

Prospecção científica sobre o uso da cinza da cana-de-açúcar em tijolos

Scientific prospecting on the use of sugar cane ash in bricks

- ¹ Humberto Denys de Almeida Silva eng.pro.humberto@gmail.com <http://orcid.org/0000-0002-3144-7070>
- ² Hitalo de Jesus Bezerra da Silva <http://orcid.org/0000-0001-6008-3600>
- ³ Valdeci Bosco dos Santos <http://orcid.org/0000-0002-2386-5424>
- ⁴ José Milton Elias de Matos <http://orcid.org/0000-0003-3476-399X>

- ¹ Mestrando em Ciência e Engenharia dos Materiais - Universidade Federal do Piauí – UFPI.
- ² Mestre em Ciência e Engenharia dos Materiais - Universidade Federal do Piauí-UFPI.
- ³ Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais pela Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais - Universidade de São Paulo e Pós-Doutora na Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech.
- ⁴ Doutor em Química (Físico-Química) pelo Instituto de Química de São Carlos - IQSC - São Carlos - USP/SP e Pós-doutor em Química, desenvolvido no LIEC-DQ da Universidade Federal de São Carlos- São Carlos - UFSCar/SP.

Resumo

O tijolo é um dos elementos mais importantes na indústria da construção civil. Com o intuito de minimizar os impactos negativos de seu processo produtivo e melhorar suas propriedades físicas e mecânicas, diversos estudos têm buscado por matérias-primas alternativas. Nesse sentido, o presente trabalho procurou avaliar o potencial tecnológico do uso de cinza de cana-de-açúcar na produção de tijolos através de uma prospecção científica, em bases de artigos, no período de 2003 a 2021. Um maior número de publicações relacionadas às cinzas de cana-de-açúcar adicionadas a tijolos foi observado no ano de 2018. Embora seja possível perceber estudos promissores e uma tecnologia em estado de aperfeiçoamento, pode-se concluir que o interesse pelo tema proposto é ainda muito incipiente. Dessa forma, são necessários mais investimentos dos agentes responsáveis para consolidação do desenvolvimento científico e tecnológico.

Abstract

Brick is one of the most important elements in the construction industry. In order to minimize the negative impacts of its production process and improve its physical and mechanical properties, several studies have searched for alternative raw materials. In this sense, the present work sought to assess the technological potential of using sugarcane ash in the production of bricks through a scientific survey in databases of articles, in the period from 2003 to 2021. A greater number of publications related to ash of sugarcane added to bricks was observed in the year 2018. Although it is possible to see promising studies and a technology in a state of improvement, it can be concluded that interest in the proposed topic is still very incipient. Thus, more investments are needed from the agents responsible for consolidating scientific and technological development.

Palavras-chave:

Cana-de-açúcar. Cinzas. Tijolos.

Keywords:

Sugarcane. Ashes. Bricks.

Como você deve citar?

SILVA, Humberto Denys de Almeida et al. Prospecção científica sobre o uso da cinza da cana-de-açúcar em tijolos. *Cadernos UniFOA*, Volta Redonda (RJ), v. 17, n. 48, p. 59-66, abril, 2022

1 INTRODUÇÃO

Mundialmente, o tijolo é um dos materiais mais importantes e consumidos da construção civil. Para seu processo de produção tradicional, faz-se o uso de constituintes à base de solo, como argila, xisto e areia. Essa exploração gradual provoca fortes impactos negativos, como o esgotamento desses recursos naturais, degradação ambiental e consumo de energia. A extração de recursos para a indústria de tijolos ocorre em leitos de rios e também em encostas, formando áreas de minas não recuperadas e deixando também suas marcas na paisagem (SHAKIR; MOHAMMED, 2013).

A partir dessa realidade, estudos vêm sendo desenvolvidos voltados à utilização de diversos materiais alternativos, como resíduos de vidro, cinza volante, cinza de madeira e cinzas de resíduos agrícolas. O grande interesse pelo reuso desses materiais é devido à quantidade significativa do principal constituinte em sua composição, a sílica amorfa, que tende a proporcionar melhores propriedades físicas, mecânicas e de durabilidade aos produtos finais aos quais foram adicionados (SILVA; SURANGI, 2017). Além disso, é uma solução alternativa de minimizar a porcentagem utilizada de matéria-prima natural em tijolos, assim como garantir o descarte apropriado desses resíduos (SILVA; SURANGI, 2017).

