

Desenvolvimento de Estufa Artesanal para a Produção de Materiais Sustentáveis feitos a partir da Borra de Café

Development of an Artisanal Greenhouse for the Production of Sustainable Materials made from Coffee Grounds

Ana Beatriz Sobral Ferreira, Graduada em Design, UFCG

anabeatrizferreira@gmail.com

Thamyres Oliveira Clementino, Professora Doutora, UFCG

thamyres.oliveira.clementino@gmail.com

Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma estufa artesanal para a produção de materiais sustentáveis feitos a partir da borra de café. Esse resíduo, descartado em larga escala, pode ser transformado em materiais sustentáveis através de um processo inovador. O projeto, conduzido artesanalmente, propõe uma solução para converter esse resíduo em produtos utilizáveis, promovendo a sustentabilidade e reduzindo o desperdício. Parte de uma pesquisa mais ampla, este estudo utiliza métodos, como revisão da literatura, entrevistas e experimentos, para validar a viabilidade e eficácia dessa proposta. Assim, o resultado apresenta uma estufa artesanal capaz de reaproveitar esse resíduo em ambientes domésticos.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Borra de café; Materiais; Resíduos orgânicos

Abstract

This article presents the development of an artisanal greenhouse for the production of sustainable materials made from coffee grounds. This residue, discarded on a large scale, can be transformed into sustainable materials through an innovative process. The project, conducted by hand, proposes a solution to convert this waste into usable products, promoting sustainability and reducing waste. Part of a broader research, this study uses methods, such as literature review, interviews, and experiments, to validate the feasibility and efficacy of this proposal. Thus, the result presents a handmade greenhouse capable of reusing this waste in domestic environments.

Keywords: Sustainability; Coffee grounds; Materials; Organic residues

1. Introdução

O café é uma das bebidas mais consumidas em todo o mundo, com o Brasil ocupando a segunda posição no ranking global como um dos maiores produtores e consumidores [1]. A história do café no Brasil, remonta ao século XVIII, quando as primeiras mudas foram trazidas da Guiana Francesa para a região norte do país [2]. Entretanto, devido às condições específicas de solo, relevo e clima, o cultivo inicial não prosperou nessa região, levando à sua consolidação no Vale do Rio Paraíba, no Rio de Janeiro, e em São Paulo, onde o país se destacou como maior produtor de café mundial, sendo a cidade de Vassouras no estado do Rio de Janeiro, considerada a capital de café do mundo [3]. O ciclo do café impulsionou um período de grande prosperidade e modernização para o país, embora tenha passado também por desafios e crises econômicas ao longo da história. Apesar dessas adversidades, atualmente, o Brasil mantém-se na liderança como o principal produtor global de café, sendo Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, São Paulo e Rondônia os maiores estados produtores do país [3].

A bebida tornou-se uma parte essencial da vida cotidiana dos brasileiros, não apenas como uma fonte de energia, mas também como um elemento social e cultural importante. O apreço pelo café vai além do seu sabor e propriedades estimulantes, trazendo também uma experiência sensorial que envolve prazer, bem-estar e até mesmo um senso de comunidade [4]. No entanto, o aumento do consumo de café também traz consigo um desafio ambiental significativo: o descarte da borra de café.

A borra de café, subproduto da preparação da bebida, é frequentemente descartada de maneira inadequada, contribuindo para a poluição do ambiente. Estima-se que 838 mil toneladas desse resíduo são descartadas anualmente, sem serem devidamente reaproveitadas [4]. Conforme Mukherjee (2022), esse descarte inadequado contribui para o agravamento do aquecimento global, pois quando a borra de café começa a se decompor nos aterros sanitários, ela libera metano (CH₄), um gás do efeito estufa que é cerca de 20 vezes mais potente que o dióxido de carbono (CO₂) [5]. Esse cenário levanta questões importantes sobre a sustentabilidade e a necessidade de encontrar soluções inovadoras para lidar com esse resíduo de forma mais eficiente.

Este resíduo orgânico tem potencial para ser visto como um material sustentável devido ao seu baixo custo e disponibilidade. Pode ser utilizado na criação de novos produtos, seguindo um sistema circular de reutilização e criação, como proposto pelo conceito do "Cradle to Cradle", que elimina o conceito de lixo, promovendo o reaproveitamento de todos os recursos de forma cíclica [6]. Empresas como Recoffee Design, Ccilu, Kaffeeform, O'right, Bio-bean e S.Café já adotam a economia circular, transformando toneladas de resíduos de café descartados por cafeterias em novos materiais e produtos, como biojoias, sapatos, xícaras, frascos biodegradáveis, biocombustíveis e tecidos ecológicos [4]. Contudo, ainda há uma quantidade significativa de borra de café nos lixos residenciais, representando uma preocupação devido ao seu potencial para prejudicar o meio ambiente.

