



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO-UFMA
CENTRO DE CIÊNCIAS DE CHAPADINHA-CCCh
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

DIEGO OTÁVIO PEREIRA DE OLIVEIRA

EFEITOS DO BIOCHAR DE AÇAÍ NA PERMEABILIDADE DO SOLO, PH E
GERMINAÇÃO DE RABANETE.

Chapadinho – MA

2024

DIEGO OTÁVIO PEREIRA DE OLIVEIRA

**EFEITOS DO BIOCHAR DE AÇAÍ NA PERMEABILIDADE DO SOLO, PH E
GERMINAÇÃO DE RABANETE.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Curso da Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrícola e Ambiental da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Profa. Dra. Luisa Julieth Parra Serrano.
Coorientador: Prof. Dr. Jose Roberto Pereira Rodrigues

Chapadinha - MA

2024

DIEGO OTÁVIO PEREIRA DE OLIVEIRA

**EFEITOS DO BIOCHAR DE AÇAÍ NA PERMEABILIDADE DO SOLO, PH E
GERMINAÇÃO DE RABANETE.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Curso da Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrícola e ambiental da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Agrícola.

Chapadinha - MA, 16 de julho de 2024

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Luisa Julieth Parra Serrano

COAG – UFMA

Prof. Dr. Afredo Napoli

Pesquisador/BioWooEB Unit Cirad-França

Prof. Dr. Washington Da Silva Sousa

CCEA – UFMA

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

de Oliveira, Diego Otávio.

EFEITOS DO BIOCHAR DE AÇAÍ NA PERMEABILIDADE DO SOLO,
PH E GERMINAÇÃO DE RABANETE / Diego Otávio de Oliveira. -
2024.

43 p.

Coorientador(a) 1: Jose Roberto Rodrigues.

Orientador(a): Luisa Julieth Parra Serrano.

Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do
Maranhão, Chapadinha, 2024.

1. Euterpe Oleracea Mart. 2. Resíduo. Carbono. 3.
Condicionador do Solo. 4. . 5. . I. Parra Serrano,
Luisa Julieth. II. Rodrigues, Jose Roberto. III. Título.

Dedico este trabalho a minha mãe,
meus irmãos e à minha namorada
que sempre me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo e em primeiro lugar agradeço a Deus, razão de tudo e de todos nós.

Agradeço a minha mãe Leuzanira por me ensinar o que é ser forte, e perseverante.

Meus irmãos e à minha namorada que sempre me apoiaram e incentivaram.

A minha orientadora, Profa. Luisa Julieth Parra Serrano, pelo incentivo, orientação e auxílio.

Por ter acreditado em meu potencial e ter dado oportunidade de desenvolver essa pesquisa.

Ao Prof. Jose Joberto Pereira, que acreditou em mim e incentivou a realização dessa pesquisa sempre se mostrando disponível para esclarecer as dúvidas.

Ao Saulo e ao Marcos Douglas que nessa caminhada foram mais que amigos, verdadeiros irmãos, devo muito a vocês.

O que te detém não é quem você é, mas quem você acha que não é capaz de ser.

(Jean-Michel Basquiat)

RESUMO

A demanda crescente por produtos derivados do açaí faz com que a quantidade de resíduos gerados após a extração seja cada vez maior, tendo em vista que a polpa corresponde a aproximadamente de 5 a 15% do volume do fruto, já o caroço principal subproduto do beneficiamento corresponde a 85% do volume, necessitando de uma destinação final adequada. Uma alternativa é o reaproveitamento do resíduo transformando-o em biochar através do processo de pirolise utilizando-o como condicionador do solo na produção de mudas de rabanete (*Raphanus sativus* L.). O estudo foi dividido em dois experimentos, o experimento I foi realizado em laboratório, utilizando colunas de drenagem para determinar a umidade e a retenção de água em substratos preparados com Latossolo Amarelo distrófico (LAd) misturado com biochar de caroço de açaí. Foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado dez tratamentos em esquema fatorial 3x3+1 tratamento adicional (Controle 1) com 6 repetições. Os fatores corresponderam a três diferentes concentrações (5% 10% e 15%) e três granulometrias (2mm, 5mm e caroço inteiro) do biochar de caroço de açaí misturado com o LAd. O experimento II conduzido em casa de vegetação visando avaliar o efeito do uso do biochar na germinação do rabanete em bandejas de poliestireno com os mesmos tratamentos do Experimento I e 7 repetições distribuídos em Blocos casualizados. Os resultados foram submetidos à análise da variância pelo teste de ANOVA, se significativo a no mínimo 5 % de probabilidade aplicado o teste Tukey foi aplicado para comparação de médias. Observou-se que a inserção do biochar de caroço de açaí possibilitou aumento da retenção de água no solo com melhores resultados sendo o biochar a 5mm (5%) e Natural (5%,10%). Houve influência positiva no índice de velocidade de germinação quando utilizado 5% de biochar 5mm, já ao avaliar análises biométricas do rabanete (MFPA, MFR, MSPA, MSR, AF) o biochar não apresentou diferenças estatísticas significativas em relação ao controle.

Palavras-Chave: *Euterpe oleracea* Mart. Resíduo. Carbono. Condicionador do solo.

ABSTRACT

The growing demand for products derived from açai means that the amount of waste generated after removal is increasingly greater, considering that the pulp corresponds to approximately 5 to 15% of the volume of the fruit, the main stone by-product of processing. they correspond to 85% of the volume, requiring an adequate final destination. An alternative is to reuse the transformation into biochar through the pyrolysis process using it as a soil conditioner in the production of radish seedlings (*Raphanus sativus* L.). The study was divided into two experiments, experiment I was carried out in the laboratory, using drainage columns to determine humidity and water retention in substrates prepared with dystrophic Yellow Oxisol (LAd) mixed with açai seed biochar. Ten treatments were distributed in a randomized design in a 3x3 factorial scheme + 1 additional treatment (Control 1) with 6 replications. The factors corresponded to three different concentrations (5%, 10% and 15%) and three particle sizes (2mm, 5mm and whole seed) of açai seed biochar mixed with LAd. Experiment II conducted in a greenhouse evolves by evaluating the effect of using biochar on radish germination in polystyrene trays with the same treatments as Experiment I and 7 replications distributed in randomized blocks. The results were subjected to analysis of variance using the ANOVA test, being significant at a minimum of 5% probability applied and the Tukey test was applied to compare means. Note that the insertion of açai seed biochar made it possible to increase water retention in the soil with the best results being biochar at 5mm (5%) and Natural (5%, 10%). There was a positive influence on the germination speed index when using 5% of 5mm biochar, whereas when evaluating biometric analyzes of the radish (MFPA, MFR, MSPA, MSR) the biochar did not present statistical differences revealed in relation to the control.

Keywords: *Euterpe oleracea* Mart, Residue, Carbon, Soil conditioner.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Palmeira de açai *Euterpe oleracea*

Figura 2 — Série histórica, valor da produção nacional de açai.

Figura 3 — Resíduos provenientes de batedores de açai na região metropolitana de São Luis - MA.

Figura 4 — Biochar de caroço de açai

Figura 5 — Colunas de Percolação

Figura 6 — Bandejas com Rabanete

Figura 7 — - Valores médios de saturação (incremento de peso Δp) dos tratamentos avaliados em relação ao tempo (h).

Figura 8 — - Valores médios de drenagem (perda de peso Δp) dos tratamentos avaliados em relação ao tempo (h).

Figura 9 — Valores médios do índice de velocidade germinação (IVG) das sementes de *Raphanus sativus* submetidas a diferentes granulometrias e concentração de produto.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Composição química do caroço de açaí.

Tabela 2 — Análise elementar e imediata da matéria prima e do biochar de caroço de açaí empregado no desenvolvimento dos experimentos.

Tabela 3 — Análise química e física do Latossolo Amarelo distrófico GEPA. Valores de pH, alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), matéria orgânica (MO), Soma de bases (SB), V%, capacidade de troca catiônica (CTC), teores de argila, silte e areia.

Tabela 4 — Identificação geral dos tratamentos de acordo com as suas respectivas composições.

Tabela 5 — Análise química e física do Latossolo Amarelo distrófico. Valores de pH, alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), matéria orgânica (MO), Soma de bases (SB), saturação por bases (V%), capacidade de troca catiônica (CTC), teores de argila, silte e areia.

Tabela 6 — Comparação de médias de pH e Condutividade Elétrica quando comparados as doses e granulometrias do biochar de açaí.

Tabela 7 — Comparação de médias de Saturação (incremento de peso Δp) quando comparados as doses e granulometrias do biochar de açaí.

Tabela 8 — Comparação de médias do teor de umidade (%) nos diferentes tratamentos avaliados.

Tabela 9 — Comparação de médias de drenagem (perda de peso Δp) quando comparados as doses e granulometrias do biochar de açaí.

Tabela 10 — Comparação de médias das análises biométricas do rabanete (*Raphanus sativus*). Nos diferentes tratamentos avaliados

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 Açaí (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.)	13
3.2 A importância socioeconômica do açaí no Brasil	14
3.3 Exportação do açaí	15
3.4 Descarte inadequado	16
3.5 Reaproveitamento do caroço do açaí	17
3.6 Biochar: origem e importância ecológica	19
3.7 Cultivo do rabanete	21
4. Material e métodos	22
4.1 Produção do biochar de caroço de açaí	23
4.2 Experimento I - Determinação da permeabilidade do solo	25
4.3 Experimento II – Germinação e desenvolvimento inicial de mudas de rabanete	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
5.1 Experimento 1- avaliação da saturação drenagem e umidade do solo	29
5.2 Experimento 2	34
6. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), uma palmeira pertencente à família das Arecaceae amplamente reconhecido por sua relevância socioeconômica e cultural na região amazônica. Tendo sua origem na América Central e do Sul, a palmeira é encontrada predominantemente nas regiões do baixo Amazonas, Tocantins, Amapá e Maranhão, além disso, existem registros da presença do açazeiro também nas guianas e Venezuela (Pinto et al., 2010).

O açaí, fruto de formato esférico com diâmetro de 1 a 2 cm, possui um peso médio de aproximadamente 1,5 gramas, e a coloração que pode variar entre roxa e verde, dependendo do tipo e do grau de maturação. Seu consumo não ocorre na forma in natura, sendo necessário um processo de transformação para a obtenção da bebida. Um líquido pastoso adquirido após extração mecânica em máquinas despulpadoras (Silva et al., 2020).

No território Amazônico, o açazeiro destaca-se por ser a palmeira mais produtiva da região, isso se deve às suas características adaptativas e às condições climáticas favoráveis encontradas nessas áreas. A capacidade do açazeiro de se desenvolver e produzir em grande quantidade é um fator-chave para sua importância econômica. O suco obtido a partir do fruto do açazeiro, é amplamente apreciado pela população do Norte do Brasil, desempenhando um papel de grande importância tanto econômica quanto social (Bonomo et al., 2014).

