



CONCRETO COM CINZA DE CASCA DE ARROZ

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.5.22.V-001>

Denise Cristina Gobbe (*), Romel Dias Vanderlei

*Universidade Estadual de Maringá. E-mail: denisegobbe@hotmail.com.

RESUMO

O beneficiamento do grão de arroz gera como resíduos a casca de arroz, que quando incinerada produz a cinza de casca de arroz. Este último resíduo da agroindústria não tem demanda comercial e na maioria das vezes é descartado incorretamente no meio ambiente. O artigo a seguir apresenta algumas utilizações da casca de arroz e cinza de casca de arroz em diversos materiais, sendo destacado a utilização da cinza de casca de arroz como substituição parcial ao cimento no concreto. A metodologia utilizada foi pesquisa bibliográfica, onde foram analisados estudos de casos com a utilização das cinzas de casca de arroz no concreto, visando melhoria nas propriedades mecânicas e durabilidade. Como conclusão verificou-se que a substituição do cimento pelo resíduo da agroindústria, quando submetido ao tratamento térmico e moagem, propicia aumento de resistência e diminui a porosidade do concreto, resultando num aumento de vida útil do material.

PALAVRAS-CHAVE: Casca de arroz, Cinza de casca de arroz, Concreto, Resistência à compressão, Durabilidade.

ABSTRACT

Rice grain processing generates rice husk as waste, which when incinerated produces rice husk ash. This last residue of the agroindustry has no commercial demand and most of the time it is incorrectly disposed of in the environment. The following article presents some uses of rice husk and rice husk ash in various materials, highlighting the use of rice husk ash as a partial replacement for cement in concrete. The methodology used was bibliographic research, where case studies were analyzed with the use of rice husk ash in concrete, aiming at improving the mechanical properties and durability. In conclusion, it was found that the replacement of cement by agro-industry residue, when subjected to heat treatment and grinding, provides an increase in strength and decreases the porosity of the concrete, resulting in an increase in the useful life of the material.

KEY WORDS: Rice husks, Rice husk ash, Concrete, Compressive strength, Durability.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional, a demanda por recursos renováveis e não renováveis, torna-se cada vez maior. Como consequência disso, aumenta-se a preocupação com estas fontes de recursos, pois quando a taxa de utilização de um recurso renovável supera a capacidade máxima de sustentação do sistema, este recurso passa a ser não renovável. Outra questão é que a intervenção humana no meio ambiente resulta num aumento de poluição. Tais questões se agravaram e se tornaram cada vez mais visíveis a partir da revolução industrial, que teve início na Inglaterra a partir da segunda metade do século XVIII e em poucas décadas se espalhou pelo mundo. O surgimento de indústrias causou grandes transformações na economia mundial, uma vez que acelerou a produção de mercadorias e a exploração dos recursos da natureza. Os impactos causados pela revolução têm sido devastadores para o meio ambiente, como a abertura de buracos na camada de ozônio, a extinção de biomas, o derretimento de geleiras, a poluição de recursos hídricos e do solo, as mudanças climáticas, entre outros tantos.

Para minimizar o impacto tem se investido em pesquisas que visam a utilização do resíduo industrial em outros materiais, de forma a diminuir a quantidade de resíduos no meio ambiente e contribuir com o ecossistema. A cinza de casca de arroz é um resíduo gerado pela indústria de beneficiamento do arroz e pode ser utilizada no concreto. Desta forma a presente pesquisa demonstra estudos de casos sobre a utilização da cinza de casca de arroz em concreto convencional, concreto de auto desempenho (CAD), concreto auto adensável (CAA), blocos de concreto estrutural e concreto de ultra alto desempenho (UHPC), no qual serão avaliados parâmetros como propriedades mecânicas, durabilidade e propriedades físicas.



INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DO ARROZ

O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de arroz do mundo. A safra de arroz 2019/2020 foi de 11,2 milhões de toneladas, conforme divulgado pela Conab. Esse grande volume de produção de arroz, gera uma grande quantidade de resíduos sólidos oriundos da atividade de processamento e beneficiamento do grão.

