



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ANA BEATRIZ ALVES

**USO DO BIOCHAR DE CARNAÚBA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Mimosa*
Ophthalmocentra Mart. Ex Benth.**

MOSSORÓ

2025

ANA BEATRIZ ALVES

**USO DO *BIOCHAR* DE CARNAÚBA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Mimosa*
Ophthalmocentra Mart. Ex Benth.**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel Engenharia Florestal.

Orientador: Narjara Walessa Nogueira de Freitas, Prof. Dr.

Co-orientador: Rômulo Magno Oliveira de Freitas, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

AA474 Alves, Ana Beatriz .
u USO DO BIOCHAR DE CARNAÚBA NA PRODUÇÃO DE MUDAS
 DE MIMOSA OPTHALMOCENTRA MART. EX BENTH. / Ana
 Beatriz Alves. - 2025.
 35 f. : il.

 Orientadora: Narjara Walessa Nogueira .
 Coorientadora: Rômulo Magno Oliveira Freitas.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Florestal, 2025.

 1. Copernicia prunifera (Mill.) H.E. Moore. 2.
Biochar. 3. resíduos orgânicos. I. Nogueira ,
Narjara Walessa , orient. II. Freitas, Rômulo
Magno Oliveira , co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANA BEATRIZ ALVES

**USO DO *BIOCHAR* DE CARNAÚBA NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Mimosa*
Ophthalmocentra Mart. Ex Benth.**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Defendida em: 21/02/2025.

BANCA EXAMINADORA

Narjara Walessa Nogueira de Freitas (UFERSA)
Presidente

Rômulo Magno Oliveira de Freitas (IFRN)
Membro Examinador

Gutierrez Silva Medeiros Aquino (UFERSA)
Membro Examinador

(In Memoriam).

Francisca das Chagas – Mamãe Chaguinha

Maria das Dores – Titia Dorinha

Maria Barbosa - Vovó

Obrigada por tudo. Nunca vou esquecer de vocês.

*Dedico à Mazé, minha mãe, que sempre me apoiou, aos meus irmãos e à minha família. Só
estou aqui por causa de vocês. Obrigada por serem meu lugar seguro. (presentes).*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, vou me agradecer, porque nunca foi fácil, mas isso não quer dizer que era impossível. Então, parabéns, Ana Beatriz, você conseguiu!

Agradeço à minha mãe, Mazé. Você sempre foi meu ponto de apoio e maior inspiração. Nos momentos mais difíceis, quando pensei em desistir, você não me deixou e me apoiou. Obrigada por tudo, eu te amo.

Obrigada à minha família. Às minhas irmãs, Neide e Gilmaisa, por me ajudarem e serem uma mão amiga sempre que precisei. Ao meu irmão, Gilvan, por me incentivar e sentir orgulho de mim sempre. Obrigada a todos os meus primos, sobrinhos e membros da minha família, que alegraram meus dias e me fazem querer voltar para Aracati. Amo vocês.

Agradeço aos docentes que me guiaram em minha formação e foram tão importantes no meu desenvolvimento profissional e ético: professora Dra. Gabriela Salami, professor Dr. Vinicius, professor Dr. Diodato e professora Dra. Ane.

Gratidão à minha orientadora, Dra. Narjara Walessa, por todo o apoio, paciência, carinho e compreensão quando precisei. Sempre serei grata. Gratidão também ao meu co-orientador, Dr. Rômulo Magno, pelo apoio em toda essa jornada.

Obrigada às minhas gatas, Mindy, Ivy e Kira. Elas não imaginam o quanto me fizeram bem. Vivam muito meninas, por favor.

Obrigada aos meus amigos de curso e da Ufersa: Alice, Ingrid, Davi, Cleo, Damares, Yuri, Tarlei entre muitos outros que tornaram meus dias mais felizes. Esses anos foram mais doces e leves com vocês. Obrigada por tudo. Embora eu não seja boa em demonstrar, amo vocês.

Agradeço à UFRSA pela oportunidade de estudar em uma universidade de tanta qualidade e à PROAE, pelo apoio estudantil, que foi essencial para que eu conseguisse concluir meus estudos.

E por fim, agradeço à minha mãe Chaguinha (*In Memoriam*). Embora nosso tempo juntas tenha sido curto, sei que você fez o que pôde. Não se preocupe, eu cresci bem e vou vencer por nós duas.

“Eu escrevo sem esperança de que o que eu escrevo altere qualquer coisa. Não altera em nada... porque no fundo a gente não está querendo alterar as coisas. A gente está querendo desabrochar de um modo ou de outro, não é?” Clarice Lispector

RESUMO

O *Biochar*, ou biocarvão, mostra-se uma alternativa promissora para o uso de resíduos orgânicos. Produzida através do processo de pirolise, apresenta grau de aromaticidade, altos teores de carbono, cinzas, que influenciam positivamente na retenção hídrica, fertilidade e como ambiente propício para refúgio de microrganismos ao ser incorporado ao solo. A bagana representa um dos subprodutos resultantes do processo de extração do pó proveniente da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore, muito utilizado como adubo orgânico. Neste sentido, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de verificar a viabilidade do uso do *biochar* da bagana de carnaúba na produção de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.). A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação na UFERSA, em Mossoró-RN, utilizando mudas de jurema-de-embira. O *biochar* foi produzido com bagana de carnaúba, submetida à pirólise por duas horas em forno artesanal. Após a pirolise e resfriamento, o material foi peneirado e analisado quanto às características físico-químicas. O substrato, composto por arisco e *biochar*, foi misturado manualmente em cinco proporções (0, 10, 20, 30 e 40 t/ha⁻¹) e armazenado por 30 dias para estabilização. O experimento foi montado em tubetes de 280 mL, onde as sementes foram semeadas. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. As plantas foram conduzidas em viveiros por 60 dias após o desbaste, e, ao final desse período, foram submetidas às seguintes análises: área foliar, comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, diâmetro do colo, massa seca das folhas, massa seca do caule, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total, índice de qualidade Dickson e índice de robustez. Para a análise estatística os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias de cada tratamento comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SISVAR, e quando houve significância, foram gerados gráficos de regressão no sigmaplont®. As doses de *biochar* promoveram efeito significativo nas variáveis: comprimento da parte aérea (CPA), área foliar (AF), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST), índice de robustez (IR). O *biochar* produzido a partir da bagana de carnaúba mostrou-se promissor para o emprego na produção de mudas de jurema-de-embira, com o tratamento 30 t ha⁻¹ apresentando os melhores resultados.

Palavras-chave: *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore, biocarvão, resíduos orgânicos

ABSTRAC

Biochar, or biocarbon, has emerged as a promising alternative for the use of organic waste. Produced through the pyrolysis process, it exhibits a degree of aromaticity, high carbon and ash content, which positively influence water retention, soil fertility, and provide a suitable environment for microorganisms when incorporated into the soil. Bagana is one of the byproducts resulting from the extraction process of the powder obtained from the carnauba palm (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore), widely used as an organic fertilizer. In this context, the present study was developed to evaluate the feasibility of using *biochar* derived from carnauba bagana in the production of seedlings of jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.). The research was conducted in a greenhouse at UFERSA, in Mossoró-RN, using jurema-de-embira seedlings. The *biochar* was produced from carnauba bagana, subjected to pyrolysis for two hour in a handmade furnace. After pyrolysis and cooling, the material was sieved and analyzed for physicochemical characteristics. The substrate, composed of sandy soil and *biochar*, was manually mixed in five proportions (0, 10, 20, 30, and 40 t/ha⁻¹) and stored for 30 days for stabilization. The experiment was set up in 280 mL tubes, where the seeds were sown. A randomized block design was adopted, with five treatments and four replicates. The plants were grown in the nursery for 60 days after thinning, and at the end of this period, they were subjected to the following analyses: leaf area, shoot length, root length, collar diameter, leaf dry mass, stem dry mass, shoot dry mass, root dry mass, total dry mass, Dickson quality index, and sturdiness index. For statistical analysis, the data were subjected to analysis of variance, and the means of each treatment were compared using the Tukey test at 5% probability, with the aid of the SISVAR statistical program, and when there was significance, regression graphs were generated in sigmaplont®. The *biochar* doses had a significant effect on the variables: shoot length (SL), leaf area (LA), leaf dry mass (LDM), stem dry mass (SDM), shoot dry mass (SDM), root dry mass (RDM), total dry mass (TDM), and sturdiness index (SI). The *biochar* produced from carnauba bagana proved to be promising for use in the production of jurema-de-embira seedlings, with the 30 t ha⁻¹ treatment showing the best results.

