https://eventos.utfpr.edu.br//sicite/sicite2020

Uso da cinza da casca de arroz na substituição da areia em argamassa autonivelante

Use of rice husk ash in the replacement of sand in self-levelling mortar

Waleska Moraes Reis
waleska.moraes@outlook.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

José Ilo Pereira Filho
ilofilho@yahoo.com.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

RESUMO

Devido a modernização do mercado da construção civil, novos produtos vêm sendo difundidos. A argamassa autonivelante encaixa-se nessa inovação, tendo como principais características alta fluidez, nivelamento e coesão. Isto posto, a cinza da casca de arroz é o resíduo gerado pela casca de arroz no processo de combustão ao alimentar caldeiras no beneficiamento de seu grão e, em sua maioria, é descartada de forma inadequada, causando problemas ambientais. Esta cinza pode ser utilizada na fabricação de produtos cimentícios por possuir grande quantidade de sílica, apresentando potencial para atuar como material pozolânico. Este trabalho visou estudar a viabilidade técnica de utilizar a cinza da casca de arroz em substituição parcial da areia em argamassas autonivelantes. Para tal, foi utilizada a cinza aplicando-se ensaios para sua caracterização química. Foram confeccionados corpos de prova de argamassa autonivelante em duas dosagens, sendo uma sem substituição de areia e outra com porcentagem de substituição de 37,75 por cento e avaliados seus desempenhos no estado fresco. Também foram analisadas as propriedades mecânicas em idades de 7 e 28 dias. A argamassa com cinza da casca de arroz incorporada ofereceu desempenho mecânico superior a amostra de referência, comprovando a viabilidade de seu uso em argamassas autonivelantes.
PALAVRAS-CHAVE: Pozolanas. Sílica. Propriedades mecânicas.

ABSTRACT

Due to modernization of the civil construction market, new building systems are being disseminated. Self-leveling mortar fits into this innovation, having as main characteristics its high fluidity, leveling and cohesion. The rice husk ash is the residue generated by the rice husk in the combustion process when feeding boilers in the processing of its grain and, in most cases, it is improperly discarded, causing environmental problems. This ash can be used in the manufacture of cement products because it has a large amount of silica, with the potential to act as a pozzolanic material. This work, aimed to study the technical feasibility of using rice husk ash in partial replacement of sand in self-leveling mortars. For this, ash was used, applying tests for its chemical characterization. Proof bodies of self-leveling mortar were made in two dosages, one without sand substitution, and the other with 37,75 percentage of substitution, and their performance in the fresh state was evaluated. The mechanical properties were analyzed at ages of 7 and 28 days. The mortar with incorporated rice husk ash offered superior mechanical performance than the reference sample, proving the viability of its use in self-leveling mortars.
KEYWORDS: Pozzolans. Silica. Mechanical properties.

Recebido: 19 ago. 2020.
Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

INTRODUÇÃO

Faz-se necessário uma constante modernização dos cenários da construção civil para possibilitar o aumento da produtividade aliado a diminuição dos prazos de execução de uma obra. Com base nessas novas necessidades do mercado, surgiu a argamassa autonivelante. Esta argamassa é composta por cimento Portland de alta resistência inicial, areia fina e aditivos químicos, e estes materiais conferem ao produto final uma elevada fluidez, que permite que seu adensamento seja realizado somente sob efeito da gravidade, sem necessidade de vibração e sem segregação (Martins, 2009).

É observado que para a produção desta argamassa existe um alto consumo de areia, assim como para grande parte dos processos e produtos utilizados na área da construção civil. Em sua maioria, essa areia é proveniente da extração de jazidas nos leitos dos rios e que, por sua vez, devido ao seu alto volume de extração vêm se tornando cada vez mais escassas o que, consequentemente, provoca impactos ambientais, como explicam Klein et al. (2008). Isto posto, o seguinte estudo visa a substituição parcial da areia por cinza da casca de arroz em argamassas autonivelantes.

