

Análise da produção científica para uso sustentável da cinza da casca de arroz

Analysis of scientific production for sustainable use of rice hulk ash

Análisis de producción científica para uso sostenible de ceniza de casco de arroz

Lilian Tiscoski da Silva

Mestranda do PPGSP, associativo entre UNIPLAC, UNC, UNESC, Univille, Brasil.

Liliantiscoski@uniplaclages.edu.br

Kristian Madeira

Professor Doutor, docente no PPGSP Associativo entre UNIPLAC, UNC, UNESC, Univille, Brasil.

Kristian@unesc.net

Lenita Agostinetti

Professora Doutora, docente do PPGSP associativo entre UNIPLAC, UNC, UNESC e Univille, Brasil.

prof.leagostinetti@uniplaclages.edu.br

RESUMO

A geração da casca de arroz durante o processo de beneficiamento se faz obrigatória e sua aplicação para geração de energia tem se tornado recorrente. Assim, a utilização da cinza da casca de arroz se torna relevante para a correta destinação deste resíduo, sendo que esta tem sido amplamente estudada com uso em diversos segmentos, por exemplo, a criação de polímeros, materiais cerâmicos, integração no solo e tratamento de efluentes. Desta forma, o objetivo foi realizar um estudo bibliométrico da produção científica no uso sustentável da cinza da casca de arroz. Dentre os resultados encontrados, observou-se que China e Índia são os países com maior produção científica no tema, com 8% e 7% dos trabalhos respectivamente e devido serem os maiores produtores do cereal; dentre os estudos, 54 estão relacionados à aplicação na indústria cimenteira e de concreto; e relacionado as publicações, a plataforma com a maior parte das publicações é a Science Direct, com 59% destas; relacionada com a revista da maioria dos estudos que é a Construction & Buildings Materials, onde há uma relação com o tema mais estudado. Concluímos assim, que o uso da cinza da casca de arroz é amplamente estudado em aplicações diversas e há contribuições científicas suficientes para que sua aplicação seja validada e estudos de viabilidade sejam realizados.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de arroz. Sustentabilidade. Bibliometria.

SUMMARY

The generation of rice husk during the processing process is mandatory and its application for energy generation has become recurrent. Thus, the use of rice husk ash becomes relevant for the correct disposal of this residue, as it has been widely studied with use in various segments, for example, the creation of polymers, ceramic materials, integration into the soil and treatment of effluents. Thus, the objective was to carry out a bibliometric study of scientific production on the sustainable use of rice husk ash. Among the results found, it was observed that China and India are the countries with the greatest scientific production on the subject, with 8% and 7% of works respectively and due to being the largest producers of the cereal; among the studies, 54 are related to application in the cement and concrete industry; and related to publications, the platform with the most publications is Science Direct, with 59% of them; related to the magazine of most studies, which is Construction & Buildings Materials, where there is a relationship with the most studied topic. We therefore conclude that the use of rice husk ash is widely studied in different applications and there are sufficient scientific contributions for its application to be validated and feasibility studies to be carried out.

KEYWORDS: Rice waste. Sustainability. Bibliometrics.

RESUMEN

La generación de cascarilla de arroz durante el proceso de procesamiento es obligatoria y su aplicación para la generación de energía se ha vuelto recurrente. Así, el uso de la ceniza de cascarilla de arroz cobra relevancia para la correcta eliminación de este residuo, ya que ha sido ampliamente estudiado con su uso en diversos segmentos, por ejemplo, en la creación de polímeros, materiales cerámicos, integración en el suelo y tratamiento de efluentes. Así, el objetivo fue realizar un estudio bibliométrico de la producción científica sobre el uso sustentable de la ceniza de cascarilla de arroz. Entre los resultados encontrados, se observó que China e India son los países con mayor producción científica sobre el tema, con 8% y 7% de trabajos respectivamente y por ser los mayores productores del cereal; entre los estudios, 54 están relacionados con aplicación en la industria del cemento y el concreto; y en relación a las publicaciones, la plataforma con más publicaciones es Science Direct, con el 59% de ellas; relacionado con la revista de mayor cantidad de estudios, que es Construction & Buildings Materials, donde hay relación con el tema más estudiado. Por lo tanto concluimos que el uso de la ceniza de cáscara de arroz está ampliamente estudiado en diferentes aplicaciones y existen suficientes aportes científicos para validar su aplicación y realizar estudios de viabilidad.