Diante desse contexto, este artigo propõe o desenvolvimento de uma estufa artesanal que visa reaproveitar a borra de café na produção de materiais sustentáveis. A estufa não apenas oferece uma maneira prática de reutilizar esse resíduo em ambientes domésticos, mas também contribui para a produção e processo de cura de um material sustentável que pode ser utilizado para a criação de diversos produtos. Este estudo busca não apenas reduzir o impacto ambiental do seu descarte, mas também demonstrar a viabilidade nas residências de práticas mais conscientes e sustentáveis com o reaproveitamento de resíduos orgânicos.

2. Referencial Teórico

2.1 Descarte da Borra de Café

Segundo um estudo conduzido pela autora [oculto para avaliação] observa-se um consumo considerável de café nas residências, sendo que uma parcela significativa das pessoas descarta a borra de café de maneira inadequada [4]. Muitas vezes, essa borra é simplesmente misturada com outros resíduos e materiais diversos ou até mesmo despejada diretamente no ralo da pia.

Para Arruda o resíduo orgânico resultante do processo não tem valor de mercado, no entanto, pode ser valorizado para evitar seu descarte em aterros sanitários [7]. O alto consumo de café trouxe consigo um preocupante aumento na quantidade de resíduos, que são descartados em grande volume tanto por cafeterias quanto por residências. Essa quantidade elevada de borra de café descartada tem gerado um impacto significativo no meio ambiente, uma vez que a maioria desses resíduos acaba sendo direcionado para aterros sanitários, representando um desperdício de recursos valiosos e um desafio ambiental a ser enfrentado.

Diante desse cenário preocupante, torna-se imprescindível adotar medidas para mitigar o impacto ambiental decorrente do descarte da borra de café. Para alcançar esse objetivo, é necessário valorizar esse resíduo, explorando seu potencial, como na utilização em fabricação de materiais sustentáveis, desenvolvimento de produtos inovadores e incorporação em processos de compostagem.

2.2 Reaproveitamento da Borra de Café

A autora [oculto para avaliação] observou em seus estudos anteriores um significativo crescimento da preocupação ambiental por parte da população [4]. Essa crescente conscientização não se limita apenas a ações individuais, mas se manifesta também no interesse cada vez mais evidente de muitos consumidores em adquirir produtos que estejam alinhados com princípios sustentáveis e ambientalmente conscientes.

Essa mudança de mentalidade reflete uma evolução no pensamento coletivo, onde as pessoas estão cada vez mais atentas aos impactos de suas escolhas no meio ambiente e na sociedade como um todo. Sendo uma tendência que vem ganhando força ao longo dos anos. Nesse contexto, a borra de café, um resíduo frequentemente descartado de forma negligente, emerge como uma oportunidade para a implementação de práticas mais sustentáveis. Ao invés de simplesmente descartá-la, há um interesse crescente em encontrar formas de valorizar esse material.

Diversos estudos recentes têm explorado o potencial de reaproveitamento da borra de café na fabricação de novos materiais e produtos. Muitas empresas já estão comercializando uma variedade de produtos feitos a partir desse resíduo, que incluem desde xícaras e bijuterias até tecidos e frascos biodegradáveis.

No âmbito do design sustentável, profissionais têm reconhecido a borra de café como um recurso valioso na criação de materiais ecologicamente conscientes. Um estudo notável realizado por Castro e Salas demonstra como a incorporação de novos resíduos de chá e erva mate à borra de café resulta em um material promissor que atende aos critérios de sustentabilidade. Este material laminar e versátil oferece oportunidades de fabricação digital, contribuindo significativamente para a redução do impacto ambiental, particularmente na indústria têxtil [8].

Além disso, Bomfim et al. colaboraram para o desenvolvimento de um novo design de utensílios para cafeterias utilizando uma matriz de bioplástico PLA com adição de carga à base de borra de café [9]. Esses esforços demonstram um avanço significativo na utilização criativa de resíduos de café para criar produtos mais ecológicos e sustentáveis.

