A. ALMEIDA, R. B.; MELO, J. A.; MAGISTRALI, I. C. Crescimento e qualidade de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em substrato com esterco bovino. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, n. 93 p. 1-6, 2018. <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.e201701485>

LOPES, P. S. N.; MAGALHÃES, H. M.; GOMES, J. G.; BRANDÃO JÚNIOR, D. S.; ARAÚJO, V. D. Superação da dormência de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Câm.) utilizando diferentes métodos. **Rev. ver. Bras. Frutic.** 31 (3), 872–880, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000300034>

LUIS, V. C.; PUÉRTOLAS, J.; CLIMENT, J.; PETERS, J.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, Á. M.; MORALES, D.; JIMÉNEZ, M. S. Nursery fertilization enhances survival and physiological status in Canary Island pine (*Pinus canariensis*) seedlings planted in a semiarid environment. **European Journal of Forest Research**, 128(3), 221-229, 2009. <https://doi.org/10.1007/s10342-009-0257-7>

MAIA, G. N. **Caatinga: Árvores e arbustos e suas utilidades**. 2 ed. Fortaleza-CE. Printcolor Gráfica e Editora, p. 20, 2012.

MATTA, V. M.; TORREZAN, R. RIBEIRO, L. O. Agregação de valor ao fruto do umbuzeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.40, n.307, p.112-119, 2019.

MERTENS, J.; GERMER, J.; SIQUEIRA FILHO, J. A.; SAUERBORN, J. *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), a threatened tree of the Brazilian Caatinga? **Braz. J. Biol.**, vol. 77, no. 3, pp. 542-552, 2017. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.18715>

PATRIGNANI, A.; OCHSNER, T. E. Canopeo: A Powerful New Tool for Measuring Fractional Green Canopy Cover. **Agronomy Journal**, v. 107, p.6, 2015. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0150>

PINTO, J. R. **Morphology targets: What do seedling morphological attributes tell us?**. In: Riley, LE; Haase, DL; Pinto, JR, tech. coords. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations-2010. Proc. RMRS-P-65. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 74-79., 65, 2011.

RIIKONEN, J.; LUORANEN, J. Seedling production and the field performance of seedlings. **Forests**, v. 9, n. 12, p. 10–13, 2018. <https://doi.org/10.3390/books978-3-03921-256-9>

SANTOS, P. A. A.; DIAS, G. S.; MENDONÇA, A. M. C.; SILVA JÚNIOR, C. D.; SILVA, L. C.; SANTANA, M. C. Embryo rescue of *Spondias tuberosa* and exogenous application of gibberellic acid. **Acta Hort.** 1224. ISHS 2018. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1224.6>

SCHMITZ, P. K.; KANDEL, H. J. Individual and combined effects of planting date, seeding rate, relative maturity, and row spacing on soybean yield. **Agronomy**, 11(3) 605, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030605>

SILVA, F. A. M.; NUNES, J. M.; ZANON, J. A.; VILLAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. Granulated and Biosolid Fertilizers on the Quality of *Schinus terebinthifolius* Raddi Seedlings. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 3, p. 1–10, 2019. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.110417>

SIQUEIRA D. P.; CARVALHO G. C. M. W.; BARROSO D. G.; MARCIANO C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para a produção de mudas de *Lafoensia glyptocarpa*. **Floresta**. 48(2):277-284, 2018. <https://doi.org/10.5380/rf.v48i2.55795>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Artmed, Porto Alegre. 2017. 888 p.

TENREIRO, T. R.; GARCÍA-VILA, M.; GÓMEZ, J. A.; JIMÉNEZ-BERNI, J. A.; FERERES, E. Using NDVI for the assessment of canopy cover in agricultural crops within modelling research. **Computers and Electronics in Agriculture**, 182, 106038, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106038>

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; COLOMBI, R.; PERONI, L.; GODINHO, T. O. Estercos de origem animal em substratos para a produção de mudas florestais: atributos físicos e químicos. **Scientia Forestalis**, v. 40, n. 96, p. 455-462, 2012.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Arvore**, v. 38, n. 4, p. 657–665, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000400009>

CAPÍTULO 5
UTILIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO URBANO
NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE AROEIRA-DO-
SERTÃO

5. CAPÍTULO 5: UTILIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO URBANO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE AROEIRA-DO-SERTÃO

ARTIGO 4

O uso de lodo de esgoto urbano na composição de substrato altera as características morfoanatômicas e fisiológicas de *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. (Anacardiaceae): uma espécie ameaçada com potencial madeireiro

RESUMO

O lodo de esgoto urbano é um resíduo oriundo do tratamento de águas residuárias que, caso não seja gerenciado de forma adequada pode causar problemas ambientais e para a saúde pública. Uma alternativa para descarte desse resíduo seria o seu aproveitamento na composição de substrato para a produção de mudas de espécies florestais nativas, já que é um resíduo rico em nutrientes e matéria orgânica. *Astronium urundeuva* (aroeira-do-sertão) é uma espécie florestal que tem importância ecológica e econômica, principalmente por suas propriedades medicinais e madeireiras, no entanto sua exploração é extrativista aumentando a necessidade de produção de mudas dessa espécie. Nosso objetivo foi avaliar as respostas morfológicas, anatômicas e fisiológicas de mudas de aroeira-do-sertão cultivada em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano. As mudas foram cultivadas durante 150 dias em diferentes substratos: 100% areia lavada (A); 5% lodo de esgoto (LE) + 95% de A; 10% LE + 90% A; 20% LE + 80% A; 100% terra vegetal (TV); 50% TV + 50% A. As características de crescimento e o índice de clorofila foram avaliadas mensalmente, o índice de fluorescência foi avaliado aos 60, 120 e 150 dias. Ao final do período experimental foram avaliadas a área foliar, a área da copa, massa seca, IQD, H/D, MSPA/MSR e a anatomia foliar. As plantas cultivadas em lodo de esgoto apresentaram maior altura, diâmetro do caule, número de folhas, massa seca, área foliar, área da copa, índice clorofila e IQD. As análises anatômicas mostraram redução da espessura do parênquima paliçádico, mesófilo e na relação área dos vasos/nervura central nos tratamentos contendo lodo. O uso de lodo de esgoto urbano em proporções entre 5 e 20% é viável para produção de mudas de aroeira-do-sertão.

Palavras-chave: Aroeira-do-sertão, biossólido; produção de mudas.

5.1 INTRODUÇÃO

O rápido processo de urbanização juntamente com o crescimento populacional acelerado, centrados em um estilo de vida consumista, são os principais responsáveis pelo aumento significativo na geração de resíduos sólidos nos grandes centros urbanos, o que implica na necessidade do desenvolvimento de estratégias sustentáveis para a sua disposição final, com a possibilidade do aproveitamento desses resíduos em diversas áreas (SCHEER et al., 2012; SILVA et al., 2015; NASCIMENTO et al., 2020a). Resíduos de origem urbana geralmente possuem grande quantidade de matéria orgânica e são ricos em nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Devido a isso, o seu aproveitamento na composição de substratos para produção de mudas florestais, pode ser uma alternativa viável, visando garantir a qualidade das mudas produzidas e dar uma destinação ambientalmente sustentável para esse tipo de resíduo (SANTOS et al., 2013; TRAZZI et al., 2014; CABREIRA et al., 2017; LIMA-FILHO et al., 2019).

O lodo de esgoto urbano que é um subproduto sólido gerado nas estações de tratamento de esgotos a partir do tratamento de águas residuárias (GROBELAK et al., 2019) insere-se nesse contexto, pois está entre os resíduos oriundos das atividades humanas, que podem causar sérios problemas à saúde e graves impactos ao meio ambiente, se não gerenciados de forma adequada e sustentável (NASCIMENTO et al., 2020a). Um dos principais problemas que envolvem esse resíduo é o seu descarte final, uma vez que grande parte atualmente é descartada em aterros sanitários, cuja prática pode causar problemas para saúde humana e impactos ambientais (NASCIMENTO et al., 2020b). Outro problema associado ao lodo é a presença de elementos tóxicos e agentes patogênicos, que podem contaminar o solo e os lençóis freáticos (LEILA et al., 2017; MANCA et al., 2020). Entretanto, o lodo possui algumas características que possibilitam o seu aproveitamento para produção de mudas de espécies florestais nativas, principalmente o seu alto teor de matéria orgânica, a sua grande quantidade de nutrientes, como o fósforo, potássio, nitrogênio e a sua elevada capacidade de retenção de água (CHENG et al., 2007; LIU, 2016; KACPRZAK et al., 2017; SIQUEIRA et al., 2019).

A etapa de produção de mudas de espécies florestais em viveiros é fundamental para o sucesso da restauração florestal, para a recuperação de áreas degradadas e para conservação de espécies ameaçadas (GROSSNICKLE, 2012; GROSSNICKLE & MACDONALD, 2018). Esta etapa é dependente de insumos e tem impacto direto na sobrevivência e no crescimento inicial das mudas no campo (RIIKONEN &

LOURANEN, 2018; HAASE et al., 2021). Vários fatores influenciam diretamente a produção de mudas de espécies florestais em viveiros, dentre os quais destaca-se o tipo de substrato utilizado. Esse deve oferecer condições adequadas que propiciem um bom desenvolvimento das mudas, permitindo uma boa formação da parte aérea e do sistema radicular (TRIGUEIRO & GUERRINI, 2014; FERMINO et al., 2018; SILVA et al., 2019).

O lodo de esgoto tem sido utilizado com sucesso na composição de substrato para produção de mudas de muitas espécies florestais (ABREU et al., 2017a; ABREU et al., 2017b; CABREIRA et al., 2017; CHU et al., 2017; ALONSO et al., 2018; CALDEIRA et al., 2018; SIQUEIRA et al., 2019; SILVA et al., 2019). No entanto, cada espécie vegetal pode apresentar um padrão de resposta diferente a depender da quantidade de recursos disponíveis no ambiente (POORTER et al., 2008; JONG & LEYSER, 2012; JALAL et al., 2021). Assim as características morfológicas, anatômicas e fisiológicas das plantas podem ser afetadas a depender da proporção de lodo incorporado ao substrato, podendo estimular ou inibir o crescimento das mesmas (WIRWICKA & URBANIAK, 2016; SILVA et al., 2018).

