

Aproveitamento da casca de arroz para a produção de cinza e sua contribuição para um meio mais sustentável.

Use of rice husk for ash production and its contribution to a more sustainable environment.

Naiara Martins Farias
Alexandre Aparecido Machado de Aguiar
Nathália Alves de Sousa Dias
Mirian Ribeiro Moreira Carrijo
Aline Fernandes Hipólito
E-mail: nairim75@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.47224/revistamaster.v9i17.479>

RESUMO

O arroz é um dos gêneros alimentícios mais consumidos do mundo, em contrapartida, a geração de resíduos oriundos do seu processo de beneficiamento é inevitável. O presente estudo teve como objetivo principal alcançar um percentual desejado de sílica, por meio da cinza da casca de arroz, com o intuito de analisar a possibilidade de aplicações em processos de fabricação de materiais do ramo da construção civil, tornando-se uma alternativa economicamente viável e sustentável. Inicialmente as amostras das cascas de arroz foram fornecidas das regiões norte e sul do país, em seguida, realizou-se a limpeza e o processo de queima no laboratório, por meio do forno mufla, utilizando uma padronização de temperaturas e tempos variados. Posteriormente, as amostras das cinzas foram devidamente identificadas e encaminhadas para análise em laboratório credenciado, utilizando a metodologia de difração por Raio X. A partir do ensaio, verificou-se que a amostra que atingiu o maior percentual de sílica foi da região Norte, apresentando 93,8%, com temperatura de 650°C durante 4 horas. Atualmente a construção civil representa um dos setores que mais contribuem para a degradação do meio ambiente, em função da exploração de recursos naturais, os quais, uma vez consumidos, não são capazes de serem substituídos a curto prazo, dessa forma, o projeto possibilita o aproveitamento da casca de arroz, evidenciando alternativas para redução dos impactos ambientais.

Palavras-chave: Arroz; Cinza; Sílica; Sustentabilidade; Impactos Ambientais.

ABSTRACT

Rice is one of the most consumed foodstuffs in the world, on the other hand, the generation of waste from its processing process is inevitable. The main objective of the present study was to achieve a desired percentage of silica, through rice husk ash, in order to analyze the possibility of applications in manufacturing processes of materials in the field of civil construction, becoming an economically viable alternative. Initially, rice husk samples were supplied from the north and south of the country, then the cleaning and burning process was carried out in the laboratory, through the muffle oven, using a standardization of temperatures and varied times. Subsequently, the ash samples were duly identified and sent for analysis in an accredited laboratory, using the X-ray diffraction methodology. From the test, it was found that the sample that reached the highest percentage of silica was from the North region, presenting 93.8%, with temperature of 650°C for 4 hours. Currently, civil construction represents one of the sectors that most contribute to the degradation of the environment, due to the exploitation of natural resources, which, once consumed, are not capable of being replaced in the short term, in this way, the project enables the use of rice husk, showing alternatives to reduce environmental impacts.

Keywords: Rice; Gray; Silica; Sustainability; Environmental impacts

1 INTRODUÇÃO

O arroz, é produzido anualmente mais de 741 milhões de toneladas, é cultivado em todos os continentes, fornecendo uma fonte diária de nutrição para a maioria das famílias. Por se tratar de um cereal tão crucial para a alimentação humana, é sustentado por um mercado global considerável tanto para produção quanto para exportação. Segundo o Ministério da Agricultura, o Brasil é o nono maior produtor mundial de arroz, tendo como destaque o estado do Rio Grande do Sul, com o maior percentual da produção nacional (Oliveira *et al.*, 2017; Conab, 2015).

Os resíduos oriundos da indústria de arroz, como a palha e as cascas, quando não são queimados para a geração de energia, constituem um problema ambiental e, ao mesmo tempo, contribuem para o desperdício de insumos renováveis (Rambo, 2011). Segundo Houston (1972), Govindarao (1980) e Gunduz, Sevket (2019), a queima da matéria orgânica existente na casca de arroz (CA), obtém-se a cinza que por sua vez apresenta lenta degradação e contém baixo teor nutritivo para o solo, possuindo cerca de 95 a 98% de sílica.