2.3 Matriz Polimérica

Segundo Santos, a matriz polimérica desempenha um papel fundamental ao envolver os polímeros, proporcionando suporte estrutural ao reforço e garantindo a proteção das fibras contra ataques químicos e ambientais presentes ao redor do compósito. O reforço, por sua vez, pode ser constituído por fibras ou outros aditivos incorporados à matriz, visando aprimorar suas propriedades, tais como resistência, rigidez e tenacidade [10].

As resinas utilizadas nas matrizes poliméricas podem ser divididas em dois tipos principais: termoplásticas e termorrígidas. As resinas termoplásticas são polímeros sintéticos que possuem a capacidade de serem remodeladas quando expostas a altas temperaturas, podendo passar por processos como injeção, sopro, extrusão de chapas para rotomoldagem, termoformagem e extrusão de filmes. Por outro lado, as resinas termorrígidas se distinguem das termoplásticas pelo fato de exigirem um catalisador ou agente endurecedor para o processo de cura. Nesse caso, ao serem misturadas, essas resinas passam por uma reação química irreversível, culminando na formação de um produto sólido [11].

Em estudo anterior a autora [oculto para avaliação] destacou a importância da matriz polimérica como componente essencial para conferir propriedades desejáveis ao compósito. Durante uma entrevista com uma professora especialista em materiais compósitos poliméricos e fibras vegetais, as resinas do tipo termorrígidas foram indicadas para usar na matriz por sua praticidade, pois não é necessário o uso de maquinários industriais para elas, como é utilizado para as resinas termoplásticas, tornando-as mais acessíveis e fáceis de manipular [4].

Entre as resinas termorrígidas, destacam-se a resina epóxi e a resina de poliéster. As resinas epóxi são reconhecidas por suas notáveis propriedades adesivas e sua alta resistência mecânica e química. Entretanto, seu custo é geralmente mais elevado em comparação com outras resinas disponíveis no mercado. Por sua vez, as resinas de poliéster, embora não tão robustas quanto as resinas epóxi, oferecem propriedades mecânicas satisfatórias e resistência à corrosão. Além disso, possuem a vantagem de curarem mais rapidamente em temperatura ambiente e serem mais acessíveis financeiramente, o que as torna uma escolha adequada em termos de custo-benefício.

Conforme Pereira, a matriz de poliéster tem sido considerada uma escolha adequada como matriz polimérica em compósitos, devido às suas propriedades mecânicas vantajosas, sendo os poliésteres insaturados altamente versáteis em suas características e aplicações [12].

2.4 Estufa para Secagem de Materiais Sustentáveis

A utilização de uma estufa artesanal desempenha um papel decisivo no desenvolvimento de materiais sustentáveis a partir da borra de café. Esta técnica oferece uma solução prática e acessível para acelerar o processo de cura dos materiais. Conforme destacado em trabalho anterior da autora [oculto para avaliação], em entrevista com uma especialista, a estufa proporciona um ambiente controlado para a secagem dos materiais, garantindo resultados mais consistentes e de qualidade [4].

Uma das vantagens significativas da estufa artesanal é seu custo-benefício e sua utilização em ambiente doméstico. Com materiais simples e acessíveis, é possível construir uma estufa funcional em casa, permitindo que indivíduos realizem o processo de produção de forma autônoma e sustentável. Assim, podendo utilizar como matéria-prima os resíduos de café que seriam descartados no lixo.

A resina poliéster insaturada, devido à sua fácil manipulação e à possibilidade de ser utilizada em ambiente doméstico, pode ser empregada como matriz polimérica com a borra de café. Dessa forma, é possível reutilizar esse resíduo como reforço para a matriz e transformá-lo em produtos artesanais feitos a partir de um material sustentável. Sendo importante o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) para proteção do usuário ao manusear esse material.

Com isso, a estufa artesanal se destaca como um recurso versátil e eficaz na produção de materiais sustentáveis a partir da borra de café, sendo considerada uma alternativa viável e sustentável para o desenvolvimento de produtos artesanais e sustentáveis. Ao possibilitar a reutilização eficiente da borra de café e evitar seu descarte inadequado, a estufa artesanal desempenha um papel fundamental na promoção da economia circular e na preservação da sustentabilidade do meio ambiente.

3. Procedimentos Metodológicos

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória e experimental, no qual empregou-se diversos métodos para investigar a viabilidade da construção da estufa artesanal para a produção de materiais sustentáveis feitos a partir da borra de café. O processo foi dividido em 5 etapas, conforme é mostrado no Quadro 1.