Ao longo dos anos, o fruto vem conquistando espaço significativo no mercado alimentício, resultando em um aumento na valorização de seus produtos derivados, sendo consumido há séculos pelas populações locais da região Norte, só ganhou reconhecimento nas demais regiões do país e no estrangeiro nas últimas décadas (Mourão, 2011). Esse aumento de visibilidade do açaí foi impulsionado pelo início das exportações comerciais a partir da década do 90. De acordo com Costa (2016), o valor bruto da produção do fruto era de 300 milhões de reais em 1995. Entre os anos de 2006 e 2019, o valor bruto da produção rural do fruto apresentou um crescimento anual de 9,6%, alcançando a marca de R\$ 1,3 bilhão de reais em 2019, com uma quantidade de 720 mil toneladas do fruto e média de crescimento de 7% ao ano. O valor das exportações subiu de 30 milhões (2000) para 829 milhões (2011) (Tavares et al 2022)

Em 2018 o Brasil produziu aproximadamente 1.650.000 (Um milhão seiscentos e cinquenta mil) toneladas de açaí para abastecer o mercado interno e externo, movimentando aproximadamente 4 bilhões de reais na economia nacional, o estado do Maranhão segue como

o 3º maior produtor nacional, com produção correspondente a 8,1% aproximadamente 20 mil toneladas (CONAB, 2020).

Atualmente, o açaí tem expandido sua comercialização para quase todos os continentes sendo os Estados Unidos o maior importador com 40% do total exportado, logo após tem a Europa e países Árabes que também se destacam como grandes consumidores de açaí. No entanto, toda essa cadeia é focada basicamente na produção da polpa, que segundo Martins, Mattoso e Pessoa (2009), corresponde a aproximadamente de 5 a 17% do volume do fruto (pericarpo), já o caroço (endocarpo) principal subproduto do beneficiamento que corresponde a 85% do volume total, é tratado como resíduo de pouca utilidade pela população local (Valentim, 2018).

O descarte impróprio do caroço de açaí pode resultar na contaminação do solo e da água, além de apresentar riscos para a saúde pública. É de suma importância adotar as abordagens corretas para reutilizar esse resíduo, uma das alternativas para mitigar o impacto proveniente do descarte inadequado caroço de açaí é a produção de biochar, a partir desses resíduos (Neto et al., 2023). A utilização desse biochar como condicionante do solo pode resultar em vantagens significativas, incluindo a redução dos custos associados à correção dos solos de pequenos e grandes produtores da região. Isso não apenas abre espaço para uma gestão eficaz dos resíduos, mas também proporciona um impacto positivo na qualidade do solo e na incorporação de carbono no solo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência de diferentes doses e granulometrias do biochar de caroço-de-açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) sobre o pH, condutividade elétrica e retenção de água no Latossolo Amarelo distrófico além de avaliar sua influência na germinação de sementes de rabanete (*Raphanus sativus*).

2.2 Objetivos Específicos

Averiguar o potencial de utilização do biochar através verificação da retenção de água;

Analisar os efeitos da aplicação de biochar em diferentes doses no pH e na condutividade elétrica do Latossolo amarelo distrófico

Comparar os efeitos dessa interação (dose versus granulometria) sobre a germinação e desenvolvimento vegetativo de mudas de rabanete.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)

A *Euterpe oleracea* Mart. é popularmente conhecida como açaí, juçara, açaí de touceira, açaí do Pará ou açazeiro, pertence à família *Arecaceae* e tem como uso principal o fruto e o palmito para a alimentação humana (Nascimento, 2008). O nome *Euterpe* representa uma homenagem à uma deusa da mitologia grega devido seu significado “elegância da floresta”, pela exuberância da planta. Já considerando a cor e o aroma da polpa do açaí, recebeu o epíteto *oleracea*, que remete ao odor do vinho (Costa, 2022).

Evidencia-se que o açazeiro é encontrado nas áreas tropicais e subtropicais, em solos de igapó e terra firme, mas também em solos de várzea (Cordeiro, 2016). Tem origem nativa na América Central e do Sul, enquanto no Brasil localiza-se nas regiões do baixo amazonas, Tocantins, Amapá, Maranhão e, tem registros também nas Guianas e Venezuela (Pinto et al., 2010). Somente na Amazônia, é representado, aproximadamente por 34 gêneros e 190 espécies e, esse número aumenta para aproximadamente 200 gêneros e 2600 espécies considerando sua distribuição geral (Costa, 2022).

Se trata ainda de uma palmeira cespitosa com até 25 perfilhos, varia de 15 a 20 metros de altura e com diâmetro de 12 a 18 centímetros de diâmetro (Castro, 2010), suas folhas são compostas e pode chegar até 2,78m de comprimento, em uma palmeira adulta as raízes podem chegar aos 40 cm acima do solo (Junior, 2016). Em relação ao seu fruto, é produzido em cachos a partir do terceiro ano da árvore, cada caroço é uma fruta, possui um endocarpo lenhoso, de forma redonda, com um diâmetro de 1-2 cm de massa variando de 0,8 a 2,3 g (Bichara; Rogez, 2011).

Figura 1 – Palmeira de açaí *Euterpe oleracea*



Fonte: Portal Embrapa (2019).

3.2 A importância socioeconômica do açaí no Brasil

O açaí é considerado como a palmeira mais produtiva da região amazônica, um dos produtos mais significativos oriundos do extrativismo nacional, além de desempenhar um papel fundamental ao evidenciar a biodiversidade da Floresta Amazônica. Historicamente, o cultivo do açaí tem desempenhado um papel expressivo nas dimensões econômicas, sociais e culturais para a população dessa região. O sabor único do seu suco altamente apreciado, faz com que ele seja um componente essencial da culinária nortista (Bonomo et al., 2014).

No contexto nacional, o açazeiro era valorizado principalmente pelo palmito derivado de sua palmeira. A partir de 1970, a extração, manufatura e exportação de palmito dos açazais nortistas ganharam evidência nas estatísticas regionais. O extremo Norte do Brasil passou a ser alardeado como o principal e maior produtor e exportador de palmito do Brasil e do mundo. No entanto, desde a década de 90, impulsionado pela ascensão da cultura fitness e das academias, o açaí alcançou reconhecimento e notoriedade devido às suas propriedades antioxidantes, seu elevado teor energético e à presença da chamada "gordura boa" em sua composição, sendo agora classificado na categoria de superalimentos (Tedesco, et al 2020). O valor comercial da polpa se sobrepôs ao do palmito, reorganizando as condições de manejo e cultivo da espécie (Costa, 2016).

Em 2019 o Brasil produziu aproximadamente 220.000 (duzentos e vinte mil) toneladas de açaí para abastecer o mercado interno e externo, movimentando aproximadamente 4 bilhões de reais na economia nacional e, o estado do Pará segue como maior produtor nacional com produção correspondente de 1,2 milhões de toneladas (CONAB, 2019). O estado do Maranhão segue em 3º lugar como maior produtor de açaí do Brasil e principal produtor do Nordeste com produção de aproximadamente de 20 mil toneladas no ano de 2017. Porém, deve-

se compreender suas particularidades, grande parte da produção do fruto é proveniente de atividades extrativistas vinculadas as comunidades tradicionais e pequenos produtores (IBGE, 2022).

3.3 Exportação do açaí

A exportação de produtos do açaizeiro começou a ser datado na década de 90 devido ao aumento do consumo do palmito proveniente da *Euterpe oleracea* e outras palmeiras de mesmo grupo, como a juçara *Euterpe edulis*. Porém, já se notava os primeiros sinais de esgotamento das reservas naturais (Reis, et al., 2002). A partir dos anos 2000 o fruto foi, gradativamente, conquistando novos consumidores em diferentes regiões do país e do mundo, e conseqüentemente, ganhou espaço no mercado alimentício. Além de obter uma valorização dos produtos derivados do açaí, uma das causas desse aumento é devido a diversificação de produtos provenientes da fruta como: cremes, polpas, energéticos, em pó, sobremesa e sorvetes, sucos e balas.

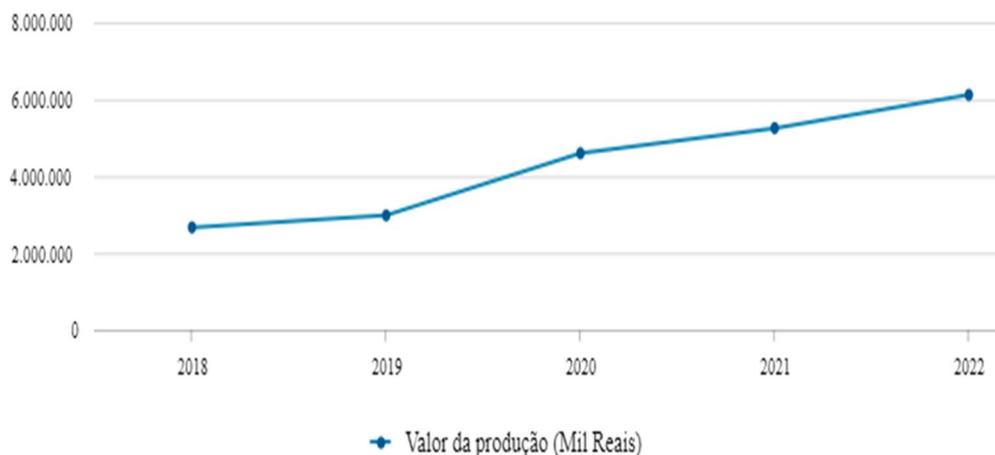
Com essa valorização, esses subprodutos se fazem presentes em todos os continentes. Somente no ano de 2018, o Brasil arrecadou cerca de 2 milhões de dólares, o equivalente a 980 milhões de reais, com a exportação da fruta e seus derivados. 77% do total exportado pelo país é destinado aos Estados Unidos, seguido do Japão e Alemanha. Além disso, os Emirados Árabes Unidos vêm se destacando como importador desses subprodutos (CONAB, 2019).

O aproveitamento da popularidade que o fruto apresenta no atual momento, possibilita a mudança de status de simples fornecedor de produto bruto não beneficiado ao mercado externo, para fornecedor de produtos acabados com alto valor agregado. Os produtos de alto valor agregado são produzidos nos EUA e, segundo estimativa da SEICOM (2015), a agregação de valor nesse país, em 2010, foi de 600%, tendo em vista que o gasto em exportação de polpa de frutas foi valor de US\$ 20,2 milhões e gerou um valor agregado de US\$ 121,7 milhões, demonstrando que além de ser o maior comprador internacional, também é responsável pelo lançamento do maior número de produtos com açaí como matéria-prima, com cerca de 30% do total, seguido por Brasil (19%) e Canadá (8%).

