XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8751

Caracterização, beneficiamento e propriedades do uso de bagaço de malte na construção civil

Characterization, processing and properties of use of Brewer's Spent Grain in civil construction.

Cintia Borel Nunes Duque Estrada
Instituto Federal do Sudeste de Minas | Juiz de Fora | Brasil | arquitetacintiaborel@gmail.com
Laura Coura Soranço
Instituto Federal do Sudeste de Minas | Juiz de Fora | Brasil | laura.soranco@estudante.ufjf.br
Aldo Ribeiro de Carvalho
Instituto Federal do Sudeste de Minas | Juiz de Fora | Brasil | aldo.carvalho@ifsudestemg.edu.br | aldorcarvalho@outlook.com
Maria Ernestina Alves Fidelis
Instituto Federal do Sudeste de Minas | Juiz de Fora | Brasil | tina.fidelis@ifsudestemg.edu.br

Resumo

O bagaço de malte (BSG, do inglês *Brewer's Spent Grain*) é o principal resíduo da indústria cervejeira, caracterizado por elevada disponibilidade e composição lignocelulósica, o que o torna promissor como material de reforço. Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica exploratória sobre o potencial de utilização do BSG em materiais de construção, com ênfase em compósitos de adobe. A pesquisa foi conduzida por meio de buscas no Portal de Periódicos da CAPES e no Google Acadêmico. Os resultados indicam que, embora o resíduo apresente limitações, como alta umidade e suscetibilidade à degradação microbiológica, estratégias de pré-tratamento podem viabilizar sua aplicação. Em matrizes cimentícias, observam-se dificuldades relacionadas à durabilidade, enquanto em sistemas de base terrosa, como o adobe, o BSG apresenta melhor desempenho, contribuindo para melhorias térmicas e redução da retração.

Palavras-chave: Adobe. Bagaço de malte. Fibras. Sustentabilidade.

Abstract

Brewer's spent grain (BSG) is the main byproduct of the brewing industry, characterized by high availability and a lignocellulosic composition, which makes it a promising reinforcing material. This paper presents an exploratory literature review on the potential use of BSG in construction materials, with an emphasis on adobe composites. The research was conducted through searches in the CAPES Periodicals Portal and Google Scholar. The results indicate that, although the residue presents limitations such as high moisture content and susceptibility to microbiological degradation, pre-treatment strategies can enable its application. In cementitious matrices, challenges related to durability are observed, whereas in earthen-based systems, such as adobe, BSG shows better performance, contributing to thermal improvements and shrinkage reduction.

Keywords: Adobe. Brewer's spent grain. Fibers. Sustainability.

ESTRADA, C. B. N. D.; SOURANÇO, L. C.; CARVALHO, A. R.; FIDELIS, M. E. A. Caracterização, beneficiamento, e propriedades do uso de bagaço de malte na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8751

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por materiais de construção sustentáveis tem impulsionado o uso de soluções que conciliam técnicas tradicionais e inovação. Nesse contexto, o adobe destaca-se por suas qualidades ambientais, baixo custo e elevado desempenho térmico [1]. Contudo, apresenta limitações técnicas importantes, como baixa resistência mecânica e elevada absorção de água, que comprometem sua durabilidade [2]. Para superar esses desafios, diversos estudos têm investigado a incorporação de fibras vegetais, como fibra de bagaço de cana-de-açúcar [3], alfafa [4], sisal [5] e fibra de coco [6], demonstrando melhorias significativas no desempenho mecânico e contribuindo para a valorização de resíduos agroindustriais.

Paralelamente, o crescimento expressivo da indústria cervejeira no Brasil tem intensificado a geração de resíduos, especialmente o bagaço de malte. De acordo com a Sindicerv [7], o setor apresentou crescimento de 6,8% em 2023 ano, totalizando 1.847 cervejarias no país. Esse resíduo representa cerca de 85% dos subprodutos gerados no processo produtivo de cervejarias [8], com uma geração estimada entre 14 e 20 kg a cada 100 litros de cerveja [9]. Apesar do potencial ambiental e econômico, sua aplicação na construção civil ainda é limitada, configurando uma oportunidade relevante para o avanço da economia circular [10].

Assim como os demais resíduos empregados em sistemas adobe, a utilização do bagaço de malte (BSG – *brewer's spent grain*) também enfrenta desafios relacionados ao seu elevado teor de umidade, baixa durabilidade e instabilidade dimensional [11,12]. Nesse sentido, Mussatto, Dragone e Roberto [13] indicam a necessidade de tratamentos prévios, como químico e térmico, para viabilizar do BSG em diferentes aplicações. Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo analisar, por meio de uma revisão bibliográfica exploratória, o potencial de incorporação do bagaço de malte em compósitos de adobe, avaliando seus efeitos nas propriedades físicas, mecânicas e na durabilidade do material.

METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, do tipo revisão bibliográfica exploratória, com o objetivo de reunir, analisar e discutir estudos relacionados à utilização do bagaço de malte em materiais de construção, com ênfase no adobe. A coleta de dados foi realizada por meio de buscas sistematizadas em bases de dados científicas, com destaque para o Portal de Periódicos da CAPES e o Google Acadêmico, em conformidade com as metodologias já empregadas e validadas por outros autores [14] [15]. As buscas foram conduzidas utilizando combinações de palavras-chave em português e inglês, tais como: "bagaço de malte", "*brewer's spent grain*", "adobe", "materiais cimentícios", "fibras vegetais", "resíduos agroindustriais" e "construção sustentável", associadas por operadores booleanos (AND, OR), de modo a ampliar a abrangência dos resultados. O espaço temporal analisado foi de 2004 a 2025.

Como critérios de inclusão, foram considerados artigos científicos, dissertações e teses, que abordassem a caracterização, o tratamento ou a aplicação do bagaço de

malte em materiais construtivos. Também foram incluídos estudos relevantes para a compreensão das propriedades do resíduo e de materiais lignocelulósicos. Foram excluídos trabalhos duplicados, publicações sem acesso ao texto completo e estudos que não apresentassem relação direta com o tema proposto.

Após a seleção inicial, os trabalhos foram analisados de forma qualitativa, buscando-se identificar aspectos como métodos de pré-tratamento, comportamento em diferentes matrizes (cimentícias, cerâmicas e terrosas) e seus efeitos nas propriedades físicas e mecânicas dos materiais. A partir dessa análise, foram selecionados os estudos apresentados no Quadro 1 que, em seguida, são discutidos de forma a evidenciar tendências, limitações e potencialidades do uso desse resíduo na construção civil.

Quadro 1: Estudos selecionados

Nome do Estudo	Ano	Citação
Caracterização química do bagaço de malte e avaliação do seu potencial para obtenção de produtos de valor agregado	2020	[8]
Uma alternativa para os resíduos da pequena indústria cervejeira	2024	[9]
Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications	2006	[13]
Development, physico-chemical characterization and sensory analysis of whole grain breads added from Pilsen and Porter style brewing residue	2020	[16]
The Potential of Brewer's Spent Grain in the Circular Bioeconomy: State of the Art and Future Perspectives	2022	[17]
Brewers spent grain drying: Drying kinetics, moisture sorption isotherms, bioactive compounds stability and Bacillus cereus lethality during thermal treatment	2024	[18]
Optimization of brewers' spent grain drying process	2022	[19]
Dewatering of Brewer's Spent Grain Using a Membrane Filter Press: A Pilot Plant Study	2004	[20]
Application of spent grains to increase porosity in bricks	2005	[21]
Spent Brewery Grains for Improvement of Thermal Insulation of Ceramic Bricks	2012	[22]
Effect of organic residues addition on the technological properties of clay bricks	2008	[23]
Produção de tijolos ecológicos com cinzas de caldeira e bagaço de malte	2017	[24]
Properties of Adobe Bricks Manufactured from Vertisol Reinforced with Brewer's Spent Grains: Case Study in Sudano Sahelian Region of Cameroon	2025	[25]
El suelo-cemento como material de construcción	2008	[26]

Nome do Estudo	Ano	Citação
Una Revisión de Ladrillos de Suelo y Cemento con Refuerzos Diversos	2024	[27]

Fonte: os autores.

RESULTADOS

Características do BSG

O BSG constitui o principal subproduto da indústria cervejeira, representando aproximadamente 85% do total de resíduos gerados durante o processo produtivo. Esse material é obtido após a separação do mosto na etapa de filtração e é composto majoritariamente por frações insolúveis do malte, como cascas, farelos e resíduos do endosperma da cevada germinada [9]. A geração desse resíduo é significativa: estima-se que, para cada 100 litros de cerveja produzidos, sejam gerados entre 14 e 20 kg de BSG [16]. Em escala global, a produção anual atinge aproximadamente 36.4 milhões de toneladas, com destaque para América do Norte e América do Sul, evidenciando seu elevado potencial de reaproveitamento industrial [17].