De acordo com Isaia *et al.* (2017), a sílica que possui estrutura amorfa é originada da queima da casca de arroz em temperaturas inferiores a 700°C, apresentando inúmeras aplicações devido a sua fácil moagem e alta reatividade, já o teor de impurezas inorgânicas e carbono presentes na CCA determina sua coloração, variando entre tons cinzas à preto (Krishnarao, 2001).

Portanto, são amplas as possibilidades de aplicações da cinza da casca de arroz (CCA) nos processos industriais, segundo Dafico (2003), Rêgo (2015) e Ceconello (2019) um exemplo é na obtenção de refratários e porcelanas, na fabricação de vidros e isolantes térmicos, como pozolana agregada em cimentos, concretos e argamassas ou na fabricação de tijolos prensados e estabilização de solos.

Assim, quando a CCA é descartada de maneira inadequada no meio ambiente, contribui com a poluição do solo e do ar, visto que apresenta carbono residual em sua composição, desta forma a sustentabilidade é evidenciada por meio de seu beneficiamento (Bezerra *et al.*, 2011).

A preocupação com o meio ambiente é crescente, principalmente devido à escassez de recursos, como energia, matérias primas e espaços para aterros. Sendo assim, o setor industrial sofre cada vez mais cobranças relacionadas aos impactos ambientais, considerando que a poluição é um fator generalizado e aparentemente visível na economia brasileira (Chegatti, 2004).

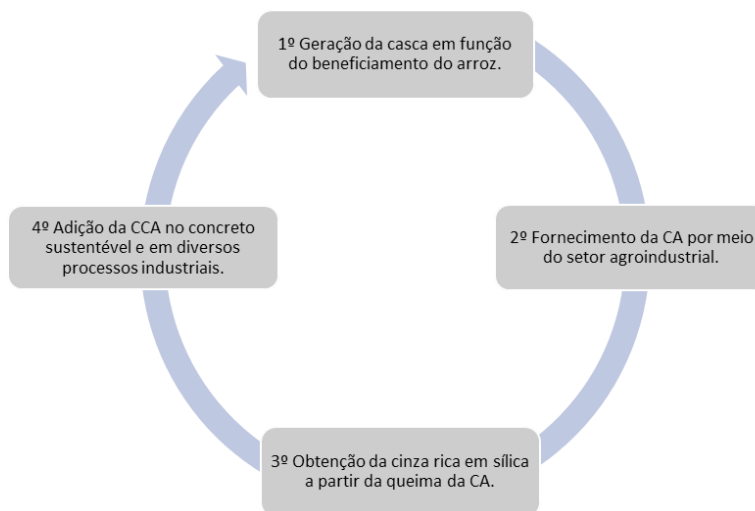
Além dos desafios econômicos, políticos e administrativos, um dos maiores obstáculos para a implementação de uma estratégia concreta de gestão de resíduos é a falta de métodos de processamento e beneficiamento compatíveis com as dimensões e características das comunidades interessadas em encontrar soluções para esses problemas.

Nesse sentido, a sociedade atual está exigindo não apenas bom desempenho técnico e funcional dos materiais, mas também a compreensão de suas interações com o meio ambiente, em busca daqueles cuja aquisição ou uso requer a menor quantidade de energia e apresenta menor impacto ambiental.

Apesar de suas inúmeras aplicações, a principal utilização desse resíduo é por meio de aterro, que por sua vez é uma solução insatisfatória sob o aspecto ambiental e econômico.

Conforme a Figura 1, apresenta-se o ciclo da casca de arroz a fim de diminuir o descarte inadequado do resíduo agroindustrial.

Figura 1 - Ciclo da casca de arroz para eliminar o descarte inapropriado da CA.