De acordo com a Secretária do Estado de Indústria, Comércio e Mineração do Pará (2015), apesar do aumento da área plantada, a demanda continua reprimida, já que a oferta não

é suficiente, porém tanto o valor médio por litro do açaí continua crescendo, como a produção dobrou na última década para tentar acompanhar a demanda.

Figura 2 — Série histórica, valor da produção nacional de açaí.



Fonte: Conab (2020)

3.4 Descarte inadequado

Devido à crescente demanda pela polpa do açaí, toda a cadeia que gira em torno da cultura atualmente encontra-se em expansão, para abastecer o mercado interno e externo com a utilização de novas tecnologias de manejos dos açaizais, beneficiamento do fruto e melhoramento genético, possibilitou que as regiões produtoras deixem apresentar caráter extrativista e adotando características de estruturas produtivas agrícolas como: O complexo da soja, milho café, etc... (Dias, 2021).

No entanto toda essa cadeia é focada basicamente na produção da polpa, que segundo Martins, Mattoso, Pessoa (2009), corresponde a aproximadamente de 5 a 15% do volume do fruto (pericarpo), já o caroço (endocarpo) principal subproduto do beneficiamento que corresponde a 85% do volume total, é tratado como resíduo de pouca utilidade para a população local (Santos et al, 2016).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, não explica nitidamente sobre a cadeia econômica em volta do fruto açaí, porém existe de forma indireta no art 7º, XI, dos objetivos da PNRS, quando trata do incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético (Negrão 2021).

Nas regiões norte e nordeste do país os locais onde ocorre o beneficiamento do fruto transformando em suco e logo após comercializado, são denominados de batedores de açaí. Os resíduos sólidos gerados por esses estabelecimentos não possuem nenhum tipo de tratamento ou aproveitamento, causando um impacto ambiental significativo (Farinas et al, 2009), pois geram uma grande parcela do lixo urbano que não são recolhidos pelo serviço de coleta local e apresenta destinação final inadequada.

Resíduos de açaí é um subproduto oriundo de um estabelecimento cuja sua atividade, é o processamento do fruto e a comercialização para o consumo humano, o que segundo a PNRS, em seu art. 13, alínea “d” quanto a origem, é classificado como resíduo de estabelecimentos comerciais e não podem ser descartados como resíduo comum, por tanto, sua coleta e destinação são de responsabilidade de seu gerador, no caso os batedores, não podendo ser removidos por empresas encarregadas pela a coleta de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), (Nogueira et al., 2013).

Resíduos de açaí em algumas regiões do norte e nordeste, já compõem uma parcela significativa do lixo em grandes centros urbanos (Santos et al. 2018), não havendo o seu reaproveitamento, tampouco seu descarte em local adequado, estando presentes em beiras de estradas, pátios, vias públicas, matas, terreno baldio e canais de drenagem, transformando-se lixões a céu aberto, sem nenhum tratamento.

Figura 3 – Resíduos provenientes de batedores de açaí na região metropolitana de São Luis - MA



Fonte: autor

3.5 Reaproveitamento do caroço do açaí

Tendo em vista que o resíduo do açaí causa impacto significativo ao meio ambiente, além de causar problemas de mobilidade urbana e saneamento básico, faz-se necessário buscar

meios de reutilização do caroço que possam reverter ou minimizar este quadro. Mediante ao entrave ambiental que a produção de açaí acarreta, já existem projetos pilotos que visam mitigar o impacto ambiental através do reaproveitamento do caroço de açaí.

Ao pesquisar a produção de briquetes energéticos através do caroço do açaí, Reis et al. (2002) verificaram que devido a boa concentração de lignina, celulose e teor de umidade adequada, o resíduo de açaí em forma de briquetes, tornou-se um produto energético de poder calorífico elevado, em média 4.500 Kcal/Kg sendo um produto de alta qualidade e economicamente viável. Pelo qual, Nagaishi (2007) afirma que o seu uso energético pode ser uma saída oportuna e se for bem analisada, pode ser considerada viável economicamente, gerando benefícios sociais e ambientais.

Tabela 1 — Composição química do caroço de açaí.

Umidade	9,60%
Extrato estéreo	3,01%
Extrato alcoólico	9,32%
Extrato aquoso	2,80%
Proteínas brutas	4,34%
Hemicelulose	12,26%
Celulose	34,41%
Lignina	12,72%
Cinzas	1,34%

Fonte: Reis et al. (2002)

Sobre a viabilidade da adição de cinzas de caroços de açaí ao concreto Cordeiro (2019), em sua pesquisa, revelaram que esse material possui as de características físicas que o tornam adequado para tal. As cinzas de caroços de açaí demonstraram propriedades que não apenas mantêm a integridade estrutural do concreto, mas também melhoraram suas características mecânicas, maior resistência à compressão e de durabilidade. Essas descobertas destacam o potencial das cinzas de caroços de açaí como um material alternativo e sustentável na produção de concretos de alta qualidade, promovendo assim uma abordagem mais ecológica na construção civil.

Como formas de aproveitamento desse caroço, cita-se que após a decomposição pode ser largamente empregado como matéria orgânica, sendo considerado ótimo adubo para o cultivo de hortaliças e plantas ornamentais (Gantuss, 2006). Ao avaliar o biochar de caroço

de açaí como condicionador de solo na produção de mudas de pimenta-do-reino, Mendonça (2019) observou que sua inserção possibilitou o aumento da atividade enzimática do solo e maior desenvolvimento vegetativo das mudas, proporcionando um substrato de alta qualidade, por sua vez, Ernestina(2013) indica que a produção de carvão ativado seria uma solução para esse desperdício e daria a esse resíduo valor agregado, auxiliando na renda de comunidades onde esses produtos são descartados e diminuindo o impacto dos mesmos à natureza.

Dos Santos et al. (2019) atrela o descarte incorreto dos resíduos do açaí ao desconhecimento real dos impactos ambientais, entretanto, se houvesse um sistema de gestão ambiental ou projeto de educação ambiental que buscassem agregar valores para o caroço do açaí, possivelmente não seriam desperdiçados, uma vez, que conheceriam o valor econômico e impactos ambientais deste.

3.6 Biochar: origem e importância ecológica

O "biochar" deriva do conceito de "terra preta de índio", que são manchas escuras presentes em toda a floresta amazônica. Estas áreas destacassem por sua fertilidade elevada devido a interferência antropomórficas dos povos originários que habitavam aquela região, estes solos foram utilizados em diversos sistemas de cultivos, incluindo mandioca, feijão, vegetais, frutas e pastagens. Sabe-se que os altos níveis de carbono, cátions básicos e fósforo estão associados aos restos de matéria orgânica calcinada e animais depositados por esses habitantes (Cunha et al., 2018).

O termo terra preta de índio surgiu no final do século XIX em 1878, quando o pesquisador Herberto Smith identificou Terra Preta na área próxima ao rio Tapajós e Santarém e a descreveu como: ‘o melhor da Amazônia’. Naquela época, outros pesquisadores também encontraram a Terra Preta, embora seu interesse principal tenha sido direcionado para recursos como metais ou plantas medicinais, e a presença da Terra Preta tenha sido apenas mencionado indiretamente (Petersen, Neves, & Heckenberger, 2001).

Com o passar dos anos a Terra Preta passou a estar associada aos conceitos mais amplos de desenvolvimento sustentável e mitigação das mudanças climáticas. Essa conexão ampliou o impacto da Terra Preta no presente e no futuro, posicionando-se o solo como uma peça central em diversas questões ambientais globais contemporâneas. Especificamente, as mudanças climáticas que proporcionam um incentivo importante para replicar a fertilidade da Terra Preta (Bezzera et al,2016).

A ideia de reproduzir Terra Preta ainda não havia chegado a áreas fora do campo Terra Preta. Isto mudou depois da Conferência de Solos da Pensilvânia de 2006, onde o 'biochar' foi um tópico de discussão. O termo 'biochar' é utilizado principalmente para referir-se a um tipo especial de condicionador de solo (Lehmann, Gaunt, & Rondon, 2006).

O Protocolo de Kyoto, tratado internacional ambiental de 1997, definiu que países desenvolvidos e subdesenvolvidos devem adotar medidas para precaver-se contra os possíveis danos que o aumento indiscriminado das emissões de Gases do efeito estufa (GEE) podem ocasionar (CQNUMC, 1997). Pesquisadores de todo mundo estudam processos que permitem diminuir a liberação de dióxido de carbono na atmosfera, principal componente emitido e responsável por 55% deste montante, porém para ocorrer uma mitigação eficaz das alterações climáticas, é imprescindível alinhar duas ações: reduzir as emissões de gases de efeito de estufa (GEE) além retirar o dióxido de carbono atmosférico (CO₂), visando atingir as emissões líquidas zero, exigidas para cumprir as metas estabelecidas em 2015 na convenção de Paris. (UNEP, 2023).

Fox e Chapman (2011), ao analisar a viabilidade técnica de diferentes processos como estratégias para a diminuição do aquecimento global, observaram que várias dessas estratégias dependem de cooperação interpaises ou quantias monetárias exorbitantes. Dentre as opções, o processo de pirólise de biomassa e a incorporação desse biochar produzido ao solo é o mais viável tecnicamente, segundo os autores.

Uso de biochar como corretivo do solo para reduzir as emissões de GEE e fornecer C foi proposta pela primeira vez como uma estratégia global para a mitigação das alterações climáticas, há apenas 15 anos e tem sido intensamente estudada ao longo da última década (Wu, et al 2019).

Dixon (1995) relata que as práticas de incorporação de restos culturais, resíduos orgânicos e a matéria orgânica calcinada pode reter o carbono nos solos por décadas, inclusive séculos, demonstrando a importância do solo como armazenador, fonte e sumidouro potencial de CO₂. Estima-se que a quantidade C estocada no solo equivale cerca de 3 vezes o carbono em reserva biótica (plantas e seres vivos), é duas vezes a quantidade presente na atmosfera terrestre (Eswaran et al., 1993).

A produção da matéria orgânica calcinada produzida através da conversão termoquímica anóxica ou parcialmente anóxica de biomassa, é chamado de Biochar, do inglês

biocharcoal, apresentando potencial para desempenhar um papel de destaque em diversos desafios, como geração de energia, beneficiamento de resíduos, recuperação de áreas degradadas, diminuição dos GEE, além de ser um fator atenuante para a diminuição da insegurança alimentar (Shaaban et al., 2018).

Quando incorporado ao solo, o Biochar tem potencial de melhorar a absorção de água, facilitar a penetração de raízes e tornar as plantas mais resistentes, além garantir a longa retenção do carbono no solo, ao contrário do que acontece em regiões de clima tropical que possui temperaturas elevadas, nessas condições, a matéria orgânica tende a se degradar rapidamente, gerando gás carbônico (CO₂).