Os três principais resíduos formados na indústria de beneficiamento do arroz são o farelo a quirela e a casca (Figuras 1, 2 e 3, respectivamente). A casca é separada do grão de arroz na etapa do descascamento; o farelo é gerado no processo de brunimento e, os grãos quebrados durante este processo é a quirela. Estes dois últimos resíduos são comercializados, principalmente, como ração animal, pois possuem um alto valor nutritivo; como a casca de arroz possui baixa propriedade nutritiva e elevado teor de sílica, seu uso não é recomendado para esta finalidade.



Figura 1: Farelo de arroz. Fonte: Página na internet da Cerealista Milani¹

¹Disponível em: <<https://cerealistamilani.com.br/produtos/farelo-de-arroz/>> acesso em: 20 set 2021



Figura 2: Quirela de arroz. Fonte: Página na internet do arroz ligeirinho²

²Disponível em: <<http://arrozligeiro.com.br/produtos.html>> acesso em: 20 set 2021



Figura 3: Casca de arroz. Fonte: Página na internet da Química³

³Disponível em: <<https://www.quimica.com.br/tecnologia-transforma-cascas-de-arroz-em-silica-precipitada-sustentabilidade/>> acesso em: 20 set 2021

Cada tonelada de arroz colhido resulta em, aproximadamente, 200kg de casca de arroz (CA) que, na queima, produz 40kg de cinza de casca de arroz (CCA). Por apresentar baixa densidade aparente, a CA necessita de grandes áreas para seu armazenamento. Devido ao grande volume formado deste resíduo, muitas vezes, ele é descartado de forma incorreta, contaminando o solo e os recursos hídricos. Como possui uma lenta decomposição e libera uma grande quantidade de metano quando decomposta, a CA causa sérios problemas ao meio ambiente. Como propicia temperaturas de até 1000°C, uma parte das cascas de arroz é utilizada dentro da própria indústria de beneficiamento, para produção de energia, sendo usada na alimentação de fornalhas de secadores e das autoclaves. Porém como a quantidade de resíduos produzidos é



muito grande e a produção é maior do que a demanda interna, a grande maioria das cascas de arroz e as cinzas de casca de arroz, provenientes da queima da CA, acabam sendo descartadas em locais impróprios pois não possuem demanda comercial. Por ser um subproduto rico em sílica, apresentando teores superiores a 90%, têm grande potencialidade de uso na fabricação de materiais refratários à base de sílica; é muito utilizada na fabricação de vidros, isolantes térmicos, tijolos prensados, materiais refratários e adicionados ao concreto.

A casca de arroz, de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), é um resíduo de classe II.a, ou seja, não inerte e não perigoso à saúde humana e ao meio ambiente. No entanto, quando é incinerada em ambiente fechado (p.ex. caldeiras e fornos), resultam em cinzas altamente poluentes, liberando gases prejudiciais que contribuem para o aquecimento global. Essas cinzas são um exemplo dos resíduos provenientes da agroindústria, classificado como grande responsável pela poluição e contaminação e, quando não gerenciados e destinados adequadamente causam sérios impactos ao meio ambiente e à saúde das pessoas, isto ocorre, pois, este resíduo possui alto teor de carbono presente.

Se a casca de arroz e cinza de casca de arroz forem utilizadas para algum fim comercial, se fechará o ciclo de industrialização do arroz, sendo possível o total aproveitamento da matéria-prima proveniente da lavoura, já que o farelo, a quirela e outros resíduos não principais, já tem destino no mercado.

ALGUMAS APLICABILIDADES PARA CASCA DE ARROZ E CINZA DE CASCA DE ARROZ

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305, sancionada em 2 de agosto de 2010, foi um marco no setor por tratar de todos os resíduos sólidos (materiais que podem ser reciclados ou reaproveitados), sejam eles domésticos, industriais, eletroeletrônicos, entre outros; e também por tratar a respeito de rejeitos (itens que não podem ser reaproveitados), incentivando o descarte correto de forma compartilhada.