A casca de arroz vem sendo utilizada como combustível em caldeiras no processo de beneficiamento do grão de arroz, e como resultado desta combustão é formado um resíduo, denominado como cinza da casca de arroz (CCA). Este resíduo gerado não possui uma forma de descarte ambientalmente correta, sendo em sua maioria depositado ao longo de estradas e cursos d'água, poluindo solos e mananciais, como cita Pouey (2006). Este resíduo tem capacidade de atuar como material pozolânico pois apresenta em sua estrutura grande quantidade de sílica, variando em teores de 87 até 97%, como já estudado por diversos autores, entre eles, Della (2001), Santos (1997), Tashima et al. (2011).

De acordo com a NBR 12653 (2014), um material é dito como pozolânico quando são silicosos ou silicoaluminosos e possuem sílica em sua forma reativa e, sozinhos não apresentam características cimentantes, mas quando em presença de água e finamente divididos reagem com hidróxido de cálcio e formam silicatos de cálcio hidratados (C-S-H), sendo este último o responsável por conferir resistência aos concretos e argamassas.

Entretanto, por ser utilizada nas indústrias somente como um meio de geração de energia, a temperatura e o tempo de queima da cinza não são controlados, o que leva este resíduo a possuir morfologias diferentes, como explica Bezerra (2010). A partir da queima em temperaturas mais baixas, a sílica encontrada em sua estrutura mineralógica será predominantemente amorfa, gerando assim maior reatividade com o cimento. Já em temperaturas maiores ela passa a possuir fases cristalinas, tornando-a menos amorfa.

Além da reatividade da sílica do material, também pode ocorrer um efeito secundário que acontece devido a finura do resíduo, sendo denominado como efeito filler. Bezerra et al. (2011) explanam que após certo tempo a sílica presente deixará de reagir como aglomerante e atuará preenchendo os vazios, diminuindo a quantidade de poros e melhorando a coesão e fluidez do conjunto.

Visto que a cinza obtida diretamente da indústria não possui controle de queima ou de finura, não é garantido que o produto final seja altamente

pozolânico, mesmo que sua estrutura tenha alta porcentagem de sílica. Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo empregar esta cinza residual, que seria descartada em ampla escala, e empregá-la como substituto parcial da areia em argamassas autonivelantes, analisando se houve melhora nas qualidades da argamassa com a utilização deste resíduo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O cimento utilizado foi o Cimento Portland CPV – ARI, por possuir elevada resistência já nas primeiras idades e elevada finura, o que confere a mistura uma fluidez maior. O agregado miúdo adotado foi a areia natural do tipo fina, seca em estufa na temperatura de 105˚C, até constância de peso, sendo caracterizada por meio da massa específica a partir do frasco de Chapman (NBR 9776, 1987) e composição granulométrica (NM 248, 2003).

Para a confecção de argamassa autonivelante faz-se necessário o uso de aditivos, sendo eles aditivo superplastificante (SPP) e aditivo modificador de viscosidade (AMV). Foi empregado o superplastificante da empresa GCP Applied Technologies, TEC-FLOW 8000, cuja massa específica é variável de 1,080-1,120 g/cm³. Este aditivo, segundo a NBR 11768-1 (2019), tem a função de aumentar a fluidez da mistura sem a necessidade do aumento do consumo de água, além do aumento da coesão e resistência mecânica da argamassa. Já o aditivo modificador de viscosidade tem como função garantir a viscosidade quando o teor de finos nela é limitado, além de fornecer maior coesão e homogeneidade durante o lançamento da mistura o que, consequentemente gera uma menor exsudação e segregação. O modificador de viscosidade incorporado neste estudo foi o CQ ADMIX MV, da fabricante Camargo Química, e sua massa específica varia entre 1,00-1,05 g/cm³.

A cinza da casca de arroz empregue resultou de uma queima sem controle de temperatura e tempo, o que a transformou em um produto residual e foi obtida através da Cooperativa Agrícola Alegrete Ltda., localizada na cidade de Alegrete, no estado do Rio Grande do Sul. A caracterização física da cinza ocorreu por meio dos seguintes ensaios: determinação da massa específica, NBR NM 23 (2000); superfície específica a partir do método de Blaine, NBR NM 76 (1998); difração de raios – x (DR-X).