De acordo com Santos (2013), após o processo de pirólise, o biochar possui potencial de neutralização da acidez do solo, em função de apresentar altos teores de carbonato de cálcio e de magnésio. Porém não necessariamente sendo via de regra, depende do material, origem, tipo de calcinação e temperatura de pirolise. Possui uma estrutura com propriedades físico-químicas, incluindo micros e macroporos abundantes, alta área superficial específica, forte capacidade de adsorção de nutrientes, que são benéficos para o rendimento das culturas (Martins 2018). A aplicação de biochar no solo pode reduzir a densidade aparente do solo e aumentar a porosidade, umidade, capacidade de troca catiônica, sob condições de cultivo simuladas, quando a aplicação de biochar em solo alvísculo, a lixiviação de nitrogênio foi reduzida em 12%, aumentando assim retenção de fertilizantes (Zhang, 2013).

Nesse contexto, o Biochar de caroço de açaí desponta como uma opção encorajadora, pois além de ser um resíduo de baixo custo oriundo da produção do açaí e de fácil obtenção, quando incorporado ao solo pode apresentar uma opção viável para sequestro de carbono e recuperação de áreas degradadas, com satisfatório poder de remoção de metais pesados (Pereira, 2013).

3.7 Cultivo do rabanete

O rabanete (*Raphanus sativus*) é uma hortaliça originária da região sul da Europa e atualmente consumida em todo o mundo. Pertencente à família Brassicaceae, a mesma da couve, do nabo, da mostarda e do agrião, é uma planta herbácea com raízes globulares, geralmente de coloração escarlate brilhante, polpa branca e sabor picante (Lopes et al., 2019). Apresenta qualidades nutricionais, contendo vitaminas A, B1, B2, cálcio, fósforo, potássio e

enxofre, além de ser expectorante natural e estimulante do sistema digestivo (Mello et al, 2013), consumido geralmente na forma de saladas, *in natura* e em conservas.

Apesar de ser uma das hortaliças mais antigas que se tem conhecimento de registros de cultivos, datados há mais de três mil anos, a hortaliça ainda é pouco expressiva na alimentação brasileira. (Oliveira et al, 2010). O Brasil produz entre 9 e 10,5 mil toneladas de rabanetes por ano (Bonfin-Silva et al., 2020). As regiões com maiores concentrações de produtores são o sul e o sudeste do país, o estado de São Paulo é o líder de cultivo da hortaliça (Kramer, 2018), sendo uma cultura produzida principalmente de médios e pequenos olericultores próximos aos grandes centros.

Atualmente, vem ganhando destaque entre os olericultores, principalmente, por apresentar características atraentes, como ciclo curto e rusticidade, sendo a colheita realizada de 25 a 35 dias após a semeadura (Silva, 2022). Isso faz dele uma opção atrativa e promissora para diversificar a produção em pequenas propriedades, pois permite um retorno financeiro mais rápido. Além disso, o rabanete pode ser cultivado na rotação de culturas da agricultura familiar.

O rabanete desenvolve-se melhor em temperaturas mais baixas de 10 a 20 °C no entretanto apresenta bons rendimento também em temperaturas mais altas até 35 °C, a época ideal indicada para o seu cultivo é no outono-inverno (Kramer, 2018), temperaturas acima do limite estipulado já possui efeitos negativos de crescimento e produtividade (Lopes et al 2021). Considerasse o Rabanete uma hortaliça exigente de nutriente por dispor de rápido crescimento, portanto, necessita da disponibilidade de recursos de forma abundante em um curto período.

Estudos relacionados ao cultivo de rabanete utilizando o biochar demonstraram resultados satisfatórios, tal como Pereira, 2024 que ao analisar o efeito do biochar de cama de frango no cultivo do rabanete, resultou no fornecimento de nutrientes necessários em curto espaço de tempo, implicando na maior produtividade que é o parâmetro mais importante.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Foram efetuados dois experimentos de forma simultânea, o Experimento I corresponde à determinação da influência do biochar de açaí na retenção de água no Latossolo

Amarelo distrófico e o Experimento II corresponde à determinação da influência do biochar de açaí na germinação e desenvolvimento inicial de mudas de rabanete.

Os experimentos foram conduzidos no Centro de Ciências de Chapadinha (CCCH) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), no período de setembro a dezembro de 2023. A UFMA está situada na Br 222 – KM 06, S/N – Boa Vista – CEP 65500 00, com coordenadas 03°44'28,7”S e 43°18'46,7”W e altitude de 107 m.

O clima, segundo Köppen (1928), é classificado como Aw, caracterizado como tropical úmido. No período chuvoso, de cinco meses (janeiro a maio), pelo menos dois meses podem ser considerados muito chuvosos (março e abril), com mais de 40 % da precipitação pluvial total. Tem-se, um período seco de sete meses, (junho a dezembro) dos quais três a quatro muito secos (agosto a novembro), com menos de 8 % da precipitação pluvial total 27,9 °C e apresentando precipitação média de 1.613,2 mm por ano (Passos et al., 2016).

4.1 Produção do biochar de caroço de açaí

O processo de pirolise para a produção de biochar foi realizado no Laboratório de Design Cerâmico – LDC/DEDET, na Universidade Federal do Maranhão Campus São Luís.

O caroço de açaí utilizado foi coletado na região metropolitana de São Luís e em Raposa município vizinho da capital maranhense, o resíduo é gerado em locais de onde a polpa do açaí é extraída e comercializada logo após ter passado pelo processo de beneficiamento, garantindo uma matéria prima de boa qualidade.

Foram coletados 60 kg de caroço de açaí, após a retirada do excesso de sujeira o material foi levado ao laboratório de Design de cerâmica para a produção do biochar. Os caroços foram alocados num recipiente de cerâmica com capacidade de 15 L fechado com uma tampa do mesmo material. A pirolise foi realizada num forno elétrico Linn Elektro Therm, com capacidade suficiente para processar todo o material de forma eficiente, na temperatura de 350°C durante 5 horas com taxa de aquecimento de 10°C por minuto, a Figura 4 demonstra biochar resultante do processo de pirolise.

Figura 4 — Biochar de caroço de açaí



Fonte: O autor (2023)

Após a pirolise, foi realizada a classificação, fracionamento do biochar no Laboratório do Grupo de estudos e pesquisa em agroecologia - GEPA, no Centro de Ciências de Chapadinha- UFMA. Efetuou-se a quebra mecânica do material, gerando três granulometrias, 2mm, 5mm, e N caroço inteiro, as quais foram separadas com o uso de peneiras. A análise elementar e imediata do biochar (Tabela 2) foi efetuada na Unidade BioWooEB do CIRAD-França (Centro de Cooperação Internacional em Pesquisa Agrônômica para o Desenvolvimento).

Tabela 2 – Análise elementar e imediata da matéria prima e do biochar de caroço de açaí empregado no desenvolvimento dos experimentos.

	Análise Elementar				Análise Imediata					
	N	C	H	O*	Umidade	Cinzas	MV	C fixo	PCS	PCI
	%				%				(J/g)	
Caroço de açaí natural inteiro	0,47	45,70	5,90	45,76	14,28	2,16	74,24	23,60	19509,22	18248,75
Biochar açaí caroço inteiro	0,98	55,85	5,33	35,89	5,74	1,95	59,21	38,83	23027,97	21896,95
Biochar açaí 5 mm	0,97	55,25	5,33	36,63	5,85	1,83	59,61	38,56	23065,27	21934,25
Biochar açaí 2mm	0,94	53,30	5,09	34,42	5,61	6,26	56,62	37,13	21928,77	20848,67

Nitrogênio (N); Carbono (C); Hidrogênio (H); Oxigênio determinado por diferença (O*). Materiais voláteis (MV); Carbono fixo (C fixo); Poder calorífico superior (PCS); Poder calorífico inferior (PCI). Fonte: CIRAD França 2024.

4.2 Experimento I - Avaliação da saturação drenagem e umidade do solo

No experimento I, foram utilizadas colunas de pvc preenchidas com uma combinação de um Latossolo Amarelo distrófico incrementado com biochar de caroço de açaí, gerando uma quantidade de composto de 600g. Foram testadas três doses de biochar (5%, 10%, 15%) e três granulometrias (2mm, 5mm e 12 mm- N caroço inteiro).

O Latossolo Amarelo distrófico foi coletado na camada de 0-20 cm, na área experimental do grupo GEPA no Centro de Ciências de Chapadinha, é classificado como Latossolo Amarelo distrófico (Santos et al., 2013), com textura franco-arenosa e as características físico-químicas, descritas na Tabela 3. O solo seco foi peneirado com peneira de 5mm para facilitar a homogeneização na preparação do substrato.

Tabela 3 - Análise química e física do Latossolo Amarelo distrófico GEPA. Valores de pH, alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), matéria orgânica (MO), Soma de bases (SB), V%, capacidade de troca catiônica (CTC), teores de argila, silte e areia.

pH	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺	P(resina)	K	MO
<i>CaCl₂</i>	-----mmol _c dm ⁻³ -----			-----mg dm ⁻³ -----		
4,5	5,0	14,0	7,0	8,0	50,83	15
Soma de bases (mmol _c dm ⁻³)	V (%)	CTC (mmol _c dm ⁻³)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	
24,3	44,8	54,3	14	42	54	

As amostras do biochar e do LAd foram submetidas a análise de pH e condutividade elétrica, para as análises de pH foram utilizados o pHmetro de bancada Hanna modelo HI5521-02 e para a medição da condutividade elétrica foi utilizado o Condutímetro portátil LaquaTwin Horiba modelo B-771.

As colunas foram elaboradas a partir de canos de pvc com 40 mm de diâmetro e com comprimento de 40 cm (Figura 5). Foram fixadas com elástico na base das colunas duas camadas de tnt para impedir a saída do material, porém que permita a passagem livre d'água.

Figura 5 — Colunas de percolação



Fonte: O autor (2023)

As colunas foram preenchidas até uma altura de 30 cm com os respectivos substratos, tomando cuidado para não ocorrer compactação, seguindo as recomendações de Ferreira (1987), saturaram-se as colunas com água, colocando-as dentro de um recipiente com o nível da água a uma altura de 30 cm do fundo e deixando-as em repouso por 4 dias, em ambiente controlado promovendo assim, a expulsão de bolhas de ar que pudessem obstruir o escoamento da solução nos poros (Souza et al, 2020).

Efetuiu-se o acompanhamento da saturação das colunas a partir da pesagem em balança de precisão e medição do teor de umidade com auxílio de um leitor de umidade do solo, HH2 Moisture Meter da Delta-T Devices. Após as colunas estarem totalmente saturadas foram suspensas em uma estrutura de metal, para ocorrer a drenagem natural sem interferência externa, a temperatura da sala manteve-se constante durante toda a fase do experimento 20°C para não haver a evaporação da água. Foi mensurada a umidade das colunas às 24h, 48h, 72h, 96h, 144h e 240h após o início da drenagem, fazendo a pesagem de cada uma das colunas.