Keywords: *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore, biocarvão, organic residues.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Mapa do bioma caatinga.....	15
Figura 2	–	Bagana de carnaúba (<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E. Moore)	19
Figura 3	–	Forno artesanal utilizado. Mossoró RN, 2025.....	22
Figura 4	–	<i>Biochar</i> de carnaúba (<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E. Mossoró-RN, 2025.....	22
Figura 5	–	Substrato a base de <i>biochar</i> de bagana de carnaúba (<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E. Mossoró-RN, 2025.....	23
Figura 6	–	Mudas de jurema-de-Embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth). Mossoró-RN, 2025.....	25
Figura 7	–	Comprimento da parte aérea (CPA) e área foliar (AF) de mudas de jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.) cultivadas sob diferentes doses de <i>biochar</i> de bagana de carnaúba (<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E. Moore). Mossoró-RN.....	27
Figura 8	–	Massa seca do caule (MSC) e massa seca da raiz (MSR)de mudas de jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.) cultivadas sob diferentes doses de <i>biochar</i> de bagana de carnaúba (<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E. Moore). Mossoró-RN.....	30
Figura10	–	Massa seca total (MST) de mudas de jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.) cultivadas sob diferentes doses de <i>biochar</i> de bagana de carnaúba (<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E. Moore). Mossoró-RN, 2025.....	30
Figura11	–	Índice de robustez (IR) de mudas de jurema-de-embira (<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.) cultivadas sob diferentes doses de <i>biochar</i> de bagana de carnaúba (<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E. Moore). Mossoró-RN, 2025.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Caracterização imediata e nutricional do <i>biochar</i> de carnaúba (<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H.E. Mossoró-RN, 2025.....	23
Tabela 2	–	Análise nutricional dos substratos. Mossoró-RN, 2025.....	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	Carbono
N	Nitrogênio
pH	Potencial Hidrogeniônico
CE	Condutividade Elétrica
M.O	Matéria Orgânica
P	Fósforo
K	Potássio
Na	Sódio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
CTC	Capacidade de troca catiônica
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
CCA	Centro de Ciências Agrárias
DCAF	Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais
CPA	Comprimento da parte aérea
AF	Área foliar
CR	Comprimento da raiz
DC	Diâmetro de colo
MSF	Massa seca da folha
MSR	Massa seca da Raiz
MST	Massa seca total
IR	Índice de Robustez
IQD	Índice de Qualidade de Dickson
MSPA	Massa seca da parte aérea
IBI	International <i>Biochar</i> Initiative
SISVAR	Sistema para Análise de Variância
ASTM	American Society for Testing and Materials

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Contexto da Caatinga e sua vulnerabilidade.....	15
2.2	<i>Biochar</i> como condicionante do solo.....	16
2.3	Bagana de Carnaúba	18
2.4	<i>Mimosa ophthalmocentra</i> Mart. ex Benth.....	20
3.0	MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.0	CONCLUSÕES.....	32
6.0	REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

A bagana de carnaúba é um resíduo agroindustrial resultante do processo de extração do pó proveniente da palmeira da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore). Esse resíduo fibroso é utilizado como adubo orgânico, destacando-se sua notável capacidade de retenção hídrica, conservação da umidade, regulação térmica e melhoria da biomassa microbiana presente no solo (Sousa *et al.*, 2017; Araújo *et al.*, 2016; Nascimento *et al.*, 2021; Alves e Coelho, 2006).

A lei 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, propõe o incentivo à reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos sólidos, visando à redução de impactos ambientais de matérias-primas derivadas dos processos produtivos (Brasil, 2010). Nesse contexto o *biochar* tem se destacado como uma alternativa promissora para o aproveitamento adequado de resíduos orgânicos (Kumari *et al.*, 2023).

Biochar, ou biocarvão, é um material sólido obtido através de conversão térmica da biomassa, em ambiente com falta ou limitação de oxigênio, com uma gama de aplicações (International *Biochar* Initiative, 2012). Atualmente, sua produção e aplicações se diversificaram, sendo utilizado para a correção de solos degradados ou contaminados, como condicionante do solo e na purificação de água contaminadas (Kezhen *et al.*, 2015). O *biochar* melhora propriedades do solo, como a retenção hídrica, teor de carbono orgânico e a disponibilidade de nutrientes (Trazzi *et al.*, 2018), tendo grande potencial para ser utilizado na produção de mudas de espécies florestais.

Dentre as espécies florestais da caatinga, podemos destacar a jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.), uma arvoreta de caule rugoso e espinhoso, com altura entre 3 e 6 metros. A espécie possui grande importância ecológica, sendo amplamente utilizada em processos de recuperação de áreas degradadas (Silva, 2015). Além disso, tem importância na economia local, sendo utilizada na produção de mourões, estacas, lenha e carvão de alto poder calorífico (Figueirôa *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2002).

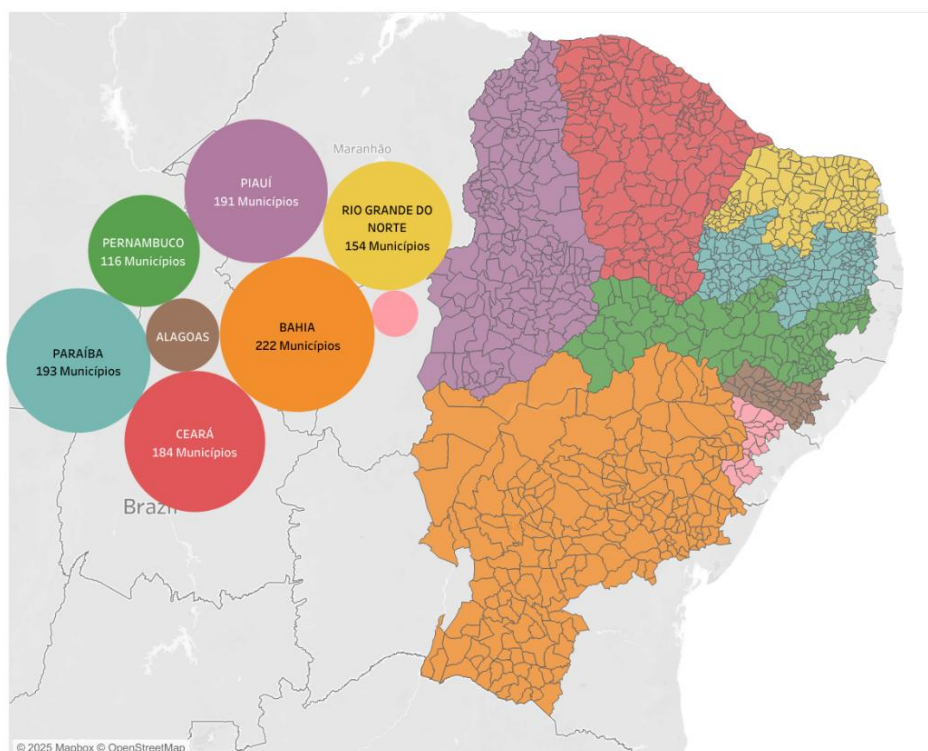
Na literatura, existem poucos estudos que abordam os efeitos da incorporação de *biochar* ao solo para produção de espécies da Caatinga brasileira. Diante dessa lacuna, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade do uso de *biochar* produzido a partir da bagana de carnaúba no desenvolvimento de mudas de jurema-de-embira.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Contexto da Caatinga e sua vulnerabilidade

Caatinga possui uma área de 826.411km², é um bioma exclusivamente brasileiro, considerado de importância biológica. O ecossistema está presente em 11% do território brasileiro e 70% da região Nordeste, incluindo os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Alagoas, Sergipe, Bahia, além de parte do norte de Minas Gerais (Figura 1) (Embrapa, 2021).