Os resíduos provenientes da indústria de beneficiamento do arroz, são descritos no Artigo 13º da Lei, e são classificados quanto à sua origem, sendo considerado como resíduo agrossilvopastoril, definido como aquele proveniente de atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nestas atividades.

No Artigo 15º da lei, é expresso que a União, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente, é responsável pela elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, que deve conter, conforme descrito no inciso III: “Metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada.” (BRASIL, 2002, Art.15º inciso III)

O gerenciamento dos resíduos é de responsabilidade do gerador do resíduo. Desta forma, serão apresentados abaixo algumas alternativas para reutilização dos resíduos de casca de arroz (CA) e cinza de casca de arroz (CCA) que são provenientes das indústrias de beneficiamento do grão, com a intenção de se evitar os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto destes resíduos.

Na literatura existem diversos estudos que tratam sobre a versatilidade do uso da casca de arroz. Muraro et al (2018) por meio de uma revisão bibliométrica, identificou 51 (cinquenta e uma) publicações que ressaltam a destinação ecologicamente sustentável deste resíduo. Assim, observou-se que o tema é bastante discutido na literatura, o que demonstra a relevância da investigação aprimorada desse tema, para que ocorra investimentos em novos meios de destinação desse resíduo, que sejam ecologicamente sustentáveis.

Dentre os estudos com o resíduo, Kratz et al (2016) avaliou a viabilidade técnica do uso de substrato à base de casca de arroz carbonizada, onde foram estudados parâmetros como: altura, diâmetro de colo, fitomassas secas aéreas e radicial, facilidade de retirada do tubete, agregação das raízes ao substrato e relação entre altura e diâmetro de colo, de mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, e concluiu que o substrato formado por cinza de arroz carbonizada pura, em diferentes granulometrias e em mistura com os outros componentes, é viável tecnicamente para a produção das mudas.

Outras pesquisas comprovam a capacidade adsorviva da casca de arroz *in natura*. Num estudo realizado por Penha et al (2016) com o intuito de aumentar a capacidade de adsorção da casca de arroz, foram realizados dois tratamentos no resíduo; no primeiro a CA foi tratada com ácido fosfórico (AF) e no outro foi tratada com ácido fosfórico e ureia (AFU). Após a casca de arroz quimicamente tratada, foi verificado a capacidade adsorvente para remoção dos íons metálicos Co^{2+} e Ni^{2+} . Os resultados revelaram que o tratamento com ácido fosfórico na matriz da casca de arroz é capaz de potencializar a capacidade de remoção de íons metálicos por esta superfície. O estudo mostrou que a casca de arroz pode ser utilizada como adsorvente para remoção de íons metálicos e que seu desempenho pode ser melhorado através de tratamentos químicos. Além disso, este adsorvente oferece diversas vantagens, incluindo alta disponibilidade e baixo custo.



Também é possível o uso do resíduo como biomassa, que é definido como toda matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser transformada em energia térmica, mecânica ou elétrica. Fernandes et al (2015) estudou o potencial da casca de arroz para obtenção de energia, e em função do elevado poder calorífico o resíduo apresenta grande potencial para ser utilizada como biomassa para geração de calor e eletricidade, principalmente devido ao fato de apresentar granulometria adequada, baixo teor de umidade e alto teor de voláteis.

Outra forma de se utilizar a casca de arroz é através da sua incineração, que gera a cinza de casca de arroz, um resíduo rico em sílica e pode ser utilizado na composição das tintas com o intuito de evitar os ataques químicos e intemperismo. Desta forma, Stracke et al (2018) realizou um estudo substituindo o quartzo pela cinza de casca de arroz em tintas utilizadas para pisos de concreto, que tem como característica principal a resistência ao desgaste, devido ao intenso tráfego de pessoas e veículos. Os ensaios de desgaste demonstraram que as amostras da sílica da CCA e de quartzo tiveram resultados similares, comprovando a possibilidade de utilização deste resíduo em tintas que tenham aplicação em pisos que requeiram resistência ao desgaste.