Primeiramente, realizou-se uma revisão da literatura para explorar estudos anteriores sobre o reaproveitamento da borra e identificar materiais adequados para a construção da estufa. Depois foram conduzidos questionários com consumidores de café para compreender seus hábitos de consumo e como descartam a borra, bem como avaliar suas disposições para utilizar produtos feitos desse resíduo. Posteriormente, foi realizada uma entrevista com uma professora de Engenharia de Materiais, que forneceu orientações sobre o desenvolvimento da estufa artesanal, quais materiais utilizar na construção e sua capacidade de auxiliar no processo de cura dos produtos feitos da borra de café. E por último, foi construída a estufa conforme as orientações recebidas e, assim, realizado testes da estufa com os materiais produzidos a partir da borra de café, visando avaliar sua viabilidade e eficácia no processo de cura dos produtos.

Quadro 1: Quadro metodológico

Etapas	Descrição
Revisão da Literatura	Revisão de estudos já feitos sobre o tema
Entrevista	Entrevista com professora especialista em materiais compósitos poliméricos e fibras vegetais
Questionário	Questionário com consumidores de café sobre consumo e descarte
Construção	Construção da estufa artesanal para a produção de materiais sustentáveis
Teste	Teste de eficácia da estufa com materiais sustentáveis feitos da borra de café

Fonte: Autores.

4. Projeto

Para a construção da estufa artesanal foram realizadas diversas etapas. Primeiramente, precisou reunir a caixa de papelão, papel alumínio, bocais para lâmpadas, fio de instalação, duas lâmpadas halógenas incandescentes de 70W, conector de tomada, termo-higrômetro, além de ferramentas auxiliares como tesoura, estilete, régua e cola.

Para a estrutura foi utilizado a caixa de papelão, escolhida devido à sua disponibilidade e baixo custo. Assim, foram realizados dois furos na parte superior da caixa para a instalação dos bocais das lâmpadas, distribuídos de maneira uniforme, para garantir a adequação do calor durante o processo de secagem dos materiais. Conforme a Figura 1, a parte interna da caixa foi revestida com papel alumínio, otimizando a reflexão da luz. O revestimento foi aplicado com cola em toda a superfície da parte interna da estrutura.



Figura 1: Caixa revestida com papel alumínio. Fonte: elaborado pelos autores.

Após a preparação da caixa, foi realizada a instalação da fiação elétrica para os bocais das lâmpadas, como mostra a Figura 2. Com a instalação elétrica concluída, as lâmpadas incandescentes halógenas foram fixadas nos bocais instalados na parte superior da caixa. Cada lâmpada foi posicionada de forma a garantir uma distribuição uniforme do calor dentro da estufa, proporcionando condições ideais para o processo de cura dos materiais produzidos da borra de café.



Figura 2: Instalação dos fios elétricos nos bocais. Fonte: elaborado pelos autores.

Por fim, um termo-higrômetro foi posicionado estrategicamente dentro da estufa para monitorar de forma precisa a temperatura e umidade interna durante o processo de secagem. Essa medida foi adotada com o propósito de possibilitar ajustes conforme necessário para otimizar a eficiência do processo de secagem e garantir a qualidade dos materiais finais.

5. Teste com Material com Base da Borra de Café

Para avaliar a viabilidade e eficácia da estufa no processo de cura de materiais sustentáveis, foram realizados testes práticos utilizando moldes contendo uma matriz polimérica de resina poliéster insaturada e borra de café. Estes moldes foram colocados dentro da estufa, onde foi observado o processo de cura dos materiais, como indicado na Figura 3.



Figura 3: Molde no interior da estufa. Fonte: elaborado pelos autores.

Os resultados obtidos mostram que a estufa proporciona um ambiente adequado para acelerar o processo de cura dos materiais sustentáveis. A temperatura máxima alcançada no interior da estufa foi de 60,9°C, fornecendo condições ideais para a reação de cura da resina poliéster insaturada.



Figura 4: Indicação da temperatura no termo-higrômetro. Fonte: elaborado pelos autores.

Observou-se que o tempo necessário para a completa cura das peças variou entre 2 e 8 horas, dependendo do tamanho e da quantidade dos materiais. Esse intervalo de tempo demonstra eficiência na cura dos materiais, permitindo a produção de peças grandes e em uma quantidade de tempo considerável.

Como ilustrado na Figura 5 abaixo, um conjunto de utensílios de mesa posta foi produzido de maneira artesanal a partir do material da borra de café, curado na estufa artesanal. O resultado

foi a obtenção de peças de qualidade, com a textura da borra de café, evidenciando a eficácia do processo de cura.



Figura 5: Produtos feitos a partir da borra do café. Fonte: elaborado pelos autores.