Fonte: os autores.

Portanto, esse estudo tem como objetivo principal verificar o percentual de sílica existente na cinza produzida por meio da queima da casca de arroz, fornecida por uma empresa do ramo de beneficiamento do cereal, localizada na cidade de Araguari-MG, evidenciando possíveis aplicações do resíduo em questão.

2 METODOLOGIA

A metodologia do presente estudo fundamenta-se na abordagem exploratória quali-quantitativa, uma vez que se verifica a qualidade e a quantidade de sílica presente na amostra da cinza da casca de arroz.

O trabalho foi desenvolvido no Centro Universitário IMEPAC, as amostras das cascas de arroz foram disponibilizadas por uma empresa, localizada na cidade de Araguari-MG e classificadas de regiões norte e sul do país.

Para o processo de queima da casca de arroz inicialmente avaliou, por meio de pesquisas bibliográficas, as temperaturas as quais são utilizadas na queima, e através desses dados determinou-se uma padronização de temperaturas e de intervalos variados para as nossas amostras. Em seguida, o experimento foi desenvolvido no laboratório de química e bioquímica do Centro Universitário IMEPAC e iniciou-se com a preparação das cascas para queima, realizou-se a limpeza através da manipulação com sacos de tecido de algodão, a fim de retirar as substâncias terrosas, sujidades ou corpos estranhos, em seguida, foram peneiradas para confirmar a limpeza das amostras.

As amostras de CA foram pesadas e adicionadas em cadinhos de porcelana previamente tratados. O procedimento utilizado para produção das cinzas, baseou-se na queima em forno mufla, com a finalidade de destruir a matéria orgânica nelas contida. Após o resfriamento em dessecador, obteve-se a diferença entre o peso inicial da CA e da quantidade obtida de CCA, para a obtenção dos dados, e posterior análise e discussão dos resultados.

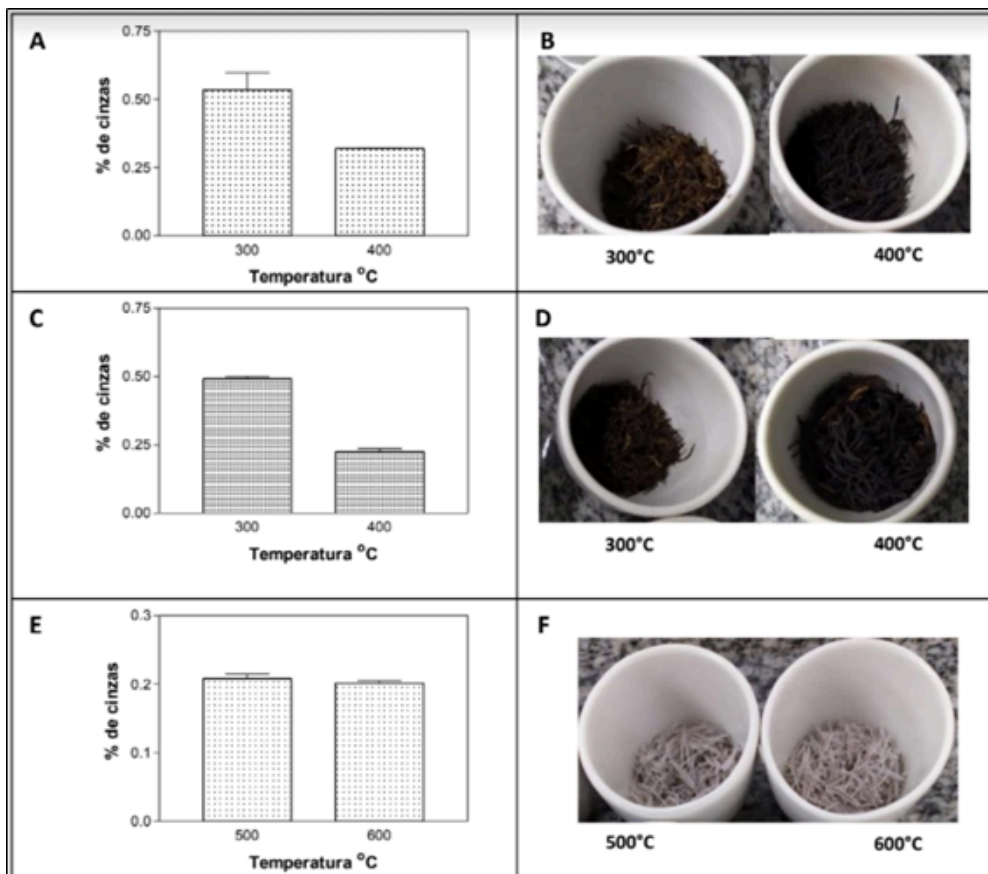
Inicialmente para a padronização, utilizou-se temperaturas entre 300 a 700 °C com intervalos variados de 2, 3 e 4 horas. Na segunda etapa, determinou-se uma nova faixa de temperatura entre 450 a 650°C e com tempos de 3 e 4 horas, com o intuito de atingir o melhor parâmetro para a obtenção da maior porcentagem de sílica.