Figura 1. Mapa do bioma Caatinga.



Fonte: Embrapa (2025).

O semiárido nordestino é caracterizado por altas temperaturas, altas taxas de insolação e baixas amplitudes térmicas mensais. É marcado por baixas e irregulares precipitações pluviométricas, altas taxas de evapotranspiração e elevado déficit hídrico. Tais condições climáticas, associadas às características geológicas dominantes (rochas cristalinas), influenciam na menor disponibilidade dos recursos hídricos para a região (Leite *et al.*, 2011; Zannela, 2014; Araujo-Filho, 2011).

Os solos geralmente apresentam boa fertilidade, mas são pouco profundos e pedregosos, relacionados a afloramentos rochosos. Alguns dos solos de maior expressão no

bioma Caatinga são; Latossolo, Neossolos, Argissolos, Luvisolos (Leite *et al.*, 2011; Zannela, 2014; Araujo-Filho, 2011).

A vegetação é formada principalmente por espécies arbustivas, herbáceas e arbóreas de médio/pequeno porte, caducifólias e com espinhos. Das espécies endêmicas, estima-se que são cerca de 380, o que destaca a importância do bioma e o erro semântico de alguns autores ao descrever essa vegetação como “pobre” (Araújo Filho, 2013).

As dificuldades de agricultura na região do semiárido nordestino estão ligadas a baixa precipitação, concentração de sais na superfície (devido predomínio de fluxos ascendentes de água evaporada), baixa matéria orgânica no solo (por processos de erosão), altas temperaturas e pouca reposição de resíduos vegetais e/ou adubação orgânica. Além disso, o manejo incorreto em áreas de cultivo na região pode acelerar e declínio da capacidade do solo em produção (Santiago, 2015).

A matéria orgânica em áreas agrícolas nas regiões dos trópicos, em geral, é um desafio. Os motivos estão relacionados à atividade microbiana do solo e mineralização, influenciadas pela forma de distribuição da adubação orgânica e de fertilizantes, além da origem geralmente arenosa dos solos, a forma do preparo do solo, umidade e temperatura (Guimarães, Gonzaga, Melo Neto, 2014).

2.2 Biochar como condicionante do solo

Biochar, ou biocarvão, é um material sólido obtido através de conversão térmica da biomassa, em ambiente com falta ou limitação de oxigênio, com uma gama de aplicações. Destacando-se seu uso como agente condicionador do solo, incremento da eficiência no uso de recursos, remediação ou controle contra alguns tipos de contaminação, além de atuar na mitigação de gases de efeito estufa (GEE) (International *Biochar* Initiative, 2012).

Nos últimos anos, o *biochar* se diversificou nas suas origens e aplicações, com destaque na agricultura como condicionante do solo. Além disso, em meio a discussões crescentes sobre as mudanças climáticas, se popularizou-se como uma alternativa para o carbono fóssil em alguns de seus usos (Weber; Quicker, 2018).

Dentre as características comuns a todos os biocarvões, destacam-se a elevada concentração de carbono e o grau significativo de aromatização, os quais concorrem para explicar a sua notável recalcitrância. O *biochar* é sempre composto de carbono e cinzas, mas a composição química e as suas características mudam com base na biomassa selecionada como base, nas condições na hora do processo e nos reatores utilizados na ação de carbonização. Ou seja, o sucesso da utilização do *biochar* em campo vai depender da biomassa utilizada como matéria-prima (Trazzi *et al.*, 2018; Yaashikaa *et al.*, 2020).

A obtenção do *biochar* é o resultado de um método de conversão térmica, geralmente a pirólise. Pirólise é um processo de decomposição térmica da biomassa em um ambiente confinado com restrição de oxigênio e temperaturas variando de 250 a 900 °C. A composição elementar e estrutural do *biochar* é heterogênea, com exceção de um pH ligeiramente superior a sete (Trazzi *et al.*, 2018; Yaashikaa *et al.*, 2020).

Existe uma gama de técnicas de conversão térmica para produzir *biochar*, além do método de pirólise, Yaashikaa *et al.* (2020) descreveu alguns em seu trabalho, como Carbonização hidrotérmica, gasificação, torrefação, carbonização instantânea.

Segundo Lorenz e Lal (2014) há uma vasta gama de fontes disponíveis para a produção de *biochar*, especialmente a partir de resíduos agrícolas e florestais. Entre essas fontes, podemos destacar: resíduos de serrarias e marcenarias, cavacos de madeira, cascas de árvores, restos de culturas, resíduos de origem orgânica, camas de aves, esterco de gado, resíduos do tratamento de esgoto, e muitos outros.

Mangrich *et al.* (2011) discutiram as Terras Pretas da Amazônia, destacando sua notável fertilidade em contraste com as áreas circundantes. Essas terras foram formadas pelos índios e contêm alto teor de carbono na forma de carvão, provavelmente devido à queima controlada de material orgânico. Além disso, essas terras têm alta capacidade de retenção de água, o que facilita o crescimento das plantas, e são ricas em elementos químicos essenciais para a nutrição vegetal.

O *biochar* exerce efeitos benéficos sobre as propriedades do solo, englobando o aumento do pH, a capacidade de troca catiônica (CTC), o teor de carbono orgânico e a disponibilidade de nutrientes. Adicionalmente, o *biochar* modifica tanto a quantidade quanto o funcionamento dos fungos micorrízicos, aprimorando a retenção de água no solo e

fornecendo refúgio para microrganismos nos microporos do biocarvão. Além disso, acredita-se que o uso de *biochar* possa contribuir para o sequestro de carbono (Trazzi *et al.*, 2018).

2.3 Bagana de Carnaúba

A *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore, conhecida popularmente como carnaúba, é uma espécie de palmeira nativa do Nordeste brasileiro. Ela cresce em qualquer clima tropical, sendo possível encontrá-la na África equatorial, Ceilão, Equador, Tailândia e Colômbia. Porém, apenas no ambiente naturalmente seco da Caatinga brasileira, ela se encontra na melhor condição para a sua exploração econômica (Carvalho e Gomes, 2008).

Sua distribuição no território brasileiro se concentra nos estados do Ceará, Rio grande do Norte, Piauí e, em menores proporções, em áreas próximas a vales de rios na Bahia, Maranhão, Paraíba e Pernambuco (Johnson, 1970).

Como produto florestal não madeireiro, a carnaúba é fundamental para economia regional, por conta da extração de seu pó, originado das folhas, para produção de cera (Ferreira, 2013). A cera é o principal produto da extração da carnaúba, conhecido internacionalmente como “carnaúba wax” (Sousa, 2014).