As variáveis saturação e drenagem foram determinadas a partir da diferença de peso do solo após o período previsto (Eq. 1), saturação 96h e drenagem 240h.

$$\Delta p = p_i - p_f \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

Δp = Variação de peso;

p_i = Peso inicial;

p_f = Peso final.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) contendo 10 tratamentos (Tabela 4) e 6 repetições em esquema fatorial 3x3+1 tratamento adicional (Controle 1) com 6 repetições. Os fatores corresponderam a três diferentes concentrações (5% 10% e 15%) e três granulometrias (2mm, 5mm e caroço inteiro (N)) do biochar de caroço de açaí (B) misturado com o Latossolo Amarelo distrófico (LAd).

Tabela 4. Identificação geral dos tratamentos de acordo com as suas respectivas composições.

Tratamento	ID	Composição
T1	2mm 5%	LAd + B 2mm 5%
T2	2mm 10%	LAd + B 2mm 10%
T3	2mm 15%	LAd + B 2mm 15%
T4	5mm 5%	LAd + B 5mm 5%
T5	5mm 10%	LAd + B 5mm 10%
T6	5mm 15%	LAd + B 5mm 15%
T7	N 5%	LAd + B N 5%
T8	N 10%	LAd + B N 10%
T9	N 15%	LAd + B N 15%
T10	Controle	LAd

4.3 Experimento II – Germinação e desenvolvimento inicial de mudas de rabanete

O experimento visa analisar os impactos da adição de diferentes doses e granulometrias de biochar de caroço de açaí no Latossolo Amarelo distrófico na germinação e crescimento inicial do rabanete.

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno (Figura 6), sendo distribuídas 3 sementes por célula. Para o sombreamento foi utilizado sombrite com 50% de retenção de luminosidade solar. A retirada das plantas foi realizada após 14 dias da semeadura,

as plantas foram levadas a laboratório e foram registradas as seguintes variáveis: o número de folhas (NF), área foliar (AF- cm²), peso da matéria fresca (PMF –g) peso da matéria seca (PMS - g).

Figura 6 — Bandejas com Rabanete



Fonte: O autor (2023)

Para calcular a área foliar, foi utilizado o programa Image J, para a matéria fresca as partes aéreas e raízes foram pesadas separadamente, posteriormente as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e em seguida levadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a 50 °C por um período de 24 horas, em seguida foram pesadas para a determinação da massa seca. Todas as pesagens foram utilizando balança analítica com sensibilidade de 0,001 grama.

Avaliou-se o índice de velocidade de germinação (IVG). Os dados obtidos foram transformados em porcentagem, onde também foi calculado o índice de velocidade de germinação (Eq.2), utilizando a fórmula matemática proposta por Maguire (1962):

$$IVG = (N1/D1) + (N2/D2) + \dots + (Nn/Dn) \quad \text{Eq. 2}$$

Em que:

IVG = índice de velocidade de germinação;

N = número de sementes germinadas e computadas da primeira à última contagem;

D = número de dias da semeadura da primeira à última contagem.

O solo utilizado é classificado como um Latossolo Amarelo distrófico (LAd), textura franco-arenosa segundo a Embrapa (Santos, 2013) as características químicas e físicas da camada de 0 a 20 cm, são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Análise química e física do Latossolo Amarelo distrófico. Valores de pH, alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), matéria orgânica (MO), Soma de bases (SB), saturação por bases (V%), capacidade de troca catiônica (CTC), teores de argila, silte e areia.

pH	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg	P(resina)	K	MO
	-----mmolc dm ⁻³ -----			----- mg dm ⁻³ -----		
5,7	0	41,0	3,9	1,8	78,2	16,7
Soma de bases (mmolc dm ⁻³)	V (%)	CTC (mmolc dm ⁻³)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	
7,4	82,6	57,4	18,0	11,9	70,1	

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC) contendo 6 blocos com 10 tratamentos em esquema fatorial 3x3+1 tratamento adicional (Controle 1) com 7 repetições. Os fatores corresponderam a três diferentes concentrações (5% 10% e 15%) e três granulometrias (2mm, 5mm e caroço inteiro) do biochar de caroço de açaí misturado com o Latossolo Amarelo distrófico (LAd).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Experimento I- Avaliação da saturação, drenagem e umidade do solo

O biochar de caroço de açaí apresentou pH de 4,9 e EC de 0,69 mS/cm o LAd apresentou valores de 4,5 de pH e EC de 0,68 mS/cm. Na Tabela 6 pode-se observar que houve diferenças significativas para os tratamentos 2mm 5% e 5mm 5%, 5mm 10% e N 10% em relação ao tratamento controle, alterando o pH aproximando-o dos valores ótimos 6,5 e 7. Segundo Rezende et al. (2011) o biochar possui estrutura periférica (externa) reativa que pode atuar como a matéria orgânica natural do ambiente, promovendo a estruturação do solo com ligações químicas entre o biochar e estruturas macromoleculares inorgânicas, retendo e liberando os íons H⁺ e OH⁻ na ação de efeito do aumento do pH em até 3 meses após sua aplicação em solo arenoso (Van Zwieten et al., 2010).

Tabela 6. Comparação de médias de pH e Condutividade Elétrica quando comparados as doses e granulometrias do biochar de açaí.

Tratamentos	pH	C.E mS/cm
2mm 5%	6,01c	0,21a
2mm 10%	5,66ab	0,52bc
2mm 15%	5,59a	0,75c
5mm 5%	6,01c	0,21a
5mm 10%	5,90bc	0,30ab
5mm 15%	5,76abc	0,54bc
N 5%	5,70ab	0,31ab
N 10%	5,89bc	0,30ab
N 15%	5,86abc	0,37ab
Controle	5,4a	0,28ab
Cv(%)	2,6	34,9

Médias seguidas pela mesma letra minúscula (na coluna) não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

É fundamental monitorar tanto o pH quanto a condutividade elétrica (CE) do biochar antes de aplicá-lo no solo, pois esses fatores são cruciais para que ele possa servir como um ambiente propício para microrganismos (Thies et al., 2012). Isso é crucial para o tratamento de solos degradados, garantindo que o biochar possa desempenhar eficazmente seu papel na melhoria das condições do solo. Song e Gou (2012) destacam que é fundamental ter conhecimento da CE do biochar, pois indica a quantidade de sais presentes no material. Se aplicado ao solo sem o devido cuidado, esses sais presentes podem ser tóxicos para plântulas e sementes.

Com o aumento das concentrações de biochar aumentaram também valores da condutividade elétrica após a aplicação, os tratamentos 2mm 5% e 5mm 5% apresentaram diferenças estatísticas em relação aos tratamentos 2mm 10%, 2mm 15% e 5mm 15% (tabela 6). Entretanto, os valores de condutividade elétrica permaneceram abaixo da faixa adequada ($<4,0$ mS cm^{-1}), tendo em vista que o rabanete é uma cultura classificada como moderadamente sensível à salinidade, demonstrando salinidade limiar de $1,2$ dS m^{-1} , para extrato de saturação, e $0,8$ dS m^{-1} , para água da irrigação (Ayres; Westcot, 1999). É importante destacar que o aumento dos níveis de salinidade leva à diminuição do número de folhas, altura das plantas, área foliar, índice relativo de clorofila, massa das raízes e massa seca da parte aérea das plantas (Dos Santos et al. 2022).

Ao efetuar a análises de variância nos valores de saturação (incremento de peso) não foi observada diferenças estatisticamente significativas que fizesse necessário um teste de

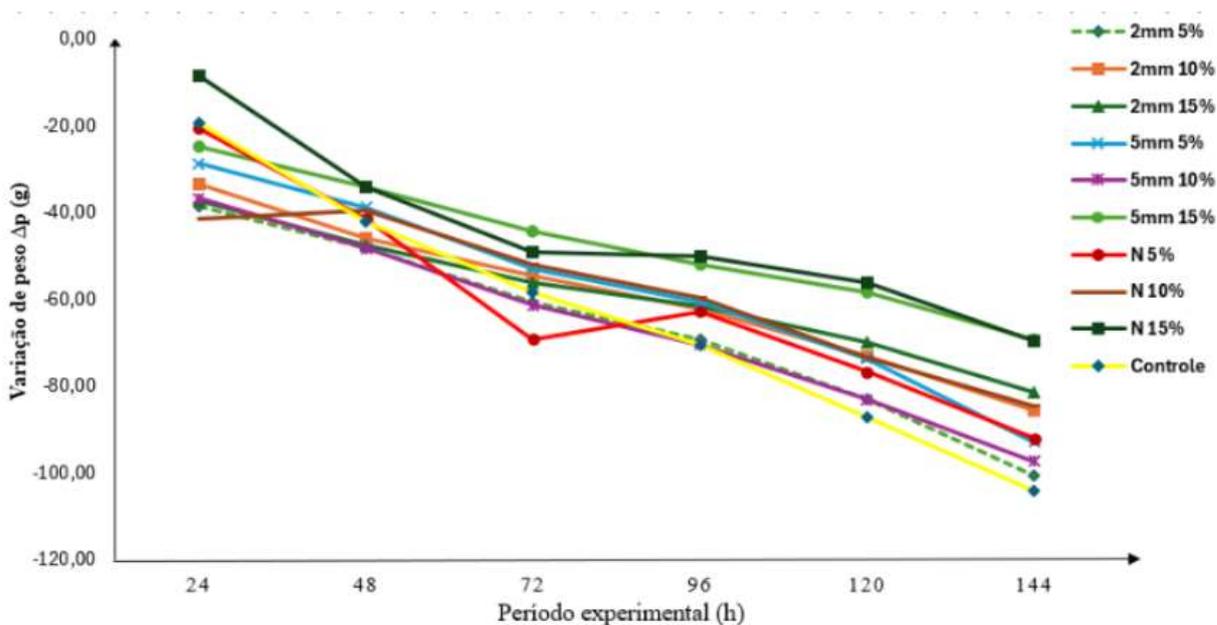
comparação de médias. Contudo, na Figura 7, pode se observar um maior incremento de peso no substrato composto por LAd misturado com biochar de 5 mm na proporção 10%, enquanto o menor incremento foi registrado na mistura de LAd com N 15%.

Tabela 7. Comparação de médias de Saturação (incremento de peso Δp) quando comparados as doses e granulometrias do biochar de açaí.

Tratamentos	24 h	48 h	72 h	96h
2mm 5%	177,1a	175,0a	178,4a	180,1a
2mm 10%	174,6a	173,4a	162,7a	167,2a
2mm 15%	179,2a	180,9a	156,9a	151,4a
5mm 5%	186,6a	177,5a	178,3a	177,8a
5mm 10%	193,5a	199,2a	192,9a	198,2a
5mm 15%	171,5a	169,5a	160,9a	165,9a
N 5%	176,8a	168,9a	167,9a	167,7a
N 10%	175,1a	171,7a	169,7a	170,5a
N 15%	158,8a	157,9a	156,0a	154,6a
Controle	178,1a	171,9a	165,7a	160,7a
Cv(%)	3,3	3,9	5,1	5,8

Médias seguidas pela mesma letra minúscula (na coluna) não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 7 - Valores médios de saturação (incremento de peso Δp) dos tratamentos avaliados em relação ao tempo (h).