Por fim, na etapa de avaliação da quantidade de sílica, selecionou-se amostras de CCA em diferentes temperaturas, sendo elas, 550°C; 575°C; 600°C; 615°C e 650°C, em tempos de 3 e 4 horas, utilizando-se a metodologia de difração por Raio X, realizada no Laboratório Agrícola LTDA (FerLAB) no município de Araguari-MG.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseado nos conceitos apresentados, esta pesquisa obteve resultados da caracterização das amostras e padronização de como adquirir as CCA para a extração de sílica. A Figura 2 trata-se de uma representação gráfica de % de cinzas e as imagens da coloração da CCA, verificando a presença ou não de compostos orgânicos através da cor das amostras.

Figura 2 - Relação entre a temperatura de queima e porcentagem de cinza. A e B apresenta a queima em temperaturas de 300°C e 400°C, com tempo de 3 horas; C e D em temperaturas de 300°C e 400°C, com tempo de 4 horas; E e F em temperaturas de 500°C e 600°C, com tempo de 4 horas.



Fonte: os autores.

Ao analisar a Figura 2, observa-se que na temperatura de 300°C/3 horas, o percentual de cinza obtido foi de aproximadamente 0,25% maior em relação à queima a 400°C/3 horas. Ao comparar o mesmo ensaio em 4 horas (C e D), obteve-se uma sensível redução de 0,05% do volume de cinza, em ambas as amostras analisadas nesse tempo. Portanto, os dados da queima da cinza da casca de arroz em temperaturas de 500°C e 600°C (E e F), com o tempo de 4 horas, apresenta uma redução significativa no percentual de cinzas apresentados; e com a coloração esbranquiçada, se comparado com as outras queimas em 3 horas.

No entanto, ao avaliar a temperatura de 400°C (C e D) em 4 horas, verifica-se uma sensível redução de 0,25% para 0,20% devido à queima total dos componentes orgânicos da amostra norte.