A bagana de carnaúba (Figura 2) é um resíduo industrial resultante do processo de extração do pó proveniente da palmeira da carnaúba. Após a folha da carnaúba ser seca ao sol por um período de 6 a 12 dias, ocorre a extração do pó. Esse resíduo fibroso é reconhecido por sua aplicação como adubo orgânico, destacando-se sua notável capacidade de retenção hídrica, conservação da umidade, regulação térmica e melhoria da biomassa microbiana presente no solo (Sousa *et al.*, 2017; Araújo *et al.*, 2016; Nascimento *et al.*, 2021; Alves e Coelho, 2006).

Figura 2. Bagana de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore).



Fonte: Autor (2025).

Ao analisar a composição química da bagana de carnaúba, Silva *et al.* (2018) observaram os teores de celulose entre $23,96 \pm 0,75\%$, hemicelulose $11,84 \pm 0,82$, lignina $32,79 \pm 0,91$ e extrativos $11,62 \pm 0,45$ e cinzas $7,69 \pm 0,05$, definindo ao fim o material como um potencial positivo para uso como matéria morta para cobertura de solos.

As folhas da carnaúba, e consequentemente, a bagana são ricas em ceras cuticulares vegetais, que servem como barreira para retenção hídrica, proteção contra o acesso da luz UV, patógenos e insetos. As folhas podem possuir uma cobertura espessa de cera, podendo atingir cerca de $300\text{--}1000 \mu\text{g cm}^{-2}$ (Jetter e Kunst, 2008 ; Tulloch 1976).

Nascimento *et al.* (2021), ao analisar os efeitos da bagana de carnaúba na manutenção do solo, umidade e nos atributos microbiológicos do solo, chegaram à conclusão de que seu uso como cobertura morta melhorou a manutenção da menor temperatura do solo e uma maior umidade. Além disso, verificaram que seu uso, associado ou não a NKP, mostrou os melhores resultados na relação carbono microbiano, quociente microbiano/carbono orgânico e umidade do solo, apresentando os melhores resultados na qualidade do solo em comparação as outras variáveis analisadas.

Seguindo a Instrução Normativa DAS/MAPA 25/2009, Oliveira *et al.* (2018) encontraram resultados que indicam teores de nutrientes adequados, permitindo o uso da

bagana de carnaúba como um fertilizante orgânico de qualidade. Levando em base os resultados das análises químicas, que apontam os teores de carbono fixo de 161,6 CO g kg⁻¹.

2.4 *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.

O gênero *Mimosa*. apresenta cerca de 350 espécies endêmicas da América do Sul, segundo Luckow (2005). Possui localizações variadas em diferentes tipos de regiões e vegetações tropicais e subtropicais, com países de maior diversidade sendo Brasil, Mexico, Paraguai, Uruguai e Argentina. No Brasil, estima-se que esteja a maior concentração de espécies do gênero (Barneby 1991).

Para Silva *et al.* (2017) o gênero *Mimosa*, de forma geral, possui relevante importância para a economia local da região Nordeste, apresentando qualidades em sua composição para produção de álcool combustível e carvão vegetal desde a fase de lenho juvenil.

Dentre as espécies do gênero podemos destacar a *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth., conhecida popularmente como jurema-de-embira. É uma árvore/arbusto nativo e endêmico do Brasil. A espécie possui uma altura que varia de 3 a 6 metros. Seu caule é rugoso, com espinhos retos. As folhas são bipinadas, contendo de dois a quatro pares de pinas e cada pina apresenta de 15 a 22 pares de folíolos. A inflorescência é em forma de espiga, com flores de cor branca a creme, e os frutos são secos, assemelhando-se a legumes. A casca é fina, praticamente lisa, de coloração cinza amarronzada com lenticelas amareladas. (Leal *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2011).

Com frequência é confundida em campo com *Mimosa arenosa* (Willd.) Poir. (jurema-branca) e, principalmente, com a *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (jurema-preta), com as quais compartilha características fenotípicas, como hábito arbustivo, acúleos e inflorescências espiciformes (Silva e Sales, 2007).

Sua distribuição geográfica pelo território brasileiro abrange o Nordeste (Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte) e Sudeste (Minas Gerais) (Dutra *et al.*, 2020). É comumente observada compondo as áreas de matas ciliares (Lacerda *et al.*; 2007).

A espécie tem alto potencial madeireiro e energético, devido à sua utilização na produção de mourões, estacas e seu alto teor calorífico, pois possui altos teores de lignina (Costa *et al.*, 2002; Figuerôa *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2011). Tem potencial como espécie

forrageira, sendo consumida por bovinos, cabras e ovelhas, além de ter uso medicinal no combate à gripe (Silva, 2006).

A jurema-de-embira é observada com frequência em áreas degradadas em processo de regeneração natural. A árvore possui características de espécie pioneira, sendo assim, muito relevante em planos de recuperação de áreas perturbadas e degradadas dos biomas Caatinga e Cerrado (Silva, 2015).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em casa de vegetação da Engenharia Florestal do Centro de Pesquisa Ciências Vegetais do Semiárido da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizado no município de Mossoró -RN, a 5° 11' 17'' de latitude Sul e 37° 20' 39'' de longitude oeste.

Foram utilizadas para o experimento mudas da espécie jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.), provenientes de sementes coletadas no município de Mossoró-RN. O resíduo utilizado para produzir o *biochar* foi bagana da palha da carnaúba proveniente de agroindústrias de cera localizadas no estado do Ceará.

Para a produção do *biochar* foi utilizado um forno artesanal (Figura 3), adaptado de modelo desenvolvido IBI pela Iniciativa Internacional de Biocarvão (IBI, 2015), onde a palha da carnaúba passou por um processo de pirólise durante um período de uma hora, a uma temperatura média de 600°C.

Figura 3. Forno artesanal utilizado. Mossoró-RN, 2025.



Fonte: Autor (2025).

Após esse período, o material resfriou completamente e em seguida foi peneirado em peneira de malha de 2 mm, pesado e acondicionado em saco plástico para posteriores análises (Figura 4). O material apresentou um rendimento de 63% (Figura 4).

Figura 4. Biochar de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.). Mossoró-RN, 2025.



Fonte: Autor (2025).

O material foi submetido a análise de caracterização imediata a fim de determinar os teores de umidade, volátil, cinzas e carbono fixo seguindo a norma ASTM D1762-84 (ASTM, 2007), e foram determinados os teores NPK. Os resultados encontrados podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização imediata e nutricional do *biochar* de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.). Mossoró-RN, 2025.

Umidade	Voláteis	Cinzas	Carbono fixo
-----%-----			
1,42 ±0,01	18,72 ±1,66	51,03 ±0,74	30,25 ±1,62
N	P	K	pH
-----g.kg ⁻¹ -----			
34,82 ±0,13	1,25 ±0,06	5,63 ±0,07	8,52 ±0,01

*média de 3 amostras seguidas de ± o desvio padrão

Fonte: Autor (2025).

A mistura do arisco com o *biochar* para produzir o substrato foi feita de forma manual, armazenada e incubadas em caixas por um período de 30 dias na casa de vegetação, sendo revolvido e umedecido de acordo com a necessidade. A proporção incorporada do *biochar* ao arisco foi de: 0, 10, 20, 30 e 40 t. ha⁻¹ (Figura 5).

Figura 5. Substrato a base de *biochar* de bagana de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.). Mossoró-RN, 2025.



Fonte: Autor (2025).

Após os 30 dias, foram coletadas amostras do substrato e levadas para análises de fertilidade no Laboratório de Análises de Solos, Água e Planta (LASAP) da UFERSA, conforme resultados que podem ser verificados na Tabela 2.