Dentre os materiais à base de resíduos agrícolas, as cinzas oriundas do bagaço de cana-de-açúcar têm atraído a atenção de alguns pesquisadores, por apresentarem teores acima de 70% de sílica amorfa em sua composição química. Isso é um indicativo que também podem ser usadas como substituto parcial para o desenvolvimento de produtos construtivos sustentáveis (PIEDRAHITA *et al.*, 2016). Após a colheita e processamento da cana-de-açúcar, produz-se o bagaço, que é empregado como fonte primária de energia em alguns tipos de indústrias (FRÍAS *et al.*, 2011). O bagaço é utilizado para produção de bioeletricidade em usinas, seja de açúcar ou etanol, a partir da queima desse subproduto em caldeiras, possibilitando que essas usinas se tornem autossuficientes em energia elétrica (CERQUEIRA *et al.*, 2010) e, como consequência direta, gera-se uma grande quantidade de cinzas do bagaço de cana de açúcar (LOH *et al.*, 2013).

Por apresentar alto potencial como matéria-prima com reatividade pozolânica (Moretti *et al.*, 2018), as cinzas de cana-de-açúcar têm sido aplicadas a diversos produtos na área da construção civil (FARIA; HOLANDA, 2013; PARADA *et al.*, 2017; GARCÍA *et al.*, 2018). Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial tecnológico do uso da cinza de cana-de-açúcar aplicada à produção de tijolos, partindo-se de um levantamento científico, nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*.

2 METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão bibliográfica a partir da busca nas bases de artigos nas bases de periódicos, *Web of Science* e *Scopus*, no mês de junho de 2021. Para tanto, recorreu-se inicialmente à análise exploratória, seguindo com uma pesquisa documental, de natureza quantitativa nas bases descritas acima. Foram utilizadas as combinações de palavras-chave em inglês. Primeiramente, utilizou-se, na pesquisa, os termos: *ash* (cinzas), posteriormente, *ash and sugarcane* (cana-de-açúcar) e, finalmente, a combinação, *ash and sugarcane and brick* (tijolo), nos campos de título, resumo e palavras-chave.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados nas bases de artigos *Web of Science* e *Scopus* são apresentados na Tabela 1. Seguindo o procedimento de interesse deste estudo, a combinação de palavras *ash and sugarcane and brick* alcançou o número de 64 trabalhos científicos publicados na base *Web of Science*

e 42 trabalhos na base *Scopus*. Com isso, os dados levantados resultaram em um número total de 106 documentos publicados, somadas as duas bases.

Tabela 1 – Compilação dos termos da busca e número de resultados por base científica pesquisada

Palavras-chave	Bases de dados científicos	
	Web of Science	Scopus
<i>Ash</i>	128267	157657
<i>Ash and sugarcane</i>	966	1056
<i>Ash and sugarcane and brick</i>	75	48

Fonte: Autoria própria (2021)

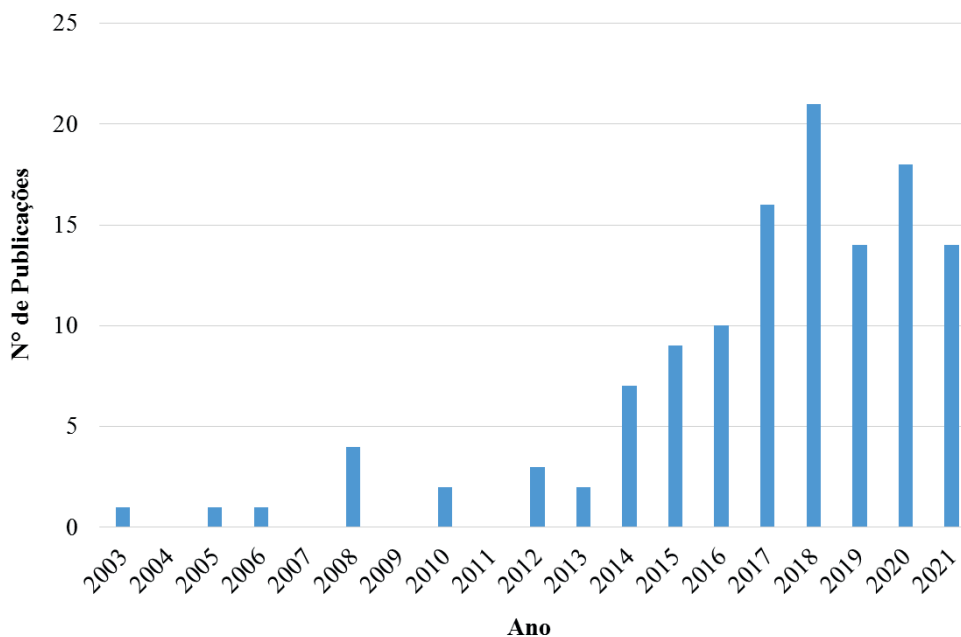
Em função do pequeno número de resultados encontrados de artigos publicados para a combinação de palavras-chave *ash and sugarcane and brick*, pode-se considerar que esse tema possui caráter de inovação, bem como alto potencial de estudo e discussão, podendo contribuir para avanços significativos em pesquisas, quanto à utilização de materiais alternativos para a produção de tijolos.

