



Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v18n12024p2-16

Submetido em: 09 set. 2024

Aceito em: 02 dez. 2024

Desenvolvimento de estufa artesanal para viabilização da aplicação da borra de café como matéria-prima para pequenas produções

Development of a craft greenhouse to viability the application of coffee grounds as raw material for small productions

Desarrollo de un invernadero artesanal para viabilización de la aplicación de la borra de café como materia prima para pequeñas producciones

Ana Beatriz Sobral Ferreira  <https://orcid.org/0009-0009-1629-692X>

Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Graduada em Design pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Mestranda em Design pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

E-mail: anabeatrizsferreira@gmail.com

Thamyres Oliveira Clementino  <https://orcid.org/0000-0003-1323-2831>

Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Doutora em Design pela Universidade Federal de Pernambuco.

Professora na Universidade Federal de Campina Grande.

E-mail: thamyres.oliveira.clementino@gmail.com

Resumo: O presente artigo explora o desenvolvimento e aplicação de um material desenvolvido a partir da borra de café na produção de utensílios. O estudo propõe duas inovações: a transformação desse resíduo em utensílios e a criação de uma estufa artesanal para fabricar esses produtos em ambientes domésticos. A pesquisa baseia-se em um projeto mais amplo de graduação e utiliza métodos como revisão teórica, entrevistas e experimentação, para validar a viabilidade e eficácia das propostas. O estudo visa não apenas reaproveitar um resíduo frequentemente descartado, mas também promover a sustentabilidade e reduzir o desperdício nas residências, além de oferecer uma alternativa ecológica aos materiais convencionais. Com essa abordagem, o artigo propõe uma solução prática e inovadora, incentivando práticas mais conscientes entre a população.

Palavras-chave: Materiais. Sustentabilidade. Reaproveitamento de resíduos. Borra de café.

Abstract: This article explores the development and application of a material developed from coffee grounds in the production of utensils. The study proposes two innovations: the transformation of this residue into utensils and the creation of an artisanal greenhouse to manufacture these products in domestic environments. The research is based on a broader undergraduate project and uses methods such as theoretical review, interviews and experimentation, to validate the feasibility and effectiveness of the proposals. The study aims not only to reuse frequently discarded waste, but also to promote sustainability and reduce waste in homes, as well as offer an eco-friendly alternative to conventional materials. With this approach, the article proposes a practical and innovative solution, encouraging more conscious practices among the population.

Keywords: Materials. Sustainability. Reuse of residues. Coffee grounds.

Resumen: Este artículo explora el desarrollo y aplicación de un material desarrollado a partir de posos de café en la producción de utensilios. El estudio propone dos innovaciones: la transformación de estos residuos en utensilios y la creación de un invernadero artesanal para fabricar estos productos en entornos domésticos. La investigación se basa en un proyecto de pregrado más amplio y utiliza métodos como la revisión teórica, las entrevistas y la experimentación, para validar la factibilidad y efectividad de las propuestas. El estudio tiene como objetivo no solo reutilizar los residuos que se desechan con frecuencia, sino también promover la sostenibilidad y reducir los residuos en los hogares, así como ofrecer una alternativa ecológica a los materiales convencionales. Con este enfoque, el artículo propone una solución práctica e innovadora, fomentando prácticas más conscientes entre la población.

Palabras clave: Materiales. Sostenibilidad. Reaprovechamiento de residuos. Poso del café.

1 Introdução

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC), 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. 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 (Nagay, 1999). 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. 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 (BRASIL, 2022).

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 (Ferreira, 2023). 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 (Ferreira, 2023). 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). 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 (McDonough; Braungart, 2002). 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 bijoias, sapatos, xícaras, frascos biodegradáveis, biocombustíveis e tecidos ecológicos (Ferreira, 2023). 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 utensílios utilizando borra de café reaproveitada com o auxílio de uma estufa artesanal, promovendo o reaproveitamento da borra em ambientes domésticos e reduzindo o impacto ambiental. Além de descrever o processo de construção da estufa, o estudo investiga sua eficácia no processo de cura de materiais compostos por borra de café e resina poliéster, oferecendo uma alternativa prática e acessível para o reaproveitamento de resíduos orgânicos. Com isso, ao longo do artigo, serão descritas as etapas de construção da estufa, os métodos experimentais utilizados e os resultados obtidos, bem como as considerações finais.