Tabela 2. Análise nutricional dos substratos. Mossoró-RN, 2025.

Trat. (t ha ⁻¹)	N g/Kg	pH (água)	CE dS/m	M.O g/Kg	P -----mg/dm ³ -----	K -----mg/dm ³ -----	Na	Ca -cmolc/dm ³ -	Mg
0	0,29	7,10	0,05	1,28	1,30	49,0	12,5	1,0	1,3
10	0,27	7,10	0,06	1,71	7,10	111,0	19,5	1,0	1,2
20	0,36	7,10	0,08	2,56	10,0	196,0	31,6	1,30	0,70
30	0,36	7,20	0,13	5,01	14,2	290,0	40,6	1,10	0,70
40	0,18	7,99	0,23	5,48	21,3	224,1	66,4	1,24	0,60

Fonte: Autor (2025).

Para a montagem do experimento, o material foi alocado em tubetes de 280 ml, e semeadas neles duas sementes da espécie para garantir uma melhor taxa de germinação. As sementes passaram por beneficiamento e a quebra da dormência foi por meio de desponte, sendo este realizado através do corte do tegumento das sementes no lado oposto ao hilo. Dez dias após a semeadura foi realizado o desbaste, mantendo apenas uma muda por tubete. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 5 doses de *biochar* (0, 10, 20, 30 e 40 t. ha⁻¹), constituindo assim 5 tratamentos, distribuídos em 4 blocos.

Após o desbaste, o experimento teve a duração de 2 meses, e ao final, as mudas (Figura 6) foram submetidas a análises destrutiva. Em todos os tratamentos foram avaliados: número de folhas (contagem), área foliar (método do disco), diâmetro do coleto (DC) com auxílio de um paquímetro digital (mm), altura da parte aérea (h) utilizando régua graduada em cm, comprimento de raiz (CR) com auxílio de régua graduada (cm).

Figura 6. Mudas de jurema-de-Embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.). Mossoró-RN, 2025.



Fonte: Autor (2025).

Para determinar a massa seca aérea (MSA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST), as mudas foram lavadas para retirada do substrato, seccionadas para separação da parte aérea e sistema radicular e levadas para laboratório em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas a 70° C, e assim foram determinadas as fitomassas. Também foram calculados o índice de robustez e índice de qualidade de Dickson.

Para a análise estatística os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias de cada tratamento comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico Sistema para Análise de Variância - SISVAR (Ferreira, 2008), e quando houve significância, gráficos de regressão foram feitos no software Sigmaplot.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao observar os resultados obtidos na análise de variância, podemos verificar o efeito significativo dos tratamentos testados para as variáveis: comprimento da parte aérea (CPA), área foliar (AF), massa seca das folhas (MSF), massa seca do caule (MSC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), massa seca total (MST), índice de robustez (IR) (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variâncias para as variáveis Comprimento da parte aérea (CPA), Comprimento de raiz (CR), Diâmetro do colo (DC), Área foliar (AF), Massa seca das folhas (MSF), Massa seca do caule (MSC), Massa seca da parte aérea (MSPA), Massa seca das raízes (MSR), Massa seca total (MST), Índice de robustez (IR) e Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.) cultivadas sob diferentes doses de *biochar* de bagana de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore). Mossoró-RN, 2025.

FV	CPA	CR	DC	AF	MSF	MSC	MSPA	MSR	MST	IR	IQD
Bloco	5,56	1,26	1,65	1,62	2,40	0,32	1,15	0,85	1,29	7,11	0,30
Doses	11,1**	1,39 ^{n.s.}	1,81 ^{n.s.}	14,5**	14,8**	11,3**	14,6**	4,50*	13,8**	7,56**	0,63 ^{n.s.}
CV (%)	8,23	9,85	8,15	10,01	10,70	15,30	11,75	17,13	11,41	7,0	15,12
Média	21,8	18,8	1,73	43,2	0,24	0,17	0,42	0,17	0,59	12,6	2,47

Fonte de Variação (FV),

*significativo ao nível de 5% de probabilidade.

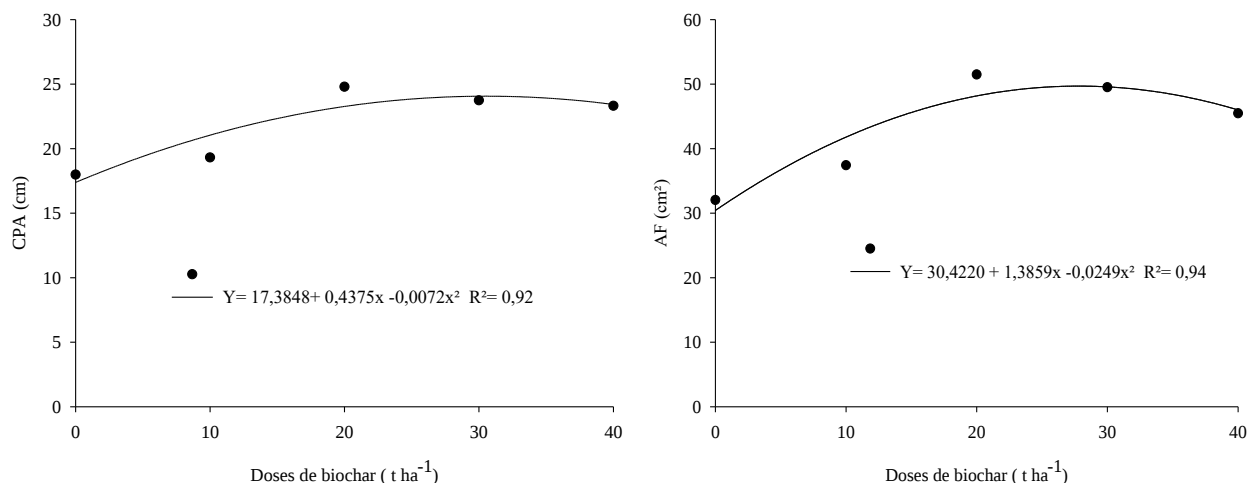
**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{n.s.} Não significativo

Já para as variáveis comprimento da raiz (CR), diâmetro do colo (DC) e índice de qualidade de Dickson (IQD) não houve efeito significativo, indicando que as diferentes doses testadas não influenciaram os valores obtidos para essas características.

Para o comprimento da parte aérea houve incremento nos valores com o aumento das doses até a dose estimada de 30 t ha⁻¹, após essa dose, houve um decréscimo nos comprimentos registrados. Em relação à testemunha, o ganho do comprimento da parte aérea na dose estimada de 30 t ha⁻¹ foi de aproximadamente 7 mg planta⁻¹, o que representa um aumento de cerca de 38% no comprimento das plantas quando comparada com plantas que não receberam o *biochar* (Figura 7).

Figura 7. Comprimento da parte aérea (CPA) e área foliar (AF) de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.) cultivadas sob diferentes doses de *biochar* de bagana de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore). Mossoró-RN.



Fonte: Autor (2025)

Petter *et al.* (2012), obtiveram resultados positivos com adição de *biochar* oriundo da fitofisionomia cerrado no substrato de mudas de *E. citriodora*, proporcionando maior desenvolvimento da parte aérea. Porém, concentrações acima de 30% resultaram em decréscimo do comprimento.

O mesmo efeito positivo pôde ser percebido para a área foliar, onde a dose estimada de 28 t. há⁻¹ foi responsável pelo maior desenvolvimento da variável. Houve um incremento em comparação com a testemunha de 18 cm², que representa 60%, evidenciando assim, a eficiência do tratamento em melhorar a área foliar (Figura 7).