A dosagem da argamassa autonivelante foi elaborada utilizando como base o traço de Martins (2009), onde então foi calculado uma adaptação, gerando o traço 1:1,25:0,0048:0,0143:0,400 (cimento: agregado miúdo: superplastificante: modificador de viscosidade: H_2O). A partir disso, foram produzidas duas argamassas, sendo uma de referência e outra com substituição parcial de areia pela cinza da casca de arroz em porcentagem de 37,75% em relação ao volume de areia, com a composição dos traços descrito no Quadro 1. O procedimento de mistura e de cura da argamassa foram realizados de acordo com a NBR 7215 (2019), sendo utilizados para cada idade, 4 corpos de prova em cada ensaio.

Quadro 1 – Composição dos traços

Traço	Cimento (g)	Areia (g)	CCA (g)	SPP (g)	ADM (g)	Água (g)
Referência	3096,75	3870,94	0	14,85	44,28	1238,7
37,75%	3096,75	3483,85	387,1	22,06	44,28	1238,7

Fonte: Autoria Própria (2020)

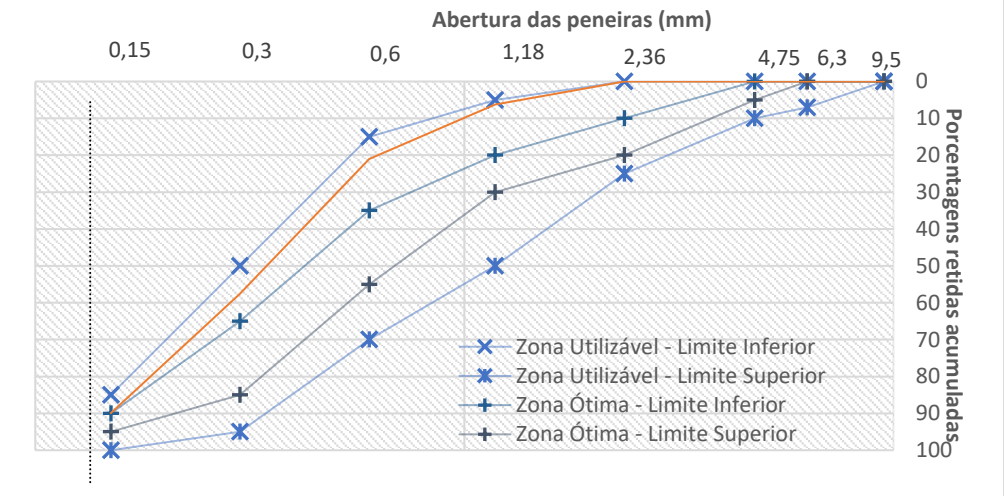
No estado fresco, a trabalhabilidade da argamassa foi avaliada com base em uma adaptação da NBR 13276 (2016), cujo índice de consistência sofreu uma alteração baseado no trabalho de Martins (2009) e Fortunato et al. (2019), devendo seu valor ser maior que 240mm, para que seja considerado autonivelante. Além disso, foi realizada a análise visual da segregação da mistura e de sua borda, assim como executado o ensaio de densidade de massa e teor de ar incorporado, de acordo com a NBR 13278 (1995).

Após realizados esses procedimentos, os corpos de prova foram colocados em cura úmida durante as primeiras 72 horas e, após este período, desenformados e passados para a cura em imersão de água saturada com cal. Permaneceram na imersão até atingirem 7 e 28 dias, onde foram ensaiados à compressão simples e tração na flexão, seguindo respectivamente as normas NBR 7215 (2019) e NBR 12142 (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 1 está representada a granulometria da areia utilizada, onde se determinou um modulo de finura de 1,74, sendo então classificada como fina de acordo com a NBR NM 248 (2003). Sua massa específica apresentou um valor de 2,65g/cm³.