A interação entre tratamento e valores de drenagem e umidade pode nos elucidar sobre a relação das diferentes concentrações e granulometrias de biochar de caroço de açaí sobre o Latossolo Amarelo distrófico, houve diferenças significativas entre os tratamentos. Tabelas 8 e 9 mostram os resultados das análises.

Tabela 8. Análise comparativa do teor de umidade (%) na drenagem, para tratamentos com diferentes doses e granulometrias de biochar de açaí

Tratamentos	24 h	48 h	72 h	96h	144 h	240 h
2mm 5%	23,9a	21,3ab	22,8bc	19,9ab	16,3a	14,6a
2mm 10%	21,2a	19,6ab	19,9ab	18,8ab	16,6a	15,7a
2mm 15%	17,5b	17b	17,0a	16,2a	15,9a	15,1a
5mm 5%	28,82c	25,6c	22,7bc	21,4b	18,5a	16,7a
5mm 10%	21,7a	22,3bc	19,4abc	18,45ab	16,5a	15,9a
5mm 15%	21,93a	21,4ab	19,4abc	18,8ab	17,6a	16,4a
N 5%	24,15a	21,5ab	20,9abc	18,9ab	17,5a	15,2a
N 10%	24,63a	22,1bc	20,6abc	18,2ab	16,1a	14,5a
N 15%	21,03a	20,9ab	18,8ab	16,1a	14,6a	15,3a
Controle	28,51c	25,8c	23,68c	17,9ab	17a	16,3a
Cv(%)	10,2	8,0	7,8	5,9	4,7	3,9

Médias seguidas pela mesma letra minúscula (na coluna) não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 9. Análise comparativa de perda de peso Δp (em gramas) na drenagem, para tratamentos com diferentes doses e granulometrias de biochar de açaí.

Tratamentos(g)	24 h	48 h	72 h	96h	144 h	240 h
2mm 5%	38,7b	48,4a	60,8ab	69,3a	83,2b	100,5b
2mm 10%	33,5b	45,9a	54,7ab	62,4a	73,1ab	85,7ab
2mm 15%	37,4b	47,5a	56,2ab	61,7a	70,0ab	81,5ab
5mm 5%	28,7ab	38,8a	52,9ab	60,7a	73,6ab	92,9ab
5mm 10%	36,7b	48,2a	61,4ab	70,5a	83,0b	97,3b
5mm 15%	24,7ab	34,2a	44,3a	52,0a	58,3a	69,4ab
N 5%	20,5ab	41,5a	69,2b	62,9a	76,8ab	92,1ab
N 10%	41,6b	39,6a	52,1ab	59,8a	73,4ab	84,7ab
N 15%	8,4a	34,2a	49,1ab	50,3a	56,1a	69,7a
Controle	19,31ab	42,2a	58,5ab	70,6a	87,2b	104,2b
Cv(%)	29,7	10,4	9,4	8,2	9,9	10,9

Médias seguidas pela mesma letra minúscula (na coluna) não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

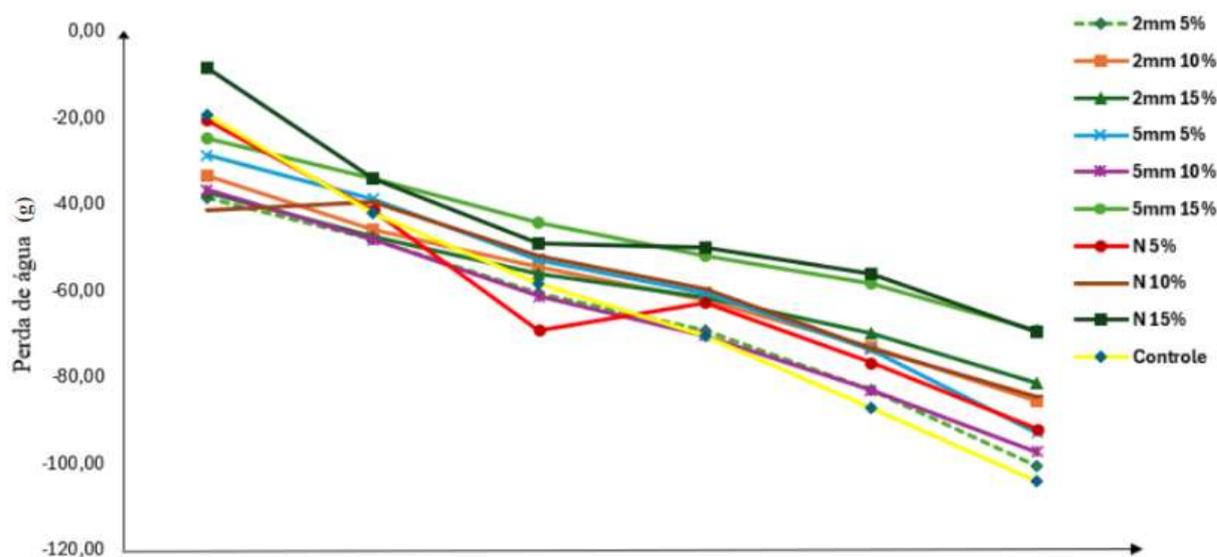
Observa-se que os tratamentos controle e 5 mm 5% tiveram os maiores valores nos intervalos de 24, 48, 72 horas se diferenciando dos demais, os tratamentos com aplicação a 15% de concentração de biochar obtiveram as menores médias e esse efeito de redução é observado

também nas granulometrias pois quanto maior a granulometria menor a média de umidade. A diferença entre granulometrias e concentrações reforça os resultados encontrado pois a inserção do biochar pode ter afetado o espaço de aeração do solo e, conseqüentemente, a distribuição dos poros, responsáveis pelo armazenamento de ar (Abad et al., 2018)

As granulometrias maiores do biochar proporcionam o aumento nos espaços de aeração, devido à diminuição da superfície de contato entre as partículas, porém diminui a umidade no solo, podendo ocasionar deficiências hídricas às plantas em virtude de teores elevados de aeração (Zorzeto, 2014), justificando o menor resultado nos tratamentos compostos pela maior granulometria estudada. Granulometrias mais finas geralmente resultam em menor espaço de aeração, o que pode dificultar o desenvolvimento radicular em condições de alta irrigação (Silva, 2017).

Na interação entre as concentrações e a granulometria em relação à drenagem observasse um efeito contrário aos teores de umidade informados anteriormente, pois observa-se na Tabela 9 que os tratamentos com maiores concentrações e granulometrias apresentaram as menores perdas de água ao longo do tempo, já os tratamentos compostos com as menores granulometrias (2mm e controle) apresentaram as maiores perdas de água (Figura 8).

Figura 8 - Valores médios de drenagem (perda de peso Δp) dos tratamentos avaliados em relação ao tempo (h).



Os tratamentos 2mm 5% de concentração e o controle tiveram o maior declive ao longo dos dias do experimento expressando uma maior perda de água, enquanto o tratamento N 15% e 5 mm 15% apresentaram os melhores resultados quando comparados aos demais tratamentos nas 24,144, 240 horas, com as menores perdas por drenagem.

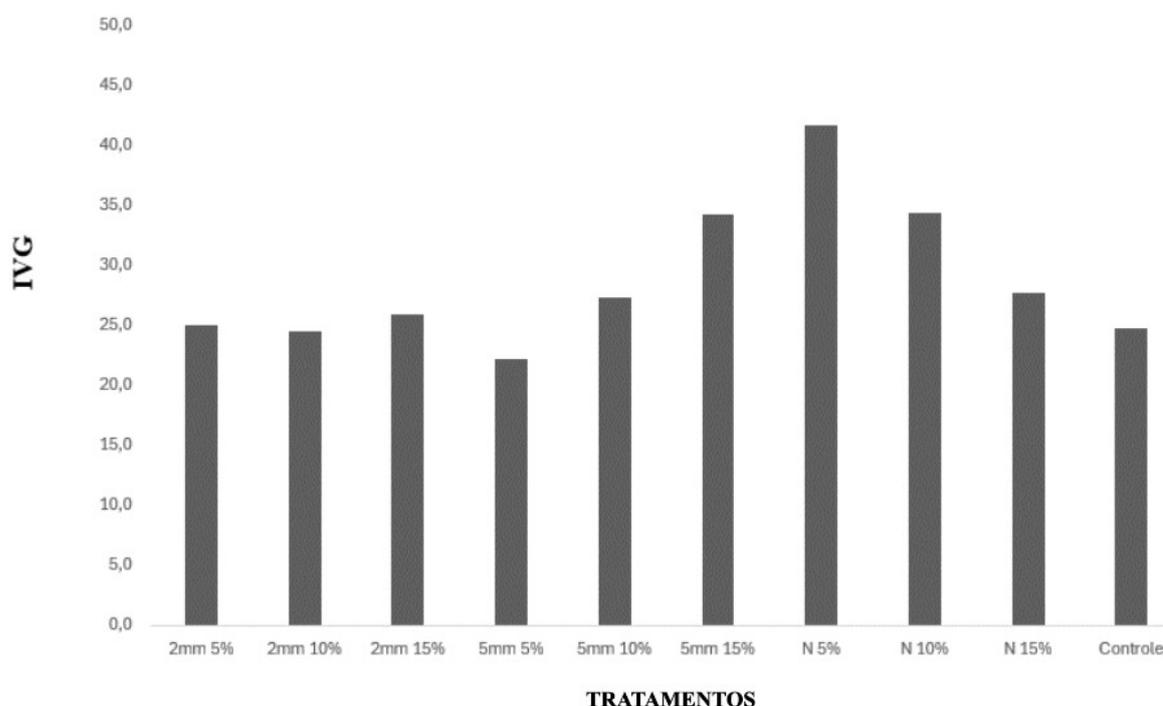
Goldin e colaboradores (2018) ao avaliar as diferenças entre biochar de madeiras nativas da caatinga, observaram uma correlação entre os macros e microporos do biochar, quando correlacionamos com a retenção de água no solo. Valores encontrados no biochar quando avaliado a umidade significa que houve essa passagem de água para os macros e microporos do biochar resultando em menores leituras da umidade do solo, porém, quando avaliamos a drenagem temos uma ideia de como ocorre essa interação, solo x biochar x água, os benefícios do biochar sobre a retenção de água no solo se devem à grande superfície específica e estrutura porosa, que adiciona capilares ao solo (NOVOTNY et al., 2015).

A dose e a granulometria do biochar contribuíram para melhorar o armazenamento de água. Adicionalmente, dependendo de suas características, o biochar atua como habitat para microrganismos e pode influenciar a população microbiana ao modificar as características do solo e interferir nos ciclos biogeoquímicos (BREWER et al., 2014).