Materiais sustentáveis têm sido a base para o desenvolvimento de diversas pesquisas científicas em diversas áreas, devido a seus benefícios tanto econômicos quanto ambientais. Portanto, na área da construção de civil, a recente utilização de cinzas de cana-de-açúcar tem contribuído para a maximização da eficiência da produção desses produtos, refletindo na diminuição dos custos. Além disso, o reaproveitamento das cinzas também é responsável pela redução do impacto ambiental provocado pelas usinas de beneficiamento de cana-de-açúcar. O não aproveitamento desses resíduos tendem a gerar custos adicionais com seu tratamento e descarte (BAYAT, 2002; VALENCIANO; FREIRE, 2004; MACEDO, 2009).

3.1 Análise bibliométrica

Para avaliar o número de publicações ao longo dos anos (2003 a 2021), realizou-se a soma dos resultados das bases *Web of Science* e *Scopus*, em relação a cada ano (Figura 1). A primeira publicação a respeito da temática apresentada é datada do ano de 2003. Nos anos seguintes até 2014, é possível observar um tímido crescimento no número de publicações, intercalado por períodos de hiatos, em que as bases não obtiveram registros. Para o ano de 2018, é observada uma marca expressiva de 21 trabalhos publicados. Até julho de 2021, foi alcançada a marca de 14 publicações, igualando os números de 2019. Através da evolução temporal sobre essa temática, principalmente para os últimos anos, percebe-se um crescimento (ainda que discreto) de artigos publicados, o que pode estar relacionado com a grande demanda de pesquisas que buscam o desenvolvimento por materiais sustentáveis.

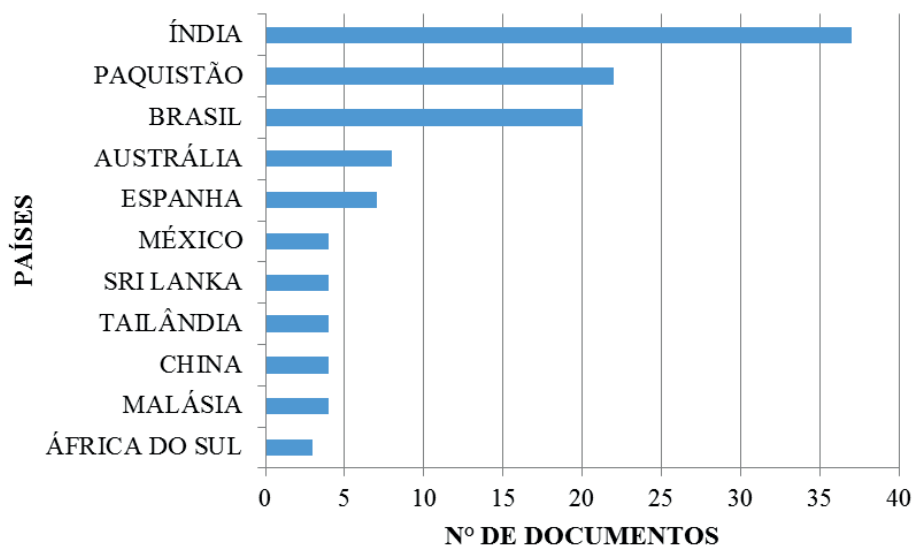
Figura 1 – Distribuição de artigos por ano de publicação



Fonte: Autoria própria (2021)

