
Faculdade Nilo De Stéfani
Trabalho de Graduação

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”
FACULDADE NILO DE STÉFANI DE JABOTICABAL - SP (Fatec-JB)
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS

PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DE BIOCHAR DE CASCA DE AMENDOIM

DIOLENES FIGUEIREDO DE SOUSA

PROF. (A) ORIENTADOR(A): DRA. NÁDIA FIGUEIREDO DE PAULA

JABOTICABAL, S.P.

2024

DIOLENES FIGUEIREDO DE SOUSA

PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DE BIOCHAR DE CASCA DE AMENDOIM

Trabalho de graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em **Biocombustíveis**

Orientadora Profa. Dra. Nádía Figueiredo de Paula

JABOTICABAL, S.P.

2024

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Sousa, Diolenes Figueiredo de
Produção e avaliação de biochar de casca de amendoim / Diolenes
Figueiredo de Sousa Jaboticabal: Fatec Nilo de Stéfani, Ano.

2024.

Orientador: Nádia Figueiredo de Paula

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em
Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani - Jaboticabal, Ano
de 2024

1. *Arachis hypogaeae*. 2. Biocarvão. 3. Resíduos. I. Paula, Nádia F. de. II.

DIOLENES FIGUEIREDO DE SOUSA

Trabalho de Graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em **Biocombustíveis**

Orientador: Nádía Figueiredo de Paula

Data da apresentação e aprovação: ____/____/____.

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA

Presidente e Orientador: Profa Dra. Nádía Figueiredo de Paula
Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Membro: Profa Dra Rose Maria Duda
Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Membro: Prof. Dr. Valciney Gomes de Barros
Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Local: Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Jaboticabal – SP – Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela vontade de ir atrás dos meus objetivos, e por não me deixar desanimar em meio todas as dificuldades que passei, por saber que ele está comigo em todos os momentos.

Agradeço em especial a minha mãe, que sempre esteve comigo, sempre presente, sempre com pensamentos positivos, obrigado por cada incentivo e orientação, pelas orações em meu favor, pela preocupação, pelo carinho e amor.

Á minha família, em especial aos meus irmãos, pelo carinho e atenção que sempre tiveram comigo, por todos os conselhos e pela confiança em mim depositada, o meu imenso agradecimento.

Aos amigos que fiz durante o curso, pela verdadeira amizade que construímos, em particular aqueles que estavam sempre ao meu lado, aliviando o peso da caminhada, dando conselhos, apoio e muitas alegrias, por todos os momentos que passamos durante esses anos, meu especial agradecimento. Sem vocês essa trajetória não seria tão prazerosa.

Á minha orientadora Dra. Nádia Figueiredo de Paula, que sempre serei grato, por toda paciência, companheirismo, apoio e dedicação, por toda confiança e auxílio na realização desse trabalho.

A todos os professores do curso de Tecnologia em Biocombustível, por terem acrescentado na minha vida todos os conhecimentos necessários para que eu seja um bom profissional.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

SOUSA, Diolenes Figueiredo de. **Produção e avaliação de biochar de casca de amendoim.** Trabalho de Graduação. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 20 p.2024

PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DE BIOCHAR DE CASCA DE AMENDOIM

RESUMO

O biochar também conhecido como biocarvão é um material composto por grande quantidade de carbono, da pirólise de biomassa, como a casca do amendoim. O biochar tem sido utilizado para diversas finalidades, por exemplo, como biorremediador de solos, como imobilizador de carbono, como condicionador solo. Uma das justificativas para a produção e utilização do biochar é a diminuição de submatéria em agroindústrias, e a diminuição do uso de fertilizantes minerais. Esse trabalho foi realizado com o objetivo de produzir e avaliar biochar de casca de amendoim, um resíduo agroindustrial proveniente do processamento de amendoim, abundante na região. O biochar foi produzido por pirólise em forno mufla. O material foi colocado no interior de um cadinho metálico, fechado com tampa rosqueável para impedir a presença de oxigênio. Foram utilizadas duas temperaturas de 450 e 550oC e três tempos de residência, 30, 45 e 60 minutos. Foram avaliados o rendimento, pH e condutividade elétrica do biochar. Em ambas as temperaturas foram produzidos cerca de 30% de biochar. O biochar apresenta pH alcalino independentemente do tempo e da temperatura. A 550° C o biochar apresenta maior condutividade elétrica. Para menor consumo de energia, o biochar de casca de amendoim pode ser produzido a 45° C por 30 minutos.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* ; Biocarvão; Resíduo agroindustrial.