5.2 Experimento II – Germinação e desenvolvimento inicial de mudas de rabanete

Os testes de velocidade de germinação de sementes e de crescimento plântulas podem ser usados para avaliar os impactos benéficos da adição de biochar no crescimento das culturas (Gascó et al., 2016). Pode-se observar na Figura 9 os valores da porcentagem média do índice de velocidade de germinação (IVG) e os valores em relação à concentração de biochar incorporado ao solo em diferentes proporções e em diferentes granulometrias.

Figura 9 - Valores médios do índice de velocidade germinação (IVG) das sementes de *Raphanus sativus* em substratos contendo biochar de açai em diferentes granulometrias e concentrações



Na determinação do Índice de Velocidade de Germinação (IVG), os maiores valores foram observados foram os tratamentos com biochar natural a 5% e 10%, e com biochar fracionado a 5 mm e 15%. Os menores valores de IVGs foram registrados no tratamento com biochar fracionado a 5 mm e 5%, assim como no controle. E apesar de somente o N a 5% de concentração que apresentou diferença estatísticas em relação aos tratamentos 5 mm (5%) e controle, os demais tratamentos não apresentaram diferença significativas a 5 % de variância em nenhum dos dias observado.

A massa fresca radicular (MFR), massa seca radicular (MSR) e a massa seca da parte aérea (MSPA) do rabanete não foram influenciadas pela adição do biochar em nenhuma das dosagens e granulometrias (Tabela 10). Para a MFPA, os melhores resultados foram a partir do caroço inteiro em concentração de 5% e 15% apresentando diferença, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 10. Comparação de médias das análises biométricas do rabanete (*Raphanus sativus*) nos diferentes tratamentos avaliados

	MFPA (g)	MFR (g)	MSPA(g)	MSR(g)	AF(cm ²)
2mm 5%	0,218ab	0,036a	0,015a	0,002a	2,42a
2mm 10%	0,154a	0,022a	0,011a	0,000a	2,45a
2mm 15%	0,179a	0,029a	0,012a	0,001a	1,97a
5mm 5%	0,184a	0,022a	0,016a	0,001a	2,14a
5mm 10%	0,208ab	0,024a	0,015a	0,002a	2,11a
5mm 15%	0,188a	0,021a	0,013a	0,003a	3,20a
N 5%	0,274b	0,020a	0,018a	0,002a	4,24a
N 10%	0,236ab	0,020a	0,016a	0,004a	2,94a
N 15%	0,269b	0,021a	0,018a	0,001a	3,45a
Controle	0,1719a	0,010a	0,011a	0,000a	2,00a
Cv(%)	15,7	18,7	14,7	44,0	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de T probabilístico. MFPA = massa fresca da parte aérea; MSPA = massa seca da parte aérea; MFR= Massa seca rac massa seca da parte aérea; AF = Área foliar.

Segundo Bohara e colaboradores o maior crescimento da parte aérea pode estar relacionado ao fato do biochar contribuir para uma maior absorção de nutriente do substrato já Lopes et al. (2019), não verificaram nenhuma diferença entre os tratamentos para massa seca das plântulas de alface, Souchie et al. (2011), que não observaram efeito do biochar na germinação de carvoeiro do cerrado (*Tachigali vulgaris*).

Para a área foliar, não foi observada diferença estatística entre os tratamentos, os maiores valores para área foliar foram os tratamentos com adição de biochar do caroço inteiro com concentração de 5% e 15% correlacionando com os valores encontrados para a MFPA que obtiveram diferenças a 5% de significância

Estes resultados sugerem que os efeitos do biochar na germinação podem variar de inibitórios a estimulantes, dependendo da matéria-prima utilizada, da temperatura de pirólise, da quantidade aplicada, da granulometria e da espécie estudada. Isso corrobora as afirmações de Zulfiqar et al. (2022) e os resultados obtidos por Zhang et al. (2020) sobre as partículas de biocarvão de palha de arroz na germinação de sementes e crescimento de plântulas de tomate.

Por outro lado, o uso de biochar de sabugo de milho (CCB) apresentou efeitos neutros a positivos na germinação de sementes de milho, conforme observado por Ali et al. (2021). Neste estudo, o biochar mostrou-se houve influencia positivamente no índice de

velocidade de emergências ao tratamento Natural 5%, além de obterem os melhores resultados quando avaliado a matéria fresca da parte aérea do rabanete no tratamento natural a concentração de 5, e 15%, porém nas demais análises biométricas não houve resultados suficientes que pudessem comprovar efeitos benéficos.

6. CONCLUSÕES

Neste estudo, os tratamentos com adição do biochar de caroço de açaí proporcionaram alterações significativas nas variáveis pH, CE e Retenção de água. O Latossolo Amarelo distrófico com adição de biochar nas granulometrias 5mm e o Caroço inteiro nas concentrações 5 e 15 % apresentaram os melhores resultados.

Houve influência positiva no índice de velocidade de germinação quando utilizado o biochar 5mm 5%, já ao avaliar análises biométricas do rabanete (MFR, MSPA, MSR, AF) o biochar não apresentou diferenças estatísticas satisfatórias em relação ao controle. Para a MFPA o caroço de açaí inteiro se diferenciou dos demais tratamentos nas concentrações de 5% e 15% (0,274, 0,269) respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ALI, L., XIUKANG, W., NAVEED, M., ASHRAF, S., et al. Impact of biochar application on germination behavior and early growth of maize seedlings: Insights from a growth room experiment. **Applied Sciences**. 2021.
- AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB. 153 p. 1999
- BEZERRA, Joana et al. The promises of the Amazonian soil: shifts in discourses of Terra Preta and biochar. **Journal of Environmental Policy & Planning**, v. 21, n. 5, p. 623-635, 2019.
- BICHARA, C.M.G.R. & ROGEZ, H. Açaí (euterpe oleraceamart.). postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits, **Oxford, UK: Woodhead Publishing**. p. 1–23, 2011.
- BOHARA, Hari et al. Influence of poultry litter and biochar on soil water dynamics and nutrient leaching from a very fine sandy loam soil. **Soil and Tillage Research**, v. 189, p. 44-51, 2019.
- BONFIM-SILVA, E. M.; FERNANDES, G. B.; ALVES, R. D. de S.; CASTAÑON, T. H. F. M.; SILVA, T. J. A. da. **Adubação mineral, orgânica e organomineral na cultura do rabanete**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 5, p. 23300-23318, 2020. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/9528/8019>. Acesso em: 10 mai. 2024.
- BONOMO, Larissa de Freitas et al. Açaí (Euterpe oleracea Mart.) Modulates Oxidative Stress Resistance in Caenorhabditis elegans by Direct and Indirect Mechanisms. Plos One, v. 9, n. 3, p. e89933. 2014. **Public Library of Science (PLoS)**. DOI: 10.1371/journal.pone.0089933.
- BREWER, Catherine E. et al. New approaches to measuring biochar density and porosity. **Biomass and bioenergy**, v. 66, p. 176-185, 2014.
- CASTRO, C. C. **diversidade de fungos hifomicetos associados ao açaizeiro (euterpe oleracea mart.) em áreas de várzea da ilha do combu, belém/pa, brasil**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém – PA. p. 103. 2010. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufra.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/1080>>. Acesso em: 08 de fev. de 2024.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Açaí -Análise Mensal - Dezembro 2020**. Recuperado de <<https://www.conab.gov.br>> Acesso em: 13 de junho de 2024. Acesso em: 13 de junho de 2024.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Histórico Mensal Açaí**. Brasília: CONAB, 2019. Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/> > Acesso em: 13 de junho de 2024.
- CORDEIRO, Luciana de Nazaré Pinheiro et al. Caracterização da cinza de caroço de açaí residual para adição ao concreto. **Ambiente Construído**, v. 19, p. 45-55, 2019.

CORDEIRO, Márcio de Andrade. **estudo da hidrólise enzimática do caroço de açaí (*Euterpe oleracea* mart.) para a produção do etanol**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Pará. Belém – PA. p. 113. 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/14375>>. Acesso em: 08 de fev. de 2024.

COSTA, Brendha Arianne Medeiros Nobre da. **fatores que afetam o consumo de produtos derivados do açaí (*Euterpe oleracea* mart.) na região metropolitana de natal/rn**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba – RN. p. 61. 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/50366>>. Acesso em: 15 de mar. de 2024.

COSTA, F. A. **O açaí do Grão-Pará: arranjos produtivos e economia local. Estruturação e dinâmica (1995-2011)**. Tese– Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

CUNHA, Mariene R. et al. Conversão de folhas de *Eragrostis plana* Nees em carvão ativado por pirólise assistida por micro-ondas para a remoção de contaminantes orgânicos emergentes de soluções aquosas. **Ciência Ambiental e Pesquisa em Poluição**, v. 25, p. 23315-23327, 2018.

DIAS, F. O.; PAULO, R. C.; MAFRA, R. Z. Diagnóstico para o reconhecimento do açaí de Codajás-Amazonas como indicação geográfica. **Revista Ingi – Indicação Geográfica e Inovação**. v.6, n.1, p.1586-1608. 2022. ISSN: 2594-8288. Avaliado em: <<http://dx.doi.org/10.51722/Ingi.v6.i1.190>>. Acessado: 20 de julho de 2024.

DIXON, Jacqueline Eaby; STOLPER, Edward M.; HOLLOWAY, John R. Um estudo experimental das solubilidades de água e dióxido de carbono em líquidos basálticos da dorsal meso-oceânica. Parte I: modelos de calibração e solubilidade. **Revista de Petrologia**, v. 36, n. 6, pág. 1607-1631, 1995.

DOS SANTOS, G. O., CATUNDA, T. P., DA SILVA TAVARES, Q. E., LOPES, A. B., & TRAVASSOS, F. L. D. III-289–**potencial de aproveitamento do resíduo de açaí no município de labrea-am**. 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Natal-RN. Anais eletrônicos. 2019. Disponível em: <http://abes.locaweb.com.br/XP/XPEasyArtigos/Site/Uploads/Evento45/TrabalhosCompletoP DF/III-289.pdf>. Acesso em: 19 jun 2024

DOS SANTOS felix, Evaldo et al. desempenho de variedades de palma forrageira submetidas a diferentes níveis de salinidade. **IRRIGA**, v. 27, n. 4, p. 729-741, 2022.

ERNESTINA, Escola Estadual de EM Profª; MAIA, Pereira. **Carvão do caroço de açaí (*Euterpe oleracea*) ativado quimicamente com hidróxido de sódio (NaOH) e sua eficiência no tratamento de água para o consumo**. LIVRO DE PESQUISAS, p. 203, 2013.

ESWARAN, H.; van den BERG, E. & REICH, P. Organic carbon in soils of the world. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 57:192- 194, 1993.