Gonçalves (2019) pesquisou sobre a utilização das cinzas da casca de arroz na produção de vidros. Foram aplicados tratamentos químicos e térmicos na casca de arroz para se reduzir a quantidade de impurezas metálicas, como íons de ferro e manganês, com a intenção de se obter vidros com maior grau de transparência. Os resultados obtidos mostraram que vidros podem ser fabricados utilizando a cinza da casca de arroz como substituta da sílica proveniente da areia.

Os exemplos acima, são apenas uma amostra da vasta utilização deste resíduo da agroindústria, que podem contribuir para uma destinação adequado das cascas de arroz e cinza de casca de arroz, de forma a contribuir com o meio ambiente e a sustentabilidade.

CIMENTO PORTLAND E CINZA DE CASCA DE ARROZ

A queima dos combustíveis para aquecimento dos fornos, em sua maioria vindos de fontes não renováveis, emite diferentes gases poluidores, como o dióxido de carbono e óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono, compostos de chumbo e material particulado, sendo todos eles poluentes. Durante as elevadas temperaturas alcançadas no interior dos fornos rotativos, ocorre também a reação química de calcinação do calcário. Esse processo faz referência ao momento em que a rocha calcária (CaCO_3) é transformada em cal virgem (CaO), liberando grandes quantidades do gás CO_2 .

Para produzir uma tonelada de clínquer, estima-se que a indústria cimenteira emita entre 800 a 1000 quilos de dióxido de carbono, incluindo aí o CO_2 gerado pela decomposição do calcário e pela queima do combustível fóssil para manter os fornos em funcionamento (MATOS, 2015). Além da grande poluição gerada pela produção de cimento, temos também os danos ambientais causados pela extração do calcário. As atividades de mineração têm causado impactos ambientais de grande relevância, comprometendo o funcionamento dos ecossistemas.

Com a intenção de reduzir o consumo de cimento, diversos estudos apontam a possibilidade da incorporação da cinza da casca de arroz em misturas a base de cimento, trazendo vantagens técnicas e benefícios sociais, além de contribuir para a sustentabilidade.

A cinza advinda da queima da casca de arroz tem potencial para ser utilizada na confecção de concreto e argamassas por possuir, em sua constituição, alto teor de sílica (SiO_2); porém a temperatura de incineração da casca de arroz e o tempo de moagem são essenciais para determinar o índice de atividade pozolânica do resíduo.

Conforme citado por Silveira (1996), diversos trabalhos (MEHTA e PITT, 1976; DASS, 1983; COOK, 1986; entre outros) confirmam que entre 400°C e 500°C , a sílica contida na cinza é ativa numa fase amorfa; acima de 600°C , em alguns casos, a formação de quartzo pode ser detectada. Com o aumento da temperatura, a conversão para outras formas cristalinas de sílica progride, primeiro com a formação de tridimida e, em seguida, a temperaturas mais altas, cristobalita. Acima de 800°C , se produz sílica essencialmente cristalina (não reativa). Outro fator preponderante é o tempo de moagem ao qual a amostra será exposta, pois este processo proporciona um maior refinamento dos grãos da amostra de CCA.

A cinza no estado amorfo e com as partículas mais finas passam a desenvolver maior índice de atividade pozolânica e influenciar positivamente na resistência à compressão. Quando não ocorre o tratamento do resíduo, ou seja, a incineração controlada da casca de arroz e posteriormente a moagem, a cinza é classificada como *in natura*. Estas cinzas sem tratamento são o material primário proveniente das indústrias e que são abandonados em terrenos, causando sérios

impactos ao meio ambiente. Entretanto este resíduo *in natura*, quando adicionada ao concreto reduz a porosidade do material, proporcionando um aumento de vida útil.

OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade do uso de cinza de casca de arroz em substituição parcial ao cimento para a produção de concreto, sendo avaliado a resistência à compressão e durabilidade.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi de pesquisa bibliográfica que consiste num estudo de casos sobre a utilização da cinza de casca de arroz (CCA) em substituição parcial ao cimento. Serão apresentados 5(cinco) estudos, abordando os concretos convencionais, concreto de auto desempenho (CAD), concreto auto adensável (CAA), blocos de concreto estrutural e concreto de ultra alto desempenho (UHPC). Serão avaliados parâmetros como as propriedades mecânicas, durabilidade e propriedades físicas (térmica e acústicas) do concreto com CCA em relação ao concreto referência, sem a substituição do cimento pelo resíduo. Nos estudos serão discriminados os resíduos que tiveram controle de incineração e moagem, ou seja, a CCA tratada, dos resíduos primários proveniente da indústria de beneficiamento, a CCA *in natura*.

RESULTADOS

Real (2018) estudou sobre as propriedades mecânicas e a durabilidade em concreto de auto desempenho (CAD) com substituição do cimento por CCA nas proporções de 10%, 15% e 20%. As cinzas utilizadas no estudo são provenientes de um processo de combustão controlada, CCA tratada. Os resultados mostraram que as propriedades mecânicas e de durabilidade foram aprimoradas. Com exceção do traço com 20% de CCA, a utilização do resíduo em substituição parcial ao cimento em 10% e 15%, resultou em um aumento de resistência do concreto aos 28 dias, quando comparado ao concreto referência, com 100% de cimento. Quanto à absorção de água, foi observado em todas as substituições, uma redução de absorção, sendo que o traço que apresentou melhores resultados, ou seja, menor absorção de água, foi do concreto com 20% de CCA. Essa diminuição das taxas de absorção e refinamento dos poros na estrutura confere ao concreto uma maior durabilidade. Os poros do CAD são preenchidos pelo resíduo, promovendo a diminuição do tamanho dos poros e da interconexão entre eles, conforme ilustrado na figura 4:

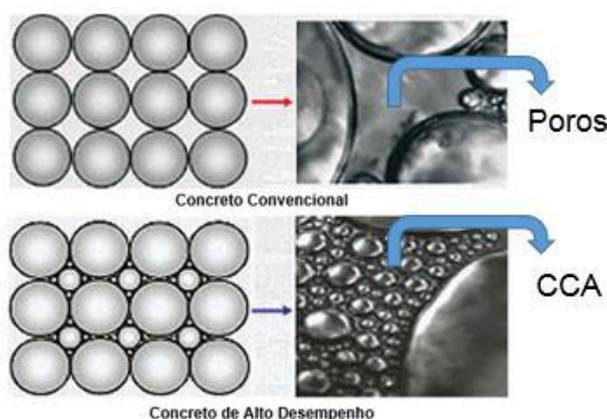


Figura 4: Microestrutura do concreto convencional e concreto de alto desempenho. Fonte: Real (2018 apud Pet civil UFJF, 2012) (adaptado)

Padilha (2017) propôs a substituição parcial do cimento por CCA *in natura*, nas proporções de 5%, 10% e 15% a ser utilizado em blocos de concreto de alvenaria estrutural, no qual foram avaliados a resistência mecânica e absorção de água dos blocos. As cinzas de casca de arroz apresentavam-se no estado cristalino (não reativa) e sem moagem. Como resultado, o concreto sem adição de CCA apresentou melhores resistências à compressão, isto era previsto, pois foi utilizado o resíduo sem processo de incineração controlada, o que lhe confere baixo índice de pozolanicidade; entretanto a substituição do resíduo pelo cimento CPV- ARI se enquadraram dentro das normas de resistência à compressão para todas as porcentagens propostas. Os resultados também demonstraram menores índices de absorção de água, o que reflete, possivelmente, menores chances de surgimento de manifestações patológicas.