A Figura 2 apresenta a distribuição do número total de publicações por país de origem. Com 37 trabalhos publicados, a Índia lidera o número de publicações encontradas com as palavras-chave do foco deste estudo, seguido do Paquistão, com mais de 20 documentos. Vale ressaltar que a Índia se destaca como o maior produtor do continente asiático no cultivo de cana-de-açúcar. O Brasil, maior produtor mundial de cana-de-açúcar, ocupa o 3º lugar no *ranking* de publicações, com 20 artigos publicados. Estar entre os primeiros no *ranking* de publicações se deve, possivelmente, ao fato de possuir recursos naturais em abundância e, em alguma medida, incentivo à pesquisa nessa área. Os demais países em destaque, de acordo com a Figura 2, apresentaram menos de 10 publicações de artigos em periódicos. É importante observar o baixo número (menor que 5) de artigos publicados pela China, maior produtor de tijolos do mundo (HOLMES, 2021). Entretanto, observou-se, a partir do levantamento realizado nas bases, que os primeiros artigos publicados nesse país foram produzidos nos últimos três anos, mostrando o seu recente interesse e potencial desenvolvimento científico nessa área.

Figura 2 – Distribuição de artigos publicados por país

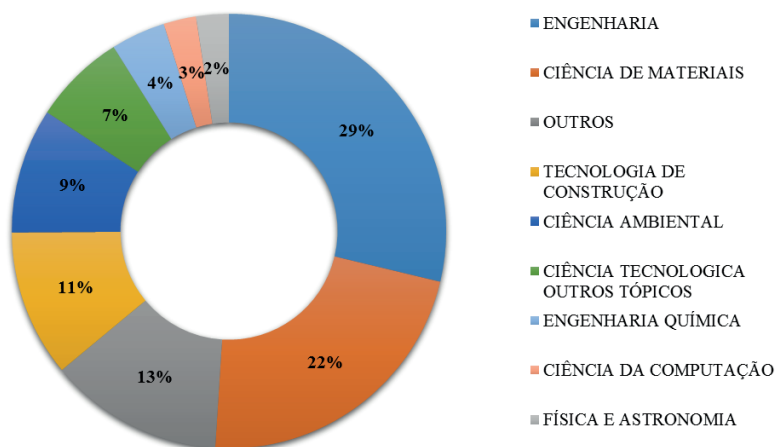


Fonte: Autoria própria (2021)

A partir do levantamento dos dados nas bases de periódicos, também foi possível registrar a distribuição do número de documentos por área de publicação, conforme mostra a Figura 3. De acordo com os resultados encontrados, os principais destaques temáticos são voltados para as áreas de Engenharia, a qual é responsável pela maior concentração do número de publicações, com 29% dos documentos identificados. Na sequência, evidenciam-se as áreas de Ciência de Materiais, Tecnologia de Construção e Ciência Ambiental, apresentando 22%, 13% e 11% das publicações, respectivamente. Essas áreas se destacam devido ao caráter tecnológico e interdisciplinar do tema, em que é possível unir o conhecimento técnico-científico de diferentes áreas para apoiar e propor melhorias para o desenvolvimento de novas tecnologias.

Portanto, a partir dos resultados encontrados, as áreas encontradas podem realizar uma maior exploração acerca desse material, caracterizando-as e avaliando o real impacto ambiental que elas podem acarretar e, por fim, a influência sobre as propriedades finais das diversas aplicações em suas respectivas áreas. Os materiais pozolânicos, como as cinzas de cana-de-açúcar, tendem a se apresentar na Engenharia Civil por contribuir com as reações de hidratação do cimento, originando compostos com propriedades ligantes e que proporcionam tijolos que suportam maiores esforços mecânicos, além de sustentáveis (CORDEIRO, 2009). Outras áreas também identificadas foram: Ciência Tecnológica Outros Tópicos (7%), e outras áreas, como Engenharia Química, Ciência da Computação, Física e Astronomia que somadas totalizam 9% de trabalhos publicados nessa temática.