2 Revisão Teórica

2.1 O Valor da Borra de Café como Resíduo Orgânico

A borra de café é um subproduto gerado em grande quantidade devido ao elevado consumo de café no mundo. No Brasil, país que é considerado o maior produtor e um dos maiores consumidores de café, a borra de café representa uma parcela significativa dos resíduos orgânicos gerados diariamente. Segundo o Instituto Akatu (2018) estima-se que cerca de 838 mil toneladas desse resíduo são descartadas anualmente sem qualquer tipo de reaproveitamento adequado, contribuindo para a poluição ambiental e a emissão de gases de efeito estufa, como o metano (CH₄), que é cerca de 20 vezes mais potente que o dióxido de carbono (CO₂), assim agravando o aquecimento global (Mukherjee, 2022).

Para Arruda (2006) o resíduo orgânico resultante do processo não tem valor de mercado, no entanto, pode ser valorizado para evitar seu descarte em aterros sanitários. Nesse sentido, o Instituto Akatu (2018) afirma que, se toda a borra de café gerada no Brasil fosse utilizada para compostagem, em vez de ser descartada

em aterros sanitários, seria possível evitar a emissão de mais de 640 mil toneladas de CO₂. Outra abordagem é apresentada por Manzini e Vezzoli (2016) ao expor, por meio do conceito de Ecodesign, a estratégia de adoção de materiais renováveis em substituição aqueles provenientes de recursos não-renováveis.

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 desse recurso em materiais sustentáveis, capazes de serem aplicados em produtos inovadores e incorporados em processos de compostagem.

2.2 Reaproveitamento da Borra de Café em Produtos Utilitários

A crescente conscientização sobre os impactos ambientais tem motivado um movimento em direção a alternativas mais sustentáveis, como a substituição de polímeros não biodegradáveis (Castro; Salas, 2022). Abordagens sustentáveis vêm surgindo, como o reaproveitamento de resíduos que é uma maneira eficaz de prolongar a vida útil dos materiais descartados e reduzir o desperdício. Além disso, a utilização de materiais biodegradáveis que se decompõem naturalmente no meio ambiente através da ação de microrganismos como bactérias e fungos tem despertado o interesse de pesquisadores. Já existem diversos projetos no mundo que adotam essas abordagens, como o Recoffee Design, Piñatex, Projeto Tropical Packing e o Project Pomace que utilizam resíduos como borra de café, fibras de coco e abacaxi e bagaço de azeitona transformando-os em uma extensa variedade de produtos que vão desde tecidos a objetos decorativos.

A reutilização da borra de café na fabricação de produtos é uma tendência que também vem crescendo no mundo, alinhada aos princípios da sustentabilidade e da economia circular. Empresas e designers já têm explorado o potencial deste resíduo para criar uma grande diversidade de produtos, que vão desde utensílios de cozinha e objetos decorativos até tecidos e biocombustíveis. Um exemplo são os frascos de cosméticos feitos de borra de café com PLA, criados pela empresa chinesa O'right (Figura 1).

Figura 1. Frascos de cosméticos biodegradáveis



Fonte: O'right (2018)

No Brasil, há um potencial significativo para a utilização da borra de café na produção de materiais sustentáveis, uma vez que o país se destaca como um dos maiores produtores e consumidores de café globalmente. Embora o desenvolvimento de projetos feitos desse resíduo ainda esteja em fase inicial no país, a Recoffee Design é um exemplo pioneiro. Em pesquisa anterior, a autora desse artigo verificou que a empresa originou-se de um projeto acadêmico em São Paulo no final de 2016, e utiliza a borra de café em combinação com aglutinantes naturais para criar biojoias, luminárias, relógios, vasos e outros produtos, contribuindo assim para a valorização desse resíduo orgânico de maneira inovadora (Ferreira, 2023).

