

ANÁLISE DO RESÍDUO DO CAFÉ GERADO NO INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE: QUANTIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E POSSÍVEIS APLICAÇÕES SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.8.25.IV-012>

João Gabriel Cruz Aguiar (*), Karen Ellen Pereira de Almeida, Anderson Vinicius de Oliveira, Maelson Mendonça de Souza

*Instituto Federal do Rio Grande do Norte *campus* Natal-Central, joaogaguiar@gmail.com

RESUMO

O resíduo gerado durante o processamento do café é comumente descartado em aterros e lixões, agravando impactos ambientais. O presente estudo tem como objetivo analisar o resíduo sólido gerado por esse preparo – a borra de café – no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), quantificando sua produção diária, caracterizando suas propriedades físico-químicas e investigando potenciais aplicações sustentáveis, especialmente na construção civil. O café, amplamente consumido no Brasil e no mundo, gera toneladas de resíduos anualmente. No IFRN, estimou-se uma geração média de 15,6 kg/dia de borra, representando cerca de 6,24 toneladas ao ano letivo. A borra foi coletada e submetida a ensaios como determinação de teor de umidade (média de 31,48%), análise granulométrica convencional e a laser, massa específica (0,709 g/cm³), Fluorescência de Raios X e Microscopia Eletrônica de Varredura. Os resultados indicaram que o material possui granulometria fina, predominância de celulose em sua composição mineralógica, partículas com geometria irregular e baixa densidade – características que o tornam apto à fabricação de materiais leves e materiais de combustão. O estudo destaca que a borra pode ser usada em diversas aplicações, como produção de briquetes, fertilizantes e principalmente na confecção de agregados leves. Esses achados reforçam o potencial de reaproveitamento da SCG como uma alternativa viável e sustentável, colaborando para a redução do descarte inadequado de resíduos orgânicos. O trabalho ressalta a importância de pesquisas que valorizem resíduos comuns, promovendo a sustentabilidade ambiental, social e tecnológica.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo Sólido, Borra de Café, Descarte, Caracterização, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The waste generated during coffee processing is commonly disposed of in landfills and dumps, aggravating environmental impacts. This study aims to analyse the solid waste generated by coffee preparation - coffee grounds - at the Federal Institute of Rio Grande do Norte (IFRN), quantifying its daily production, characterizing its physical and chemical properties and investigating potential sustainable applications, especially in civil construction. Coffee, widely consumed in Brazil and around the world, generates tons of waste every year. At IFRN, an average generation of 15.6 kg/day of grounds was estimated, representing around 6.24 tons per academic year. The sludge was collected and subjected to tests such as determining its moisture content (an average of 31.48%), conventional and laser particle size analysis, specific mass (0.709 g/cm³), X-ray fluorescence and scanning electron microscopy. The results indicated that the material has fine granulometry, a predominance of cellulose in its mineralogical composition, particles with irregular geometry and low density - characteristics that make it suitable for the manufacture of light materials and combustion materials. The study highlights that the sludge can be used in a variety of applications, such as the production of briquettes, fertilizers and especially in the manufacture of lightweight aggregates. These findings reinforce the potential for reusing SCG as a viable and sustainable alternative, helping to reduce the improper disposal of organic waste. The work highlights the importance of research that makes the most of common waste, promoting environmental, social and technological sustainability.

KEY WORDS: Solid Waste, Coffee grounds, Disposal, Characterization, Sustainability.

INTRODUÇÃO

A grande geração de resíduos sólidos tem levado a sociedade a se preocupar com o prejuízo que esse material pode acarretar para áreas como o meio ambiente, economia e para as próprias questões sociais. O café é uma das bebidas

mais consumidas e democráticas do mundo, e o seu processo de fabricação resulta na geração de um resíduo sólido conhecido como borra de café (SCG). De acordo com dados apresentados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, o consumo global da bebida foi equivalente a 177 milhões de sacas no ano safra 2023/24, sendo o Brasil líder de produções mundiais (OIC, 2023). Com isso, a produção da borra também é aumentada, chegando a uma média de 1,1 milhão de toneladas por ano em todo o mundo (PIRES & GEWANDSZNAJDER, 2020).

Mesmo sendo parte do seu descarte designado para aterros, a política nacional de resíduos sólidos não assegura uma gestão totalmente eficiente. Com isso, o descarte errôneo contribui para a emissão do dióxido de carbono, óxido nitroso e metano devido à sua alta composição orgânica (SABERIAN *et al.*, 2021), fazendo assim com que a presença dessas substâncias tóxicas se torne um agente deletério ao meio ambiente (ESPUELAS *et al.*, 2018). De fato, se formos de encontro ao pensamento comum, a borra do café possui propriedades que podem ser aproveitadas em diferentes contextos, como na agricultura, na produção de cosméticos, na geração de energia, entre outros.