Ao estudar influência do biocarvão e do bioestimulante vegetal para produção de mudas de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), Santos *et al.* (2022) testaram proporções de biocarvão na presença e ausência de bioestimulante comercial e observaram que o biocarvão teve efeito positivo adicionado à mistura, melhorando o parâmetro de área foliar.

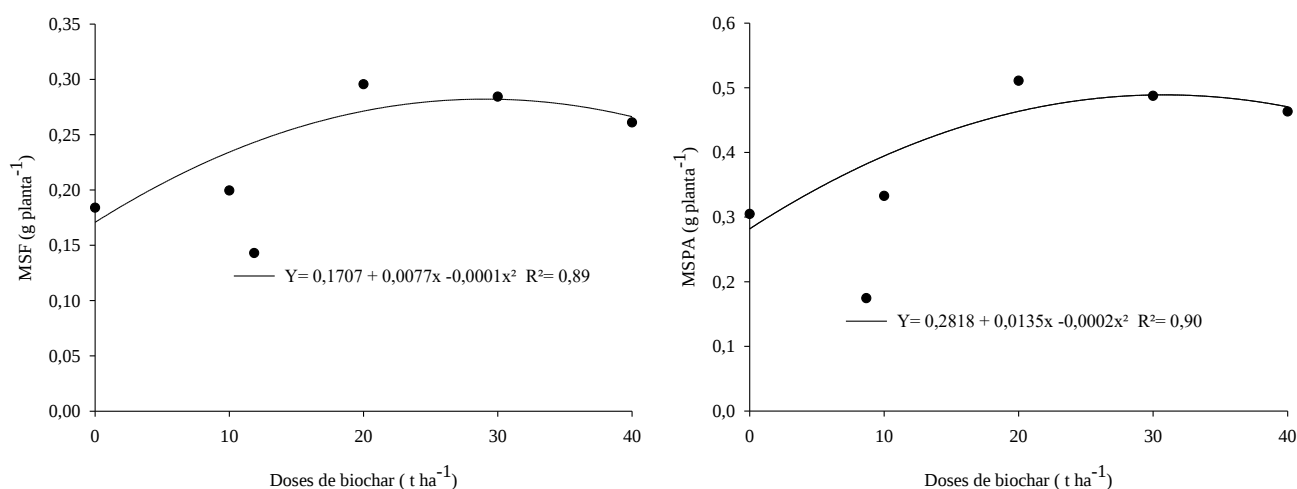
Segundo Scotti *et al.* (2015), a utilização de *biochar* adicionado ao substrato pode aumentar o teor de água, capacidade de troca catiônicas e o PH, além influenciar os ciclos de nitrogênio e fósforo, o que, conseqüentemente, garante um aumento de nutrientes para as plantas e um maior desenvolvimento da fitomassa das mudas.

Em contrapartida, Soares *et al.* (2021) observaram um comportamento negativo ao testar os efeitos do *biochar* proveniente de moínha de carvão de eucalipto nas proporções 0%, 7,5%, 15%, 22,5% e 30% adicionadas ao substrato de mudas de *Sapindus saponaria* L. Eles descreveram o declínio do comprimento total e da área foliar à medida que a proporção aumentou, sendo os maiores valores obtidos quando não houve a utilização do biocarvão. Os autores apontaram algumas possibilidades para esses efeitos, entre elas, a possível baixa disponibilidade de nutrientes do *biochar* e a possível inibição dos processos metabólicos por excesso de concentração do *biochar*.

O excesso de *biochar* no solo pode desencadear um desequilíbrio nutricional nas plântulas devido ao excesso de matéria orgânica no substrato o que, por consequência, pode desencadear menor retenção de água, influenciando negativamente o sistema radicular (Santos *et al.*, 2010).

Nos resultados referentes à massa seca das folhas e massa seca da parte aérea (Figura 8), podemos verificar o mesmo comportamento das variáveis anteriores, onde os maiores valores para as variáveis foram obtidos na dose estimada de 30 t ha⁻¹, apresentando as melhores medias de acúmulo de fitomassa seca em relação à testemunha, com ganhos estimados de 0,11 mg planta⁻¹ e 0,21 mg planta⁻¹, respectivamente. Os menores valores, mais uma vez, foram encontrados na testemunha. Para a MSF o ganho percentual do tratamento de 30 t ha⁻¹ em relação à testemunha foi de 64,4 %. Já para o MSPA, o ganho foi de 73,5%.

Figura 8. Massa seca das folhas (MSF) e massa seca da parte aérea (MSPA) de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.) cultivadas sob diferentes doses de *biochar* de bagana de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore). Mossoró-RN.



Fonte: Autor (2025).

Os resultados demonstram que a dose de 30 t ha⁻¹ é a que apresenta o melhor rendimento de massa seca (g), e valores acima dessa promovem uma redução no desenvolvimento das massas secas da jurema-de-embira.

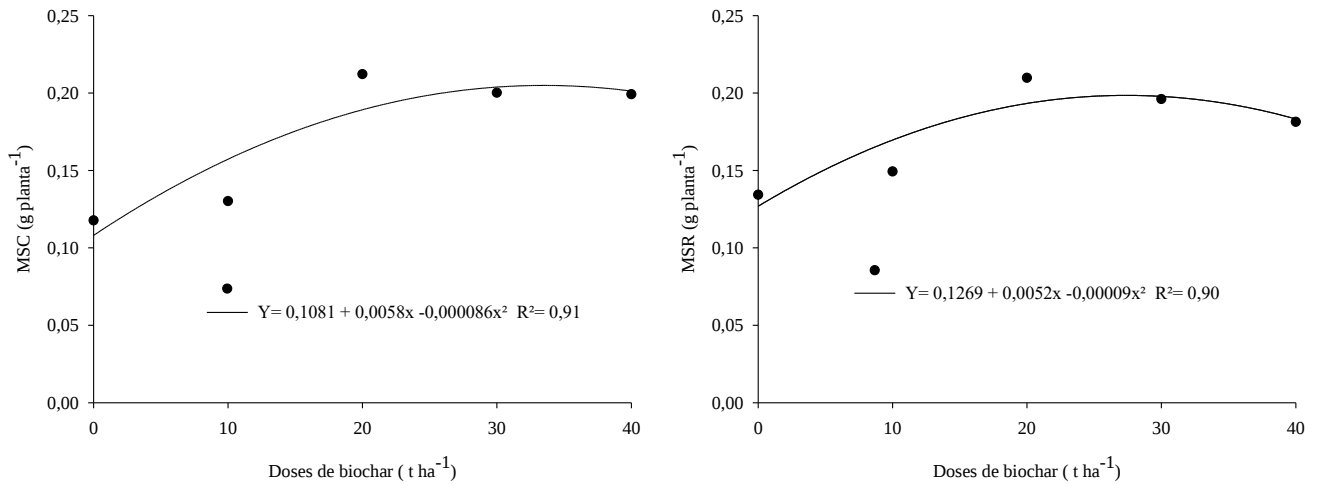
Resultados similares foram observados por Passos *et al.* (2022) ao utilizar *biochar* proveniente de tronco e galhos de lacre (*Vismia guianensis*) para produção de mudas de faveira (*Enterolobium barnebianum* Mesquita & M.F. Silva), onde o melhor resultado para massa seca da parte aérea, raízes e total ficaram em doses inferiores a 40 t ha⁻¹, diminuindo de acordo com o aumento das doses de biocarvão. Esses resultados são semelhantes aos do presente trabalho, destacando a eficiência dessa dose para a produção de massa seca nas espécies estudadas.