SOUSA, Diolenes Figueiredo de. Produção e avaliação de biochar de casca de amendoim.. Trabalho de Graduação. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 20 p.2024.

ABSTRACT

Biochar, also known as biochar, is a material composed of a large amount of carbon, from the pyrolysis of biomass, such as peanut shells. Biochar has been used for various purposes, for example, as a soil bioremediator, as a carbon immobilizer, as a soil conditioner. One of the justifications for the production and use of biochar is the reduction of submatter in agro-industries, and the reduction in the use of mineral fertilizers. This work was carried out with the objective of producing and evaluating peanut shell biochar, an agro-industrial residue from peanut processing, abundant in the region. The biochar was produced by pyrolysis in a muffle furnace. The material was placed inside a metal crucible, closed with a screw-on lid to prevent the presence of oxygen. Two temperatures of 450 and 550oC and three residence times were used, 30, 45 and 60 minutes. The yield, pH and electrical conductivity of the biochar were evaluated. At both temperatures around 30% biochar was produced. Biochar has an alkaline pH regardless of time and temperature. At 550° C, bichar has greater electrical conductivity. For lower energy consumption, peanut shell biochar can be produced at 45° C for 30 minutes.

Key words: *Arachis hypogaea*, Biochar; Agro-industrial waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Sistema de pirólise.....	19
Figura 2	Casca de amendoim antes da pirólise, e Biochar já pirolisado	20
Figura 3	Biochar antes e após ser triturado e peneirado	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Temperaturas e tempos de pirólise	19
Tabela 2	Características do biochar produzido a 450° C.....	21
Tabela 3	Características do biochar produzido a 550° C.....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BILIOGRÁFICA.....	17
3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	18
3.1 Materiais	Erro! Indicador não definido.
3.2 Metodologia
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS	23
APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE	24

1 INTRODUÇÃO

Biochar é um material sólido obtido a partir da conversão termoquímica de carbonização de biomassa em ambientes com limitação de oxigênio. Em termos mais técnicos, o biochar é produzido pela decomposição térmica de material orgânico (biomassa como madeira, esterco ou folhas) sob fornecimento limitado de oxigênio (O₂) e a temperaturas relativamente baixas (<700°C) (IBI, 2024).

A pirólise transforma cerca de metade do carbono armazenado no tecido vegetal em uma forma estável e inativa de carbono, sendo assim, enquanto a fotossíntese remove o CO₂ da atmosfera, o biochar estoca o carbono de forma sólida e benéfica. Uma vez que sua produção e utilização pode remover mais CO₂ da atmosfera do que é liberado, essa tecnologia é considerada promissora para redução de acúmulo de carbono na atmosfera.

Biochar pode e deve ser feito a partir de resíduos de biomassa. Os materiais residuais de biomassa apropriados para a produção de biocarvão incluem resíduos de culturas (tanto resíduos de campo como resíduos de processamento, tais como cascas de nozes, caroços de frutas, bagaço, etc.), bem como resíduos de quintal, alimentos e florestas, e estrume animal.

O biochar pode ser produzido usando qualquer matéria orgânica não contaminada, tal como resíduos de culturas, cascas, restos de madeira (troncos, casca, ramos), resíduos agropecuários de maneira geral. Por ser um país essencialmente agrícola, o Brasil, produz anualmente uma grande quantidade de biomassa residual, que pode ser convertida em biocarvão. Na produção agrícola, São Paulo se destaca como responsável por 88% da produção nacional de amendoim. Em Jaboticabal, cidade do interior paulista, a cultura do amendoim se tornou a segunda atividade econômica mais importante do município, depois da cana, e a cidade foi oficializada como a Capital do Amendoim (ALESP, 2023). O amendoim produzido e processado no município, produz uma grande quantidade de biomassa residual, principalmente na forma de cascas. Muitas pesquisas têm sido realizadas no sentido de encontrar a melhor destinação para esse resíduo. Uma das possibilidades de utilização de biomassa vegetal é a transformação desta em biochar. O biochar é um material que pode ser usado como condicionante de solo, além de ser um material promissor na fixação de carbono, que de outra forma, através da decomposição, iria para a atmosfera. Assim, o objetivo desse trabalho foi produzir e avaliar as características de biochar de casca de amendoim.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Biochar é a denominação internacional para o biocarvão. É um termo criado para definir um produto rico em carbono obtido quando a biomassa, como madeira, folhas e estrume, é aquecida em um compartimento fechado com pouco ou nenhum suprimento de oxigênio (O₂), e em temperaturas que variam de 300 °C a 800 °C (Lehmann & Stephen, 2009). Biochar ou biocarvão é considerado um material sólido, rico em carbono, obtido a partir da carbonização de qualquer fonte de biomassa, com pouco ou nenhum oxigênio, processo denominado pirólise (TANG et al., 2016). O biochar é um produto sólido da conversão termoquímica da biomassa realizada em temperaturas acima de 300 °C na ausência de oxigênio. Não é carbono puro, é constituído por carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre e cinzas (Duku, Gu e Hagan, 2011).