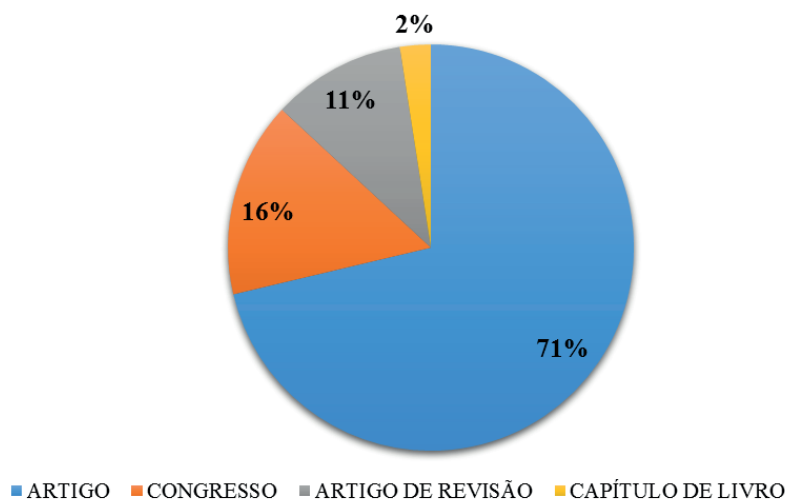
Figura 3 – Número de documentos por área de publicação



Fonte: Autoria própria (2021)

Sobre os tipos de publicações científicas a respeito do uso da cinza de cana-de-açúcar aplicada à produção de tijolos (Figura 4), é possível verificar que foram reportados 4 tipos de trabalhos: artigo, congresso, artigos de revisão e capítulo de livro. O artigo é o tipo de publicação predominante nessa área de pesquisa, representando 71%, seguido por anais de congresso (16%), artigo de revisão (11%) e, por fim, capítulo de livro (2%).

Figura 4 – Distribuição dos tipos de publicações científicas

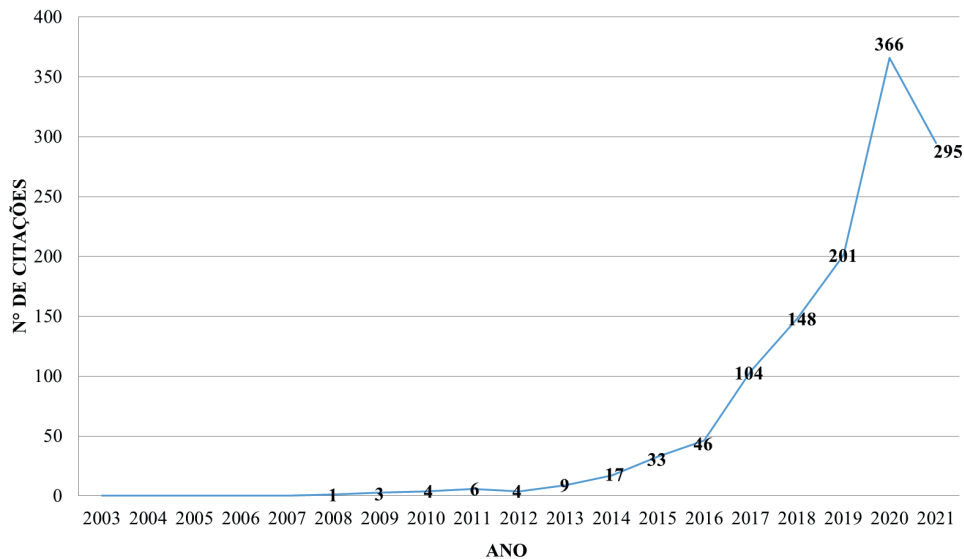


Fonte: Autoria própria (2021)

Na Figura 5, é mostrado o número de citações no decorrer dos anos (2003 a 2021). A primeira citação foi registrada no ano de 2008, mas é importante ressaltar que a primeira publicação foi registrada no ano de 2003, como previamente comentado na Figura 1. O número de publicações seguiu um crescimento exponencial ao longo dos anos. No ano de 2019, foram realizadas 201 citações, enquanto

que 366 citações foram registradas em 2020. Em 2021, um total de 295 citações foram registradas. O aumento no número de citações mostra o potencial e tendência de crescimento nessa área de estudo.

Figura 5 – Distribuição do número de citações por ano



Fonte: Autoria própria (2021)

Dentre os artigos reportados pelas bases, destaca-se *Recycling of sugarcane bagasse ash waste in the production of clay bricks*, publicado em 2012. Esse trabalho investigou a reciclagem do bagaço de resíduos de cana-de-açúcar, incorporado à massa básica de tijolos de argila, com substituição de até 20% (em peso). Sob outra ótica, falando-se em termos de impacto das publicações nessa vertente, o referido artigo foi o mais citado dentre os documentos reportados pela busca nas bases. Dessa forma, totalizaram 127 citações na *Scopus* e 106 na *Web of Science*, demonstrando o quão impactante foi esse trabalho para a área, quando comparado a outros documentos semelhantes.

