

CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9° CONRESOL

9° Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



UTILIZAÇÃO DA BORRA DE CAFÉ COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA APLICAÇÃO NA AGRICULTURA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.9.26.I-021>

Vinicius Salgueiro Balarotti (*), Daniel Hanke, Shirley Grazieli da Silva Nascimento, Gabriel Rosa Schmidt

* Universidade Federal do Paraná, vinisalbal@hotmail.com

RESUMO

A geração de resíduos sem destinação ambientalmente adequada constitui um dos principais desafios contemporâneos, destacando-se a borra de café como um resíduo abundante no contexto brasileiro. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo caracterizar o biocarvão produzido a partir desse resíduo, obtido por pirólise a 350 °C, quanto aos seus atributos físicos, incluindo área superficial específica, capacidade de retenção de água, condutividade elétrica, pH em água e pH em KCl. A caracterização foi realizada com o intuito de avaliar o potencial agrônomo do material, considerando seu possível uso como condicionador de solo. Os resultados evidenciaram elevada capacidade de retenção de água e alta área superficial específica, características que indicam potencial para melhoria das propriedades físicas e químicas do solo. Contudo, ressalta-se a necessidade de estudos complementares em condições de campo, visando validar o desempenho agrônomo do biocarvão em diferentes sistemas de cultivo.

PALAVRAS CHAVES: Biocarvão, reutilização de resíduos, pirólise, borra de café.

ABSTRACT

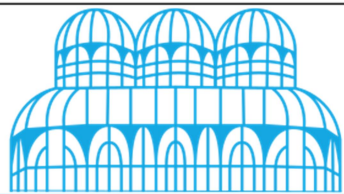
The generation of waste without environmentally appropriate disposal represents one of the main contemporary challenges, with coffee grounds standing out as an abundant residue in the Brazilian context. In this sense, the present study aimed to characterize the biochar produced from this residue, obtained through pyrolysis at 350 °C, in terms of its physics attributes, including specific surface area, water retention capacity, electrical conductivity, pH in water, and pH in KCl. The characterization was carried out in order to evaluate the agronomic potential of the material, considering its possible use as a soil conditioner. The results showed an alkaline pH, high water retention capacity, and elevated specific surface area, indicating potential to improve the physical and chemical properties of the soil. However, further studies under field conditions are necessary to validate the agronomic performance of the biochar in different cropping systems.

KEY WORDS: Biochar, waste reuse, pyrolysis, coffee grounds.

INTRODUÇÃO

A produção e o consumo de café ocupam lugar central na formação econômica, social e cultural do Brasil. Desde o século XIX, o café assumiu papel estratégico na dinâmica produtiva nacional, consolidando o país como um dos principais atores do mercado mundial (MAPA, 2022). Ainda hoje, o Brasil permanece entre os maiores produtores globais e destaca-se também pelo elevado consumo interno da bebida (4,82 kg habitante ano⁻¹), evidenciando a importância desse produto não apenas sob o ponto de vista econômico, mas também como elemento incorporado aos hábitos cotidianos da população (ABIC, 2025). Esse padrão de consumo repercute diretamente na geração de resíduos sólidos orgânicos oriundos do preparo da bebida, especialmente a borra de café, produzida em residências, cafeterias, restaurantes e estabelecimentos comerciais.

No contexto brasileiro, a expansão do consumo de café tem sido acompanhada pelo crescimento de nichos específicos de mercado, como o de cafés especiais, fenômeno observado em diferentes centros urbanos. No estado do Paraná, esse processo assume relevância particular, tanto pela histórica vinculação do território à cafeicultura quanto pela intensificação recente do consumo em cidades como Curitiba, onde a presença de cafeterias e estabelecimentos especializados revela a forte inserção da bebida na dinâmica urbana contemporânea (COSTA et al, 2023). Esse cenário sugere não apenas a consolidação de uma cultura de consumo, mas também a ampliação da geração de resíduos associados à cadeia do café (LIMA, 2014), cuja destinação final ainda ocorre, em grande medida, de forma inadequada ou pouco aproveitada do ponto de vista ambiental.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