Diante da crescente escassez de recursos naturais, o reaproveitamento da SCG surge como uma alternativa sustentável para mitigar seus impactos ambientais. Sua disponibilidade em larga escala e o baixo custo de obtenção favorecem seu uso em diversas aplicações, especialmente no contexto brasileiro. Além disso, suas propriedades físicas, que se assemelham às da areia, e sua resistência ao desgaste a tornam promissora para uso na construção civil (ARULRAJAH *et al.*, 2014). Por esse motivo, a borra de café vem sendo investigada como matéria-prima também na fabricação de materiais de construção.

OBJETIVO

A pesquisa tem como objetivo principal mensurar a quantidade de borra de café gerada diariamente no campus, bem como elaborar mecanismos para sua caracterização. Além disso, avaliar possíveis formas de reaproveitamento, a partir de revisão literária de outros estudos.

METODOLOGIA

O resíduo do café utilizado no estudo foi coletado na copa, espaço que serve de apoio para a produção de refeições, do Instituto Federal do Rio Grande do Norte campus Natal-Central. Todos os blocos, diretorias e alguns laboratórios do campus são abastecidos, ao menos, uma vez ao dia. O processo de geração da borra acontece pela infusão à quente do pó de café no aparelho demonstrado na Figura 1. Segundo a responsável pela produção, são produzidos 100 litros do líquido pela manhã, e entre 50 e 60 litros pela tarde. Em apenas um dia, são utilizados 5kg de café para o abastecimento. Durante a realização do estudo, o pó do café utilizado foi oriundo de uma mesma marca, não ocorrendo uma variação no tipo. Na Figura 2, é possível visualizar o material de estudo.



Figura 1: Máquina industrial de extração de café. Fonte: Autor do Trabalho.



Figura 2: Material de estudo. Fonte: Autor do Trabalho.

Para estimar a quantidade de descarte de borra de café gerada na copa, foi realizada a coleta e pesagem desse material em um recipiente identificado ao longo de 3 dias, obtendo-se uma média de 15,60 kg/dia. O volume médio encontrado da coleta do resíduo foi de, aproximadamente, 13 litros.

O primeiro passo para a caracterização do material após a sua coleta, foi a determinação do teor de umidade. Para isso, o material não recebeu nenhum tratamento, a fim de obter um índice mais fidedigno. O teor foi definido a partir da seguinte equação 1:

$$W\% = 100 \times \frac{(M_B - M_A)}{M_A} \quad \text{equação (1)}$$

Sendo M_A é massa da amostra seca, M_B é a massa do material saturado (assim que coletado).

Em seguida, para a realização do ensaio de granulometria, o material de estudo foi seco em estufa a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ por 24 horas. Foram utilizadas as peneiras da série normal, presentes nos estudos de solos, e foram agitadas manualmente, seguindo a NBR 7181, até determinar a quantidade de material passante em cada peneira, e o retido no fundo. Foram utilizadas também pincéis para retirar o pó remanescente nas telas das peneiras mais finas, a fim de encontrar um resultado mais real.

Além disso, também foi realizado a granulometria a laser da fração do material passante da peneira de $150 \mu\text{m}$, após a trituração em moinho de bolas. Esse ensaio tem como objetivo principal medir a distribuição do tamanho das partículas por meio da interação de feixes de laser com as partículas dispersas na amostra, apresentando maior precisão nos resultados.

O ensaio de massa específica foi realizado a partir da aferição da massa e do volume do material compactado em um recipiente calibrado. A fórmula utilizada para determinar a massa específica foi determinado pela equação 2.

$$\rho = m/v \quad \text{equação (2)}$$

Sendo m a massa do material e v volume do material.

Por fim, realizou-se os ensaios de Fluorescência de Raios X (FRX) e a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para definir a propriedade mineralógicas e a avaliar a morfologia interna do material, respectivamente. O ensaio de FRX é baseado na excitação dos átomos dos elementos presentes na amostra por meio de raios X, seguida pela medição da fluorescência emitida durante esse processo. Enquanto isso, o MEV é um tipo de microscopia em que um feixe de elétrons focalizado varre a superfície da amostra, interagindo com a matéria, gerando diferentes tipos de sinais que podem informar sobre a morfologia e composição química do material.