Figura 2. Fruteira Arca



Fonte: Recoffee (2024)

Diante disso, vemos a importância de reaproveitar esse resíduo, através da fabricação de produtos. A adoção de métodos de design sustentável para a criação de novos produtos, como utensílios de mesa, bandejas e recipientes, a partir da borra de café, pode promover não apenas a valorização desse resíduo, mas também incentivar uma maior conscientização sobre o consumo responsável e a reutilização de materiais descartados. O uso de borra de café nesses produtos oferece benefícios adicionais, como estética diferenciada, textura natural e resistência mecânica satisfatória, tornando-os atraentes para consumidores que buscam alternativas ecologicamente corretas.

2.3 Matriz Polimérica

Segundo Santos (2017), 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.

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 (Pilato; Michno, 1994).

Em seu estudo a autora desse artigo observou 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 (Ferreira, 2023).

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 (2016), 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.

Todavia, é preciso observar que as matrizes apresentadas carregam consigo desvantagens ambientais que são transferidas aos materiais que as adotam em sua composição, como a dificuldade em degradar-se, dificuldade de reciclagem, entre outros fatores a serem considerados. Entretanto, foram consideradas para testes no material desenvolvido nessa pesquisa, devido facilidade de obtenção no mercado nacional. Indica-se em pesquisas futuras a adição de matrizes menos danosas, que consigam incorporar ao novo material atributos de maior sustentabilidade.

2.3.1 Borra de Café como Reforço em Matriz Polimérica

A incorporação da borra de café como reforço em matrizes poliméricas tem se mostrado uma estratégia eficaz para a criação de materiais compósitos sustentáveis. A borra de café, quando adicionada a uma matriz polimérica, como a resina poliéster insaturada, contribui para melhorar as propriedades mecânicas do compósito. Estudos realizados por Bomfim et al. (2022) demonstram que a combinação de uma matriz de bioplástico PLA com adição de carga à base de borra de café pode resultar em utensílios esteticamente agradáveis para cafeterias, que podem substituir peças cerâmicas, frágeis e não recicláveis.

Este tipo de compósito tem potencial de aplicação em diversos setores, como o design de produtos, embalagens e construção civil, oferecendo uma solução viável e sustentável para o uso de resíduos orgânicos.

2.4 Integração de Estufas no Processo de Fabricação do Material Compósito

Conforme entrevista realizada por Ferreira (2023) com uma especialista em matrizes poliméricas e fibras naturais, a estufa é considerada um elemento muito importante para a cura do material, visto que ela consegue manter o ambiente controlado para o processo. A utilização de estufas no processo de fabricação de materiais compósitos que incorporam borra de café tem o objetivo de garantir a qualidade e a eficiência do produto final. As estufas artesanais, como a desenvolvida neste estudo, oferecem um ambiente onde a temperatura e a umidade podem ser rigorosamente monitoradas para otimizar o processo de cura da resina e a integração da borra de café na matriz polimérica.

Além disso, a utilização de estufas artesanais torna o processo de fabricação mais acessível, possibilitando que práticas de economia circular sejam adotadas em escala doméstica e comunitária, e 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 compósito sustentável. Sendo importante o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) para proteção do usuário ao manusear esse material.

Com isso, conclui-se que a estufa artesanal se destaca como um recurso versátil e eficaz na produção de materiais sustentáveis, sendo considerada uma alternativa viável e sustentável para o desenvolvimento de produtos artesanais.

3 Material e Método

O estudo caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem experimental e exploratória. Para o desenvolvimento do estudo, foram empregados diversos instrumentos. Foi realizada uma análise documental de pesquisas como artigos, tese, dissertação anteriores relacionadas ao tema, a fim de contextualizar e fundamentar a investigação. Ademais, foram conduzidas entrevistas com especialista em matrizes poliméricas para obter informações detalhadas para a realização da parte experimental do estudo. Além disso, questionários foram aplicados com consumidores de café para coletar dados sobre o consumo e descarte. Por fim, a estufa artesanal foi construída e foram realizados experimentos para criar os materiais a partir da borra do café e observar suas propriedades.