Astronium urundeuva (M. Allemão) Engl. é uma espécie florestal arbórea nativa do Brasil, que pertence à família Anacardiaceae e tem como basinômio *Myracrodruon urundeuva* Allemão, sendo conhecida popularmente como aroeira-do-sertão (MITCHELL & DALY, 2017; ALVES et al., 2020). A aroeira-do-sertão possui uma madeira de excelente qualidade (alta densidade e baixa deterioração), considerada praticamente imputrescível, sendo comumente utilizada para construções internas, externas e na fabricação de estacas e mourões (GAINO et al., 2011; LONGUI et al., 2017). Além disso, esta espécie chama a atenção da indústria farmacêutica por possuir propriedades cicatrizantes, neuroprotetoras, antiinflamatórias, analgésicas, antifúngicas e antimicrobianas (NOBRE-JÚNIOR et al., 2009; SÁ et al., 2009; CALOU et al., 2014; GALVÃO et al., 2018; MATOS et al., 2019; TEIXEIRA et al., 2020). Devido aos seus múltiplos usos e a sua exploração ocorrer de forma extrativista as suas populações naturais sofreram reduções drásticas o que resultou em diminuição do número de indivíduos adultos com consequente perda de variabilidade genética (MONTEIRO et al., 2005; PACHECO et al., 2006; SCALON et al., 2012; BARROS et al., 2015). Dessa maneira, essa espécie já foi listada como ameaçada de extinção (BRASIL, 2008), necessitando de estudos que visem aprimorar os métodos de propagação e produção de mudas dessa espécie para garantir a sua conservação.

Considerando a necessidade da produção de mudas em larga escala de aroeira-do-sertão, bem como, da disposição final ambientalmente sustentável do lodo de esgoto, partimos da hipótese de que o lodo quando incorporado ao substrato incrementa o crescimento inicial de aroeira-do-sertão e estimula a produção de mudas de qualidade. Partindo desse pressuposto, nosso objetivo foi avaliar as respostas morfológicas, anatômicas e fisiológicas de mudas de aroeira-do-sertão em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano, a fim de determinar qual a proporção desse resíduo poderia favorecer a produção de mudas em grandes quantidades e com qualidade suficiente para sobreviver às condições adversas quando inseridas no campo.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Material Vegetal

Sementes maduras de aroeira-do-sertão foram coletadas a partir de árvores matrizes em áreas de Caatinga localizadas no município de Guanambi, Bahia, Brasil (14° 12' 26" S; 42° 46' 55" O), levadas ao laboratório e colocadas para germinar em bandejas de poliestireno contendo como substrato areia lavada e vermiculita. Finalizado o período germinativo, plântulas com 30 dias de idade foram transferidas para sacos pretos de polietileno (10x15cm) contendo como substrato terra vegetal e areia lavada na proporção de 1/1. Após 60 dias, as plantas com aproximadamente 5,1cm de altura, 0,10mm de diâmetro do caule e em média 6 folhas, tiveram as suas raízes lavadas e foram transferidas para sacos pretos de polietileno (15x25cm) contendo os respectivos tratamentos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Sergipe (10°55'34" S; 37°06'08" O) e a irrigação foi realizada diariamente até a capacidade de campo do substrato.

5.2.2 Formulação dos tratamentos e caracterização do substrato

Para análise do crescimento e do desenvolvimento inicial de mudas de aroeira-do-sertão foram testados os seguintes tratamentos: 100% areia lavada (A); 5% lodo de esgoto (LE) + 95% de A; 10% LE + 90% A; 20% LE + 80% A; 100% terra vegetal (TV); 50% TV + 50% A (TABELA 8). Após a transferência para os tratamentos, as plantas foram mantidas sob uma tela do tipo sombrite que bloqueia 80% da luz solar durante 30 dias para a aclimatização. Após o período de aclimatização as plantas foram mantidas em pleno sol durante todo o período experimental.

Tabela 8. Formulação dos tratamentos testados para produção de mudas de aroeira-do-sertão em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano.

Tratamentos	Lodo de esgoto (%)	Areia (%)	Terra vegetal (%)
T1 (100% A)	-	100	-
T2 (5% LE + 95% A)	5	95	-
T3 (10% LE + 90% A)	10	90	-
T4 (20% LE + 80% A)	20	80	-
T5 (100% TV)	-	-	100
T6 (50% A + 50% TV)	-	50	50

*(A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). Fonte: Elaboração do autor.

O lodo de esgoto urbano utilizado no experimento foi obtido a partir do sistema de aeração prolongada, proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico da Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) localizada no município de Aracaju, Sergipe, Brasil. O lodo de esgoto foi mantido em leitos de secagem durante 15 dias para redução máxima da umidade, aplicado óxido de cálcio (CaO) para desinfecção e triturado manualmente antes de ser misturado à areia lavada para uniformização. Realizou-se caracterização físico-química do lodo e de todos os tratamentos testados no experimento no Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) (TABELA 9).

Tabela 9. Caracterização físico-química dos substratos utilizados para o cultivo das mudas de aroeira-do-sertão.

Parâmetros	Substrato					
	100% A	5% LE + 95% A	10% LE + 90% A	20% LE + 80% A	100% TV	50% A + 50% TV
pH (H ₂ O)	4,04	5,66	7,43	6,13	6,48	5,91
Ca + Ma (cmolc/dm ³)	0,51	1,51	6,77	3,66	4,40	2,31
Ca (cmolc/dm ³)	0,32	1,08	4,72	2,98	4,07	1,99
Al (cmolc/dm ³)	0,43	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
Na (mg/dm ³)	13,9	23,9	830	1120	28,8	41,1
K ⁺ (mg/dm ³)	6,90	30,3	283	680	28,8	13,9
P (mg/dm ³)	7,40	102	86,0	330	10,1	6,50
M.O (g/dm ³)	5,87	9,45	30,3	27,8	7,56	12,9
Mg (cmolc/dm ³)	<0,30	0,43	2,05	0,68	0,32	0,33
H + Al (cmolc/dm ³)	1,24	0,857	ND	1,43	1,05	1,43
S.B. (cmolc/dm ³)	0,40	1,69	17,6	10,3	2,53	4,6
CTC (cmolc/dm ³)	1,64	2,55	17,6	11,7	3,58	6,03
PST (%)	7,0	4,08	20,5	41,6	2,07	5,0
V (%)	24,4	66,3	100	88,0	70,7	76,3
C/N (%)	0,34/0,22	0,55/0,22	1,76/0,26	1,62/0,22	0,44/0,22	0,75/0,22
N total (%N)	<0,22	<0,22	0,26	<0,22	<0,22	<0,22
Granulometria (%)	Areia	96,29	94,78	76,62	94,53	86,76
	Silte	1,83	1,84	15,83	1,76	11,75
	Argila	1,88	3,38	7,55	3,71	1,47

*pH (H₂O)- pH em água; Na- Sódio, K⁺- Potássio e P- fósforo (método Mehlich -1); Ma- Magnésio, Ca- Cálcio e Al- Alumínio (método KCL); M. O.- Matéria orgânica (método WB (colorimétrico)); H + Al- Hidrogênio + Alumínio (método SMP); SB- Soma de Bases Trocáveis; CTC- Capacidade de Troca de Cátions; PST- Porcentagem de Sódio Trocável; V- Índice de Saturação de Bases; C/N- Relação Carbono/Nitrogênio (método MPOACF); N total- Nitrogênio Total (método MAPA); Granulometria (método Densímetro de Bouyoucos); (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). Elaboração do autor.

5.2.3 Monitoramento das condições ambientais

Durante todo o período experimental, a temperatura e a umidade relativa do ar da casa de vegetação foram monitoradas por um termohigrômetro (ASO, modelo AK172) localizado um metro acima do nível do solo. A temperatura média durante o período experimental foi de $29 \pm 4^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa média foi de 68%.

5.2.4 Análises de crescimento e acúmulo de biomassa

Durante 150 dias de condução do experimento foram realizadas avaliações mensais, iniciadas uma semana após a montagem do experimento. As variáveis analisadas foram altura da parte aérea (cm) (padronizada da base do caule até a inserção da última folha), número de folhas e diâmetro do caule (cm). Ao final do período experimental, as plantas foram coletadas e separadas em folhas, caule e raízes e levadas para estufa de aeração forçada à 70°C para determinação da massa seca de: folhas, caule, raiz e total (g). Os dados biométricos e de massa foram utilizados para os cálculos das razões altura/diâmetro (H/D), massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) e do Índice de Qualidade de Dickson (IDQ) (DICKSON et al., 1960), de acordo com a Eq. 1:

$$IDQ = \frac{MST (g)}{\frac{H (cm)}{D (mm)} + \frac{MSPA (g)}{MSR (g)}}$$

Onde MST é a massa seca total, H é a altura, D é o diâmetro do caule, MSPA é a massa seca da parte aérea e MSR é a massa seca da raiz.

5.2.5 Análises de área foliar e área da copa

Para medida da área foliar, três plantas de cada tratamento foram selecionadas aleatoriamente e foram tiradas fotos de todas as suas folhas com a câmera do celular Moto G5 Plus de 12 megapixels, padronizando-se a mesma altura para todas as fotos. Em seguida, com auxílio do programa ImageJ versão 1.52a, foi determinada a área foliar (cm²) de cada tratamento.

Para medida da área da copa foi utilizado o aplicativo Canopy Cover Free (https://play.google.com/store/apps/details?id=com.heaslon.canopycover&hl=pt_BR&gl=US). Seis plantas de cada tratamento foram selecionadas, colocadas em uma cabine totalmente branca com dimensões previamente definidas, e fotografadas a partir de uma altura pré-estabelecida com câmera de celular Moto G5 Plus de 12 megapixels. O aplicativo estimou a porcentagem de área verde, e a partir de regra de três chega-se ao valor correspondente à área copa (m²).

5.2.6 Índice de clorofila e fluorescência da clorofila a

O índice de clorofila na folha foi estimado de forma indireta através do clorofilômetro portátil (modelo CCM-200, OPIT-SCIENCES, EUA). O índice foi medido mensalmente a partir de 30 dias da instalação do experimento sempre no folíolo terminal último par de folhas completamente expandidas do ápice. As medidas foram realizadas em seis repetições de cada tratamento, onde a média de cada tratamento foi resultado de quatro medições por repetição, duas medições em duas folhas de cada planta.

As avaliações de eficiência fotoquímica do PSII (Fv/Fm) e o índice de desempenho (Pi abs) foram realizadas final do período experimental de 150 dias em cinco repetições de cada tratamento, com o auxílio de um fluorômetro portátil Handy-PEA (Analisador de Eficiência Vegetal, Hansatech Instruments., King's Lynn Norfolk, UK). As medidas foram realizadas entre 07:00 e 08:00 horas da manhã no folíolo terminal de folhas completamente expandidas. Estas foram adaptadas ao escuro por 30 minutos, e em seguida, expostas a um pulso de luz saturada de 3000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em um comprimento de onda de 650 nm durante 1 s, a fim de determinar as características descritas acima.

5.2.7 Análises anatômicas

Para realização das análises de anatomia foliar foi coletada a última folha completamente expandida em quatro repetições de cada tratamento. As folhas foram fixadas em FAA (formaldeído, ácido acético e álcool 70%) por 72 h, em seguida transferidas para álcool 70% (JOHANSEN, 1940). Para o preparo das lâminas foram realizados cortes transversais feitos à mão, que foram clarificados com hipoclorito de sódio comercial a 50% durante cinco minutos, corados com safrablau (safranina 1% e azul de astra 0,3% na proporção 7:3) (KRAUS & ARDUIN, 1997). As lâminas foram montadas em glicerina 50% e fotografadas em um microscópio óptico Bioval com

câmera acoplada (Sony/Cyber-shot de 12.1 megapixels). Para cada repetição foram realizadas três fotos de três cortes, totalizando doze repetições por tratamento. A partir dessas imagens foram feitas as medidas de espessura da epiderme abaxial e adaxial (μm), espessura do mesofilo (μm), espessura do parênquima paliçádico e lacunoso (μm) e proporção entre parênquima paliçádico e lacunoso (resultado da média de três medidas por imagem); e relação área dos vasos/nervura central (resultado de uma medida por imagem). Todas as medidas foram realizadas com o auxílio do programa Image J versão 1.53k.