RESULTADOS

A quantidade de produção do resíduo estudado representa, em volume, 8,67% do líquido produzido diariamente, ou seja, a cada 100 litros gerado, aproximadamente, 9 litros de resíduo são descartados. Essa quantidade representa uma parcela significativa de geração de sedimentos na Instituição como um todo. Em um ano letivo, são produzidos, aproximadamente, 6,24 toneladas de SCG.

A curva granulométrica gerada pelos valores de massa passante nas peneiras pode ser visualizada na figura 3. A partir dela, é possível perceber que o material possui uma dimensão majoritária entre 0,600 e 0,300 mm, uma caracterização bastante fina. O material como um todo apresenta uma capacidade de quebra de grãos bastante fácil, o que é explicado pela união frágil das partículas após a perda de umidade. A distribuição granulométrica pode ser visualizada na figura 4, sendo respeitada a ordem decrescente das peneiras, até o fundo, com a respectiva retenção do material.

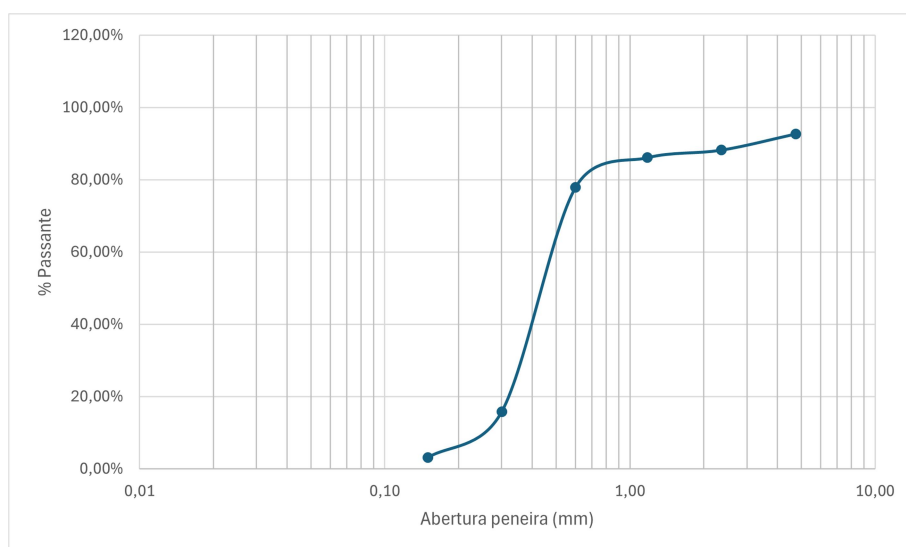


Figura 3: Gráfico de granulometria. Fonte: Autor do Trabalho.



Figura 4: Material retido nas peneiras. Fonte: Autor do Trabalho.

O mesmo raciocínio também pode ser encontrado nos resultados da granulometria a laser, que indica a presença de grãos mais finos. O seu resultado é demonstrado na figura 5.

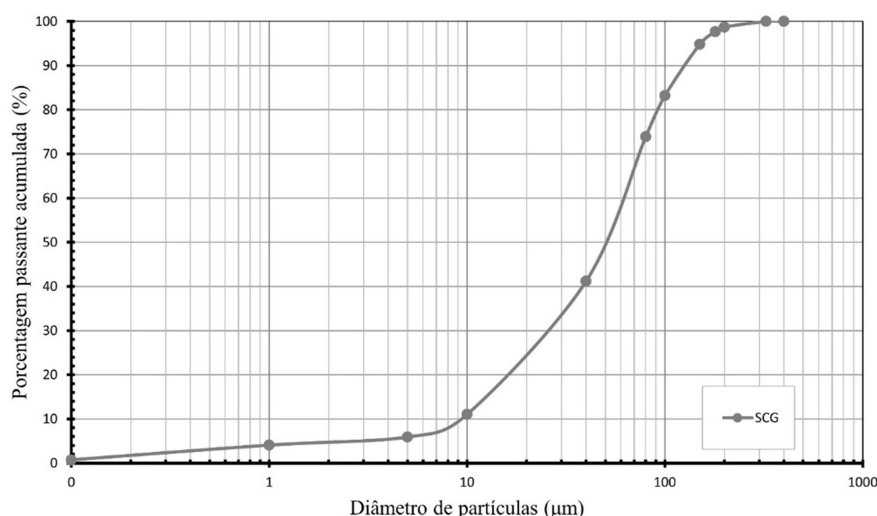


Figura 5: Gráfico de granulometria a laser. Fonte: Autor do Trabalho.