Do ponto de vista composicional, o BSG apresenta natureza lignocelulósica complexa, sendo constituído por celulose, hemicelulose, lignina, proteínas, extrativos e cinzas [8]. Estudos reportam variações em sua composição química, como observado por Mussato [13], que identificou cerca de 17% de celulose, 28% de lignina e 28% de polissacarídeos, além de elevado teor de fibras e proteínas. Resultados semelhantes foram encontrados por Massardi, Massini e Silva [8] os quais observaram 29,92% de hemicelulose, 20,80% de lignina, 15,99% de celulose e 3,76% de cinzas. Esses constituintes conferem ao material características estruturais relevantes, uma vez que a celulose atua como principal polímero de resistência, a lignina contribui para rigidez e proteção contra degradação biológica, e a hemicelulose e a lignina funcionam como matriz de ligação entre os componentes fibrosos [13].

Apesar de sua ampla disponibilidade ao longo do ano, o BSG apresenta limitações significativas para aplicações diretas, principalmente devido ao seu elevado teor de umidade (77–81%) e à presença de açúcares fermentáveis, fatores que favorecem a rápida deterioração microbiológica [13]. Seu pH e suas características físico-químicas dificultam a estabilização e o armazenamento, restringindo seu uso imediato em aplicações como alimentação animal ou compostagem, especialmente quando não há proximidade entre o local de geração e o de utilização [18].

Beneficiamentos do BSG para aplicação em materiais de construção

Diante das limitações apresentadas, diferentes estratégias de pré-tratamento têm sido investigadas com o objetivo de aumentar a estabilidade, a durabilidade e a viabilidade de reaproveitamento do BSG. Entre os métodos estudados destacam-se a secagem em

estufa, liofilização e o uso de conservantes químicos, como ácidos orgânicos e sorbato de potássio [13].

A secagem térmica destaca-se como uma alternativa tecnicamente viável para a redução da umidade de materiais com elevado teor hídrico, como o BSG, uma vez que contribui para a diminuição da atividade de água, aumento da vida útil e melhoria das condições de armazenamento, sem comprometer a integridade do material quando conduzida sob condições controladas [19]. Adicionalmente, técnicas como secagem a vácuo e filtração por membranas têm demonstrado eficiência na redução da umidade para níveis entre 20% e 30%, possibilitando o armazenamento por períodos mais prolongados, de até seis meses [20].

Aplicações do BSG na construção civil e seus efeitos nos materiais de construção

No âmbito da construção civil, o aproveitamento do bagaço de malte tem sido investigado principalmente em matrizes cerâmicas queimadas. Estudos indicam que sua incorporação pode promover aumento da porosidade e melhorias nas propriedades térmicas, embora com possíveis reduções na resistência mecânica em teores mais elevados. Russ, Mortel e Pitroff [21] observaram aumento da resistência à flexão aliado a um incremento significativo da porosidade e da absorção de água. Ferraz *et al.* [22] verificaram que a adição de até 5% de cinzas de BSG reduziu a condutividade térmica em 28%, sem comprometer significativamente a resistência, enquanto teores superiores apresentaram efeitos negativos. Nesse contexto, estudos indicam que a incorporação de resíduos orgânicos em matrizes cerâmicas promove aumento da porosidade e redução da condutividade térmica, sendo que, em baixos teores, pode manter ou até melhorar a resistência mecânica, enquanto teores mais elevados tendem a reduzi-la devido à formação excessiva de poros [21,22,23].

Em matrizes cimentícias, entretanto, os resultados tendem a ser mais limitados. Menezes [24] evidenciou que a incorporação do BSG in natura em solo-cimento resultou em fissuração durante a cura e proliferação fúngica, inviabilizando o desempenho do material. Esse comportamento está associado à elevada umidade e à degradação da matéria orgânica, que interferem negativamente nas reações de hidratação do cimento e na estabilidade do compósito.

Por outro lado, em sistemas de base terrosa, como o adobe, resultados mais promissores têm sido reportados. Djaoyang *et al.* [25] observaram que a incorporação de BSG, em proporções de até 10%, promoveu redução significativa da condutividade térmica (até 60%), diminuição da retração linear e aumento da resistência à água, embora tenha ocorrido redução da resistência à compressão em relação ao material de referência. Destaca-se que, nesse estudo, o processo de cura ocorreu por secagem ao ar, sem a ocorrência de fissuras ou proliferação fúngica.

Essa diferença de comportamento entre matrizes cimentícias e terrosas pode ser explicada pela natureza dos sistemas. Enquanto o solo-cimento depende de reações químicas de hidratação e requer condições controladas de umidade, o adobe é um material predominantemente físico, com menor teor de água e maior capacidade de

regulação higroscópica [26,27]. Essa característica favorece a compatibilidade com materiais lignocelulósicos, reduzindo os efeitos negativos associados à degradação orgânica.