A EBC (2024) reafirma que o biochar é uma substância heterogênea rica em carbono aromático e minerais e ressalta que é produzido por pirólise de biomassa obtida de forma sustentável em condições controladas com tecnologia limpa e é usado para qualquer finalidade que não envolva sua rápida mineralização em CO₂.

De acordo com Cha et al. (2016), a estrutura química do biochar está intimamente ligada as condições do processo de pirólise (tempo, temperatura e quantidade de oxigênio disponível) e com a composição da biomassa utilizada. Biomassa é constituída de diferentes componentes químicos que variam conforme o tipo de biomassa e região onde foi obtida, sendo assim, diversas reações químicas ocorrem durante a pirólise.

No processo de formação do biochar, as ligações químicas são quebradas e dão origem a grupos funcionais, como cetona, éster, hidroxila, amina e ácido carboxílico. Esses grupos são responsáveis pela capacidade do biochar interagir com diversas substâncias químicas e resultam em áreas com propriedades básica ou ácida, hidrofílica ou hidrofóbica. As propriedades físico-químicas do biochar favorecem sua aplicação em diversas áreas, como adsorção, catálise e condicionamento do solo (Cha et al., 2016).

Uma das alternativas de fixação de CO₂ atmosférico em larga escala é aumentar a biomassa da terra, por exemplo, por meio de reflorestamento, plantio direto e outras alterações no uso da terra. Outra alternativa é fixar o carbono nos oceanos, uma vez que o ecossistema aquático se destaca com o maior potencial de armazenamento de CO₂ por meio do crescimento e deposição de fitoplânctons (RONDON et al., 2006).

Há duas formas principais em que biochar pode influenciar o ciclo global do carbono. A primeira é que, se o biocarvão for produzido a partir de material que de outra forma teria

oxidado a curto e médio prazo, e o produto resultante for material rico em carbono estável, este ficará disposto numa condição de menor oxidação. A segunda é que produtos gasosos e líquidos de pirólise podem ser utilizados como um combustível, que pode compensar a utilização de combustíveis fósseis (LEHMANN, 2006)

A capacidade do biochar em fornecer ou aumentar a disponibilidade de nutrientes está diretamente relacionada à sua composição, uma vez que o próprio biocarvão contém vários constituintes inorgânicos (BIEDERMAN; HARPOLE, 2013). A quantidade e o tipo de nutrientes presentes no biochar estão relacionados ao tipo de matéria-prima (GASKIN et al., 2008), além da temperatura e da duração da pirólise, indicando que diferentes tipos de biocarvão afetarão de maneira diferente a disponibilidade dos nutrientes (LEI; ZHAN, 2013). O biochar também possui concentrações consideráveis de macro e micronutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) que são liberadas no solo utilizados por microrganismos e plantas em suas atividades metabólicas (CHA et al., 2016).

Propriedades únicas do biochar como, grande área superficial, alta porosidade, grupos funcionais, alta capacidade de troca catiônica e estabilidade fazem dele um material adequado a diversas aplicações (Yaashikaa et al. 2020)