FARINAS C. S., SANTOS R. R. M., NETO V. B., PESSOA J. D. C. 2009 ‘**Aproveitamento do Caroco do Açaí como Substrato para a Produção de Enzimas por Fermentação em Estado Sólido**’. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Vol. 30, pp.01- 16.

FIELD, CB & MACH, KJ **Dimensionamento correto da remoção de dióxido de carbono**. Ciência 356, 706–707 (2017).

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421p.

FOX, T. A.; CHAPMAN, Lee. Engenharia geoengenharia. **Aplicações Meteorológicas** v. 18, n. 1, pág. 1-8, 2011

FURLANETO SOUCHIE, F. et al. CHARCOAL AS AMENDMENT TOSUBSTRATE OF SEEDLINGS OF Tachigali vulgaris. **Ciência Florestal**. v. 21, n. 4, 2011.

GASCO, Gabriel et al. Relation between biochar properties and effects on seed germination and plant development. **Biological Agriculture & Horticulture**, v. 32, n. 4, p. 237-247, 2016.

GANTUSS, C. A. R. **Caracterização física e química de locais de ocorrência do Açaizeiro (euterpe oleracea, mart) no Estado do Amapá e sua relação com o rendimento e qualidade do fruto**. 2006. 79. f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

GONDIM, R. S., MUNIZ, C. R., LIMA, C. E. P., GURGEL, M. C., & DOS SANTOS, C. L. A. (2018). capacidades de retenção hídrica do biochar explicada por microscopia eletrônica. **Revista Caatinga**, 31(4), 972-979.

IBGE. **Atlas do Estado do Maranhão**. Rio de Janeiro, 1984. 104 p. Censo 2021.

IBGE. **Produção de açaí**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/tabelas>. Acesso em: 20 junho 2024.

IGLESIAS A, S.F. (2018). **Aplicación del biochar a partir de biomasa residual de Eucalipto para evaluar la productividad con maiz en el austro ecuatoriano**. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/33944>

JUNIOR, Francisco de Oliveira Cruz. **caracterização morfológica e da produção de frutos de populações de açaizeiros estabelecidas em mazagão – amapá**. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBIO), Universidade Federal do Amapá. Macapá – AP. p. 80. 2016. Disponível em: <<http://200.139.21.55/handle/123456789/523>>. Acesso em: 08 de mai. de 2024.

KOPPEN, W. E GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map b150cmx200cm. 1928.

KRAMER, Marcos. **produção de cultivares de rabanete em função de plantas de cobertura em antecedência à sementeira**. 2018.

- LEHMANN, Johannes; GAUNT, John; RONDON, Marco. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems—a review. **Mitigation and adaptation strategies for global change**, v. 11, p. 403-427, 2006.
- LOPES, Antonio Wagner Pereira et al. Características agronômicas de plantas de rabanete (*Raphanus sativus* L.) cultivadas sob diferentes fontes de adubos orgânicos. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 3, p. 2919-2930, 2021.
- LOPES, H. L. S.; SAMPAIO, A. S. O; SOUZA, A. C. P.; LIMA, D. C.; SOUTO, L. S.; SILVA, A. M.; MARACAJÁ, P. B. Crescimento inicial da cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.) submetida a níveis e fontes de fertilizantes orgânicos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 19-24, 2019
- MARTINS, C. C. **Biochar, composto orgânico e potássio nas características químicas e lixiviação de nutrientes em Espodosolo e no cultivo de mucuna preta e moringa.** Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Rio de Janeiro, Brasil, 2018.
- MARTINS, Maria Alice; MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli; PESSOA, José Dalton Cruz. Comportamento térmico e caracterização morfológica das fibras de mesocarpo e caroço do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 1150-1157, 2009.
- MELLO, M.F.; LUENGO, R.F.A.; MATOS, M.J.L.F.; TAVARES, S.A.; LANA, M.M. **Embrapa hortaliças 2013.** Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/rabanete.htm>. Acesso em: 15 jun. 2024
- MENDONÇA, Moisés de Souza. **Biochar de caroço de açaí como condicionador de solo na produção de mudas de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.).** 2019.
- MINAMI, K.; NETTO, J. T. **Rabanete: cultura rápida, para temperaturas amenas e solos areno-argilosos.** Piracicaba: ESALQ, 1997. 27 p. (Série Produtor Rural, 4).
- MOURÃO, L. História e natureza: do açaí ao palmito. **Revista Territórios e Fronteiras**, v. 3, n. 2, p. 74-96, 2010
- NAGAISHI, T. Y. R. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart): extrativismo, características, energia e renda em uma comunidade na ilha de Marajó/PA.** 2007. Tese de Doutorado. UFRA.
- NASCIMENTO, Walnice Maria O. do. **Açaí *Euterpe oleracea* Mart. Informativo técnico rede de sementes da Amazônia.** 18. Manaus: INPA, 2008. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/660769>>. Acesso em: 08 de fev. de 2024.
- NEGRÃO, A. G. et al. **Mapeamento do descarte irregular do caroço do açaí no bairro do Jurunas no município de Belém/PA/Mapping the irregular disposal of the açaí seeds in the Jurunas neighborhood in the municipality of Belém/PA.** **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 63284-63294, 2021.
- NETO, H. H. L. C. et al. A DISPOSIÇÃO FINAL DE CAROÇO DE AÇAÍ NO DISTRITO ADMINISTRATIVO DE ICOARACI, PARÁ. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 14, n. 1, p. 221-236, 2023.

NOGUEIRA, Ana Karlla Magalhães; SANTANA, Antônio Cordeiro de; GARCIA, Wilnália Souza. A dinâmica do mercado de açaí fruto no Estado do Pará: de 1994 a 2009. **Revista Ceres**, v. 60, p. 324-331, 2013.

NOVOTNY, Etelvino Henrique et al. Biochar: carbono pirogênico para uso agrícola - uma revisão crítica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, pág. 321-344, 2015.

OLIVEIRA, F. R. A. et al. Interação entre salinidade e fósforo na cultura do rabanete. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 4, p. 519 – 526, Fortaleza, 2010.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, p.758-766, 2016. DOI: 10.7127/rbai. v10n400402

PEREIRA, Moisés Edevaldo. Biochar de cama de frango: **produção, aplicação e análise de suas propriedades no solo e no cultivo de rabanetes**. 2024.

PEREIRA, Vânia Graciete Alves Dias. **Avaliação do Potencial das Cinzas de Biomassa no Sequestro de Carbono**. Tese de Doutorado. Universidade de Aveiro (Portugal). 2013.

PETERSEN, James B. e NEVES, Eduardo Góes e HECKENBERGER, Michael. **Gift from the past. Unknown Amazon**. London: The British Museum, 2001. 25 mar 2024

PINTO, A.; AMARAL, P.; GAIA, C.; OLIVEIRA, W. **Boas práticas para manejo florestal e agroindustrial de produtos florestais não madeireiros: açaí, andiroba, babaçu, castanha-do-brasil, copaíba e unha-de-gato**. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia-IMAIZON, Belém-PA; Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE, Manaus-AM, p. 1-180, 2010.

REIS, Bruno de Oliveira et al. Produção de briquetes energéticos a partir de caroços de açaí. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2002

REZENDE, Edivaltrys IP et al. Biocarvão (biochar) e sequestro de carbono. **Revista virtual de química**, v. 3, n. 5, p. 426-433, 2011.

SANTOS, G. S.; SANTOS, C. C. S.; SENA, C. C. **Descarte e reaproveitamento dos caroços de açaí das bateadeiras do município de laranjal do Jari – AP: uma solução possível**. 1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. Gramado/RS, 2018. Disponível em: [http:// www.ibeas.org.br/conresol/conresol2018/IV-064.pdf](http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2018/IV-064.pdf). Acesso em: 18 jun. 2024.

SANTOS, Luana Carolina Rocha Marinho dos et al. **Resíduos produzidos nas feiras abertas da cidade de Manaus como substrato para o cultivo e produção de lacase por Pleurotus ostreatus**. 2016.

SANTOS, J. L. S. **Biocarvão como condicionador da fertilidade e da microbiota de solo de cerrado cultivado com soja**. 2013. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Goiânia, 2013.

SECRETARIA DE ESTADO DA INDÚSTRIA E COMÉRCIO E MINERAÇÃO – SEICOM. **Pará, terra do açaí. Oportunidade de investimentos**. App_Banco_Mundial_Fructicultura.pdf. Publicado em 03.01.2015.

SHAABAN, Muhammad et al. Uma revisão concisa da aplicação de biochar em solos agrícolas para melhorar as condições do solo e combater a poluição. **Revista de gestão ambiental** , v. 228, p. 429-440, 2018.

SILVA, J. V.A. **Cultivo prévio de plantas de cobertura para produção de rabanete.** 2022.

SILVA, M. S. A. **Biochar de casca de pequi como condicionador de solo no desempenho agrônômico de feijoeiro.** 2017.

SONG, W.; GUO, M. 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, 94: 138–145.

SOUZA, J. A. R., MOREIRA, D. A., SILVA, É. L., OLIVEIRA, W. M., Riscos de contaminação e os impactos pela disposição de efluente de laticínios em latossolo vermelho amarelo. **Revista IberoAmericana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 54- 62, 2020.

TAVARES, G. dos S. et al. **Análise da produção e comercialização de açaí no estado do Pará, Brasil.** 2022.

TEDESCO, G. A. et al. **Análise da cadeia produtiva do açaí catarinense com ênfase nos diferentes participantes e atividades produtivas.** 2020.

THIES, J. E.; RILLIG, M. C. **Characteristics of biochar: biological properties.** In: **Biochar for environmental management.** Routledge, p. 117-138.2012.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Emissions Gap Report 2023: Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again).** Nairobi: UNEP, 2023.

VALENTIM, Rachel Margalho Barreira et al. **Síntese e caracterização de cerâmicas bifásicas de fosfatos de cálcio (HA/ β -TCP) a partir de nanocelulose do tegumento do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.).** 2018.

VAN ZWIETEN, Lukas et al. Efeitos do biochar da pirólise lenta de resíduos de fábrica de papel no desempenho agrônômico e na fertilidade do solo. **Plant and soil** , v. 327, p. 235-246, 2010.

WU, P. ET AL. **Uma revisão cientométrica da pesquisa sobre biochar nos últimos 20 anos (1998–2018).** *Biochar* 1, 23–43 2019.

ZHANG, Chuan et al. Effects of irrigation quantity and biochar on soil physical properties, growth characteristics, yield and quality of greenhouse tomato. **Agricultural Water Management**, v. 241, p. 106263, 2020.

ZORZETO, Thais Queiroz, Sonia CF Dechen, Mônica F. Abreu e Flávio F. Júnior. **Caracterização física de substratos para plantas.** *Bragança* 73: 300–311.2014.

ZULFIQAR, Bilal et al. Biochar enhances wheat crop productivity by mitigating the effects of drought: Insights into physiological and antioxidant defense mechanisms. **PLoS One**, v. 17, n. 4, p. e0267819, 2022.