Ahsan e Hossain (2018) comparou as cinzas de casca de arroz de 3 (três) tamanhos diferentes, 600 μm , 150 μm e 44 μm (descriminadas como C1, C2 e C3, respectivamente) em substituição parcial ao cimento (nas dosagens de 10% e 20%) num concreto convencional. As cinzas C1 e C2, apresentavam coloração escura, indicando alto teor de carbono não queimado, o que representa que não teve controle de incineração, e a C3 com cor cinza claro foi queimada a uma temperatura controlada. A resistência à compressão dos concretos com 10% de C1 e C2, foram de 20,1MPa e 22,8MPa, sendo menor que o concreto sem o resíduo, que foi de 36,1MPa. Entretanto a amostra com 10% de C3, que apresenta partícula menor e com incineração controlada apresentou resistência de 37,7MPa, sendo 4,4% maior do que o concreto referência.

O teste químico de degelo e resistência às fissuras na retração também demonstraram resultados satisfatórios para a dosagem de 10% do C3, indicando um concreto com maior durabilidade.

Devido à baixa resistência à compressão, as cinzas de casca de arroz com tamanhos de 600 μm , 150 μm podem ser usadas em materiais que não exijam alta resistência.

Padoin (2017) verificou as propriedades mecânicas e físicas (acústicas e térmicas) de um concreto auto adensável (CAA) com adição de cinza de casca de arroz tratada. Foi utilizado um resíduo comercial, com temperatura de incineração controlada e moídas; substituindo parcialmente o cimento nas proporções de 10%, 20% e 30%. Para avaliação foram realizados ensaios para análise de fluidez, viscosidade, habilidade passante e resistência à segregação, que são características fundamentais, para que o concreto seja considerado auto adensável. Como conclusão percebeu-se, em todos os ensaios, que com o aumento da substituição da CCA, o material foi perdendo algumas das propriedades do CAA, principalmente na trabalhabilidade. Porém as adições de 10% e 20% encontravam-se dentro das normas, enquanto a adição de 30% do resíduo não atendeu as características de um CAA. Em relação aos ensaios de resistência à compressão axial e diametral aos 28 dias, os resultados foram muito próximos entre o concreto sem CCA e o com a adição do resíduo, porém a longo prazo foi verificado um aumento de resistência do concreto com CCA em relação ao concreto referência. Quanto ao desempenho acústico e térmico, observa-se que os traços com e sem substituição se mantem próximos, ou seja, não influencia de forma significativa o percentual substituído de cimento por CCA.

Kang, Hong e Moon (2019) analisou o uso do resíduo em concreto de ultra alto desempenho, conhecido pela sigla UHPC (ultra high performance concrete). Foram estudadas as amostras com substituição das CCA por sílica e também pelo quartzo, nos teores de 50% e 100%. As cinzas apresentavam-se em 2 (dois) estados: amorfa e cristalina. Os resultados de resistências à compressão mostraram que todas as amostras, com exceção das com CCA cristalina e UHPC referência, atingiram a resistência mínima de 145MPa. O melhor desempenho foi para o concreto com 100% de substituição das cinzas amorfas por quartzo, que apresentou resistência de 160MPa aos 28 dias.

Pelo fato das CCA serem um material poroso eles promovem um processo de cura interna no UHPC, pois absorvem a água disponível nos poros capilares e liberam à medida em que a matriz cimentícia necessita desta água para promoverem as reações de hidratação.

CONCLUSÕES

O estudo de casos, sobre a utilização da cinza de casca de arroz em substituição parcial ao cimento, demonstrou a viabilidade de uso deste resíduo da agroindústria como componente integrante para fabricação do concreto. A CCA tratada confere ao concreto ganho de resistência mecânica aos 28 dias, mesmo quando se diminui a adição do cimento. A adição da CCA *in natura* fez com que ocorresse a perda de resistências aos 28 dias, porém estes resíduos podem ser utilizados em materiais cimentícios que não exijam alta resistência, como blocos de concreto sem função estrutural. Em ambas as cinzas, tratada e *in natura*, foi observado maior resistência ao ataque de agentes agressivos, melhorando sua condição de durabilidade, isto porque a utilização do resíduo melhorou a microestrutura do concreto e conferiu uma matriz mais definida com uma estrutura geral menos porosa e mais impermeável. Assim, pode ser concluído que é viável uma destinação ambientalmente adequada para a cinza de casca de arroz, sendo utilizada como substituto parcial do cimento no concreto. Além disso, a redução do consumo do cimento também contribui para o meio ambiente, pois reduz a emissão de gases tóxicos proveniente da sua produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Classificação de Resíduos. Rio de Janeiro: p. 71. 2004a.