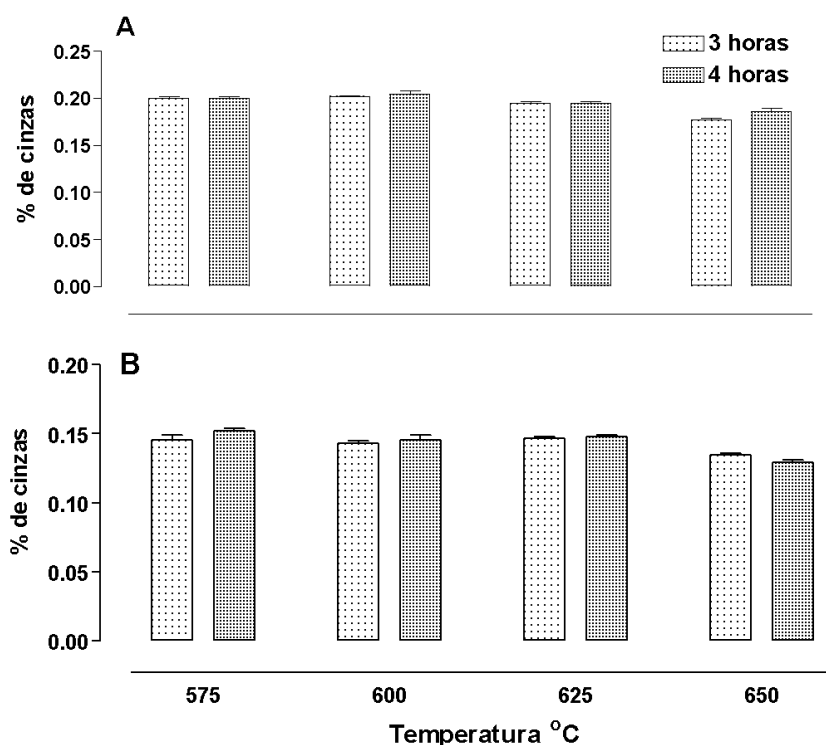
Os nossos dados sobre temperatura foram similares aos estudos de Thiedeitz, (2020). Em sua pesquisa as temperaturas utilizadas foram de 450 °C e 650 °C, e esse procedimento de combustão criou cinzas queimadas de maneira homogênea e de cor branca.

A temperatura de queima, tempos de combustão e taxas de aquecimento e resfriamento são variáveis importantes a serem testadas, alguns estudos apresentam que as temperaturas de apropriadas estão na faixa de 500 e 800 °C, e que abaixo de 500°C, o material orgânico permanece nas cinzas. Portanto a taxa de aquecimento, afeta a porosidade da CCA (Habeeb; Bin-Mahmud, 2010).

Em relação a redução das amostras, segundo Pouey (2006), a CCA é um material leve, volumoso e com alta porosidade, que representa cerca de 20% do volume da casca de arroz devido a queima final da matéria orgânica e/ou volatilização de substância presente nas cinzas, isso é observado também através da coloração da cinza, pois conforme ocorre o aumento da temperatura e do tempo, a tonalidade da cinza pode ser alterada devido às impurezas nela contidas. A cor branca da CCA indica um material oxidado, já a tonalidade escura demonstra a presença de matéria orgânica (Santos, 2006; Rohani, 2016).

Na segunda etapa foi realizada uma nova padronização de tempo e temperatura para a incineração da CA, modificando os parâmetros supracitados, obtendo uma análise mais específica.

Figura 3 - Relação entre as novas configurações das temperaturas de queima e as porcentagens de cinzas. Regiões: Norte - A / Sul - B.



Fonte: os autores.

Ao analisar a Figura 3, verifica-se que embora tenha seguido a mesma padronização de tempo e temperatura, o percentual de CCA adquirido foi menor nas amostras da região sul quando comparado com a região norte.

O controle das variáveis tempo e temperatura, são fundamentais para que ocorra a produção de sílica amorfa conforme descrito anteriormente, visto que, segundo Blissett (2017), o procedimento de queima da CA quando não controlado, pode ocorrer a cristalização da sílica presente na cinza, resultando em um resíduo sem valor agregado e com alto potencial de contaminação ambiental.

Segundo Silva (2019) a CCA aumenta os teores de silício solúvel e fósforo, causando um efeito negativo na adsorção de fosfato no solo é portanto o aumento do pH do solo, diminuindo a capacidade tamponante no solo. Além disso, como consequência da diminuição do poder de adsorção, a CCA aumenta o risco de contaminação ambiental por fósforo por escoamento superficial, especialmente em solos com capacidade originalmente baixa de adsorção de fósforo.