PALABRAS CLAVE: Desperdicios de arroz. Sostenibilidad. Bibliometría.

1 INTRODUÇÃO

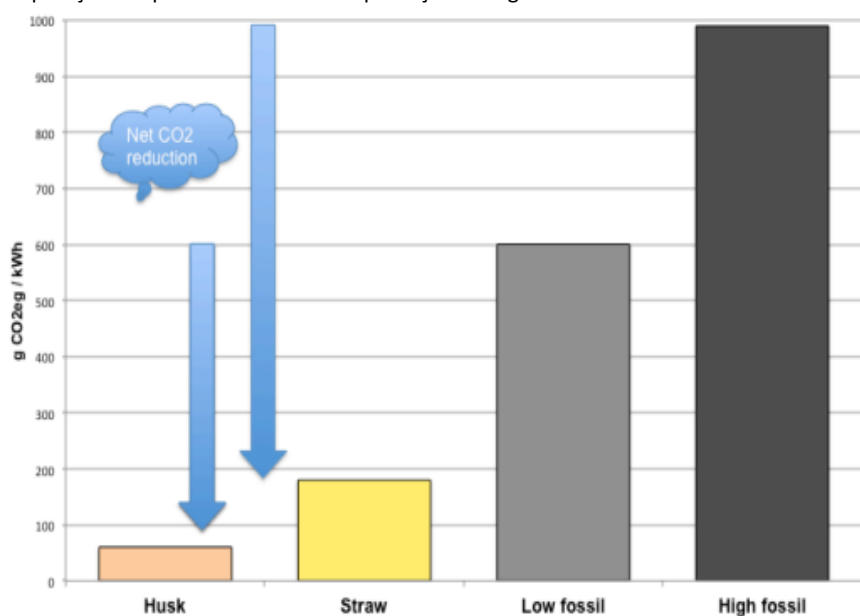
De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), em 2021 estima-se que a produção das lavouras brasileiras tenha sido de 135,96 mil toneladas de arroz. Destas, 96,15 mil toneladas foram produzidas no Rio Grande do Sul e 13,9 mil toneladas em Santa Catarina, sendo estes os maiores produtores do país.

O arroz (*Oryza sativa* L.) é fundamental para a alimentação humana e para assegurar a segurança alimentar e nutricional, pois povos de diferentes características culturais, sociais econômicas e ambientais têm acesso ao alimento em qualidade e quantidade para a alimentação (AMATO, 2015).

Existem diferentes formas de processar o arroz em casca, o que pode inclusive alterar o seu valor nutricional (STORCK et al., 2005). Para a obtenção do grão polido, primeiramente ocorre a retirada da casca, que representa de 15 a 30% do peso do grão. Este percentual pode variar entre genótipos, manejos agrícolas, temperaturas durante o estágio de desenvolvimento da cultura e local de cultivo (PARAGINSKI et al., 2014).

Devido ao seu alto poder calorífico de cerca de 16.720kJ/kg, o uso da casca de arroz em queima controlada para geração de vapor e energia, se torna uma opção economicamente viável para o uso nos processos de geração de energia (HOFFMANN et al., 1996). A Figura 1 compara a emissão de CO₂ de fontes tradicionais e utilizando a cinza da casca de arroz.

Figura 1 - Comparação da quantidade de CO₂ na produção energética usando diferentes formas de combustão.



Fonte: SIEMERS, 2011.

Assim, a geração de energia através do aproveitamento da casca de arroz é uma oportunidade para que as empresas, indústrias e a própria agricultura criem uma vantagem financeira, colaborando de forma concreta para reduzir os danos ao meio ambiente, e impulsionando sua marca através de atividades ambientalmente corretas (MAYER et al., 2007).