Entre os principais resíduos gerados nesse processo, destaca-se a borra de café, material resultante da extração aquosa dos grãos torrados e moídos. Embora muitas vezes tratada como descarte sem valor, a borra constitui um resíduo orgânico rico em carbono e em diferentes compostos orgânicos, podendo representar tanto um passivo ambiental quanto uma oportunidade de reaproveitamento. Quando descartada em aterros sanitários ou em outros ambientes de decomposição anaeróbica, sua mineralização pode contribuir para a emissão de gases de efeito estufa, especialmente metano, agravando os impactos ambientais associados ao manejo inadequado de resíduos orgânicos (BOMFIM et al, 2022; MEDINA & CAVICHIOLI, 2025; WACHOWSKA & BIESAGA, 2026). Além disso, a presença de substâncias como cafeína, polifenóis e flavonoides requer atenção quanto ao descarte direto no ambiente, sobretudo em concentrações elevadas.

Diante desse cenário, a valorização da borra de café insere-se em debates mais amplos sobre economia circular, reaproveitamento de resíduos e transição para sistemas produtivos mais sustentáveis. Em vez de ser compreendida apenas como rejeito, a borra pode ser convertida em matéria-prima para a obtenção de produtos com valor agrônomico e ambiental, como composto orgânico, fertilizantes de base biológica e, particularmente, biocarvão. O biocarvão (BC), ou biochar, é um material carbonáceo obtido por meio da pirólise de biomassa sob baixa disponibilidade de oxigênio (O₂), caracterizando-se, em geral, por elevada estabilidade, presença de estruturas porosas e potencial de interação com água, nutrientes e outros compostos presentes no solo (EPE, 2024).

No campo da agricultura, o uso de BC tem despertado crescente interesse em razão de seus possíveis efeitos sobre atributos físicos e químicos do solo. Dependendo da matéria-prima utilizada e das condições de produção, o material pode apresentar pH alcalino, capacidade de retenção de água, desenvolvimento de área superficial e presença de grupos funcionais capazes de influenciar processos de adsorção e retenção de nutrientes. Essas características tornam o BC particularmente promissor como condicionador de solo, sobretudo em contextos de degradação, baixa retenção hídrica e dependência de insumos externos. Para além do aproveitamento agrônomico, sua utilização também dialoga com estratégias de mitigação ambiental, ao propor o reaproveitamento de resíduos orgânicos urbanos e a incorporação de formas mais estáveis de carbono em sistemas agrícolas.

Entretanto, os efeitos e a qualidade agrônômica do BC não podem ser generalizados, pois variam conforme a natureza da biomassa de origem e as condições de pirólise empregadas. Nesse sentido, torna-se necessário ampliar os estudos voltados à caracterização de BC produzidos a partir de resíduos específicos, como a borra de café, de modo a compreender seu comportamento e seu potencial de aplicação no solo. Embora esse resíduo seja amplamente gerado, ainda são relevantes as lacunas quanto à avaliação de atributos capazes de indicar sua viabilidade como bioinsumo, especialmente no que se refere ao pH, à condutividade elétrica, à capacidade de retenção de água e à área superficial específica.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo produzir e caracterizar o BC obtido a partir da borra de café, visando avaliar seu potencial como alternativa sustentável para aplicação na agricultura. Ao propor o aproveitamento de um resíduo urbano abundantemente gerado, a pesquisa contribui para a discussão sobre estratégias de valorização de resíduos orgânicos e para o desenvolvimento de soluções alinhadas à sustentabilidade, à conservação ambiental e à redução da dependência de insumos não renováveis na agricultura.

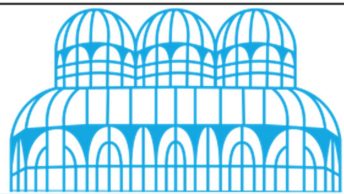
OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo produzir biocarvão a partir da borra de café, utilizando o processo de pirólise, e caracterizar seus atributos físico-químicos, como pH, condutividade elétrica, capacidade de retenção de água e área superficial específica, com o intuito de avaliar seu potencial como condicionador de solo e alternativa sustentável para o aproveitamento de resíduos orgânicos urbanos.