3 Material e Metodologia

3.1 Material

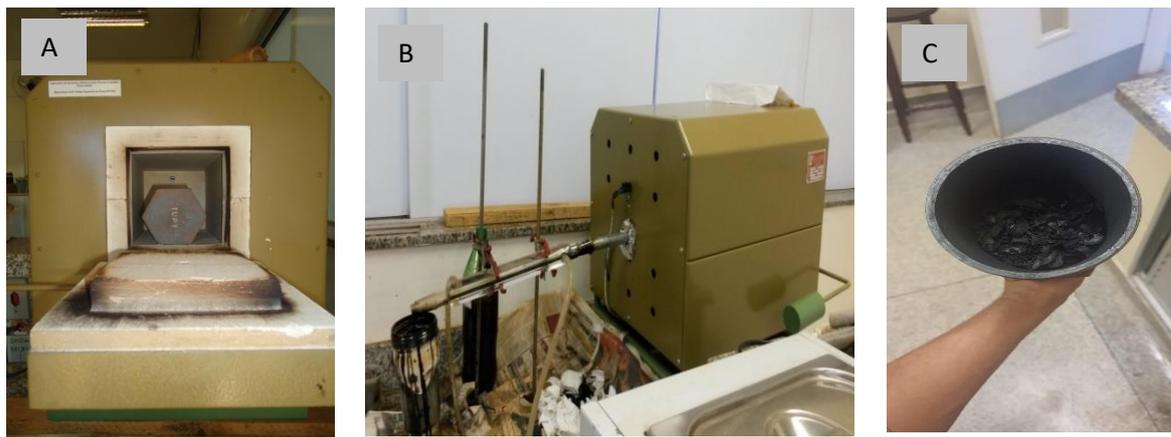
Para a produção do biochar foi utilizado casca de amendoim procedente da indústria Besser Agroindustrial, localizada no município de Jaboticabal, SP. A empresa é responsável pelo processamento e beneficiamento do amendoim, gerando como resíduo grande quantidade de cascas do amendoim.

3.2 Metodologia

Pirólise

A pirólise foi realizada em forno mufla adaptado. Amostras de cascas (90 gramas) foram colocadas no interior de um cadinho metálico com tampa rosqueável (para evitar a presença de oxigênio) acoplado a um condensador para coleta dos gases (Figura 1) inserir quadro com fotos

Figura 1 - Sistema de pirólise. Mufla adaptada com cadinho metálico (A). Mufla conectada ao condensador de gases (B). Casca de amendoim dentro do cadinho metálico (C).



Foram utilizadas duas temperaturas de pirólise e três tempos de residência, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas e tempos de pirólise utilizados na produção do biochar

450 °C	550 °C
60 minutos	60 minutos
45 minutos	45 minutos
30 minutos	30 minutos

Avaliações

Rendimento.

O rendimento informa sobre a capacidade de conversão do material utilizado em biochar. (Figura 2). Foram utilizadas 90 gramas de casca de amendoim (capacidade do cadinho). Após o resfriamento, o biochar foi retirado do cadinho e pesado.

Figura 2: Casca de amendoim antes da pirólise, e Biochar já pirolisado



O rendimento gravimétrico foi determinado como:

$$RG = (\text{Peso de biochar} / \text{Peso de Casca de amendoim}) \times 100$$

Condutividade elétrica e pH

Para medição da condutividade elétrica e do pH, 1 grama de material foi peneirado (Figura 3) e misturado a 25ml de água destilada.

Figura 3: Biochar antes e após ser triturado e peneirado



A condutividade elétrica foi medida em Condutivímetro (modelo, marca) e o pH em pHmetro PH-5000, Instrutherm

Todas as avaliações foram feitas em três repetições. Para a análise dos dados utilizou-se a estatística descritiva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 2 e 3 mostram o rendimento, relação entre o peso de biochar produzido a partir de determinado peso de casca de amendoim e a média \pm desvio padrão do pH e da condutividade elétrica em cada condição.

Tabela 2 . Características do biochar de casca de amendoim produzido a 450° C.

Tempo de residência (minutos)	Rendimento gravimétrico (%)	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/cm}$)	pH
30	33	438 \pm 59,1	10,45 \pm 0,012
45	32	495 \pm 68,7	10,43 \pm 0,021
60	33	532 \pm 43,2	10,34 \pm 0,025

Tabela 3 . Características do biochar de casca de amendoim produzido a 550° C.