A partir do processo de queima da casca origina-se a cinza da casca de arroz (HOFFMANN et al., 1996). Conforme descrito por Pouey (2006), a cinza da casca de arroz tem diversas aplicações devido ao alto teor de sílica:

Empregada como fonte de energia, a casca de arroz é queimada em diversas empresas; algumas, devido à sua natureza, incorporam a cinza ao produto, mas a maioria não encontra outro destino que não o descarte em forma de aterro, criando, assim, um problema ambiental de poluição do solo, do ar e de rios e córregos. No entanto, devido à presença de elevado percentual de sílica (SiO₂) na sua constituição, a cinza de casca de arroz pode ter vários empregos.

Levando em consideração que parte dos resíduos do processamento de arroz podem se tornar subprodutos, o gerenciamento da cinza da casca de arroz permite que as indústrias beneficiadoras que utilizam casca de arroz como fonte energética sejam sustentáveis e possam destinar de maneira correta todos os resíduos e subprodutos do processo produtivo (FOLETTO et al., 2005).

Desenvolvida pela Organização das Nações Unidas (ONU), em janeiro de 2016 entrou em vigor a resolução “Transformar o nosso mundo: Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável”, constituída por 17 objetivos, aprovada pelos líderes mundiais em prol da sustentabilidade (OCIDENTAL, 2018). O Quadro 1 relaciona os temas discutidos neste trabalho com estes Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Quadro 1 - Relação entre os temas abordados e os objetivos para o desenvolvimento sustentável.

Tema	ODS
Uso da casca de arroz como fonte energética	Energias renováveis e acessíveis (7) Produção e consumo sustentável (12)
Uso da cinza da casca de arroz para outras aplicações	Indústria, inovação e infraestrutura (9) Produção e consumo sustentável (12)

Fonte: Do Autor.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Compreender as aplicações estudadas em artigos científicos para o uso sustentável da cinza da casca de arroz.

2.2 Objetivos específicos

Aplicar a análise bibliométrica da produção científica relacionadas aos estudos de aplicação de cinza de casca de arroz.

Identificar os campos de aplicação deste resíduo, com maior número de estudos, que possibilitem sua utilização.

Exemplificar os campos de aplicação deste resíduo que ainda foram pouco estudados e podem ser aplicados.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa é de natureza quantitativa e utilizou-se o método bibliométrico com o objetivo de sistematizar as pesquisas do campo investigado. Considera-se pesquisas quantitativas o que pode ser quantificável e requer o uso de técnicas estatísticas, já a bibliometria precisa de uma etapa de análise quantitativa e permite analisar e avaliar os processos relacionados à atividade científica (ZAMBELLO et al., 2018) (FROTA & RIBEIRO, 2015).

A plataforma de dados utilizada foi o Portal de Periódicos Capes, devido a sua característica de agrupar as publicações de outras bases de dados além de possibilitar o uso de filtros avançados. Para a busca das produções foram utilizados descritores na língua inglesa (língua universal), para que os resultados não fossem limitados apenas aos estudos brasileiros.

A busca ocorreu entre os dias 6 e 7 de maio de 2022 e a avaliação dos dados foi

realizada entre os dias 7 a 28 de maio de 2022.

Para a busca utilizou-se os descritores “Rice Husk Ash” e “Sustainability” os quais foram definidos de acordo com o objetivo da pesquisa, os detalhes para a busca na base de dados estão descritos no Quadro 2.

Quadro 2 - Forma de utilização dos descritores na plataforma de pesquisa.

Operadores booleanos usados	Campo	Contém/ Não contém	Descritor
E	Assunto	Contém	Rice Husk Ash
E	Qualquer campo	Contém	Sustainability