É importante ressaltar que a quantidade de catalisador utilizado na mistura do material também influencia no processo de cura, pois uma quantidade insuficiente pode resultar em uma peça não curada e pegajosa, enquanto um excesso pode prejudicar a estrutura do material, deixando-o menos resistente.

Em suma, é possível concluir que obteve-se resultados promissores, tornando a estufa artesanal uma solução viável para a produção em ambientes domésticos de materiais sustentáveis a partir da borra de café. Sendo suficiente a temperatura interna obtida para promover a cura dos materiais e o tempo de processo podendo ser variado conforme a complexidade e volume das peças.

6. Considerações Finais

O desenvolvimento de uma estufa artesanal para o auxílio de processo de cura de materiais sustentáveis feitos a partir da borra de café é considerado um passo significativo para a adoção de práticas mais conscientes no reaproveitamento de resíduos orgânicos. Este artigo explorou não apenas a viabilidade técnica da construção da estufa, mas também sua aplicação prática na produção de materiais sustentáveis, evidenciando seu potencial para mitigar os impactos ambientais causados pelo elevado descarte inadequado da borra de café.

A estufa artesanal desenvolvida não é uma solução única, mas pode ser vista como uma solução relativamente acessível e adaptável para o ambiente doméstico visto a reutilização de borra de café em casa para a produção de objetos artesanais sustentáveis.

Diante disso, esse estudo é promissor para o campo da sustentabilidade e materiais, uma vez que o design junto à sustentabilidade pode contribuir para o desenvolvimento de materiais menos danosos ao meio ambiente, capazes de compor produtos materializados. Desenvolvendo o projeto de uma estufa artesanal de baixo custo e de uso doméstico, assim, demonstra-se como tecnologias simples podem ser eficazes. Esse artigo oferece uma base para pesquisas futuras sobre práticas sustentáveis e desenvolvimento de materiais sustentáveis. Ao integrar a teoria com a prática, amplia-se o potencial da borra de café como matéria prima, inspirando novas abordagens e o surgimento de novos conhecimentos.

Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ – ABIC. Estatísticas: Indicadores da Indústria de Café 2021. **ABIC**, 2021. Disponível em: <https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2021/>. Acesso em: 26 out. 2022
- [2] NAGAY, J. H. C. Café no Brasil: dois séculos de história. **Formação Econômica**, Campinas, vol. 3, n. 1 (3), p. 1-86, 1999
- [3] BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Conheça a história do café no mundo e como o Brasil se tornou o maior produtor e exportador da bebida**. Brasília, 2022
- [4] Oculto para revisão as cegas
- [5] MUKHERJEE, A. **Generation of Activated Carbon from Spent Coffee Grounds: Process Optimization, Kinetics and CO₂ Capture**. Tese (Doutorado em Filosofia) – Departamento de Engenharia Química e Biológica, Universidade de Saskatchewan. Saskatoon, p. 307. 2022
- [6] MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to cradle: Remaking the way we make things**. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2002
- [7] ARRUDA, R.D.P. **Estudo das Potencialidades das borras de café para valorização agrícola**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Alimentar) - Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2006
- [8] BRIONES CASTRO, Y.; CEPEDA SALAS, A. **Desarrollo y diseño exploratorio de un textil biobasado en té, café y yerba mate**. Base Diseño e Innovación, [S. l.], v. 7, n. 7, p. 107–122, 2022. DOI: 10.52611/bdi.num7.2022.807. Disponível em: <https://revistas.udd.cl/index.php/BDI/article/view/807>. Acesso em: 06 jan. 2023.
- [9] BOMFIM, N.; FACCA, C. A.; LEBRÃO, S. G.; LEBRÃO, G. W.; MORAES, V. T.; MOURA, V. Reaproveitamento de Borra de Café em Design de Utensílios Usando Biocompósitos. In: **24º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais** (2022). Águas de Lindoia. Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais CBECiMat. São Paulo: ABC, ABM, ABPOL, 2022.
- [10] SANTOS, D. **Estudo termo-hídrico e caracterização mecânica de compósitos de matriz polimérica reforçados com fibra vegetal: Simulação 3D e experimentação**. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, p. 172. 2017.
- [11] PILATO, L. A.; MICHNO, M. J. **Advanced Composite Materials**. Berlin, German. Springer Verlag. 1994.
- [12] PEREIRA, T. G. T. **Compósitos produzidos com resina poliéster e fibras de eucalipto tratadas termicamente**. 2016. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biomateriais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.