Já em estudos de Kath (2018), geralmente a CCA recebida pelos produtores é descarregada em uma área próxima à lavoura. No entanto, essa exposição da CCA aos fatores ambientais, como o vento, a chuva, dentre outros, pode provocar o carregamento da CCA para locais não desejados, como córregos e açudes, podendo causar a contaminação ambiental.

De acordo com a literatura, para atingir a reatividade máxima da CCA, a temperatura deve ser mantida sob controle, variando de 300 a 800°C (Guedert, 1989; Rosa, 2022).

Tabela 1 - Relação do percentual de sílica obtido através das amostras das cascas de arroz das regiões Norte e Sul do país.

Temperatura	Tempo	Regiões	Percentual de Sílica
550°C	3 horas	Norte	90,1
	4 horas	Norte	90,5
	3 horas	Sul	89,4
	4 horas	Sul	89,2
575°C	3 horas	Norte	90,3
	4 horas	Norte	91,5
	3 horas	Sul	88,9
	4 horas	Sul	89,0
600°C	3 horas	Norte	92,1
	4 horas	Norte	91,9
	3 horas	Sul	90,5
	4 horas	Sul	90,3
615°C	3 horas	Norte	92,9
	4 horas	Norte	93,1
	3 horas	Sul	91,6
	4 horas	Sul	91,7
650°C	3 horas	Norte	93,6
	4 horas	Norte	93,8
	3 horas	Sul	92,8
	4 horas	Sul	93,7

Fonte: os autores.

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise do percentual de sílica, por meio da metodologia de difração por Raio X. Verifica-se que a amostra que apresentou maior quantidade de sílica foi da região Norte, com a temperatura de queima a 650°C durante 4 horas, na qual obteve-se um teor de 93,8% de sílica. Os dados segundo Bao (2018), a sílica presente na cinza varia de 90% a 95%.

Ademais, notou-se que a quantidade de sílica está dentro dos padrões observados na literatura, sendo 93,8% na amostra mais representativa, visto que, segundo os estudos de Hoffmann (2010), a CCA é um resíduo que contém em sua composição 92% de sílica, apresentando um arranjo entre componentes, como silício e oxigênio.

A composição da casca de arroz pode variar conforme sua origem, de acordo com Marin *et al.*, (2015), ela é composta principalmente de celulose, que corresponde a cerca de 25 a 35% da sua massa total, além disso, tem em sua composição hemicelulose (cerca de 18 a 21%), lignina (26 a 31%), sílica (15 a 17%) e materiais solúveis em água (2 a 5%). A quantidade e qualidade desses elementos, dependem das condições climáticas e localização geográfica do plantio.

Estudos de Müller, *et al.* (2023), as caracterizadas física e quimicamente CCA de empresas do Sul do Brasil, demonstram potencial para utilização em materiais cimentícios. A cinza da região sul possui alto teor de sílica (amorfa) e fases cristalinas, como a cristobalita, portanto a região demonstra uma excelente alternativa para sustentabilidade e circularidade econômica.

Portanto, a partir dos resultados apresentados neste artigo, pode-se concluir que as cinzas das amostras da região Norte, obtidas por meio da queima em 650°C durante 4 horas, atingiram um percentual significativo de 93,8% de sílica.

As possibilidades de aplicação deste material são amplas, pois há utilização em matriz energética e em inúmeros processos produtivos, como por exemplo no gesso corrido, na fabricação do cimento; além disso, a sílica amorfa vem se tornando um produto comercialmente interessante e bastante requisitado em indústrias de cerâmica, eletrônica, fármacos, materiais dentários, entre outros (Marin *et al.*, 2015; Danish *et al.*, 2023).

Assim, os resultados veem encorajar investigações experimentais adicionais sobre este tópico, com a finalidade de alcançar metas de desenvolvimento sustentável na agricultura e nas indústrias da construção, para que evite o acúmulo de resíduos em aterros, que podem levar à poluição do ar, da terra e da água.