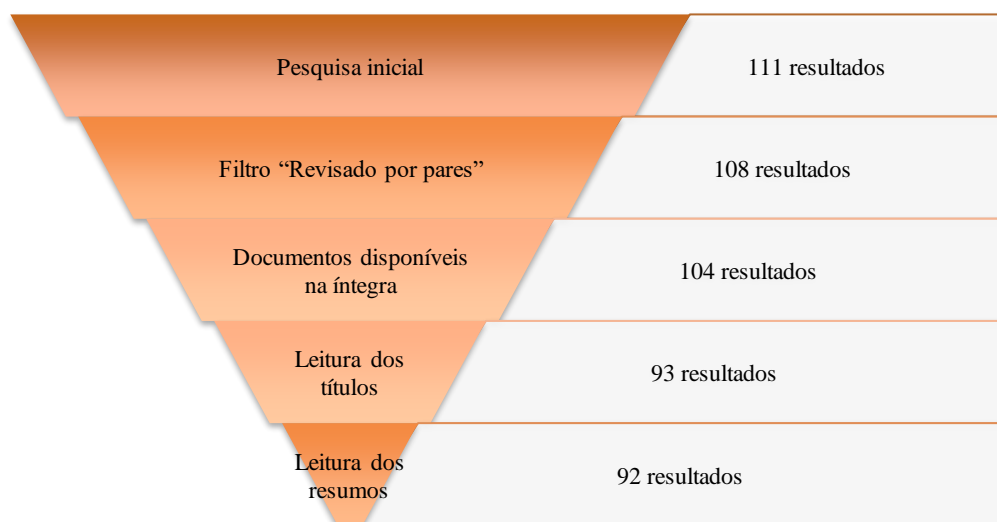
Fonte: Do Autor.

Não foram utilizados recursos de filtros com delimitação temporal ou geográfica, porém, aplicou-se o filtro “Revisado por pares” para a garantia da confiabilidade dos estudos.

Após a realização da pesquisa e filtros da ferramenta, os textos foram organizados em tabela utilizando o Microsoft Office Excel 2016 e seus textos foram acessados de forma integral. Apenas os documentos disponíveis na íntegra foram tabulados.

Para avaliação inicial dos temas encontrados na pesquisa, foi realizada a leitura dos títulos, onde os que não se enquadraram com o objetivo foram excluídos; em seguida, foi realizada a leitura do resumo e excluídos os que não se enquadraram com o tema; por fim, foi realizada a leitura na íntegra dos trabalhos que atenderam o objetivo da pesquisa. À medida que as leituras ocorreram, a tabela do Excel foi atualizada quanto à coerência com a pesquisa; sendo que os artigos de revisão também foram excluídos. A Figura 2 resume a forma como os trabalhos foram filtrados.

Figura 2 - Forma de seleção dos artigos pesquisados sobre o uso sustentável da cinza da casca de arroz no Portal de periódicos da Capes.



Fonte: Do Autor.

As publicações foram classificadas quanto a sua aplicação, sendo organizadas entre “Sílica” para os estudos de isolamento de sílica; “Estabilização de Solos/Fertilizantes” para aplicações no solo com ou sem tratamento prévio; “Tratamento de águas/Zeólitas” para criação

e testes como material adsorvente para tratamento de águas; “Cerâmica Vermelha” para aplicações em tijolos e telhas de barro; “Cimento/Concreto” para suas aplicações na indústria cimenteira e de argamassas; “Geopolímeros” em aplicações sem fins específicos, mas que envolvam a criação do polímero a base de sílica; e “Outros” para as demais aplicações.

Para avaliação da revista onde as publicações ocorreram, utilizou-se o Fator de Impacto utilizando a Plataforma do Clarivate - Journal Citation Reports, onde as revistas foram pesquisadas e o fator de impacto registrado em tabela.

4 RESULTADOS

A primeira pesquisa retornou 111 resultados, todos artigos científicos, utilizando o filtro de “Revisado por pares” permaneceram 108 artigos. Destes, 4 foram excluídos devido a não estarem disponíveis na íntegra. Além disso, 11 artigos foram removidos devido ao título remeter a assuntos diferentes dos objetivos da pesquisa. Em seguida, foi realizada a leitura dos resumos dos artigos, com objetivo de verificar se realmente os objetivos das pesquisas estavam alinhados com os buscados. Deste último filtro, resultaram 92 artigos que foram tabelados e lidos.

Estudos, apresentados no Quadro 3, apontam a aplicação da cinza da casca de arroz para uso na indústria cerâmica; tratamento de águas; estabilização de solo, entre outros como exemplos para os resultados encontrados.