5.2.8 Desenho experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi completamente randomizado composto por seis tratamentos (100% A; T2-5% LE + 95% A; 10% LE + 90% A; 20% LE + 80% A; 50% TV + 50% A; 100% TV) e seis repetições para as análises de crescimento, acúmulo de biomassa, área da copa e índice de clorofila, três repetições para análise da área foliar, cinco repetições para o índice de fluorescência e doze repetições para as análises anatômicas, sendo que cada repetição era composta por uma planta. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk com auxílio do programa Past versão 4.06b. Para as variáveis paramétricas os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico Sisvar versão 5.7 (FERREIRA, 2011). Para as variáveis que não atenderam às premissas de normalidade (diâmetro do caule, número de folhas, índice de fluorescência e variáveis anatômicas) foi realizada uma análise não-paramétrica usando o teste de Kruskal-Wallis e as médias comparadas pelo teste post-hoc de Dunn's ($p < 0,05$) com auxílio do programa Past versão 4.06b.

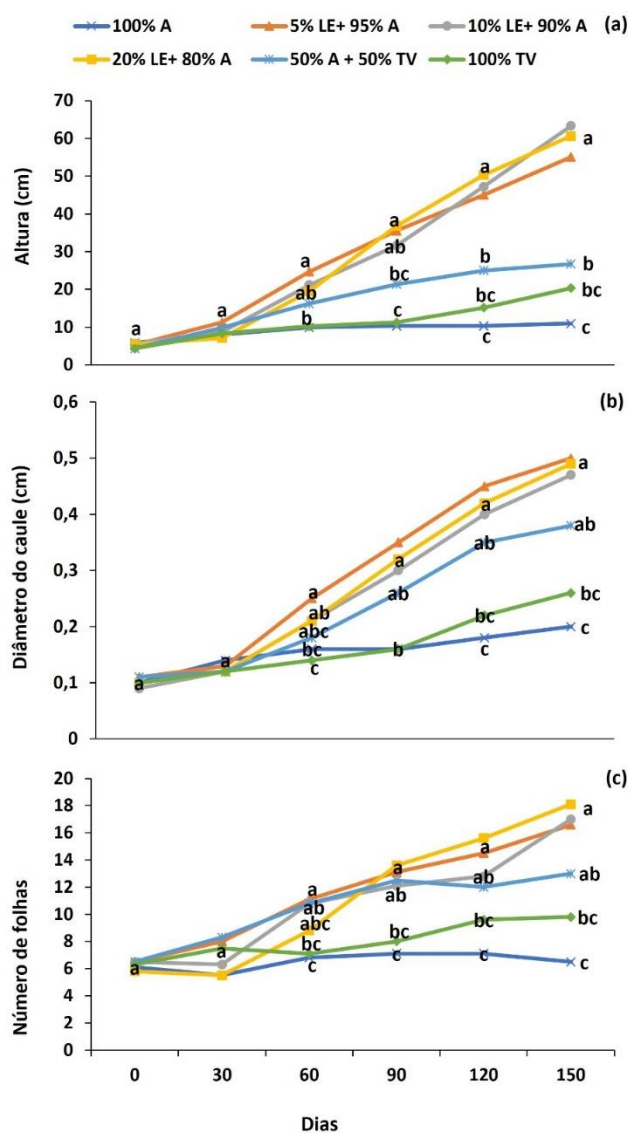
5.3 RESULTADOS

5.3.1 Análises de crescimento e acúmulo de biomassa

O crescimento inicial de mudas de aroeira-do-sertão foi influenciado diretamente pela adição de lodo de esgoto urbano ao substrato, de modo que diferenças significativas foram observadas para todas as variáveis já aos 60 dias de cultivo. Ao final do período experimental de 150 dias as plantas cultivadas nos tratamentos contendo lodo (5% LE + 95% A, 10% LE + 90% A e 20% LE + 80% A) triplicaram a sua altura e tiveram um incremento superior à 70% no diâmetro do caule e no número de folhas quando

comparadas às plantas cultivadas em tratamentos sem lodo (100% A, 50% A + 50% TV e 100% TV) (FIGURA 28 a, b e c).

Figura 28. Altura (a), diâmetro do caule (b) e número de folhas (c) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$) para variável altura e pelo teste post-hoc de Dunn's ($p < 0,05$) para as variáveis diâmetro do caule e número de folhas.

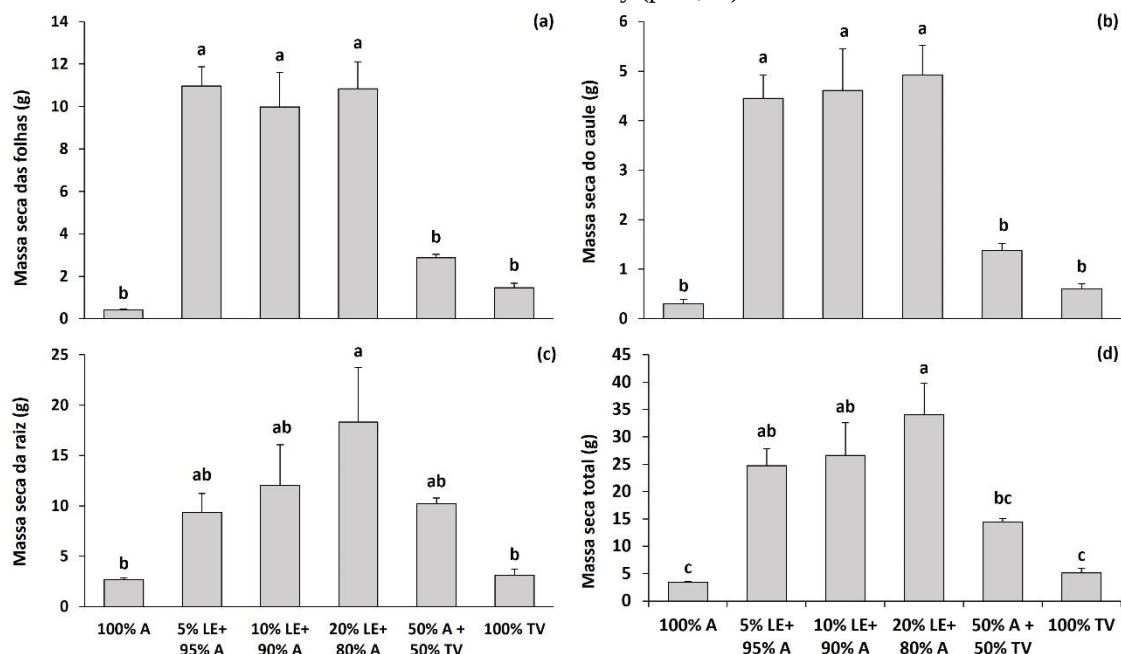


Fonte: Elaboração do autor.

Resultados semelhantes foram observados para a massa seca das folhas e do caule. Essas variáveis apresentaram um aumento significativo quando cultivadas nos tratamentos contendo lodo de esgoto (5% LE + 95% A, 10% LE + 90% A e 20% LE + 80% A) em relação aos outros tratamentos. Já para a massa seca da raiz e a massa seca

total o tratamento com maior proporção de lodo (20% LE + 80% A) apresentou as maiores médias quando comparado aos demais tratamentos (FIGURA 29).

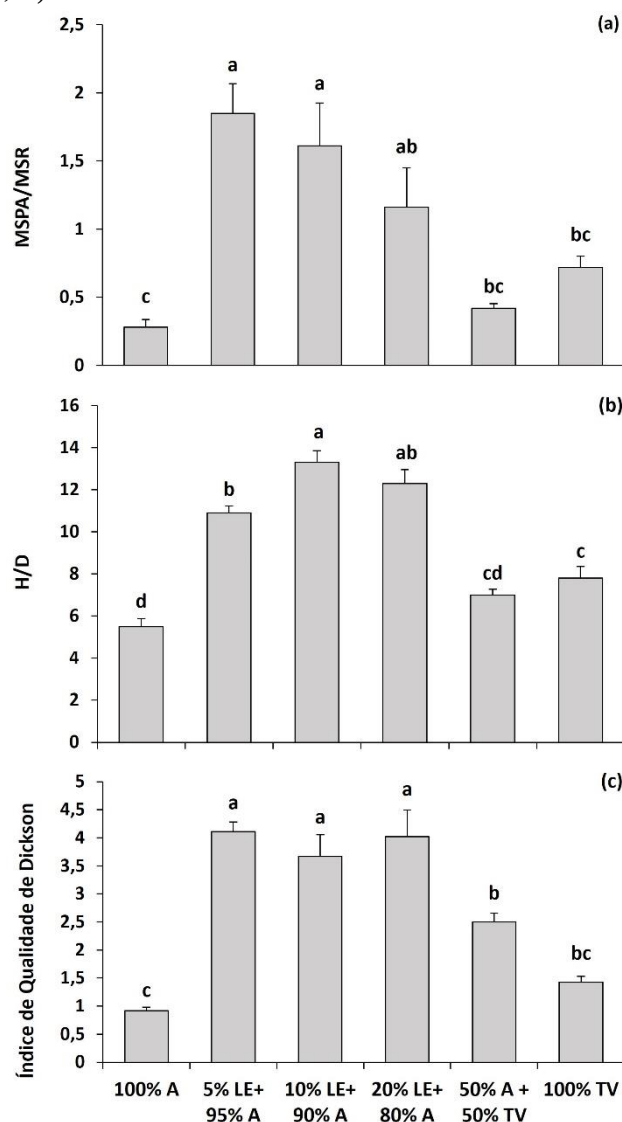
Figura 29. Massa seca das folhas (a), massa seca do caule (b), massa seca da raiz (c) e massa seca total (d) de mudas de sroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). As colunas representam as médias (n= 6) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey (p <0,05).



Fonte: Elaboração do autor.

As mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em substrato contendo lodo apresentaram os maiores índices de relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR), altura/diâmetro (H/D) e Índice de Qualidade de Dickson (IDQ), com um aumento em média de duas a quatro vezes maior do que as mudas cultivadas em tratamentos sem a presença de lodo (FIGURA 30).