2. AHSAN, M. B; HOSSAIN, Z. Supplemental use of rice husk ash (RHA) as a cementitious material in concrete industry. **Construction and Building Materials**, 2018.
3. BRASIL, Política nacional de resíduos sólidos - **Lei n. 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 73 p. – (Série legislação; n. 81)
4. FERNANDES, I.; SANTOS, E. C.A.; OLIVEIRA, R.; REIS, J. M.; CALHEIRO, D.; MORAES, C. A.M.; MODOLO, R.C. E.; **Caracterização do resíduo industrial casca de arroz com vistas a sua utilização como biomassa**. 6º Fórum internacional de resíduos sólidos. Jun. 2015. São José dos Campos/ SP
5. GONÇALVES, J. L. S. **Fabricação de vidros utilizando a sílica proveniente da cinza de casca de arroz**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pampa. Alegrete/ RS. 2019.
6. KANG, S-H.; HONG, S-G.; MOON, J. The use of rice as reactive filler in ultra-high performance concrete, **Cement and Concrete Research**, 2019
7. KRATZ, D.; WENDLING, I. Crescimento de mudas de *eucalyptus camaldulensis* em substratos à base de casca de arroz carbonizada. **Revista Ceres** **63**, Maio- Junho, 2016. DOI:[10.1590/0034-737X201663030011](https://doi.org/10.1590/0034-737X201663030011)
8. MATOS, L.W. **Análise dos métodos de redução de emissão de CO2 em uma indústria de cimento**. Congresso Nacional de Excelência em Gestão. ISSN 1984-9354, 13 e 14 de agosto de 2015.
9. MURARO, P.; CAMELO, C. O.; DENIS, F. A. **Aproveitamento e valorização da casca de arroz: uma revisão bibliométrica**. VI Simpósio da ciência do agronegócio. Out. 2018. Porto Alegre/ RS
10. PADILHA, S.A., **Potencialidade do uso de Cinza de Casca de Arroz em blocos de concreto de alvenaria estrutural: Segundo NBR 6136**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Pelotas, 2017.
11. PADOIN, D. G.; **Estudo das propriedades mecânicas e físicas de um traço comercial de concreto autoadensável com e sem substituição de cinza de casca de arroz**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa. Alegrete/ RS. 2017
12. PENHA, R. S.; SANTOS, C. C.; CARDOSO, J. J. F.; SILVA, H. A. S.; SANTANA, S. A. A.; BEZERRA, C. W. B. Casca de Arroz Quimicamente Tratada como Adsorvente de Baixo Custo para a Remoção de Íons Metálicos (Co²⁺ e Ni²⁺). **Rev. Virtual Quim.**, ISSN 1984-6835, jan. 2016. DOI: [10.5935/1984-6835.20160045](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20160045)
13. REAL, R. P. **Avaliação da utilização da cinza de casca de arroz como adição mineral em concreto de alto desempenho**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte/ MG. 2018
14. SILVEIRA, A.A., **A utilização das cinzas de cascas de arroz com vistas a durabilidade de concretos: Estudo de ataques por Sulfatos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.
15. STRACKE, M.P.; KIECKOW, F.; SCHMIDT, J. Caracterização, tratamento e utilização da cinza da casca de arroz na produção de tinta. **Braz. Ap. Sci. Rev.**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 324-334, jan./mar. 2018. ISSN 2595-3621