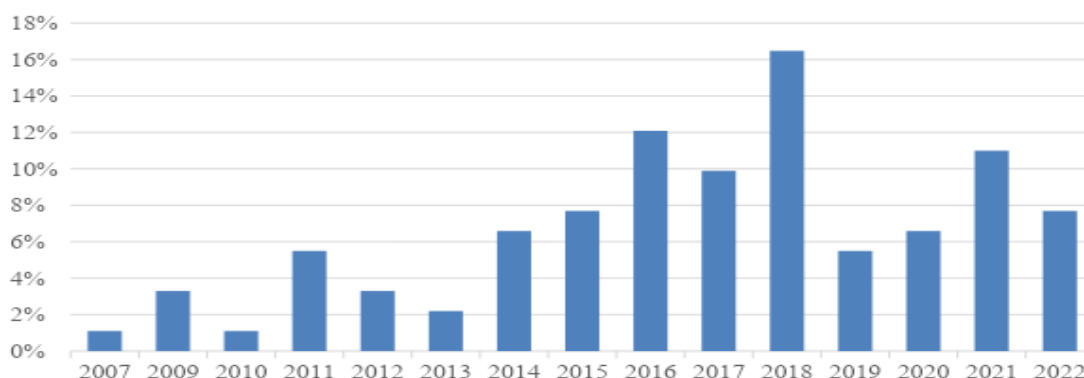
Quadro 3 - Exemplos de estudos de aplicações de cinza na casca de arroz em diversos segmentos.

Título	Autores	Ano	Aplicação
Sustainable use of rice husk ash in cement-based materials: Environmental evaluation and performance improvement	Hu, Lingling; He, Zhen; Zhang, Shipeng	(2020)	Cimentos
3-Aminopropyl-triethoxysilane-functionalized rice husk and rice husk ash reinforced polyamide 6/grapheneoxide sustainable nanocomposites	Allahbakhsh, Ahmad; Noei Khodabadi, Fereidoun; Hosseini, Fatemeh Sadat; Haghghi, Amir Hossein	(2017)	Tratamento de água
Assessment of the Durability Dynamics of High-Performance Concrete Blended with a Fibrous Rice Husk Ash	David O Nduka; Babatunde J Olawuyi; Olabosipo I Fagbenle; Belén G Fonteboa	(2022)	Concreto
Stabilized Soils Incorporating Combinations of Rice Husk Ash and Cement Kiln Dust	Anwar Hossain; Khandaker M	(2011)	Estabilização de solos

Fonte: Do Autor.

Para avaliação temporal das publicações, representado na Figura 3, contabilizou-se as publicações através dos anos, sendo a mais antiga em 2007 e a mais recente em 2022. Nota-se que a partir de 2014 houve um aumento nas publicações, que se mantiveram elevadas até 2022, quando a pesquisa foi realizada. Assim, conclui-se que o tema continua sendo amplamente discutido, e mesmo após oito anos, ainda não há redução nas publicações.

Figura 3 - Publicações ao longo dos anos de artigos científicos sobre o uso sustentável da cinza da casca de arroz no Portal de Periódicos da Capes.