Figura 30. Relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) (a), relação altura/diâmetro (H/D) (b) e Índice de Qualidade de Dickson (c) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). As colunas representam as médias (n= 6) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

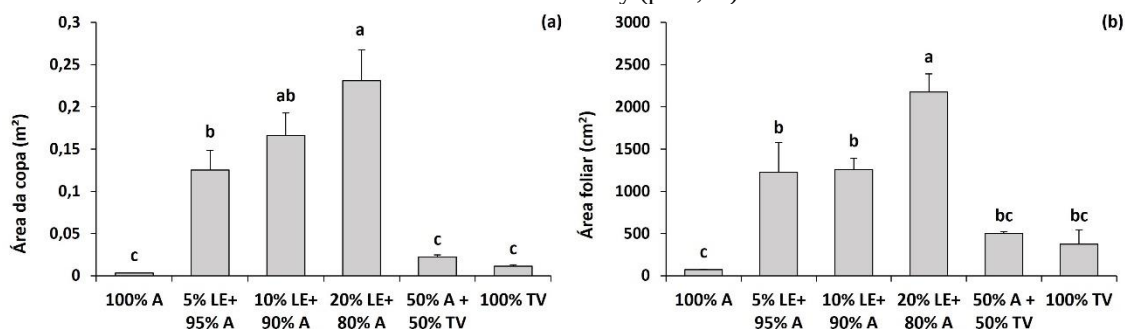


Fonte: Elaboração do autor.

5.3.2 Análises de área foliar e área da copa

As análises de área foliar e área da copa mostraram que houve um aumento significativo dessas variáveis à medida que a proporção de lodo incorporada ao substrato foi maior, sendo que as mudas cultivadas no tratamento com maior proporção de lodo (20% LE + 80% A) apresentaram maior área foliar e maior área da copa do que quase todos os outros tratamentos, com um incremento de cinco e quinze vezes respectivamente, quando comparado com os tratamentos sem lodo (100% A, 50% A + 50% TV e 100% TV) (FIGURA 31).

Figura 31. Área da copa (a) e área foliar (b) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). As colunas representam as médias ($n=6$ para área da copa e $n=3$ para área foliar e área foliar específica) e as barras são o erro padrão. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

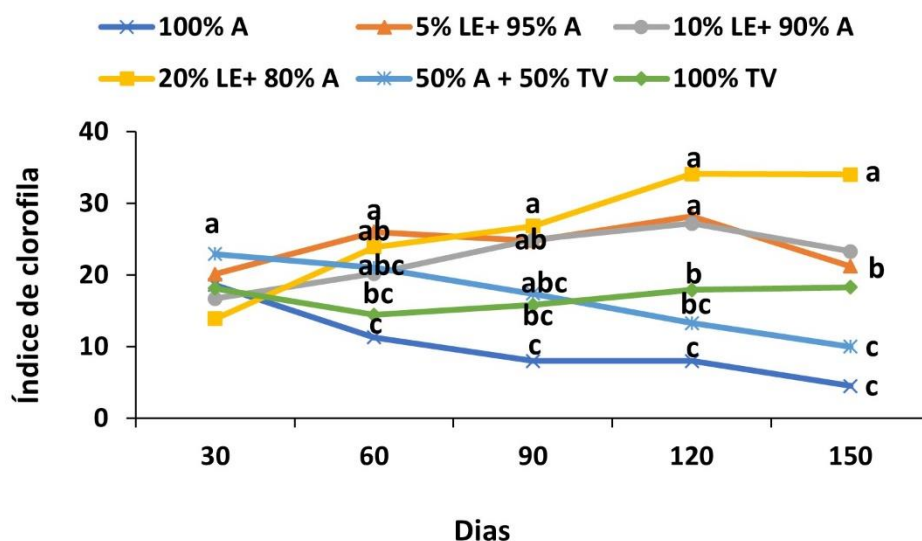


Fonte: Elaboração do autor.

5.3.3 Índice de clorofila e de fluorescência

Conforme observado para as variáveis área foliar e área da copa, as mudas de aroeira-do-sertão cultivadas no tratamento com maior proporção de lodo de esgoto (20% LE + 80% A) apresentaram maior teor de clorofila (34) nas folhas em relação aos outros tratamentos ao final de 150 dias da condução do experimento (FIGURA 32).

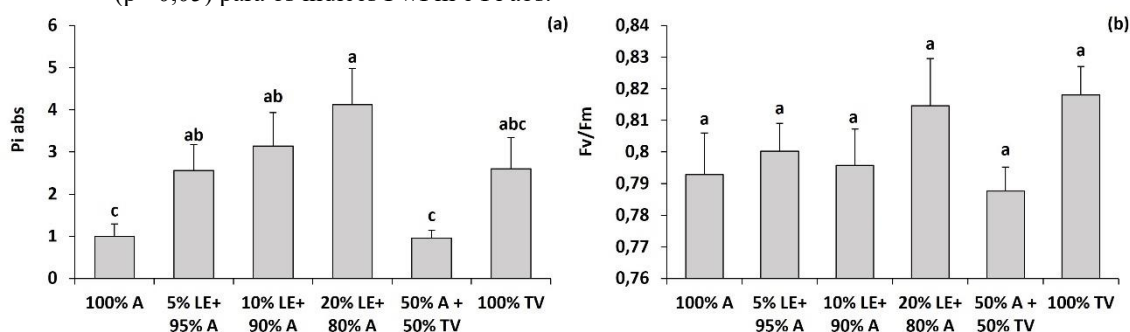
Figura 32. Índice de clorofila de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).



Fonte: Elaboração do autor.

Para a variável P_i abs as mudas do tratamento com a maior proporção de lodo (20% LE + 80% A) apresentaram os maiores valores quando comparado com as mudas dos tratamentos 100% A e 50% A + 50% TV (FIGURA 33a). Para F_v/F_m não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos (FIGURA 33 b).

Figura 33. Índice P_i abs (a) e índice F_v/F_m (a) de mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). As colunas representam as médias ($n=5$) e as barras são o erro padrão. Os valores seguidos pelas mesmas letras não apresentam diferenças significativas no mesmo período de avaliação de acordo com o teste de Tukey ($p<0,05$) para o índice clorofila e pelo teste post-hoc de Dunn's ($p<0,05$) para os índices F_v/F_m e P_i abs.



Fonte: Elaboração do autor.

5.3.4 Análises Anatômicas

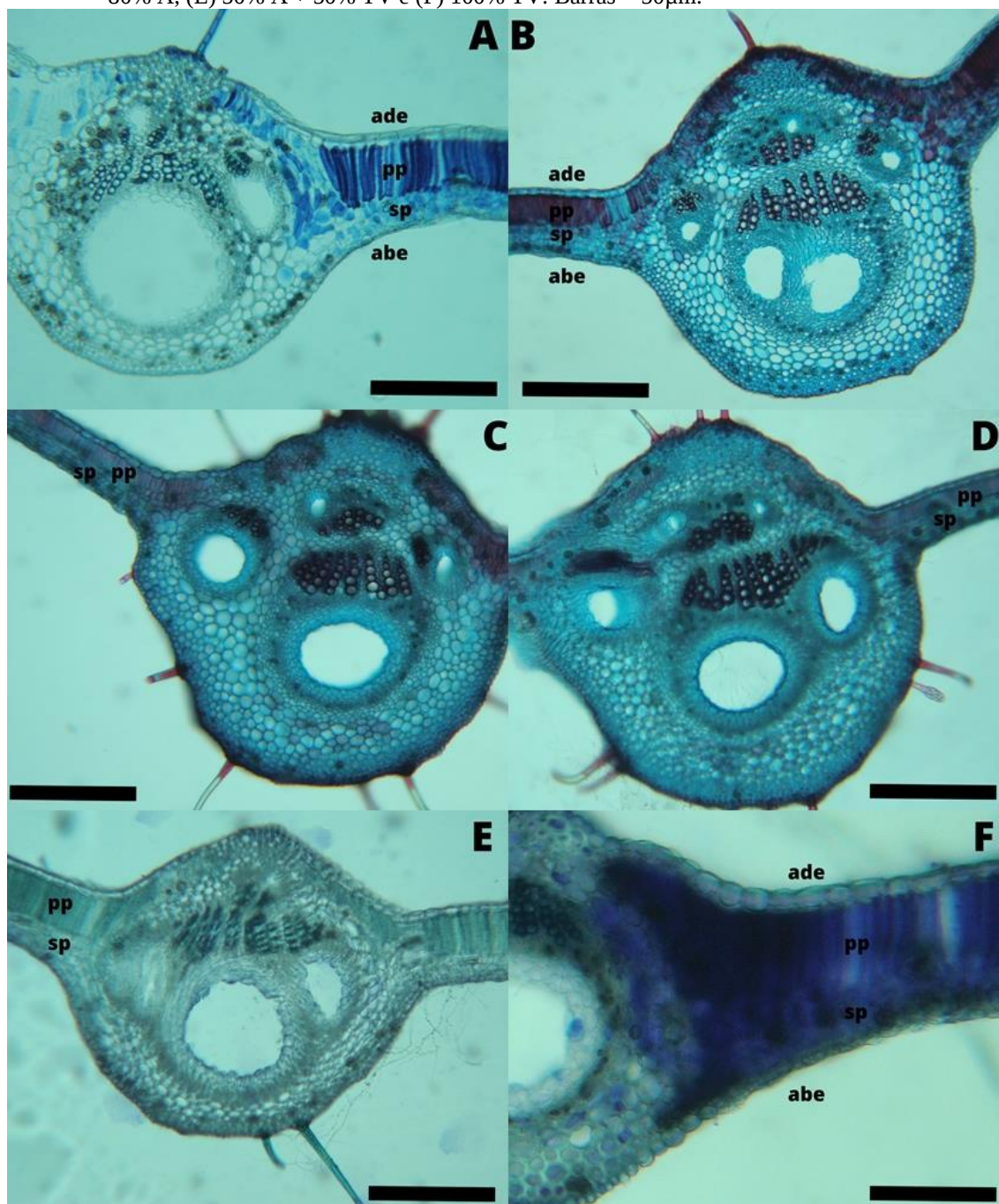
As análises anatômicas foliares demonstraram que as plantas cultivadas nos tratamentos contendo lodo (5% LE + 95% A, 10% LE + 90% A e 20% LE + 80% A) apresentaram uma menor espessura do parênquima paliçádico e do mesófilo, quando comparadas com as plantas mantidas em tratamentos sem o lodo (100% A, 50% A + 50% TV e 100% TV) (FIGURA 34). Para a espessura do parênquima lacunoso as mudas cultivadas em 100% A apresentaram a menor média, diferindo significativamente de quase todos os outros tratamentos, com exceção do tratamento 5% LE + 95% A. As plantas cultivadas em 100% A apresentaram ainda uma maior espessura da epiderme adaxial quando comparadas com as plantas dos tratamentos 10% LE + 90% A, 50% A + 50% TV e 100% TV. As plantas cultivadas em 100% TV apresentaram uma menor espessura da epiderme abaxial, diferindo significativamente das plantas cultivadas em tratamentos contendo lodo. Para a relação área dos vasos/nervura central as plantas do tratamento com a maior dose de lodo (20% LE + 80% A) apresentaram as menores médias, quando comparadas com as plantas dos tratamentos 100% A e 100% TV (TABELA 10).