Os valores de teor de umidade encontrado na amostra após a secagem em estufa podem ser observados na Tabela 1. O alto teor de umidade encontrado pode ser explicado pela propriedade de absorção do material e o seu processo de utilização centrado na inserção em água. Isso se define como uma das características mais importantes para a tomada de precauções, pensando em garantir a funcionalidade inerte do material em outras composições. Na figura 6 são demonstrados os materiais após o término da secagem em estufa em suas devidas capsulas. Portanto, o valor de Teor de Umidade médio encontrado foi 31,48%.



Figura 6: Material após secagem. Fonte: Autor do Trabalho.

Tabela 1. Valores de Teor de Umidade.

Fonte: Autor do Trabalho.

Teor de Umidade				
	Massa da Capsula	Massa Amostra Úmida + Capsula	Massa Amostra Seca + Capsula	Teor
1	22,707	48,018	31,989	36,67%
2	13,192	45,703	22,585	28,89%
3	14,580	47,954	24,217	28,88%

Os valores de Massa Específica foram definidos a partir da equação 2, em que foram encontrados os seguintes valores: massa do material = 67,44 gramas; volume do recipiente = 95 cm³. Com isso, temos que a Massa Específica encontrada foi de 0,709 g/cm³. Apesar da simplicidade do ensaio, ele consegue representar a leveza do material. Essa característica pode ser relacionada principalmente a baixa massa encontrada para um grande volume recolhido. De fato, ela se torna uma grande aliada para confecção de materiais leves a partir desse resíduo.

A partir da difração de raios X com difratômetro, a determinação das fases cristalinas da matéria-prima foi realizada. Como pode-se observar no difratograma abaixo (Figura 7), o padrão de difração da SCG apresentou a celulose como componente único. Com esse componente mineralógico, quando combinado com outras matérias primas com presença de ilita, a produção de agregados leves apropriados é facilitada. (DONDI *et al.*, 2016).

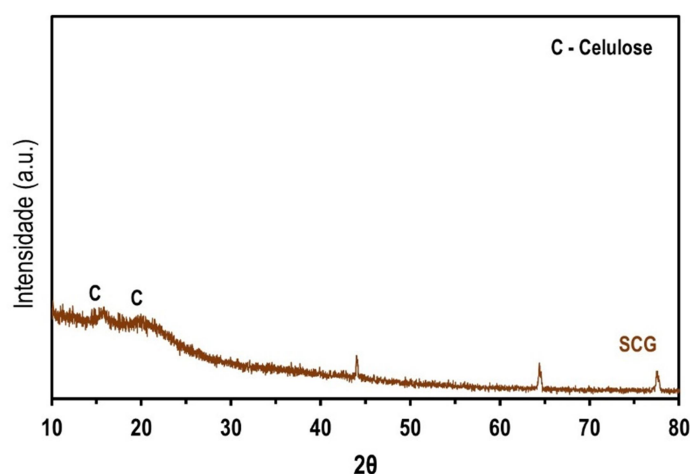


Figura 7: Caracterização mineralógica da Borra de Café. Fonte: Autor do Trabalho.

Como pode ser observado na Figura 8, a borra de café foi avaliada pela sua morfologia interna, obtida através de microscopia eletrônica de varredura (MEV). Ao analisar as imagens do material, podemos notar a presença de partículas com geometria indefinida e pouca diferença de proporção. A visualização dessa imagem corrobora com o ensaio de granulometria, que apresentou sua maior parcela de grãos nessas dimensões. A presença de diversos vazios também explica a baixa massa específica encontrada. Essas características podem auxiliar na utilização do material em misturas, gerando fortes sinergias.

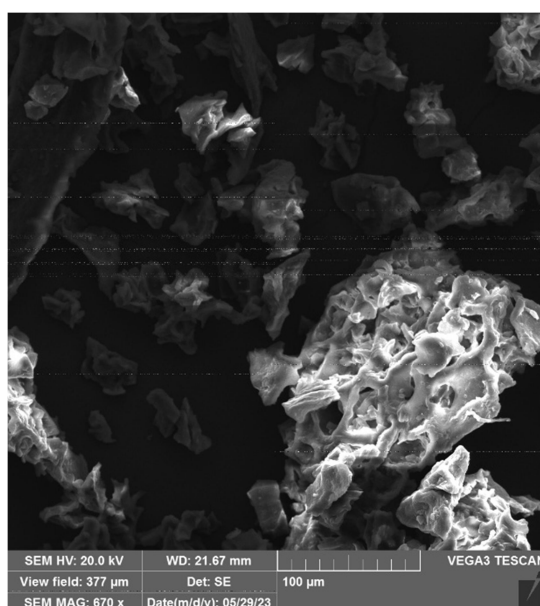


Figura 8: Microscopia Eletrônica de Varredura da amostra. Fonte: Autor do Trabalho.