4 CONCLUSÕES

A queima controlada da casca de arroz, portanto, produz uma sílica de qualidade, o qual a torna um futuro componente com ampla utilização para a construção civil, pois ela é um composto cimentício ecológico para a produção do concreto, trazendo durabilidade, fluidez e uma maior resistência ao material.

Portanto, é necessário e urgente, investir em pesquisas que irão trazer soluções em materiais sustentáveis, pois existe uma crescente demanda do concreto, e assim essa pesquisa apresenta um recurso que alia a construção civil na preservação do meio ambiente.

5 REFERÊNCIAS

BAO, J. Rice: chemistry and technology. **Elsevier**, 5 de nov. p. 700, 2018.

BEZERRA, I. M. T.; SOUZA, J.; CARVALHO, J. B. Q.; NEVES, G. A. Aplicação da cinza da casca do arroz em argamassas de assentamento. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 639-645, junho 2011.

BLISSETT, R.; SOMMERVILLE, R.; ROWSON, N.; JONES, J.; LAUGHLIN, B. Valorisation of ricehusks using a TORBED® combustion process. **Fuel Processing Technology**, [s.l.], v.159, p.247-255, maio 2017.

CECCONELLO V., SARTORI B.R.C., KULAKOWSKI M. P., KAZMIERCZAK C. S., MANCIO M. Shrinkage and porosity in concretes produced with recycled concrete aggregate and rice husk ash. Rev. **IBRACON Estrut. Mater.** 12 (03) • May-Jun, p. 694 – 704, 2019.

CHEGATTI, S.; SOARES, S. R. . Valorização de Resíduos de Fundação - Ensaios de aplicabilidade em massa asfáltica, cerâmica vermelha e fritas cerâmicas. In: IV **Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, 2004, Porto Alegre. Anais do Simpósio. Porto Alegre: Nova Prova, v. I. p. XII-XIII, 2004.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento safra brasileira - grãos**, v. 2 - Safra 2014/15, n. 11 – Décimo primeiro levantamento, Brasília, p. 1-101, agosto 2015. Disponível em: www.conab.gov.br.

DAFICO, D. A. ; PRUDENCIO JUNIOR, L. R. ; SANTOS, S. . Capítulo 8: Cinza da Casca de Arroz. In: Janaíde Cavalcante Rocha; Vanderley M. John. (Org.). **Coletânea HABITARE**. V. 4 - Utilização de Resíduos na Construção Habitacional. 1ed. Porto Alegre: ANTAC, v. 4, p. 240-261. 2003.

DANISH A., KARADAG O., BILIR T., OZBAKKALOGLU T., Valorization of biomass ashes in the production of cementitious composites: A comprehensive review of properties and performance, **Construction and Building Materials**, Volume 405, 2023.

GOVINDARAO, V. M. H. Utilization of rice husk: a preliminary analysis. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 39, p. 495-515, sep. 1980.

GUEDERT, L. O. **Estudo da viabilidade técnica e econômica do aproveitamento da cinza de casca de arroz como material pozolânico**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico, PEPS UFSC 1989, 147 pp.

ROSA D. R., GERLACH A.H. B.; JACQUES J. J. Revisão da literatura: as aplicações da casca de arroz para o desenvolvimento de um produto ambientalmente amigável. ENSUS 2022 – X **Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UNIFESSPA** – Marabá – 22 a 24 de junho de 2022.

GUNDUZ, L., SEVKET O. K. Uso de cinza de casca de arroz como aditivo intensificador de resistência em argamassas compostas cimentícias leves. Série de conferências IOP: **Ciência e Engenharia de Materiais** . Vol. 471. Nº 3. Publicação IOP, 2019.

HABEEB, G.A; BIN MAHMUD, H. Estudo sobre as propriedades da cinza de casca de arroz e seu uso como material de substituição do cimento. **Matéria. Res.** 13, 185–190. 2010.