Tabela 10. Características anatômicas foliares de aroeira-do-sertão cultivada em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano.

Tratamentos	Parâmetros (μm)					
	Parênquima Paliçádico	Parênquima Lacunoso	Mesofilo	Epiderme Adaxial	Epiderme Abaxial	Áreas dos vasos/ Nervura central
100% A	78,7 $\pm$ 8,7 ^a	37,7 $\pm$ 4,8 ^c	117 $\pm$ 12,5 ^a	20,3 $\pm$ 1,6 ^a	11,7 $\pm$ 0,9 ^{ab}	0,50 $\pm$ 0,01 ^a
5% LE + 95% A	53,9 $\pm$ 4,1 ^b	44,1 $\pm$ 4,1 ^{bc}	94,6 $\pm$ 8,2 ^c	17,5 $\pm$ 0,98 ^{ab}	13,1 $\pm$ 0,3 ^a	0,45 $\pm$ 0,009 ^{bc}
10% LE + 90 A	52,1 $\pm$ 5,1 ^b	49,3 $\pm$ 3,1 ^{ab}	97,2 $\pm$ 6,2 ^{bc}	16,2 $\pm$ 1,0 ^b	13,6 $\pm$ 0,9 ^a	0,45 $\pm$ 0,01 ^{bc}
20% LE + 80% A	43,1 $\pm$ 2,5 ^b	55,4 $\pm$ 3,5 ^a	95,8 $\pm$ 5,3 ^c	17,1 $\pm$ 1,2 ^{ab}	12,2 $\pm$ 0,9 ^a	0,41 $\pm$ 0,01 ^c
50% A + 50% TV	68,3 $\pm$ 3,5 ^a	48,4 $\pm$ 3,1 ^{ab}	114,5 $\pm$ 5,9 ^{ab}	16,3 $\pm$ 0,9 ^b	11,3 $\pm$ 0,7 ^{ab}	0,44 $\pm$ 0,01 ^{bc}
100% TV	78,8 $\pm$ 2,5 ^a	47,4 $\pm$ 2,2 ^{ab}	125,8 $\pm$ 4,5 ^a	15,2 $\pm$ 0,8 ^b	9,9 $\pm$ 0,5 ^b	0,47 $\pm$ 0,01 ^{ab}
CV%	27,2	26,5	24,6	23,3	22,2	10,2

Os valores representam a média (n=12) $\pm$ o erro padrão. (A=Areia, LE=Lodo de esgoto, TV=Terra vegetal). Em cada coluna, os valores seguidos pela mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste post-hoc de Dunn's (p < 0,05). Fonte: Elaboração do autor.

Figura 34. Seções transversais de folhas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano. (A) 100% A, (B) 5% LE + 95% A, (C) 10% LE + 90% A, (D) 20% LE + 80% A, (E) 50% A + 50% TV e (F) 100% TV. Barras = 50µm.



Fonte: Augusto Vinicius de Souza Nascimento.

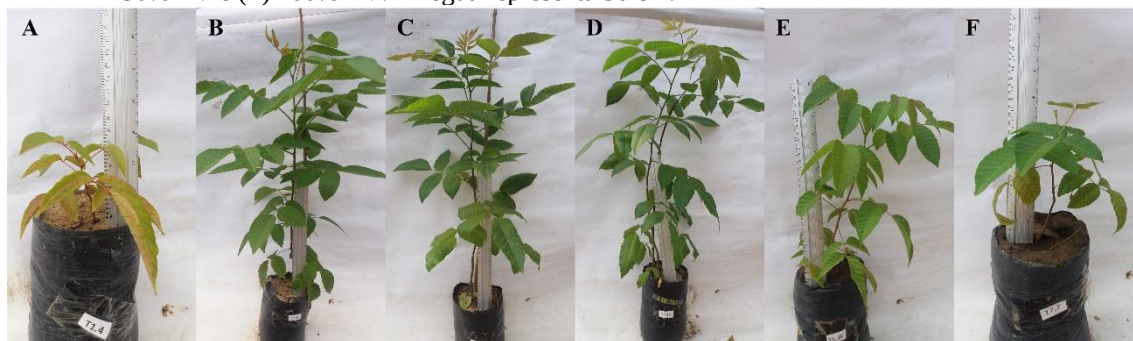
DISCUSSÃO

Nossos resultados indicam que a adição de lodo de esgoto urbano ao substrato altera as características morfológicas, anatômicas e fisiológicas de aroeira-do-sertão, favorecendo o crescimento das mudas, corroborando com a hipótese apresentada inicialmente. Os benefícios do uso de lodo de esgoto como fertilizante na produção de

mudas estão relacionados com a quantidade de nutrientes presentes nesse resíduo, aumento do conteúdo de matéria orgânica e da capacidade de retenção de água do substrato (CHU et al., 2017). Essas características foram observadas na caracterização físico-química dos substratos testados nesse experimento. É importante ressaltar que proporções maiores de lodo de esgoto foram testadas para esta espécie (40, 60 e 100%), mas todas as plantas morreram antes do conjunto das condições experimentais (dados não apresentados).

A influência positiva da aplicação de lodo de esgoto no substrato já foi relatada em diversos estudos para diferentes plantas lenhosas, incluindo *Ceiba speciosa* (ALONSO et al., 2018), *Schinus terebinthifolius* (MENDONÇA et al., 2019), *Eucalyptus urograndis* (MANCA et al., 2020) e *Hovenia dulcis* (MELO et al., 2021). Consistente com esses estudos, nossos resultados indicaram que a adição de lodo é um método eficaz para incrementar o crescimento de mudas de aroeira-do-sertão, com a altura da planta, o diâmetro do caule, o número de folhas e o acúmulo de biomassa de aroeira-do-sertão sendo significativamente aumentados pela adição de lodo ao substrato (FIGURA 35).

Figura 35. Mudas de aroeira-do-sertão cultivadas em diferentes proporções de lodo de esgoto urbano. (A) 100% A, (B) 5% LE + 95% A, (C) 10% LE + 90% A, (D) 20% LE + 80% A, (E) 50% A + 50% TV e (F) 100% TV. A régua representa 30 cm.



Fonte: Augusto Vinicius de Souza Nascimento.

A altura da parte aérea, o diâmetro do caule e o número de folhas estão entre as variáveis mais utilizadas para avaliar a qualidade das mudas produzidas em viveiros, estando diretamente relacionadas com a sobrevivência e com o crescimento das mudas após a transferência para o campo (ZIDA et al., 2008). Em nosso estudo, observamos que as mudas cultivadas nos tratamentos contendo lodo atingem em tempo reduzido a altura necessária para serem levadas a campo, reduzindo o custo de produção de mudas. Segundo Scremin-Dias et al. (2006) e Cabreira et al. (2017) no momento da

transferência para o campo as mudas devem ter no mínimo 30 cm de altura da parte aérea para poderem sobreviver as condições adversas do ambiente. O aumento dessas variáveis pode ter relação com a maior disponibilidade de matéria orgânica presente no lodo de esgoto (TABELA 2).

Os teores de matéria orgânica presente em substratos para produção de mudas florestais favorecem a solubilização de nutrientes, aumentam a capacidade de troca catiônica do substrato, melhoram a absorção de nutrientes pelas plantas e facilitam a penetração das raízes no substrato (BONINI et al., 2015; ABREU et al., 2019). Outros elementos presentes em maiores concentrações nos tratamentos contendo lodo são o potássio (K) e o fósforo (P) (TABELA 2). O K e o P são macronutrientes importantes para a manutenção do metabolismo das plantas, incluindo a osmorregulação, a fotossíntese, a expansão celular, a fosforilação oxidativa e a ativação de proteínas, sugerindo que uma maior disponibilidade desses elementos pode ter um efeito positivo no crescimento de mudas florestais (SANTIAGO & WRIGHT, 2007; SANTIAGO et al., 2011).

De modo geral, a adição de lodo de esgoto ao substrato ocasionou um maior acúmulo de biomassa das folhas, do caule, das raízes e total nas mudas de aroeira-do-sertão. Já nos tratamentos sem a adição de lodo, o acúmulo de biomassa foi menor (Fig. 2). A deficiência de K pode limitar o acúmulo de biomassa das plantas, pois o K aumenta as taxas fotossintéticas das folhas, a assimilação de CO₂ e facilita a movimentação do carbono (SANGAKKARA et al., 2000; SAWAN et al., 2008). O acúmulo de biomassa é uma medida fundamental de crescimento, pois representa o ganho líquido em fotoassimilados (MAÑAS et al., 2009). Assim, as mudas com um maior acúmulo de biomassa serão mais robustas e resistentes às condições adversas quando levadas ao campo (GROSSNICKLE, 2012).

Outras características que podem ser utilizadas para avaliar a qualidade e que indicam a robustez de mudas florestais produzidas em viveiros, são as relações massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR), altura/diâmetro (H/D) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (FARIA et al., 2017). A distribuição de biomassa nas mudas pode ser representada pela relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz (MSPA/MSR) (ALONSO et al., 2018). Um valor baixo de MSPA/MSR pode indicar um menor número de folhas e, portanto, influenciar negativamente o processo de fotossíntese da planta (MAÑAS et al., 2009). Alguns autores recomendam que mudas de boa qualidade devem apresentar valores entre 1,5 e

2,0 para essa relação (MAÑAS et al., 2009; ALONSO et al., 2018). Nossos resultados mostraram que apenas as mudas cultivadas nos tratamentos contendo lodo de esgoto apresentaram valores próximos ao recomendado, indicando a melhor qualidade destas.

A relação altura e diâmetro (H/D), conhecida também como quociente de robustez, representa o quanto a muda cresceu em altura em relação ao seu crescimento em diâmetro (ALONSO et al., 2018). Valores baixos desse índice podem indicar uma planta mais robusta, com maior chance de sobrevivência (MAÑAS et al., 2009). Porém, para espécies nativas não existe um valor de referência pré-estabelecido para essa variável (ALONSO et al., 2018). Nossos resultados mostraram um quociente de robustez elevado para as mudas cultivadas nos tratamentos contendo lodo, mostrando um maior ganho em altura do que em diâmetro do caule.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) pode ser considerado um dos mais completos para indicar a qualidade das mudas, pois no seu cálculo são levados em consideração atributos como a robustez e o equilíbrio da distribuição de biomassa, o que permite agrupar diferentes características que são importantes para avaliação da qualidade das mudas (BINOTTO et al., 2010). Neste estudo, observamos que as mudas cultivadas nos tratamentos contendo lodo de esgoto no substrato, apresentaram as maiores médias para o índice de qualidade de Dickson. Maiores valores desse índice podem indicar que as mudas possuem maior qualidade, pois tem um desenvolvimento equilibrado entre a parte aérea e as raízes, e consequentemente melhores chances para sobreviverem no campo (SARMA e GOGOI, 2015; ABREU et al., 2017a).