Efeitos positivos e semelhantes foram descritos por Silva *et al.* (2019) ao utilizar *biochar* de serragem de eucalipto como condicionante para produção de mudas de *Lactuca sativa* L. Os autores observaram que a variável massa seca da parte aérea apresentou resultados positivos; no entanto, em concentrações mais alta de *biochar*, houve redução em todas as variáveis de desenvolvimento vegetativo avaliadas.

Resultados diferentes foram encontrados por Soares *et al.* (2021), que obtiveram resultados negativos na utilização de *biochar* para produção de massa seca da parte área de mudas de *Sapindus saponaria* L., sendo o melhor resultado observado na testemunha.

A dose estimada de 32 t ha⁻¹ promoveu o maior acúmulo de massa seca do caule (MSC), com aumento de 0,10 g plantas⁻¹ em relação às plantas cultivadas na ausência do *biochar*, representando um ganho da ordem 90% em relação a testemunha. Já para a massa seca das raízes (MSR) os melhores resultados foram verificados na dose estimada de 28 t ha⁻¹, com acréscimo de 0,07 g plantas⁻¹, representando ganhos de 56% em relação à testemunha (Figura 9).

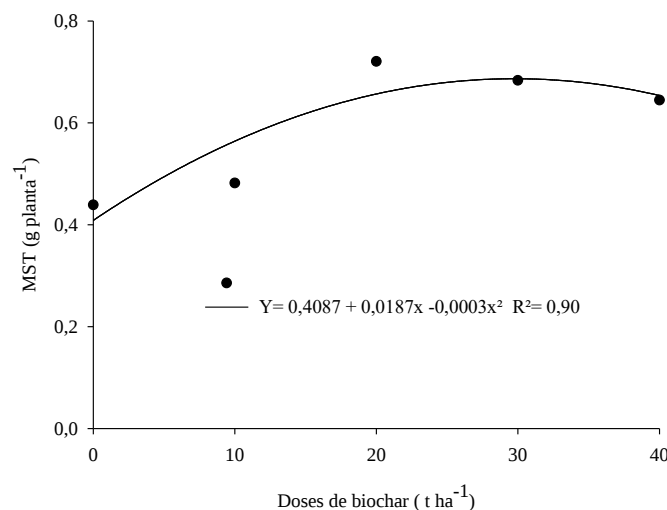
Figura 9. Massa seca do caule (MSC) e massa seca da raiz (MSR) de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.) cultivadas sob diferentes doses de *biochar* de bagana de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore). Mossoró-RN.



Fonte: Autor (2025).

No resultado da massa seca total (MST), a dose estimada de 30 t ha⁻¹ se destacou como o melhor resultado (0,69 g planta⁻¹), com 0,3 g plantas⁻¹ a mais que a testemunha (68%) (Figura 10).

Figura 10. Massa seca total (MST) de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.) cultivadas sob diferentes doses de *biochar* de bagana de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore). Mossoró-RN.



Fonte: Autor (2025).

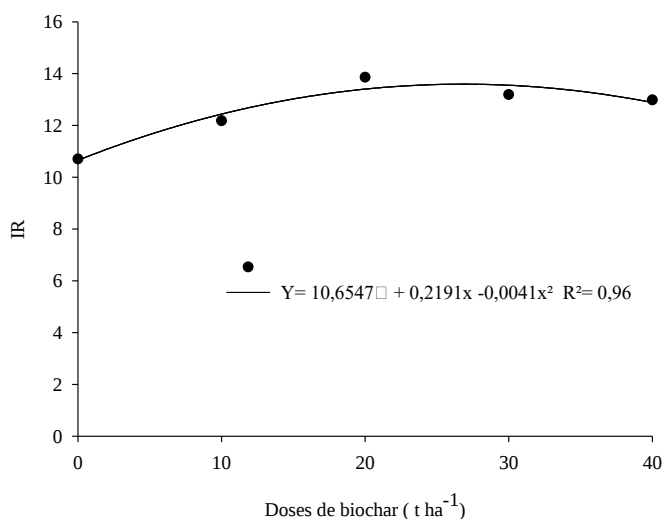
Passos *et al.* (2022), ao utilizarem doses inferiores a 40 t ha⁻¹ de *biochar* proveniente de tronco e galhos de lacre (*Vismia guianensis*) na produção de mudas de faveleira,

observaram os melhores resultados na produção de matéria seca das raízes e à matéria seca total. Por outro lado, doses maiores (40, 60 e 80 t ha⁻¹) afetaram negativamente esses parâmetros, mesmo com aumentando das concentrações de nutrientes como Ca, Mg, K e Zn.

Os efeitos do biocarvão na produção agrícola são variados e sofrem interferências de vários fatores, tais como: forma de aplicação, propriedade dos solos condições do ambiente e resposta da cultura, que pode positiva ou não, dependendo da sua variabilidade (Albuquerque *et al.*, 2013).

O índice de robustez (IR) é a relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto. O valor resultante dessa divisão exprime o equilíbrio de crescimento desses dois parâmetros de importância e, assim, estima o crescimento e qualidade da muda florestal (Carneiro, 1995; Gomes *et al.*, 2002). Seguindo a tendência das variáveis anteriores discutidas, o maior índice de robustez foi observado na dose estimada de 27 t ha⁻¹ (13,6), e o menor, na testemunha (10,7) (Figura 11).

Figura 11. Índice de robustez (IR) de mudas de jurema-de-embira (*Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth.) cultivadas sob diferentes doses de *biochar* de bagana de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore). Mossoró-RN.



Fonte: Autor (2025)

Nogueira Neto (2020) propôs uma classificação para o índice de robustez de espécies arbóreas da Caatinga, levando em conta as variações conformes as espécies. Segundo essa classificação, mudas de jurema-de-embira produzidas em ambiente sombreado são consideradas extremamente esbeltas quando a relação entre parte aérea e coleto for >12,0. A partir desses parâmetros, todos os tratamentos, com exceção da testemunha, apresentação valores positivos em função do índice de robustez.

5. CONCLUSÕES

O *biochar* a partir da bagana de carnaúba demonstrou ser uma opção promissora para produção de mudas de jurema-de-embira, promovendo crescimento nas variáveis comprimento da parte área, área foliar, massa seca das folhas, massa seca do caule, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total e índice de robustez.

Os melhores resultados foram crescentes à medida que se aumentaram as doses de *biochar* até dose média estimada de 30 t ha⁻¹, observando-se uma queda nos resultados em doses maiores.

A dose de 30 t ha⁻¹ pode ser indicada para a produção e mudas de jurema-de-embira.

6. REFERÊNCIAS

ALBURQUERQUE, J. A. *et al.* Enhanced wheat yield by *biochar* addition under different mineral fertilization levels. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 33, n. 3, p. 475–484, 2013.

ALVES, M. O. *et al.* Tecnologia e relações sociais de produção no extrativos da carnaúba no Nordeste brasileiro. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2006, v. 9. 1, CD-ROM.

ARAÚJO, E. F. *et al.* Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa, Sinop**, v. 5, n. 1, p. 16-23, mar. 2017.

ARAUJO-JUNIOR, C. F. *et al.* Alterações nos atributos químicos de um latossolo pelo manejo de plantas invasoras em cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2207–2217, nov. 2011.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CARVALHO, F. P. A. DE. *et al.* Eco-eficiência na produção de cera de Carnaúba no município de Campo Maior, Piauí, 2004. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 2, p. 421–453, abr. 2008.

COSTA, J. A.S. *et al.* **Leguminosas forrageiras da caatinga**: espécies importantes para as comunidades rurais do sertão da Bahia. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2002.

DUTRA, V. F. *et al.* **Mimosa in Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB125488>. Acesso em: 7 jan. 2025.