Diante desse breve panorama, evidencia-se potencial no uso do BSG como material adicional alternativo na construção civil, especialmente em compósitos de terra, devido à sua abundância, composição fibrosa e capacidade de modificar propriedades térmicas e físicas. No entanto, sua aplicação eficiente depende da adoção de estratégias adequadas de pré-tratamento, capazes de garantir estabilidade, durabilidade e desempenho compatível com as exigências técnicas, reforçando seu papel no contexto da economia circular e da construção sustentável.

CONCLUSÃO

A análise da literatura evidencia que o BSG apresenta potencial como material alternativo na construção civil, especialmente em função de sua abundância, baixo custo e natureza lignocelulósica. Sua composição rica em celulose, hemicelulose e lignina confere características que podem contribuir para a modificação das propriedades físicas e térmicas de compósitos, aproximando seu comportamento ao de outras fibras vegetais já consolidadas em materiais cimentícios e terrosos.

Entretanto, o uso do BSG ainda enfrenta limitações significativas, principalmente relacionadas ao seu elevado teor de umidade, alta suscetibilidade à degradação microbiológica e instabilidade dimensional. Esses fatores comprometem seu desempenho, sobretudo em matrizes cimentícias, nas quais foram observados problemas como fissuração e proliferação fúngica quando o resíduo é utilizado sem tratamento prévio. Nesse sentido, a adoção de técnicas de pré-tratamento, como secagem térmica e processos físico-químicos, mostra-se essencial para garantir maior estabilidade, durabilidade e viabilidade de aplicação.

Por outro lado, os resultados evidenciados na literatura são promissores para as matrizes de base terrosa, como o adobe, e indicam maior compatibilidade do BSG com sistemas construtivos predominantemente físicos. Nesses materiais, a incorporação do resíduo tem demonstrado potencial para melhorar propriedades térmicas, reduzir retrações e aumentar a resistência à água, ainda que com possíveis reduções na resistência mecânica, o que exige otimização dos teores de adição.

Dessa forma, conclui-se que o bagaço de malte se configura como um resíduo promissor para aplicação em materiais de construção sustentáveis, especialmente em compósitos de terra. Contudo, sua utilização eficiente depende do controle adequado de sua composição, da definição de teores ótimos de incorporação e da aplicação de tratamentos que minimizem seus efeitos negativos. Por fim, destaca-se a necessidade de estudos adicionais que avaliem o desempenho mecânico, a durabilidade e o comportamento a longo prazo desses compósitos, consolidando o BSG como alternativa viável no contexto da economia circular e da construção civil sustentável.

DECLARAÇÃO

Durante a confecção deste artigo os autores utilizaram o ChatGPT para verificação e aperfeiçoamento gramatical. Após a utilização da(s) ferramenta/serviço, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

x

[1] NEVES, C.; FARIA, O. B. **Técnicas De Construção Com Terra**. Bauru, São Paulo: Unesp/Proterra, 2011. 16-25 p.

[2] CORRÊA, A. A. R. et al. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua). **Ciência e agrotecnologia**, 30, n. 3, 2006. 503-515.

[3] MOTA, D. et al. Aprimoramento do tijolo adobe com adição de fibras de cana-de-açúcar. **Simpósio Mundial de Sustentabilidade**, 9, 2020.

[4] AZALAM, Y. et al. Physical and mechanical properties of adobe bricks reinforced by natural additives, a case study of alfalfa fibers. **EUREKA: Physics and Engineering**, 2024. 144-159.

[5] PINTO, B. R. **Desempenho térmico e mecânico de alvenaria de adobe ativado alcalinamente e reforçado com fibra de sisal**. Universidade Federal da Paraíba. [S.l.]. 2021.

[6] GIRALDELLI, M. et al. écnica de alvenaria adobe: Reprodução do método construtivo com e sem o uso de fibra vegetal. **UNICIÊNCIAS,** 25, n. 1, 2021. 10-13.

[7] SINDCERV. **Anuário Da Cerveja 2024**. Ministério Da Agricultura E Pecuária. Brasília. 2024.

[8] MASSARDI, M. M.; MASSINI, R. M. M.; SILVA, D. D. J. Caracterização química do bagaço de malte e avaliação do seu potencial para obtenção de p´rodutos de valor agregado. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, 6, n. 1, 2020. 83-91. DOI: 10.18540/jcecvl6iss1pp0083-0091.