A área foliar é uma variável de grande utilidade para avaliação da qualidade das mudas, pois a quantidade de fotoassimilados na planta é proporcional à sua área foliar (CAVALCANTE et al., 2016; LIMA et al., 2017). Neste estudo, observamos que a área foliar das mudas de aroeira-do-sertão é maior nos tratamentos contendo lodo, sendo que o tratamento com maior proporção (20% LE + 80% A) promoveu uma maior área foliar. Mudas de espécies florestais com maior área foliar podem produzir mais fotoassimilados após a transferência para o campo, e consequentemente podem apresentar um maior crescimento da parte aérea, das raízes e uma maior taxa de sobrevivência (GARCIA et al., 2010; CABREIRA et al., 2017). Resultados semelhantes foram observados para a área da copa, onde as mudas cultivadas nos tratamentos contendo lodo de esgoto apresentaram maiores valores desse índice.

O índice relativo de clorofilas nas folhas é uma das formas utilizadas para monitorar o estado fisiológico das mudas, sendo que o teor de clorofila está diretamente

relacionado à concentração de N nas folhas das plantas (GONZAGA et al., 2018). De uma forma geral, a concentração de N no solo afeta as atividades fisiológicas e o conteúdo de clorofila na folha, e esta diferença se tornará mais aparente ao analisar as taxas fotossintéticas da planta (SONG & LEE, 2010). Neste estudo observamos que o teor de clorofila nas folhas é significativamente aumentado pela adição de lodo de esgoto ao substrato, sendo que as mudas cultivadas no tratamento com maior proporção de lodo (20% LE + 80% A) apresentaram a maior média para esse índice. Estresses abióticos como a deficiência nutricional podem provocar a degradação de clorofilas, pigmentos verdes comuns de células fotossintéticas responsáveis pela captação da luz que será utilizada na fotossíntese (TAIZ et al., 2017). Danos a estas moléculas são graves e podem afetar o desenvolvimento e adaptabilidade das plantas em diferentes ambientes (TAIZ et al., 2017). Isso pode explicar os baixos valores para o índice de clorofila nos tratamentos 100% A e 50% A + 50% TV.

A eficiência fotoquímica do PSII avaliada através da relação F_v/F_m pode indicar possíveis danos no aparelho fotossintético, quando observado valores inferiores a 0,75 (SOUSA et al., 2016). Neste estudo não observamos diferenças significativas entre os tratamentos após 150 dias de condução do experimento. A variável P_i abs é considerada mais sensível às condições ambientais do que F_v/F_m e indica a estrutura e a funcionalidade da etapa fotoquímica (ŽIVČÁK et al., 2014; BUCHER et al., 2018). Para esta variável observamos que assim como para o teor de clorofila na folha o tratamento com maior proporção de lodo de esgoto (20% LE + 80% A) apresentou um maior valor de P_i abs após 150 dias de condução do experimento quando comparado com os tratamentos 100% A e 50% A + 50% TV. Uma maior disponibilidade de elementos como Mg fornecido pelo lodo de esgoto (Tabela 2), pode estar relacionado a um melhor desempenho do aparelho fotossintético, pois o Mg está envolvido em uma série de atividades das plantas, como a partição de carboidratos e a síntese de clorofila (HERMANS et al., 2013; SILVA et al. 2014).

Neste estudo observamos que a adição de lodo de esgoto ao substrato reduziu espessura do parênquima paliçádico, do mesófilo e a relação áreas dos vasos/ nervura central. Resultados similares foram observados por Corrêa et al. (2009) em plantas de *Origanum vulgare* submetidas a diferentes fontes e níveis de adubação orgânica. Os autores relataram que em maiores concentrações de esterco bovino e de aves ocorreu uma tendência de decréscimo na espessura do parênquima lacunoso, evidenciando que o aumento dos níveis nutricionais pode alterar a estrutura anatômica dos tecidos das

plantas. Hajihashemi et al. (2020) observaram que mudas de *Triticum aestivum* reduzem os vasos do xilema e floema e a espessura do parênquima e do mesofilo, à medida que, aumenta a concentração de águas residuárias e consequentemente dos níveis nutricionais.

5.4 CONCLUSÃO

O lodo de esgoto urbano é viável para ser utilizado na composição de substrato para a produção de mudas aroeira-do-sertão em proporções entre 5 e 20%, melhorando a qualidade das mudas e sendo uma alternativa sustentável para disposição final desse resíduo. No entanto, em proporções superiores a 20% as plantas não sobrevivem, por isso recomenda-se a utilização de proporções menores desse resíduo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A. H. M.; ALONSO, J. M.; MELO, L. M.; LELES, P. S. S.; SANTOS, G. R. Caracterização de bio sólido e potencial de uso na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Eng Sanit Ambient**, v.24 n.3, 591-599, 2019. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019108265>
- ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; OLIVEIRA, R. R.; FERREIRA, D. H. A. A. Caracterização e potencial de substratos formulados com bio sólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 1179-1190, 2017a. <https://doi.org/10.5902/1980509830300>
- ABREU, A. H. M.; MARZOLA, L. B.; MELO, L. A.; LELES, P. S. S.; ABEL, E. L. S.; ALONSO, J. M. Urban solid waste in the production of *Lafoensia pacari* seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 83–87, fev. 2017a. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n2p83-87>
- ALONSO, J. M.; ABREU, A. H. M.; MELO, L. A.; LELES, P. S. S.; CABREIRA, G.V.. Biosolids as substrate for the production of *Ceiba speciosa* seedlings. **CERNE**, v. 24, n. 4, p. 420–429, dez. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201824042568>
- ALVES, R. M.; SILVA, M. A. D.; SILVA, E. F.; ALVES, R. J. R.; MOURA, D. P.; SILVA, J. N. Stored diaspores of *Astronium urundeuva* Fr. (M. Allemão) Engl. (anacardiaceae) submitted to hydropriming. **Journal of Seed Science**, v. 42, p. 1–10, 2020. <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42236762>
- BARROS, F. N.; NASCIMENTO, V. T.; MEDEIROS, P. M. Ethnobotany and Population Status of *Myracrodruon urundeuva* Allemão in Rural Northeastern Brazil. **Economic Botany**, v. 70, n. 1, p. 79–84, 2016. <https://doi.org/10.1007/s12231-015-9329-4>
- BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D. C.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the Dickson Quality Index in forest seedlings. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000400005>
- BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MONTANARI, R. Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 388–393, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p388-393>
- BRASIL. 2008. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº. 006** de 23 de setembro de 2008. Disponível em: https://servicos.ibama.gov.br/phocadownload/legislacao/in_06_lista_flora_ameacada_extincao.pdf. Acesso em: 15/05/2021
- BUCHER, S. F.; BERNHARDT-RÖMERMANN, M.; RÖMERMANN, C. Chlorophyll fluorescence and gas exchange measurements in field research: an ecological case study. **Photosynthetica**, v. 56, n. 4, p. 1161–1170, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11099-018-0809-5>
- CABREIRA, G.V.; LELES, P.S.S.; ALONSO, J.M.; ABREU, A.H.M.; LOPES, N.F.; SANTOS, G.R. Bio sólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Floresta**, Curitiba, v.47, n.2, p.165-176, 2017. <https://doi.org/10.5380/RF.v47i1.44291>

- CALDEIRA, M. V. W.; FAVALESSA, M.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; MOURA, R. R. S. Sewage sludge assessment on growth of *Acacia mangium* seedlings by principal components analysis and orthogonal contrasts. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 10, p. 1303–1311, 2018. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1450421>
- CALOU, I.; BANDEIRA, M. A.; GALVÃO, W. A.; CERQUEIRA, G.; SIQUEIRA, R.; NEVES, K. R.; BRITO, G. A.; VIANA, G. Neuroprotective properties of a standardized extract from *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (aroeira-do-sertão), as evaluated by a Parkinson's disease model in rats. **Parkinson's Disease**, v. 2014, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/519615>
- CAVALCANTE, A. L. G.; OLIVEIRA, F. A.; PEREIRA, K. T. O.; DANTAS, R. P.; OLIVEIRA, M. K. T.; CUNHA, R. C.; SOUZA, M. W. L. Desenvolvimento de mudas de mulungu fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas. **Floresta**, v. 46, n. 1, p. 47 - 55, 2016. <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v46i1.34888>
- CHENG, H.; XU, W.; LIU, J.; ZHAO, Q.; HE, Y.; CHEN, G. Application of composted sewage sludge (CSS) as a soil amendment for turfgrass growth. **Ecological Engineering**, v. 29, n. 1, p. 96–104, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.08.005>
- CHU, S.; WU, D.; LIANG, L. L.; ZHONG, F.; HU, Y.; HU, X.; LAI, C.; ZENG, S. Municipal sewage sludge compost promotes *Mangifera persiciforma* tree growth with no risk of heavy metal contamination of soil. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2017. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13895-y>
- CORRÊA, R. M.; PINTO, J. E. B. P.; REAIS, E. S.; OLIVEIRA, C.; CASTRO, E. M.; BRANT, R. S. Características anatômicas foliares de plantas de orégano (*Origanum vulgare* L.) submetidas a diferentes fontes e níveis de adubação orgânica. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 439-444, 2009. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i3.690>
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- DIVITO, G. A.; SADRAS, V. O. How do phosphorus, potassium and sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes? A meta-analysis. **Field Crops Research**, v. 156, p. 161–171, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.11.004>
- FARIA, J. C. T.; MELO, L. M.; BRONDANI, G. E.; DELARMELINA, W. M.; SILVA, D. S. N.; NIERI, E. M. Substrates formulated with organic residues in the production of seedlings of *Moquiniastrum polymorphum*. **Floresta**, v. 47, n. 4, p. 523–532, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v47i4.50568>
- FERMINO, M. H.; ARAUJO, M. M.; AIMI, S. C.; TURCHETTO, F.; BERGHETTI, A. L. P.; ZAVISTANOVICZ, T. C.; MIETH, P.; GRIEBELER, A. M.; VILELLA, J. M. Reutilization of residues as components of substrate for the production of *Eucalyptus grandis* seedlings. **Cerne**, v. 24, n. 2, p. 80–89, 2018. <https://doi.org/10.1590/01047760201824022522>

- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- GAINO, A. P. S. C.; MORAES, M. L. T.; MOREIRA, J. P.; CARDIN, L. T.; MORAES, M. A.; SILVA, A. M.; FREITAS, M. L. M.; SEBENN, A. M. Mating system in *Myracrodruon urundeuva* (Anarcadiaceae): Implications for conservation genetics. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 34, n. 4, p. 545–551, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042011000400008>
- GALVÃO W. R. A.; BRAZ FILHO, R.; CANUTO, K. M.; RIBEIRO, P. R. V.; CAMPOS, A. R.; MOREIRA, A. C. O. M.; SILVA, S. O.; MESQUITA FILHO, F. A.; SANTOS, S. A. A. R.; MELO JÚNIOR, J. M. A.; GONÇALVES, N. G. G.; FONSECA, S. G. C.; BANDEIRA, M. A. M. Gastroprotective and anti-inflammatory activities integrated to chemical composition of *Myracrodruon urundeuva* Allemão - A conservationist proposal for the species. *Journal of Ethnopharmacology* 222 (2018) 177–189, 2018. DOI: 10.1016/j.jep.2018.04.024
- GARCIA, G. D. O.; GONÇALVES, I. Z.; MADALÃO, J. C.; NAZÁRIO, A. A.; REIS, E. F. Crescimento de mudas de eucalipto submetidas à aplicação de biossólidos. *Revista Ciencia Agronomica*, v. 41, n. 1, p. 87–94, 2010. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20100012>
- GONZAGA, M. I. S.; MACKOWIAK, C. ALMEIDA, A. Q.; CARVALHO JÚNIOR, J. I. T. Sewage sludge derived biochar and its effect on the growth and morphological traits of *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden seedlings. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 2, p. 687–695, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509832067>
- GROBELAK, A.; CZERWIŃSKA, K.; MURTAŚ, A. **General considerations on sludge disposal, industrial and municipal sludge**. *Industrial and Municipal Sludge: Emerging Concerns and Scope for Resource Recovery*, p. 135–153, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815907-1.00007-6>
- GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: Influence of plant attributes. *New Forests*, v. 43, n. 5–6, p. 711–738, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11056-012-9336-6>
- GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Why seedlings grow: influence of plant attributes. *New Forests*, v. 49, n. 1, p. 1–34, 2018.
- HAASE, D. L.; BOUZZA, K.; EMERTON, L.; FRIDAY, J. B.; LIEBERG, B.; ALDRETE, A.; DAVIS, A. S. The High Cost of the Low-Cost Polybag System: A Review of Nursery Seedling Production Systems. *Land*, 10, 826, 2021. <https://doi.org/10.3390/land10080826>
- HAJIHASHEMI, S.; MBARKI, S.; SKALICKY, M.; NOEDOOST, N.; RAEISI, M.; BRESTIC, M. Effect of Wastewater Irrigation on Photosynthesis, Growth, and Anatomical Features of Two Wheat Cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Water*, 12, 607, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12020607>
- HERMANS, C.; CONN, S. J.; CHEN, J.; XIAO, Q.; VERBRUGGEN, N. An update on magnesium homeostasis mechanisms in plants. *Metallomics*, v. 5, n. 9, p. 1170–1183, 2013. <https://doi.org/10.1039/c3mt20223b>

HOSSAIN, M. D.; MUSA, M. H.; TALIB, J.; JOL, H. Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Levels on Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) Growth and Photosynthesis under Nutrient Solution. **Journal of Agricultural Science**, v. 2, n. 2, 2010.

JALAL, A.; OLIVEIRA JUNIOR, J. C.; RIBEIRO, J. S.; FERNANDES, G. C.; MARIANO, G. G.; TRINDADE, V. D. R.; REIS, A. R. Hormesis in plants: Physiological and biochemical responses. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 207, n. September 2020, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111225>

JOHANSEN D. A. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill Book Company Inc, New York, 1940. 523p

JONG, M.; LEYSER, O. **Developmental plasticity in plants**. In: Cold spring harbor symposia on quantitative biology. Cold Spring Harbor Laboratory Press, pp 63–73, 2012.

KACPRZAK, M.; NECZAJ, E.; FIJAŁKOWSKI, K.; GROBELAK, A.; GROSSER, A.; WORWAG, M.; RORAT, A.; BRATTEBO, H.; ALMÅS, A.; RAMSINGH, B. Sewage sludge disposal strategies for sustainable development. **Environmental Research**, v. 156, n. August 2016, p. 39–46, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.010>

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: EDUR, 1997. 198p.

LEILA, S.; MHAMED, M.; HERMANN, H.; MYKOLA, K.; OLIVER, W.; CHRISTIN, M.; ONYSHCHENKO, E.; BOUCHENAF, N. Fertilization value of municipal sewage sludge for Eucalyptus camaldulensis plants. **Biotechnology Reports**, v. 13, n. 2017, p. 8–12, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2016.12.001>

LIMA, L. K. S.; MOURA, M. C. F.; SANTOS, C. C.; NASCIMENTO, K. P. C.; DUTRA, A. S. Produção de mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em resíduos orgânicos. **Ceres**, v. 64, n.1, p. 001-011, 2017. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764010001>

LIU, H. TAO. Achilles heel of environmental risk from recycling of sludge to soil as amendment: A summary in recent ten years (2007–2016). **Waste Management**, v. 56, p. 575–583, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.028>

LONGUI, E. L.; PIRES, G. T.; FREITAS, M. L. M.; ROMEIRO, D.; FLORSHEIM, S. M. B.; ZANATTO, A.C. S. Genetic Versus Environmental Influence on Radial Variation in *Myracrodruon urundeuva* Wood. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1–10, 2017. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.119114>

MAÑAS, P.; CASTRO, E.; HERAS, J. Quality of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) seedlings using waste materials as nursery growing media. **New Forests**, 37:295–311, 2009. [10.1007/s11056-008-9125-4](https://doi.org/10.1007/s11056-008-9125-4)

MANCA, A.; DA SILVA, M. R.; GUERRINI, I. A.; FERNANDES, D. M.; VILLAS BÔAS, R. L.; DA SILVA, L. C.; DA FONSECA, A. C.; RUGGIU, M. C.; CRUZ, C. V.; LOZANO SIVISACA, D. C.; MATEUS, C. M. D.; MURGIA, I.; GRILLI, E.; GANGA, A.; CAPRA, G. F. Composted sewage sludge with sugarcane bagasse as a commercial substrate for *Eucalyptus urograndis* seedling production. **Journal of Cleaner Production**, v. 269, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122145>

- MATOS, A. A.; OLIVEIRA, F. A.; MACHADO, A. C.; SALDANHA, L. L.; TOKUHARA, C. K.; SOUZA, L. P.; VILEGAS, W.; DIONÍSIO, T. J.; SANTOS, C.; PERES-BUZALAF, C.; DOKKEDALB, A. L.; OLIVEIRA, R. An extract from *Myracrodruon urundeuva* inhibits matrix mineralization in human osteoblasts. **Journal of Ethnopharmacology**, 237, 192–201, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.03.052>
- MELO, H. S.; GONÇALVES, A. C. M.; TRAVESSAS, A. O.; VESTENA, S. Use of sewage sludge in production, seedling quality and nutrient content in *Hovenia dulcis* (Rhamnaceae). **Iheringia - Serie Botanica**, v. 76, 2021. <https://doi.org/10.21826/2446-82312021v76e2021020>
- MENDONÇA, A. M. C.; DIAS, G. S.; NASCIMENTO, A. V. S.; CAMPOS, J. A.; SANTANA, M. C.; SILVA JÚNIOR, C. D.; SANTOS, P. A. A. Utilização do lodo de esgoto na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Scientia Plena**, 15, 081201, 2019. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.081201>
- MITCHELL, J. D.; DALY, D. C. Notes on *Astronium* Jacq. (Anacardiaceae), including a dwarf new species from the Brazilian Shield. **Brittonia**, v. 69, n. 4, p. 457–464, 2017. <https://doi.org/10.1007/s12228-017-9506-0>
- MONTEIRO, J. M.; LINS NETO, E. M. F.; AMORIM, E. L. C.; STRATTMANN, R. R.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. Teor de taninos em três espécies medicinais arbóreas simpátricas da Caatinga. **Revista Árvore**, v. 29, n. n.6, p. 999–1005, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000600020>
- NASCIMENTO, A. L.; SOUZA, A. J.; OLIVEIRA, F. C.; COSCIONE, A. R.; VIANA, D. G.; REGITANO, J. B. Chemical attributes of sewage sludges: Relationships to sources and treatments, and implications for sludge usage in agriculture. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, 2020b. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120746>
- NASCIMENTO, A. V. S.; PASSOS, E. S.; SOARES, J. H. A. **Águas residuárias em Sergipe: um enfoque para o reuso de águas cinzas e residuárias e o aproveitamento do lodo de esgoto urbano**. In: NASCIMENTO, A. V. S.; MARTINEZ, D. R. L.; FEITOSA, E. P. S.; DANTAS, I. L. A.; SANTOS, L. R. O. Interfaces de saberes: ambientes, sociedades e interdisciplinaridade. Criação Editora, Aracaju, SE, 2020a. p.19-34.
- NOBRE-JÚNIOR, H. V.; OLIVEIRA, R. A.; MAIA, F. D.; NOGUEIRA, M. A. S.; MORAES, M. O.; BANDEIRA, M. A. M.; ANDRADE, G. M.; VIANA, G. S. B. Neuroprotective effects of chalcones from *Myracrodruon urundeuva* on 6-hydroxydopamine-induced cytotoxicity in rat mesencephalic cells. **Neurochemical Research**, v. 34, n. 6, p. 1066–1075, 2009. <https://doi.org/10.1007/s11064-008-9876-5>
- PACHECO, M. V.; MATOS, V. P.; FERREIRA, R. L. C.; FELICIANO, A. L. P.; PINTO, K. M. S. Efeito de temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (ANACARDIACEAE). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 359-367, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000300006>
- POORTER, L.; WRIGHT, S. J.; PAZ, H.; ACKERLY, D. D.; CONDIT, R.; IBARRA-MARINQUEZ, G.; HARMS, K. E.; LICONA, J. C.; MATINEZ-RAMOS, M.; MAZER, S. J.; MULLER-LANDAU, H. C.; PEÑA-CLAROS, M.; WEBB, C. O.; WRIGH, I. J. Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five neotropical forests. **Ecology**, v. 89, n. 7, p. 1908–1920, 2008. <https://doi.org/10.1890/07-0207.1>