FELIPE G. B. *et al.* Variação longitudinal na qualidade da madeira de cinco espécies florestais da Caatinga. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 4, p. 1-9, mar. 2021.

FERNANDO. V. D. S. *et al.* *Biochar* de serragem de eucalipto como condicionador de substratos para produção de mudas de alface. **Agri-environmental sciences**, v. 5, 6 nov. 2019.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, C. S. *et al.* Manejo de corte das folhas de *Copernicia prunifera* (Miller) h. e. Moore no Piauí. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 2, p. 25-30, set. 2013.

FIGUEIRÔA, J.M. *et al.* **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2005.

GOMES, J. M. *et al.* Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GUIMARÃES, D. V. *et al.* Management of soil organic matter and carbon storage in tropical fruits crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 301-306, mar. 2014.

INTERNATIONAL BIOCHAR INITIATIVE. **Standardized product definition and product testing guidelines for biochar that is used in soil**. 2012. Disponível em: [http://www.biocharinternational.org/sites/default/files/Guidelines for Biochar That Is Used in Soil Final .pdf](http://www.biocharinternational.org/sites/default/files/Guidelines%20for%20Biochar%20That%20Is%20Used%20in%20Soil%20Final.pdf)>. Acesso em: 03 de outubro de 2023.

JETTER, R. *et al.* Plant surface lipid biosynthetic pathways and their utility for metabolic engineering of waxes and hydrocarbon biofuels. **Plant J**, v. 54, n. 4, p. 670-83, maio. 2008.

JOHNSON, D. A Carnaúba e seu papel como uma planta econômica. **Luso-Brazilian Review**, v. 11, n. 1, p. 133–35, out. 1974.

KEZHEN, Q. *et al.* Recent advances in utilization of biochar, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 42, p. 1055-1064. Fev.2015.

Kill, L. H. P. EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Bioma Caatinga**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/introducao.2021>. Acesso em: 03 de outubro de 2023.

KUMARI, K. *et al.* Unravelling the Recent Developments In the Production Technology and Efficient Applications of *Biochar* for Agro-Ecosystems. **Agriculture**, v. 13, p. 512, 2023.

LACERDA, A.V. *et al.* Estudo do componente arbustivo-arbóreo de matas ciliares da bacia do rio Taperoá, semiárido paraibano: uma perspectiva para a sustentabilidade dos recursos naturais. **Oecologia Brasiliensis**, vol. 11, n. 3, p. 331-340, dez. 2009.

LEAL, P. C. C. *et al.* Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de jurema-imbira, *mimosa ophthalmocentra* mart. ex benth, irrigadas com água salobra. **Revista Biociências**, v. 3, n. 3, pág. 759–766, 2015.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Seção 1, p. 3.

LEITE, M.H. *et al.* Fertilização e cultivo de mamoneira (*Ricinus communis* L.) em solos degradados do semiárido. **Revista Verde**, v. 6, n. 5, p. 198 - 205, mar. 2011.

- LORENZ, K, *et al.* Bsoil for climate change mitigation by soil organic carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 177, n. 5, p. 651–67, set. 2014.
- LUCKOW, M. *et al.* Legumes of the world. Kew, Royal Botanic Gardens. **Táxon**, v. 55, n. 1, p. 251, fev, 2006.
- MANGRICH, A. S. *et al.* Biocarvão: as terras pretas de índios e o sequestro de carbono. **Ciência Hoje**. v. 281, n. 5, p. 48–52, mai. 2011.
- NASCIMENTO, C. R. *et al.* Efeito da bagana de carnaúba nos atributos microbiológicos, umidade e temperatura do solo. **Científica**, v. 49, n. 4, p. 174–182, fev. 2022.
- NOGUEIRA NETO, F. A. **Desenvolvimento e classificação de mudas de espécies arbóreas da caatinga em função de sombreamento**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2020.
- OLIVEIRA, L. S. *et al.* Characterization of Organic Wastes and Effects of Their Application on the Soil. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 6, maio. 2018.
- PASSOS, E. C. Influence of charcoal residues and cattle manure on the development of faveira seedlings. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, dez. 2022.
- PETTER, F. A. *et al.* Biochar como condicionador de substrato para a produção de mudas de eucalipto. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 4, p. 44-51, out-dez. 2012.
- SANTIAGO, F. S. **Avaliação da qualidade do solo em sistemas de cultivo irrigado agroecológico e convencional no semiárido do Rio Grande do Norte**. 2015. 175f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.
- SANTOS, F. P. *et al.* Biochar and biostimulant in forming Schinus terebinthifolius seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 7, p. 520–526, jul. 2022.
- SANTOS, M. R. *et al.* Produção de mudas de pimentão em substratos à base de vermicomposto. **Revista Biociências**, v. 26, n.4 p. 572–578, out. 2010.
- SCOTTI, R. *et al.* Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 15, p. 333-352, dec. 2014.
- SILVA, F, V. Biochar de serragem de eucalipto como condicionador de substratos para produção de mudas de alface. **Agri-Environmental Sciences**, v. 5, nov. 2019.
- SILVA, F. L. *et al.* Pretreatments of Carnauba (*Copernicia prunifera*) straw residue for production of cellulolytic enzymes by *Trichoderma reesei* CCT-2768 by solid state fermentation. **Renewable Energy**, v. 116, p. 299–308, set. 2017.

SILVA, J. S. *et al.* O gênero *Mimosa* (*Leguminosae-Mimosoideae*) na microrregião do Vale do Ipanema, **Rodriguésia**, v. 59, n. 3, p. 435–448, jul. 2008.

SILVA, K. K. **Comportamento fenomenológico de *Mimosa ophthalmocentra* Mart. Ex Benth. Em uma área de Caatinga no semiárido paraibano.** 2015. 57f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Engenharia de Biosistemas, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2015.

SILVA, L. B. **Variação na estrutura da madeira de quatro espécies da caatinga nordestina e seu potencial para o desenvolvimento sustentável.** 116f. Tese (Doutorado em Botânica) – Departamento de ciências biológicas. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2006.

SILVA, L. B. *et al.* Estudo comparativo da madeira de *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex. Benth. e *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. 56 (*Fabaceae-Mimosoideae*) na caatinga nordestina. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 2, p. 301314, jun. 2011.

SOARES, D. C. O. *et al.* Uso do *biochar* e de bioestimulante na produção e qualidade de mudas de *Sapindus saponaria* L. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 106-122, jan./mar. 2021.

SOUSA, P. G. R. *et al.* Produtividade do mamoeiro cultivado sob aplicação de cinzas vegetais e bagana de carnaúba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 1, p. 1201–1212, mar. 2017.

SOUSA, P. G. R. *et al.* Produtividade do mamoeiro cultivado sob aplicação de cinzas vegetais e bagana de carnaúba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 1, p. 1201 - 1212, 2017.

SOUZA, R. F. **Uso sustentável da *Copernicia prunifera* (Miller) H. e Moore no semiárido potiguar: valorização de saberes e conservação dos recursos genéticos.** 2014, 78 f Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2014.

TRAZZ, P. A. *et al.* Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio florestal. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 875-887, 2018.

TULLOCH, A, P. Chemistry of Waxes of Higher Plants. In: Kolattukudy, P.E., Ed., Chemistry and Biochemistry of Natural Waxes, **Elsevier**, p.235–287, 1976.

WEBER, K. *et al.* Properties of *biochar*. **Fuel**. v. 217, p. 240–261, abr. 2018

YAASHIKAA, P. R. *et al.* A critical review on the *biochar* production techniques, characterization, stability and applications for circular bioeconomy. **Biotechnology Reports**, v. 28, nov. 2020.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, p. 126–142, 2014.