HOFFMANN, R., JAHN, S. L., BAVARESCO, M., SARTORI, T. C. **Aproveitamento da cinza produzida na combustão da casca de arroz**: estado da arte, 2010. Disponível em: <http://www.ufsm.br/cenergia/artefinal.pdf>.

HOUSTON, D. F. Rice Hulls. Rice Chemistry and Technology, **American Association of Cereal Chemists**, p. 301-340, MN, 1972.

ISAIA GC, ZERBINO RL, GASTALDINI ALG, SENSALÉ GR. Viabilidade do emprego de cinza de casca de arroz natural em concreto estrutural (parte II): durabilidade. **Ambient constr** [Internet], Apr;17(2):233–52. 2017. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/52723>.

KATH, A. H., ISLABÃO, G. O., VAHL, L. C., & TEIXEIRA, J. B. DA S.. Reaction rate and residual effect of rice husk ash in soil acidity parameters. **Revista Ceres**, 65(3), 278–285, 2018.

KRISHNARAO, R. V., Subrahmanyam J., Jagadish Kumar T.. Studies on the formations of black particles in rice husk silica ash. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 21, n. 1, p. 99-104, jan. 2001.

MARIN, D. C., VECCHIO A., LUDUEÑA L. N., FASCE D., ALVAREZ V. A., STEFANI P. M.. Revalorization of rice husk waste as a source of cellulose and silica. **Fibers and Polymers**, v. 16, n. 2, p. 285–293, 2015.

MÜLLER, A. *et al.* Características físico-químicas e ambientais da cinza de casca de arroz do Brasil para utilização em materiais cimentícios. Em: Zhang, M., *et al.* Caracterização de Minerais, Metais e Materiais. TMS 2023. **Série Minerais, Metais e Materiais**. Springer, 2023. Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-22576-5_52

OLIVEIRA, J. P., BRUNI G. P., LIMA K. O., HALAL S. L. M. EI, ROSA G. S., DIAS A. R. G., ZAVAREZE E. R. Cellulose fibers extracted from rice and oat husks and their application in hydrogel. **Food Chemistry**, v. 221, p. 153–160, 2017.

ONU - **Organização das Nações Unidas**. Declaração Universal dos Direitos Humanos da ONU. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/42/166/ril_v42_n166_p233.pdf.

POUEY, M. T. F. **Beneficiamento da cinza da casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico**. Tese (Doutorado em Engenharia) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 320p, 2006.

RAMBO, M. K. D. ; SGUASSABIA, E. C.J.; SCHMIDT, F. L. ; FERREIRA, M. M. C. . Análise da composição da casca de arroz e casca de soja para otimização da produção de insumos químicos. In: 9, **Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos** (Slaca), Campinas, 2011.

RÊGO J.H.S., NEPOMUCENO A.A., FIGUEIREDO E.P., HASPARYK N.P., Microstructure of cement pastes with residual rice husk ash of low amorphous silica content, **Construction and Building Materials**, Volume 80, p.56-68, 2015.

ROHANI A. B., ROSIYAH Y., SENG N.G., Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk, **Procedia Chemistry**, Volume 19, Pages 189-195, 2016.

SANTOS, S. **Produção e avaliação do uso de pozolana com baixo teor de carbono obtida da cinza de casca de arroz residual para concreto de alto desempenho**. Tese de doutorado, PECV UFSC , Florianópolis, Brasil 2006, 267 p.

SILVA T. J.B., ISLABÃO, G.O., VAHL, L.C. *et al.* High rice husk ash doses applied to the soil can lead to phosphorus water contamination. **Environ Sci Pollut Res** 26, 6399–6408, 2019.

THIEDEITZ M, SCHMIDT W, HÄRDER M, KRÄNKEL T. Performance of Rice Husk Ash as Supplementary Cementitious Material after Production in the Field and in the Lab. **Materials (Basel)**. Sep 28;13(19):4319. 2020.