- RIIKONEN, J.; LUORANEN, J. Seedling production and the field performance of seedlings. **Forests**, v. 9, n. 12, p. 10–13, 2018. <https://doi.org/10.3390/books978-3-03921-256-9>
- SÁ, R. A.; GOMES, F. S.; NAPOLEÃO, T. H.; SANTOS, N. D. L.; MELO, C. M. L.; GUSMÃO, N. B.; COELHO, L. C. B. B.; PAIVA, P. M. G.; BIEBER, L. W. Antibacterial and antifungal activities of *Myracrodruon urundeuva* heartwood. **Wood Science and Technology**, 43, 85e95, 2009a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00226-008-0220-7>
- SANGAKKARA, U. R.; FREHNER, M.; NÖSBERGER, J. Effect of soil moisture and potassium fertilizer on shoot water potential, photosynthesis and partitioning of carbon in mungbean and cowpea. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 185, n. 3, p. 201–207, 2000. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00422.x>
- SANTIAGO, L. S.; WRIGHT, S. J.; HARMS, K. E.; YAVITT, J. B.; KORINE, C.; GARCIA, M. N.; TURNER, B. L. Tropical tree seedling growth responses to nitrogen, phosphorus and potassium addition. **Journal of Ecology**, v. 100, n. 2, p. 309–316, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01904.x>
- SANTIAGO, L. S.; WRIGHT, S. J. Leaf functional traits of tropical forest plants in relation to growth form. **Functional Ecology**, v. 21, n. 1, p. 19–27, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2006.01218.x>
- SANTOS, F. E. V.; CALDEIRA, M. V. W.; KUNZ, S. H. Qualidade de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan produzidas em diferentes substratos com lodo de esgoto e casca de arroz. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal - ENFLO**, v. 1, n. 2, p. 55–62, 2013. <http://dx.doi.org/10.13086/2316-980x.v01n02a01>
- SARMA, B.; GOGOI, N.; Germination and seedling growth of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as influenced by organic amendments. **Cogent Food & Agriculture**, 1: 1030906, 2015. <http://dx.doi.org/10.1080/23311932.2015.1030906>
- SAWAN, Z. M.; MAHMOUD, M. H.; EL-GUIBALI, A. H. Influence of potassium fertilization and foliar application of zinc and phosphorus on growth, yield components, yield and fiber properties of Egyptian cotton (*Gossypium barbadense* L.). **Journal of Plant Ecology**, v. 1, n. 4, p. 259–270, 2008.
- SCALON, P. Q. S.; FILHO, H. S.; MASETTO, T. E. Aspectos da germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de aroeira. **Cerne**, v. 18, n. 4, p. 533–539, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000400002>
- SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; BRESSAN, O. A.; SANTOS, K. G. Crescimento e nutrição de mudas de *Lafoensia pacari* com lodo de esgoto. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1, p. 55–65, 2012. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.007>
- SCREMIN-DIAS, E.; KALIFE, C.; MENEGUCCI, Z. R. H.; SOUZA, P. R. **Série Rede de Sementes do Pantanal 2 - Produção de mudas de espécies florestais nativas (manual)**. Campo Grande: Editora UFMS. v.1. 57p., 2006.
- SILVA, D. M.; BRANDÃO, I. R.; ALVES, J. D.; SANTOS, M. O.; SOUZA, K. R. D.; SILVEIRA, H. R. O. Physiological and biochemical impacts of magnesium-deficiency in two cultivars of coffee. **Plant and Soil**, v.382, p.133–150, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2150-5>

- SILVA, F. A. M.; NUNES, J. M.; ZANON, J. A.; VILLAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. Granulated and Biosolid Fertilizers on the Quality of *Schinus terebinthifolius* Raddi Seedlings. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 3, p. 1–10, 2019. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.110417>
- SILVA, N. F.; COSTA, A. O.; HENRIQUES, R. M.; PEREIRA, M. G.; VASCONCELOS, M. A. F. Energy Planning: Brazilian Potential of Generation of Electric Power from Urban Solid Wastes—Under “Waste Production Liturgy” Point of View. **Energy and Power Engineering**, v.7, p.193-202, 2015. <http://dx.doi.org/10.4236/epe.2015.75019>
- SILVA, V. E. P. S. G.; BUARQUE, P. M. C.; FERREIRA, W. N.; BUARQUE, H. L. B.; SILVA, M. A. M. Influence of sewage sludge, as a substrate, in the plasticity of functional characteristics of plants. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, n. 5, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6691-6>
- SIQUEIRA, D. P.; BARROSO, B. G.; CARVALHO, G. C. M. W.; ERTHAL, R. M.; RODRIGUES, C. M. A.; MARCIANO, C. R. Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Plathymenia reticulata* Benth. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 2, p. 728-739, abr./jun. 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509827297>
- SONG, U.; LEE, E. J. Ecophysiological Responses of Plants After Sewage Sludge Compost Applications. **J. Plant Biol**, 53:259–267, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s12374-010-9112-0>
- SOUSA, J. R. M.; GHEYI, H. R.; BRITO, M. E. B.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. V.; SOARES, F. A. L. Quantum efficiency of photosystem II and production of orange under salt stress and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 434–440, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p434-440>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Artmed, Porto Alegre. 2017. 888 p.
- TEIXEIRA, M. C. LOPES, M. J. P.; SOUSA-JÚNIOR, D. L.; RIBEIRO, A. E. S.; PEREIRA, B. S.; AQUINO, P. E. A.; AQUINO, N. C.; SILVEIRA, E. R.; LEAL, L. K. A. M.; VIANA, G. S. B. Evaluation of the Healing Potential of *Myracrodruon urundeuva* in Wounds Induced in Male Rats. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 30, n. 2, p. 214–223, 2020. <https://doi.org/10.1007/s43450-020-00025>
- TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; REIS, E. F.; SILVA, A. G. Produção de mudas de *Tectona grandis* em substratos formulados com biossólido. **Cerne**, v. 20, n. 2, p. 293-302, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/01047760.201420021134>
- TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Arvore**, v. 38, n. 4, p. 657–665, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000400009>
- WYRWICKA, A.; URBANIAK, M. The different physiological and antioxidative responses of zucchini and cucumber to sewage sludge application. **PLoS ONE**, v. 11, n. 6, p. 1–17, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157782>
- ZIDA, D.; TIGABU, M.; SAWADOGO, L.; ODÉN, P. C. Initial seedling morphological characteristics and field performance of two Sudanian savanna species in

relation to nursery production period and watering regimes. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 7, p. 2151–2162, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.12.029>

ŽIVČÁK, M.; OLŠOVSKÁ, K.; SLAMKA, P.; GALAMBOŠOVÁ, J.; RATAJ, V.; SHAO, H. B.; BRESTIČ, M. Application of chlorophyll fluorescence performance indices to assess the wheat photosynthetic functions influenced by nitrogen deficiency. **Plant Soil Environment**, v. 60, n. 5, p. 210–215, 2014. <https://doi.org/10.17221/73/2014-PSE>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos nesta pesquisa podemos observar que o uso de substratos alternativos pode ser uma alternativa viável para a produção de mudas de espécies florestais da família Anacardiaceae nativas da Caatinga. O uso de resíduos orgânicos para a produção de mudas florestais sejam eles de origem rural, como o esterco animal, ou de origem urbana, como o lodo de esgoto, além de melhorar as características físicas, químicas e biológicas do substrato, resultam consequentemente na qualidade das mudas produzidas. Essa utilização permite também dar uma destinação ambientalmente sustentável para esses resíduos, que são potenciais contaminantes se não gerenciados e descartados de forma adequada.

Cada espécie vegetal pode responder de forma diferente a adição de matéria orgânica ao substrato, nesse sentido é importante que sejam determinadas as proporções adequadas de resíduos orgânicos como o esterco animal e o lodo de esgoto. Neste estudo, podemos observar que o aproveitamento de esterco bovino pode ser uma alternativa viável para a produção de mudas de baraúna e aroeira-do-sertão, aumentando o crescimento, o acúmulo de biomassa e melhorando a qualidade das mudas produzidas, podendo ser utilizadas proporções entre 10 e 40%. No entanto, vale ressaltar que em proporções muito elevadas desses resíduos as plantas não sobrevivem.

Para plantas de umbuzeiro verificamos que proporções entre 10 e 20% de esterco bovino e ovino são as mais eficientes para melhorar a qualidade das mudas produzidas. No entanto, em proporções maiores ocorre uma redução no crescimento e no acúmulo de biomassa das mudas. Esse fenômeno pode ser chamado de hormese, onde em baixas proporções de um determinado composto potencialmente tóxico pode apresentar um efeito estimulatório para o crescimento das plantas, já em altas proporções o efeito pode ser inibitório, reduzindo o crescimento das mudas. O lodo de esgoto urbano é outro resíduo com grande potencial para ser aproveitado para a produção de mudas de espécies florestais nativas. Neste estudo, observamos que a adição desse resíduo ao substrato em proporções de 5 a 20% pode ser eficiente para a produção de mudas de aroeira-do-sertão, no entanto, em proporções superiores as mudas não sobrevivem.

Estudos sobre a formulação e as proporções adequadas dos componentes do substrato para a produção de mudas de espécies florestais nativas da Caatinga ainda são

escassos, mesmo sendo muito importantes, pois como foi visto cada espécie pode apresentar um padrão de resposta diferente, dependendo da proporção de esterco animal e de lodo de esgoto urbano que seja adicionada ao substrato. Esses estudos são importantes, pois além de permitir o aproveitamento ambientalmente sustentável desses resíduos, podem ainda contribuir para a redução dos custos da produção de mudas em viveiros, pois podem ser utilizados em substituição aos substratos comerciais.

APÊNDICES

Apêndice A- Preparação do substrato e enchimento dos sacos para a produção das mudas dos experimentos.

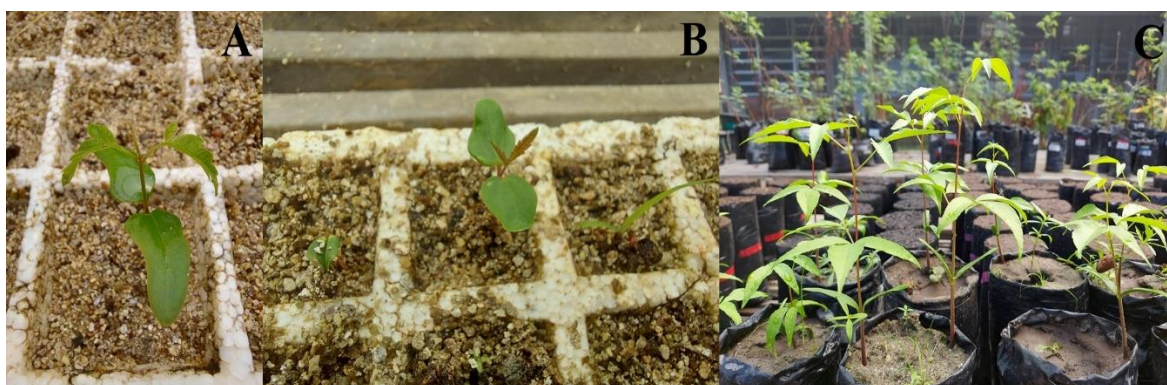
Apêndice B- Germinação das sementes de baraúna, aroeira-do-sertão e umbuzeiro.

Apêndice C- Mudas de baraúna, aroeira-do-sertão e umbuzeiro.

Apêndice A - Preparação do substrato e enchimento dos sacos para a produção das mudas utilizadas nos experimentos.



Fotos: Augusto Vinicius e homenagem especial ao técnico João dos Santos por toda ajuda durante a condução dos experimentos. Fonte: Augusto Vinicius de Souza Nascimento.

Apêndice B - Germinação das sementes de baraúna, aroeira-do-sertão e umbuzeiro.

Fotos: (A) baraúna, (B) aroeira-do-sertão e (C) umbuzeiro. Fonte: Augusto Vinicius de Souza Nascimento.

Apêndice C - Mudras de baraúna, aroeira-do-sertão e umbuzeiro.

Fotos: Mudras de (A) baraúna, (B) aroeira-do-sertão e (C) umbuzeiro. Fonte: Augusto Vinicius de Souza Nascimento.