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido no âmbito do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Agroecologia e Manejo e Conservação do Solo (NASol), vinculado ao Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná (DSEA-UFPR). A matéria-prima utilizada consistiu em borra de café proveniente de resíduos domésticos gerados por integrantes do grupo, caracterizando-se como um resíduo orgânico urbano de fácil obtenção e ampla disponibilidade.

Inicialmente, o material foi submetido à secagem em estufa a 100 °C por um período de 24 horas, com o objetivo de remover a umidade residual e padronizar as condições para o processo subsequente. Após a secagem, a borra de café foi submetida ao processo de pirólise em forno mufla, sob condições de baixa disponibilidade de oxigênio.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



O processo térmico foi conduzido em duas etapas, sendo estas: i) aquecimento gradual da temperatura ambiente (~20 °C) até 350 °C, ao longo de aproximadamente 30 minutos e; ii) manutenção da temperatura final por um período de 4 horas, caracterizando a etapa de pirólise propriamente dita. A temperatura de 350 °C foi adotada visando a obtenção de um BC com maior preservação de grupos funcionais oxigenados, os quais estão associados a maior reatividade química e potencial de interação com nutrientes no solo.

Após o término do processo, o material foi resfriado naturalmente à temperatura ambiente dentro do forno, a fim de evitar a oxidação abrupta. Em seguida, o biocarvão obtido foi triturado em moinho mecânico, peneirado em malha de 2 mm e armazenado em recipientes plásticos hermeticamente fechados até a realização das análises.

A caracterização do BC incluiu a determinação de atributos físico-químicos relevantes para sua aplicação agrícola. O pH foi determinado em suspensão nas soluções de água deionizada e KCl 1 mol L⁻¹, utilizando-se a relação 1:2,5 (m/v), correspondente a 10 mL de amostra sólida para 25 mL de solução, com leituras realizadas após equilíbrio da suspensão. As análises foram conduzidas em duplicata.

A condutividade elétrica (CE) foi determinada na proporção 1:10 (m/v), utilizando-se 2 g de amostra para 20 mL de água deionizada. A suspensão foi submetida à agitação e, após 30 minutos, procedeu-se à filtração para posterior leitura em condutivímetro.

A capacidade de retenção de água (CRA) foi avaliada utilizando aproximadamente 1 g de biocarvão, disposto sobre papel filtro em funis de vidro acoplados a recipientes coletores. Foram adicionados 20 g de água previamente pesada, permitindo-se a drenagem por um período de 7 horas. A CRA foi calculada a partir da diferença entre a massa de água adicionada e a massa drenada, em relação à massa seca do material, sendo expressa em porcentagem (HANKE et al., 2022)

A área superficial específica (ASE) foi estimada pelo método da adsorção de vapor de água. Para isso, amostras de aproximadamente 0,5 g foram previamente secas em dessecador contendo pentóxido de fósforo por um período de sete dias, visando a remoção completa da umidade. Posteriormente, as amostras foram transferidas para ambiente com umidade relativa controlada (~20%) por mais sete dias, permitindo a adsorção de vapor de água até atingir o equilíbrio higroscópico. A ASE foi inferida a partir da quantidade de água adsorvida, conforme metodologia descrita na literatura. Os dados foram estatisticamente descritos dentro de suas replicatas analíticas.

RESULTADOS

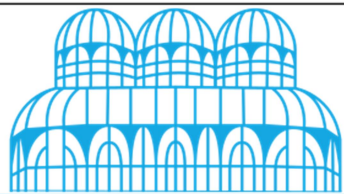
A caracterização do biocarvão produzido a partir da borra de café evidenciou propriedades físico-químicas que indicam potencial relevante para aplicação agrícola, especialmente como condicionador de solo. Os resultados obtidos para pH, condutividade elétrica (CE), capacidade de retenção de água (CRA) e área superficial específica (ASE) encontram-se apresentados na Tabela 1.

De modo geral, os valores de pH determinados em H₂O (9,9) e em KCl 1 mol L⁻¹ (9,8) indicam caráter fortemente alcalino do material, sem diferenças expressivas entre os extratores. Esse comportamento está associado à concentração de cinzas resultantes do processo de pirólise, ricas em carbonatos, óxidos e hidróxidos de cátions básicos, como Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺. A formação desses compostos ocorre durante a decomposição térmica da biomassa, especialmente em condições de baixa temperatura relativa, como a adotada neste estudo (350 °C), que favorece a preservação de frações minerais e de grupos funcionais superficiais.