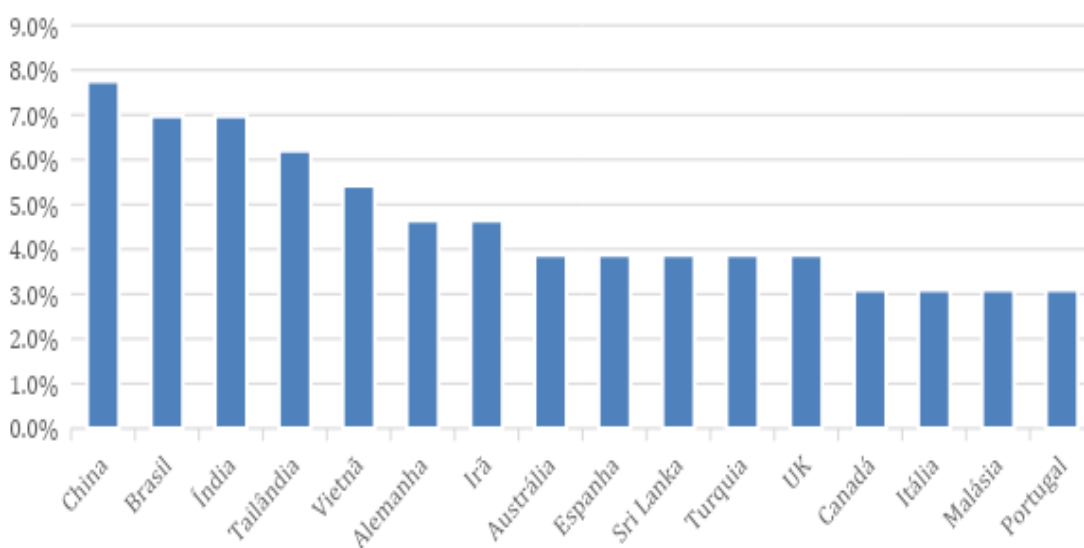


Fonte: Do Autor.

A maioria dos autores possui apenas uma ou duas publicações relacionados ao tema, porém, o autor Trong-Phuoc Huynh, se destaca com quatro publicações.

A Figura 4 representa os países que realizaram as pesquisas e seu percentual. Dentre os países com mais publicações, ressalta-se a China, Índia e Tailândia. Considerando que a maior parte da produção mundial de arroz está no continente asiático, principalmente na China, conclui-se que os países com maior produção do cereal sejam as que mais pesquisam os resíduos gerados por seu beneficiamento (SERVICE/USDA, 2022).

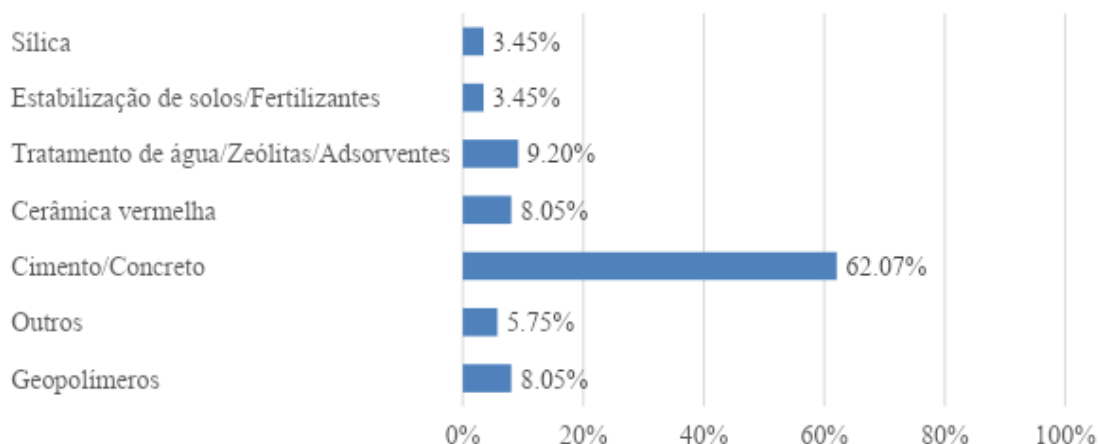
Figura 4 - Países onde as pesquisas levantadas foram realizadas.



Fonte: Do Autor.

A Figura 5 representa os campos de aplicação das pesquisas, nela podemos concluir que grande parte dos estudos são relacionados a aplicações na indústria cimenteira e de concreto.

Figura 5 - Áreas de aplicação da cinza da casca de arroz nas pesquisas levantadas.



Fonte: Do Autor.

Avaliando as revistas científicas onde os artigos foram publicados, destacam-se três: Construction & Building Materials; Journal of Cleaner Production e Materials. A primeira, tem foco de publicação direcionada a engenharia civil, o que é coerente com as aplicações da indústria cimenteira. A Tabela 1 representa as revistas onde os artigos selecionados na pesquisa foram publicados e o percentual de artigos publicados em cada uma.