3.1 Construção da Estufa Artesanal

A estufa artesanal foi projetada para ser uma solução de baixo custo, utilizando materiais facilmente encontrados, como caixa de papelão, papel alumínio, bocais para lâmpadas, fios de instalação, lâmpadas halógenas incandescentes de 70W, conector de tomada e um termo-higrômetro. Conforme a Figura 3, a estrutura básica foi montada com uma caixa de papelão, que foi revestida internamente com papel alumínio e cola para otimizar a reflexão da luz e, assim, aumentar a eficiência térmica da estufa.

Figura 3. Caixa revestida com papel alumínio



Fonte: Autores (2023)

Após o revestimento da caixa, foi realizada a instalação da fiação elétrica para os bocais das lâmpadas, como mostra a Figura 4. 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 a partir da borra de café.

Figura 4. Instalação dos fios elétricos nos bocais



Fonte: Autores (2023)

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.

3.2 Experimento com o Material

Os métodos experimentais utilizados nesta parte do estudo envolveram várias etapas, desde a coleta da borra de café até os testes de cura dos materiais na estufa. Foram utilizados materiais, como resina poliéster insaturada, catalisador butanox, além da borra de café e do molde. Primeiramente, a borra de café foi coletada de cafeterias localizadas na cidade de Campina Grande – PB, e secada em uma estufa convencional a 65°C por 6 horas para remover a umidade do resíduo. A borra de café seca foi então misturada com resina poliéster insaturada, adicionando-se um catalisador butanox em diferentes proporções, para criar materiais com diversas propriedades.

A escolha da resina poliéster insaturada foi baseada em sua facilidade de uso, baixo custo e capacidade de cura em temperatura ambiente. As misturas de borra de café e resina foram colocadas em moldes de diferentes formas e tamanhos e, em seguida, posicionadas no interior da estufa.

4 Resultados

Os testes realizados na estufa artesanal demonstraram que é possível alcançar a cura completa de compósitos de borra de café e resina em um tempo relativamente curto, variando de 2 a 8 horas, dependendo da proporção de materiais, tamanho da peça e das condições de cura. A temperatura média de 60,9°C dentro da estufa foi adequada para o processo de cura, garantindo que as peças finais tivessem as propriedades desejadas. No entanto, para chegar nesses resultados foram realizados quatro testes com proporções diferentes de materiais.

Proporção 1: A mistura de 15g de borra de café para 30g de resina poliéster insaturada na cor castanha apresentou um tempo de cura de aproximadamente 2 horas na estufa. Após ser desmoldado e atingir 24 horas constatou-se que o material obtido apresentava características elásticas e baixa resistência, indicando que o processo de cura não ocorreu corretamente.

Figura 5. Resultado do primeiro teste após 24 horas



Fonte: Autores (2023)

Proporção 2: A mistura de 5g de borra de café para 50g de resina ortoftálica cristal de baixa viscosidade e 0,6g de catalisador butanox teve um tempo de cura de cerca de 5 horas, produzindo um material com dureza, coloração semelhante à da borra de café e características naturais e ásperas, como a do resíduo utilizado.

Figura 6. Resultado do segundo teste após 24 horas



Fonte: Autores (2023)

Proporção 3: A mistura de 5g de borra de café para 60g de resina ortoftálica cristal de alta viscosidade apresentou um tempo de cura de 5 horas, e resultou-se um material resistente com superfície brilhante, porém com a presença de bolhas devido às propriedades da resina utilizada.

Figura 7. Superfície do material resultante



Fonte: Autores (2023)

De acordo com Ferreira (2023), a borra de café não consegue penetrar tanto nessa resina de alta viscosidade, gerando uma superfície brilhante sem características do resíduo utilizado. Além das bolhas que não conseguem subir a superfície e serem eliminadas.

Proporção 4: A mistura de 5g de borra de café para 150g de resina ortoftálica cristal de baixa viscosidade e 0,6g de catalisador butanox teve um tempo de cura de cerca de 4 horas. Como resultado, obteve-se uma placa retangular com espessura de 1,5 cm que foi considerada resistente. No entanto, a superfície ficou um pouco transparente, pois a quantidade de borra de café não foi proporcional com a resina.