CONCLUSÃO

Desse modo, é possível concluir que o resíduo do café produzido no processo de obtenção do líquido no Instituto Federal do Rio Grande do Norte possui características viáveis para a sua reutilização. Pensando na grande escala de confecção desse resíduo, empregar formas de conversão em outros produtos alia a redução do desperdício de resíduos e propõem práticas sustentáveis. Nos últimos anos, alguns estudos têm avaliado a utilização desse material como matéria-prima para outros produtos.

De acordo com Soares *et al.* (2015), briquetes produzidos a partir do pó da borra de café apresentaram bons resultados, com valores de poder calorífico comparáveis ou superiores a outros materiais de biomassa. Segundo Aguiar *et al.* (2024), o emprego de borra de café, com sinergia ou não com cinza da casca do arroz, demonstrou um notável potencial para fabricação de agregados leves, com alta qualidade para as principais aplicações comerciais em obras e serviços de engenharia. Como também, estudos de Souza (2021) indicam a utilização desse material para a produção de fertilizante orgânico para cultivo de plantas, a partir da sua compostagem.

A caracterização proposta neste estudo fomenta a utilização consciente do resíduo. Garantir que o material apresente boas condições para substituição de outras matérias primas é vital para a confecção de produtos comercializáveis. Portanto, é importante ter o conhecimento de que esse resíduo produzido possui uma granulometria mais fina, teor de umidade elevado, massa específica baixa, presença exclusiva de celulose na sua composição mineralógica e partículas com geometria indefinidas e presença de vazios. Todas essas características obtidas corroboram com outros estudos do material e firmam a viabilidade da sua reutilização nos segmentos apresentados.

Por isso, efetivar os estudos como este, de um resíduo bastante presente nas mais diferentes camadas da sociedade, é garantir o surgimento de uma matéria-prima bastante promissora. Propor a sua análise a partir dos ensaios apontados é uma das melhores formas de garantir o seu bom emprego, efetivando resultados e produtos. Desse modo, é visível que a colaboração da pesquisa se estende do âmbito tecnológico ao sustentável e social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 7181: Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro, 2016.
2. Aguiar, J. G. C.; Souza, M. M. D.; Farias, E. C. D. **Desenvolvimento De Agregados Leves Com Borra de Café E Cinza Da Casca De Arroz**. *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 29, 2024.
3. Arulrajah, A. et al., **Recycled glass as a supplementary filler material in spent coffee grounds geopolymers**. *Construction and Building Materials*, v. 151, pp. 18-27, Out. 2014.
4. Dondi, M., Cappelletti, P., D'Amore, M., de Gennaro, R., Graziano, SF, Langella, A., & Zanelli, C. **Agregados leves de materiais residuais: Reavaliação do comportamento de expansão e esquemas de previsão para inchaço**. *Construction and Building Materials*, 127, 394-409, 2016.
5. Espuelas, S., Marcelino, S., Echeverría, AM, Del Castillo, JM, & Seco, A. **Briquetagem de borra de café gasta de baixa energia com ligantes orgânicos para fabricação de combustível de biomassa**. *Combustível*, 278, 118310, 2018.
6. ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. **Relatório sobre o mercado de Café**. Dezembro, 2023.
7. Pires, P. F. B., Gewandsznajder, M. R. **Identificação e avaliação de oportunidades para a valorização da borra do café no município do Rio de Janeiro**. Jul. 2020.
8. Saberian, M. et al. **Recycling of spent coffee grounds in construction materials: A review**. *Journal of Cleaner Production*, v. 289, pp. 125837, Mar. 2021.
9. Soares, L. D. S.; Moris, V. A. D. S.; Yamaji, F. M.; Paiva, J. M. F. D. **Utilização De Resíduos De Borra De Café E Serragem Na Moldagem De Briquetes E Avaliação De Propriedades**. *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 20, p. 550-560, 2015.
10. Souza, L. M. B. de. **Avaliação De Composto Orgânico Contendo Borra de Café na Adubação da Cultura do Milho**. 2021. 66f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Tecnologias e Inovações Ambientais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.
11. Silva, M. E. M. D. **Borra De Café: Pesquisas Atuais E Perspectivas Futuras**. São Paulo (2023).