Tempo de residência (minutos)	Rendimento gravimétrico (%)	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH
30	33	$1133 \pm 58,8$	$9,89 \pm 0,006$
45	33	$698 \pm 53,6$	$9,87 \pm 0,021$
60	34	$615 \pm 13,7$	$9,72 \pm 0,113$

Observou-se que o rendimento não foi afetado pela temperatura nem pelo tempo de residência. O biochar produzido tanto a 450 quanto a 550oC tem pH alcalino, sem diferença significativa entre tempos de residência. Biochar alcalino poderia ser usado como corretor de pH em solos ácidos. A condutividade elétrica é mais alta quando a pirólise é realizada a 550oC. Nessa temperatura, com 30 minutos de pirólise, foi produzido o biochar com a maior condutividade elétrica. Biochar com maior condutividade elétrica é mais eficaz na troca de íons. As características do biochar são consequência não só da temperatura e tempo de pirólise, mas são especialmente influenciadas pelas características da biomassa utilizada.

5 CONCLUSÃO

Cascas de amendoim submetidas a pirólise de 450 e 550oC produzem cerca de 30% , em peso, de biochar.

O biochar apresenta pH alcalino em ambas as temperaturas

A condutividade elétrica do biochar é maior quando a pirólise é feita a 550oC

Considerando-se que o rendimento e o pH são similares, recomenda-se a produção a 450oC por 30 minutos, para economia de energia.

Sugere-se que, em trabalhos futuros, outras características do biochar sejam analisadas e que a matéria prima também seja estudada principalmente quanto á composição química.

REFERÊNCIAS

- ALESP – Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=457248> acesso em 24/05/2024
- BIEDERMAN, L. A.; HARPOLE, W. S. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB Bioenergy*, v. 5, p. 202–214, 2013.
- CHA, J. S.; PARK, S. H.; JUNG, S. C.; RYU, C.; JEON, J. K.; SHIN, M. C.; PARK, Y. K. Production and Utilization of Biochar: A Review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2016.06.002>
- DUKU, M. H.; GU, S.; HAGAN, E. B. Biochar production potential in Ghana—a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 8, p. 3539–3551, 2011.
- EBC. European Biochar Certificate Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. European Biochar Foundation (EBC). Disponível em: <https://www.european-biochar.org/en/home> Acesso em: 24/05/2024
- GASKIN, J.W.; STEINER, C.; HARRIS, K.; DAS, K.C.; BIBENS, B. Effect of low temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. *Trans Asabe*, v. 51, p. 2061–2069, 2008.
- IBI - International Biochar Initiative IBI Disponível em: <https://biochar-international.org/about-biochar/faqs/> acesso em 24/05/2024
- LEI, O.Y.; ZHANG, R.D. Effects of biochars derived from different feedstocks and pyrolysis temperatures on soil physical and hydraulic properties. *Journal of Soils and Sediments*, v. 13, p. 1561–1572, 2013.
- LEHMANN, J.; GAUNT, J.; RONDON, M. “Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review”, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 11, p. 403–427, 2006.
- LEHMANN, J.; STEPHEN, J. **Biochar for Environmental Management**. Science and Technology, Earthscan, London, 2009.
- RONDON, M. A.; MOLINA, D.; HURTADO, M.; RAMIREZ, J.; LEHMANN, J.; MAJOR, J.; AMEZQUITA, E. Enhancing the productivity of crops and grasses while reducing greenhouse gas emissions through bio-char amendments to unfertile tropical soils. In: 18th World Congress of Soil Science. Philadelphia, PA: International Union of Soil Sciences, 2006. p. 9-15. 2006.
- YAASHIKAA, P. R., KUMAR, P. S., VARJANI, S., SARAVANAN, A. A Critical review on the biochar production techniques, characterization, stability and applications for circular bioeconomy. *Biotechnology Reports* 28, 2020, e00570

APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE

TERMO DE ORIGINALIDADE

Eu, Diolenes Figueiredo de Sousa, 22333791-mg, CPF: 091.576.966-24, declaro que o trabalho intitulado Produção de biochar de casca de amendoim é **ORIGINAL**.

Declaro que recebi orientação sobre as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que tenho conhecimento sobre as Normas do Trabalho de Graduação da Fatec-JB e que fui orientado sobre a questão do plágio.

Portanto, estou ciente das consequências legais cabíveis em caso de detectado PLÁGIO (Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais, publicada no D.O.U. de 20 de fevereiro de 1998, Seção I, pág. 3) e assumo integralmente quaisquer tipos de consequências, em quaisquer âmbitos, oriundas de meu Trabalho de Graduação, objeto desse termo de originalidade.

Jaboticabal/SP, **inserir dia, mês e ano.**

Assinatura do(a) aluno(a)

Diolenes Figueiredo de souza