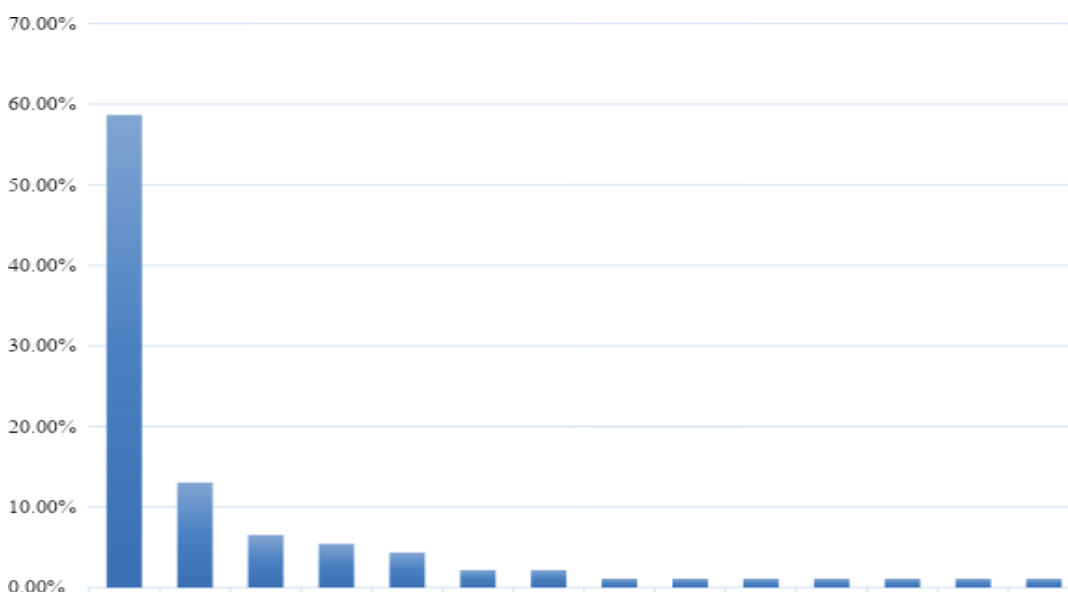
Tabela 1 - Percentual de artigos científicos publicados em revistas científica.

Revista	Percentual de publicações
Construction & Building Materials	26,37%
Journal Of Cleaner Production	14,29%
Materials	7,69%
Environmental Progress & Sustainable Energy	6,59%
Journal Of Environmental Management	5,49%
Sustainability (Basel, Switzerland)	3,30%
Sustainable Environment Research	3,30%
ACI Materials Journal	3,30%
Cement & Concrete Composites	2,20%
Crystals (Basel)	2,20%
Journal Of Materials In Civil Engineering	2,20%
ACS Sustainable Chemistry & Engineering	2,20%
Outros	20,88%

Fonte: Do Autor.

As plataformas onde as revistas disponibilizam os artigos na íntegra estão representadas pela Figura 6, onde é possível verificar que a Science Direct se destaca com 59% das publicações disponíveis neste local.

Figura 6 - Plataformas onde os artigos estão disponibilizados.



Fonte: Do Autor.

O Fator de Impacto foi avaliado na plataforma do Journal Citation Reports, demonstrado na Tabela 2, sendo que seis revistas não possuíam Fator de Impacto definido, por isso não aparecem no gráfico, são elas: AIMS Materials Science; Cerâmica; Civil Engineering Journal; International Journal of Engineering (Tehran); International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture; International Journal of Geo-Engineering.

Tabela 2 - Fator de impacto atribuído pelo Journal Citation Reports (JCR) das revistas científicas onde os artigos científicos estudados foram publicados.

Revista	Fator De Impacto
Chemical Engineering Journal	13,273
Journal Of Hazardous Materials	10,588
Resources, Conservation And Recycling	10,204
Journal Of Cleaner Production	9,297
ACS Sustainable Chemistry & Engineering	8,198
Cement & Concrete Composites	7,586
Journal Of Environmental Management	6,789
Fuel (Guildford)	6,609
Construction & Building Materials	6,141
Energy And Buildings	5,879
Progress In Organic Coatings	5,161
Nanomaterials	5,076
Sustainable Environment Research	4,98
European Polymer Journal	4,598
Ceramics International	4,527
Materials	3,623
Materials Letters	3,423
Case Studies In Construction Materials	3,328
Journal Of Materials In Civil Engineering	3,266

Revista	Fator De Impacto
Sustainability (Basel, Switzerland)	3,251
Journal Of Asian Ceramic Societies	3,125
Journal Of Civil Engineering And Management	2,957
Crystals (Basel)	2,589
Environmental Progress & Sustainable Energy	2,431
ACI Materials Journal	1,802
Ingeniería E Investigación	0,764

Fonte: Do Autor.