Figura 8. Superfície da placa



Fonte: Autores (2023)

Conclui-se que os resultados indicam que a quantidade de catalisador e a proporção de resina com borra de café são fatores críticos para o sucesso do processo de cura e para as propriedades mecânicas dos materiais. Uma quantidade inadequada de catalisador pode-se resultar em peças não curadas ou com baixa

resistência, enquanto uma proporção equilibrada de resina e borra de café garante a produção de compósitos de alta qualidade.

4.1 Utensílios Produzidos com Borra de Café

Como ilustrado na Figura 9 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 9. Produtos feitos a partir da borra do café



Fonte: Autores (2023)

Os utensílios desenvolvidos incluem um pires, um porta-guardanapo, um sousplat e uma bandeja, projetados para compor uma mesa de café da manhã ou um lanche da tarde, conforme ilustrado na Figura 10. É importante observar que o material criado não se limita apenas a esses tipos de utensílios; ele pode ser utilizado em diversas áreas e aplicações.

Figura 10. Mesa posta com os produtos desenvolvidos



Fonte: Autores (2023)

Embora a utilização de uma resina vegetal de baixo impacto, como a resina de mamona, fosse uma alternativa interessante, sua ausência na região impossibilitou seu uso. No entanto, é evidente que a borra de café, um resíduo abundante e descartado diariamente, pode substituir materiais derivados do petróleo e promover a economia circular, evitando o desperdício de um resíduo tão valioso.

Em suma, é possível concluir que obteve-se resultados promissores na pesquisa, tornando a estufa artesanal uma solução viável para o desenvolvimento de utensílios feitos por borra de café em ambientes domésticos. 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.

5 Considerações finais

O desenvolvimento de utensílios a partir da borra de café, utilizando uma estufa artesanal, representa um passo significativo para a adoção de práticas mais conscientes no reaproveitamento de resíduos orgânicos, principalmente em ambientes domésticos. 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, facilitando a reutilização da borra de café para a produção de objetos artesanais e utensílios sustentáveis

Ademais, é importante destacar que, além dos utensílios desenvolvidos no estudo, o material feito a partir da borra de café pode ser utilizado para desenvolver uma ampla variedade de produtos. A versatilidade do compósito permite a criação de itens variados, desde utensílios de cozinha e objetos decorativos até acessórios pessoais. Essa flexibilidade não só amplia as possibilidades de aplicação do material, mas demonstra como ele pode ser uma alternativa sustentável a materiais convencionais.

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 utensílios sustentáveis e uma estufa artesanal de baixo custo, 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

AKATU. A borra do seu café pode ajudar o meio ambiente. **Akatu**, 2018. Disponível em: <https://akatu.org>.

br/dica/a-borra-do-seu-cafe-pode-ajudar-o-meio-ambiente/. Acesso em: 09 nov. 2022.

ARRUDA, R.D.P. **Estudo das Potencialidades das borras de café para valorização agrícola**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Alimentar) - Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2006

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-industriade-cafe-2021/>. Acesso em: 26 out. 2022

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.

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

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.

FERREIRA, A.B.S. **Reaproveitamento da Borra de Café para a Produção de Utensílios de Mesa Posta**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Design) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2023

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. 4 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to cradle: Remaking the way we make things**. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2002

MUKHERJEE, A. **Generation of Activated Carbon from Spent Coffee Grounds: Process Optimization, Kinetics and CO2 Capture**. 2022. Tese (Doutorado em Filosofia) – Departamento de Engenharia Química e Biológica, Universidade de Saskatchewan. Saskatoon, p. 307. 2022

NAGAY, J. H. C. Café no Brasil: dois séculos de história. **Formação Econômica**, Campinas, vol. 3, n. 1 (3), p. 1-86, 1999

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.

PILATO, L. A.; MICHNO, M. J. **Advanced Composite Materials**. Berlin, German. Springer Verlag. 1994.

SANTOS, D. **Estudo termo-hídrico e caracterização mecânica de compósitos de matriz polimérica reforçados com fibra vegetal: Simulação 3D e experimentação**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, p. 172. 2017.