Do ponto de vista agrônomo, o pH elevado do biocarvão sugere potencial efeito corretivo quando aplicado em solos ácidos, característica particularmente relevante em regiões tropicais, onde predominam solos altamente intemperizados e com elevada acidez. Além disso, a presença de grupos funcionais oxigenados, como fenóis, carboxilas e quinonas, pode contribuir para a capacidade tampão do material, influenciando o equilíbrio ácido-base do solo após sua incorporação (MUKOME; PARIKH, 2016).

Tabela 1. Atributos físicos avaliados no BC sintetizado

Atributo/parâmetro – temperatura de pirólise	350°
pH H ₂ O	9,9
pH KCl (1 mol L ⁻¹)	9,8
C.E. (µS cm ⁻¹)	243



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9° CONRESOL

9° Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



CRA (%)
ASE (m² g⁻¹)

617
765,3

A condutividade elétrica observada (243 $\mu\text{S cm}^{-1}$) reflete a presença de sais solúveis no biocarvão, decorrentes da concentração de elementos minerais durante o processo de carbonização (FEITOSA et al, 2020). Embora valores elevados de CE possam indicar risco de salinização, o valor obtido neste estudo situa-se em faixa considerada moderada, sugerindo que o material pode ser utilizado sem riscos imediatos de impacto negativo sobre a condutividade do solo, especialmente quando aplicado em doses adequadas. Nesse sentido, a CE deve ser interpretada em conjunto com outros atributos do material e do solo de destino, sendo um parâmetro importante para o manejo seguro do biocarvão.

A capacidade de retenção de água (CRA) apresentou valor expressivo (617%), indicando que o material é capaz de reter volumes de água superiores à sua própria massa. Esse comportamento está diretamente relacionado à elevada porosidade do biocarvão, especialmente à presença de microporos e mesoporos formados durante a pirólise. A estrutura porosa favorece a retenção capilar de água, podendo contribuir para o aumento da disponibilidade hídrica no solo, redução de perdas por evaporação e maior eficiência no uso da água pelas plantas.

Esse atributo é particularmente relevante em solos arenosos ou degradados, nos quais a retenção hídrica é limitada. A incorporação de biocarvão com elevada CRA pode melhorar a estrutura do solo e aumentar sua capacidade de armazenamento de água, contribuindo para a resiliência dos sistemas agrícolas frente a condições de déficit hídrico. Além disso, a água retida nos poros do biocarvão pode atuar como reservatório para nutrientes dissolvidos, ampliando sua disponibilidade ao longo do tempo.

A área superficial específica (ASE) apresentou valor elevado (765,3 m² g⁻¹), evidenciando alto grau de desenvolvimento estrutural do material. Esse atributo está diretamente associado à presença de uma rede complexa de poros e à formação de superfícies reativas, capazes de interagir com íons, moléculas orgânicas e microrganismos no solo. A elevada ASE amplia o número de sítios ativos de adsorção, favorecendo a retenção de nutrientes, especialmente cátions, e reduzindo perdas por lixiviação. Além disso, a alta ASE sugere potencial aplicação do biocarvão como material adsorvente em processos de remediação ambiental, podendo contribuir para a imobilização de contaminantes, como metais pesados e compostos orgânicos. Esse comportamento tem sido amplamente relatado na literatura e está associado à presença de grupos funcionais superficiais e à estrutura porosa do material.

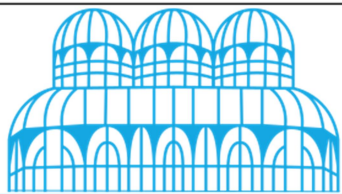
A interpretação conjunta dos atributos avaliados indica que o biocarvão produzido a 350 °C a partir da borra de café apresenta características favoráveis para uso agrícola, combinando alcalinidade, porosidade e capacidade de retenção de água. Esses atributos são interdependentes e resultam diretamente das condições de pirólise e da natureza da biomassa utilizada. Entretanto, é importante destacar que os resultados apresentados correspondem à caracterização inicial do material, sendo necessários estudos complementares para avaliar seu comportamento em condições de campo, incluindo sua interação com diferentes tipos de solo, efeitos sobre a disponibilidade de nutrientes e respostas das culturas agrícolas.