4 CONCLUSÃO

A partir do presente estudo, foi possível verificar a potencialidade do uso de resíduos de cinzas de cana-de-açúcar na composição de tijolos. Os resultados do presente estudo apontam para o potencial tecnológico do uso de materiais alternativos renováveis, especificamente a cinza da cana-de-açúcar, como substituto parcial à massa básica de tijolos. Verificou-se que o número de novas pesquisas sobre essa aplicação é crescente e que o impacto dessas publicações também apresentou um vultoso aumento nos últimos anos, o que pode contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico do setor de construção civil, com reflexos expressivos nas áreas econômica e ambiental, fortemente impactadas por essa indústria.

REFERÊNCIAS

BAYAT, B. Combined removal of zinc (II) and cadmium (II) from aqueous solutions by adsorption onto high-calcium Turkish fly ash. **Water, Air & Soil Pollution**, Países Baixos, v. 136, p. 69-92, 2002.

CERQUEIRA, D. A. *et al.* Caracterização de acetato de celulose obtido a partir do bagaço de cana-de-açúcar por 1H-RMN. **Polímeros**, v. 20, n. 2, p. 85-91, 2010.

CORDEIRO, L. N. P. **Análise da variação do índice de amorfismo da cinza da casca de arroz sobre a atividade pozolânica**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FARIA, K. C. P; HOLANDA, J. N. F. Incorporation of sugarcane bagasse ash waste as an alternative raw material for red ceramic. **Cerâmica**, São Paulo, v. 59, p. 473-480, 2013.

FRÍAS, M. *et al.* Brazilian sugar cane bagasse ashes from the cogeneration industry as active pozzolans for cement manufacture. **Cement & Concrete Composites**, Inglaterra, p. 490-496, 2011.

GARCÍA, M. A. M. *et al.* Valdez. The influence of untreated sugarcane bagasse ash on the microstructural and mechanical properties of mortars. **Materiales de Construcción**, México, v. 68, p. 1-13, 2018.

HOLMES, L. Os Principais Exportadores De Tijolos Do Mundo. **Ripley Believes**. 2021. Disponível em: <https://pt.ripleybelieves.com/world-s-top-exporters-of-bricks10739#:~:text=A%20China%20%C3%A9%20o%20principal,todas%20as%20suas%20vendas%20anuais>. Acesso em: 04 jan. 2021.

LOH, Y.R. *et al.* Sugarcane bagasse – The future composite material: A literature review. **Resources, Conservation and Recycling**, Países Baixos, p. 14-22, 2013.

MACEDO, P. C. **Avaliação do desempenho de argamassas com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar**. 2009. 116 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2009.

MORETTI, J. P. *et al.* Self-compacting concrete incorporating sugarcane bagasse ash. **Construction and Building Material**, Países Baixos, p. 635-649, 2018.

PARADA, V. R. *et al.* Characterization and use of an Untreated Mexican Sugarcane Bagasse Ash as supplementary material for the preparation of ternary concretes. **Construction and Building Materials**, Países Baixos, p. 83–95, 2017.

PIEDRAHITA, J. C. A. *et al.* Mechanical and durability properties of mortars prepared with untreated sugarcane bagasse ash and untreated fly ash. **Construction and Building Materials**, Países Baixos, v. 105, p. 69-81, 2016.

SHAKIR, A. A.; MOHAMMED, A. A. Manufacturing of Bricks in the Past, in the Present and in the Future: A state of the Art Review. **International Journal of Advances in Applied Sciences**, Indonésia, v. 2, ed. 3, p. 145-156, 1 set. 2013.

SILVA, G.H.M.J.; SURANGI, M.L.C. Effect of waste rice husk ash on structural, thermal and run-off properties of clay roof tiles. **Construction and Building Materials**, Países Baixos, p. 251–257, 23 jul. 2017.

VALENCIANO, M. C.; FREIRE, W. J. Características físicas e mecânicas de misturas de solo, cimento e cinzas de bagaço de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Brasil, v. 24, ed. 3, p. 484-492, 2004.