[9] MOURA, L. C. B. et al. **Uma alternativa para os resíduos da pequena indústria cervejeira**. 7° Congresso Sul- Americano de Resíduos Solidos e Sustentabilidade. Curitiba-PR: IBEAS- Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2024.

[10] SOUZA, B. L.; HAMACHER, L. D. S.; CARMO, D. D. F. **viabilidade do uso do resíduo do malte na produção de cerveja artesanal na cidade de Niterói (Rio de Janeiro)**. 18° Congresso Nacional de Meio Ambiente. Poços de Caldas: [s.n.]. 2021.

[11] COSTA, B. M. F. et al. Study of the drying kinetics of the malt bagasse in a pneumatic transporter. **Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly**, 26, n. 4, 2020. 369-376. DOI: 10.2298/CICEQ190827014C.

[12] MANDUCA, J. B. F. et al. Análise fisico-químicas do bagaço de malte. **Simpósio De Tecnologia Fatec Jaboticabal**, 5, 2025. DOI: 10.52138/sitec.v5i1.477.

[13] MUSSATTO, S. I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, I. C. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. **Journal of Cereal Science**, 43, n. 1, 2006. 1-14.

[14] MENDES, V. F.; CARVALHO, A. R. D.; JÚLIA ASSUMPÇÃO CASTRO, J. C. M. **Análise de desempenho térmico de edificações:** uma revisão narrativa incluindo a influência dos fechamentos. V EUROELECS - Encontro Latinoamericano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Salvador - BA: [s.n.]. 2023.

[15] OLIVEIRA, G. R. S. D. et al. **A Indústria 4.0 e Construção Civil:** principais aspectos relacionados à sustentabilidade. 2° Congresso Internacional de Sustentabilidade Urbana. Vitória - ES: [s.n.]. 2022.

[16] TOMBINI, C. et al. Development, physico-chemical characterization and sensory analysis of whole grain breads added from Pilsen and Porter style brewing residue. **Research, Society and Development**, 9, n. 11, 2020.

[17] ZEKO-PIVAč, A. et al. The Potential of Brewer's Spent Grain in the Circular Bioeconomy: State of the Art and Future Perspectives. **Front. Bioeng. Biotechnol**, 10, 2022.

[18] SANTOS, M. V. et al. Brewers spent grain drying: Drying kinetics, moisture sorption isotherms, bioactive compounds stability and Bacillus cereus lethality during thermal treatment. **Journal of Food Engineering**, 364, 2024. 111796.

[19] CASTRO, L. E. N.; MATHEUS, L. R.; COLPINI, L. M. S. Optimization of brewers' spent grain drying process. **Brazilian Journal of Development**, 8, n. 2, 2022. 14481-14488.

[20] EL-SHAFEY, E. I. et al. Dewatering of Brewer's Spent Grain Using a Membrane Filter Press: A Pilot Plant Study. **Separation Science and Technology**, 39, n. 14, 2004. 3237–3261.

[21] RUSS, W.; MORTEL, H.; MEYER-PITTROFF, R. Application of spent grains to increase porosity in bricks. **Construction and Building Materials**, 19, n. 2, 2005. 117-126.

[22] FERRAZ, E. et al. Spent Brewery Grains for Improvement of Thermal Insulation of Ceramic Bricks. **Journal of Materials in Civil Engineering**, 25, n. 11, 2012. 1638-1646.

[23] DEMIR, I. Effect of organic residues addition on the technological properties of clay bricks. **Waste Management**, 28, n. 3, 2008. 622-627.

[24] MENEZES, L. C. M. D. A. O.; YAMASHITA, M. **Produção de tijolos ecológicos com cinzas de caldeira e bagaço de malte**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2017.

[25] DJAOYANG, V. B. et al. Properties of Adobe Bricks Manufactured from Vertisol Reinforced with Brewer's Spent Grains: Case Study in Sudano Sahelian Region of Cameroon. **International Journal of Sustainable and Green Energy**, 14, n. 1, 2025. 53-65.

[26] CORAL, J. T. El suelo-cemento como material de construcción. **Ciencia y Sociedad**, 33, n. 4, 2008. DOI: 10.22206/cys.2008.v33i4.pp520-71.

[27] JIMÉNEZ-MONTOYA, A. et al. Una Revisión de Ladrillos de Suelo y Cemento con Refuerzos Diversos. **Revista Politécnica**, 53, n. 2, 2024. 97-113. DOI: 10.33333/rp.vol53n2.10.

x