5 CONCLUSÃO

O estudo permitiu a compreensão sobre possíveis aplicações para o resíduo cinza da casca de arroz, que colaboram para sua correta destinação. A recorrência das produções permite que mais informações sejam geradas acerca do assunto e sua aplicabilidade seja realizada nas indústrias de beneficiamento de arroz que podem tratar este resíduo como subproduto, além disso, mostra oportunidades de aplicações ainda pouco estudadas no meio científico.

Conclui-se que grande parte dos estudos ocorreram em aplicações para indústria cimenteira e a maioria das publicações ocorreu na Construction & Building, da área da engenharia civil, além disso foi possível verificar que o país com maior parte das publicações foi a China, que é o maior produtor do cereal no mundo.

Sugere-se em estudos futuros avaliar de forma mais detalhada as pesquisas sobre aplicação na indústria cimenteira, devido ao elevado número de artigos relacionados ao assunto, bem como, a verificação da aplicabilidade em larga escala e estudos de viabilidade financeira.

6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALLAHBAKSH, A.; NOEI K. F.; HOSSEINI, F. S.; HAGHIGHI, A. H. **3-Aminopropyl-triethoxysilane-functionalized rice husk and rice husk ash reinforced polyamide 6/graphene oxide sustainable nanocomposites**. European Polymer Journal, 94, p. 417–430. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2017.07.031>

AMATO, G. W. **Arroz en el Programa Mundial de Alimentación de las Naciones Unidas**. 2015. p. 81–100. <https://doi.org/10.5151/edupro-cbs21-009>

ANWAR, K. M. H. **Stabilized Soils Incorporating Combinations of Rice Husk Ash and Cement Kiln Dust**. Journal of Materials in Civil Engineering, 23(9), 2011, p. 1320–1327. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0000310](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0000310)

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. 1988. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso Futuro Comum.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso_Futuro_Comum.pdf)>. Acesso em: 05 de maio de 2022.

HOFFMANN, R.; JOHN, S. L.; BAVARESCO, M.; & SARTORI, T. C. **Aproveitamento da cinza produzida na combustão da casca de arroz: estado da arte**. 1996, p. 14. http://coral.ufsm.br/cenergia/images/arte_final.pdf

HU, L.; HE, Z.; & ZHANG, S. **Sustainable use of rice husk ash in cement-based materials: Environmental evaluation and performance improvement**. Journal of Cleaner Production, 264, 121744, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121744>

IBGE. **Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras**. 2022, p. 1–51.

MAYER, F. D.; CASTELLANELLI, C.; & HOFFMANN, R. **Geração de Energia Através da Casca de Arroz: Uma Análise Ambiental. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção.** 2007, p. 1–10.
www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR650480_0007.pdf

NDUKA, D. O.; OLAWUYI, B. J.; FAGBENLE, O. I.; FONTEBOA, G. **Assessment of the Durability Dynamics of High-Performance Concrete Blended with a Fibrous Rice Husk Ash.** Crystals. 2022.
<https://doi.org/10.3390/cryst12010075>

PARAGINSKI, R. T.; ZIEGLER, V.; TALHAMENTO, A.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. de. **Propriedades tecnológicas e de cocção em grãos de arroz condicionados em diferentes temperaturas antes da parboilização.** Brazilian Journal of Food Technology, 17(2), 2014, p. 146–153. <https://doi.org/10.1590/bjft.2014.021>

POUEY, M. T. F. **Beneficiamentos da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico.** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2006. <http://hdl.handle.net/10183/7733>

STORCK, C. R.; PICOLLI, L.; COMARELLA, C. G. **Influência do Processamento na Composição Nutricional de Grãos de Arroz.** Alim. Nutr., 16(3), 2005, p. 259–264.