CONCLUSÕES

O biocarvão produzido a partir da borra de café apresentou pH alcalino, elevada capacidade de retenção de água e alta área superficial específica, indicando potencial como condicionador de solo. Esses atributos sugerem contribuição para melhoria da disponibilidade hídrica, retenção de nutrientes e correção da acidez em solos agrícolas.

Além disso, o aproveitamento da borra de café configura uma alternativa sustentável para a destinação de resíduos orgânicos urbanos, alinhada a práticas de economia circular e à redução da dependência de insumos externos.

Por fim, estudos adicionais em condições de campo são necessários para avaliar os efeitos agrônômicos do material em diferentes tipos de solo e sistemas de cultivo.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC). **Indicadores da indústria de café no Brasil**. São Paulo. ABIC, 2024. Disponível em: <https://www.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/>. Acesso em: 7 mar. 2026
2. Bomfim, N.A., Moura, V., Facca, C.A., Lebrão, S.M.G., Lebrão, G.W., Moraes, V.T. **Reaproveitamento da borra de café em biocompósitos**. São Caetano do Sul: Instituto Mauá de Tecnologia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.maua.br/handle/MAUA/2025>. Acesso em: 7 mar. 2026.
3. Costa, B.C., Tavares, K.R., Kaick, T.S., Cubas, S.A. **Diagnóstico da situação atual do sistema de resíduos sólidos com aproveitamento da borra de café**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, [anais eletrônicos]. 2023. Disponível em: https://abes-dn.org.br/anais eletronicos/45_Download/TrabalhosCompletoPDF/III-154.pdf. Acesso em: 11 abr. 2026.
4. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Biocarvão: produto para mitigar as mudanças climáticas e fortalecer a agricultura regenerativa na produção de biocombustíveis**. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-830/FS-EPE-DPG-SDB-2024-01_Biocarv%C3%A3o.pdf. Acesso em: 07 mar. 2026.
5. Feitosa, A.A., Teixeira, W.G., Ritter, E., Resende, F.A., Kern, J. **Caracterização química de amostras de biocarvão de casca de banana e bagaço de laranja carbonizados a 400 e 600 °C**. Revista Virtual de Química, v. 12, n. 4, 2020.
6. Hanke, D., Nascimento, S.G.S., Dick, D.P., Avila, M.R., Pillon, C.N. **Produção e caracterização de biocarvão a partir de diferentes fontes de biomassa vegetal: aproveitamento de resíduos arbóreos e agrícolas sem destinação apropriada**. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 10, n. 2, p. 58–77, 2022.
7. Lima, L.V.C. **Análise do mercado e consumo de cafés especiais em Curitiba**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2015. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/38261/LUCAS-VIANA-DAS-CHAGAS-LIMA.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2026.
8. Medina, K.J.D., Cavichioli, M.F.S. **Extraction of oil from spent coffee grounds with green solvents as a sustainable waste valorization strategy**. São Paulo: FAPESP, 2025. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/en/bolsas/232152/extraction-of-oil-from-spent-coffee-grounds-with-green-solvents-as-a-sustainable-waste-valorization-/>. Acesso em: 7 mar. 2026.
9. Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). **Conheça a história do café no mundo e como o Brasil se tornou o maior produtor e exportador da bebida**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/2022/conheca-a-historia-do-cafe-no-mundo-e-como-o-brasil-se-tornou-o-maior-produtor-e-exportador-da-bebida>. Acesso em: 7 mar. 2026.
10. Mukome, F.N.D., Parikh, S.J. **Chemical, physical, and surface characterization of biochar**. In: LADYGINA, N.; RINEAU, F. (ed.). Biochar and soil biota. Boca Raton: CRC Press, 2013. p. 68–96
11. Wachowska, G.A., Biesaga, M. **Life After Brewing—Finding New Purposes for Spent Coffee Grounds: A Review**. Applied Sciences, v. 16, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3390/app16041904>