Figura 1 – Curva granulométrica da areia



Fonte: Autoria Própria (2020)

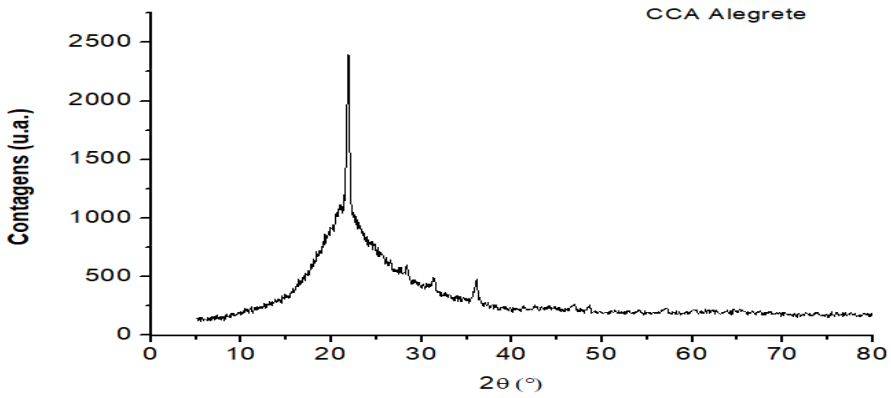
De acordo com Della (2001), a temperatura de queima da cinza influencia diretamente em sua massa específica, pois, em temperaturas mais elevadas a quantidade de matéria orgânica presente em sua estrutura diminuirá, consequentemente, aumentando sua massa específica. Para a cinza da casca de arroz resultante da queima não controlada, a sua massa específica resultou em um valor de 1,92 g/cm³. Este valor se encontra muito próximo dos resultados obtidos por Pouey (2006) e Bezerra (2010), sendo de respectivamente, 1,88 g/cm³ e 1,81 g/cm³ e indicando que é considerado um material poroso.

A superfície específica da CCA foi obtida pelo método de Blaine e resultou em um valor de 6185,60 cm²/g, sendo este inferior aos dados obtidos por Bezerra et al. (2011), de 10197,38 cm²/g, mas atendendo ao que indica a norma NBR NM 76

(1998). A partir disso, percebe-se que a partícula da cinza é considerada um material fino, tendo alto potencial para atuar como pozolana na mistura e também atuando sob o efeito filler, preenchendo os vazios da estrutura, acarretando menor porcentagem de poros na argamassa.

No difratograma de raios X (Figura 2), se torna evidenciado a presença de um alto pico cristalino na estrutura da CCA, contudo também se mostrou presente um halo de amorfismo correspondente ao desvio da linha base no intervalo de 15 e 30 graus. Krug (2011), explica que este desvio pode caracterizar certo grau de amorficidade na partícula, colaborando para o aumento da atividade pozolânica da cinza quando incorporada em produtos cimentícios.

Figura 2 - Difratograma de raios X da cinza da casca de arroz



Fonte: Autoria Própria (2019)

No processo de confecção das argamassas foi necessário aumentar a quantidade de superplastificante empregado na argamassa com a substituição, para que se garantisse a trabalhabilidade necessária para que ela se autonivelasse. Após realizada a mistura de cada um dos traços foram avaliadas as propriedades da argamassa no estado fresco (Quadro 2) e também seus aspectos visuais, sendo eles a aparência da borda e a segregação da mistura.

Quadro 2 – Propriedades no estado fresco

Traço	Índice de Consistência (mm)	Densidade de massa (g/cm³)	Teor de ar incorporado (%)
Referência	400	2,24	0
37,75%	340	2,22	0,89

Fonte: Autoria Própria

Verifica-se que com a incorporação da CCA na argamassa ocorre um decréscimo em sua fluidez, e isso se deve ao aumento de finos na mistura, que acarretou na necessidade de mais aditivo para garantir sua fluidez. Contudo ambas as misturas atenderam ao especificado pela adaptação da norma, onde deveriam ser maiores que 240mm para se autonivelarem. É observado que a densidade de massa apresentou pequena variação em seu valor, sendo menor com o uso da cinza. Isto está relacionado ao valor da massa específica da CCA ser inferior à da areia utilizada, ou seja, para ocupar o mesmo volume que anteriormente era ocupado pela areia, é necessária uma quantidade menor, em massa, de cinza. Para o teor de ar incorporado, é percebido um aumento em seu resultado no traço de

37,75% de substituição. Esta variação está relacionada a estrutura porosa da partícula da cinza, que acarreta a incorporação de mais ar na mistura executada.

A análise de borda e segregação foi realizada e pode ser observada de acordo com as Figuras 3 e 4. Ambas as argamassas apresentaram borda uniforme e sem indícios de segregação, o que resulta em uma mistura com maior coesão, como explica Martins (2009).

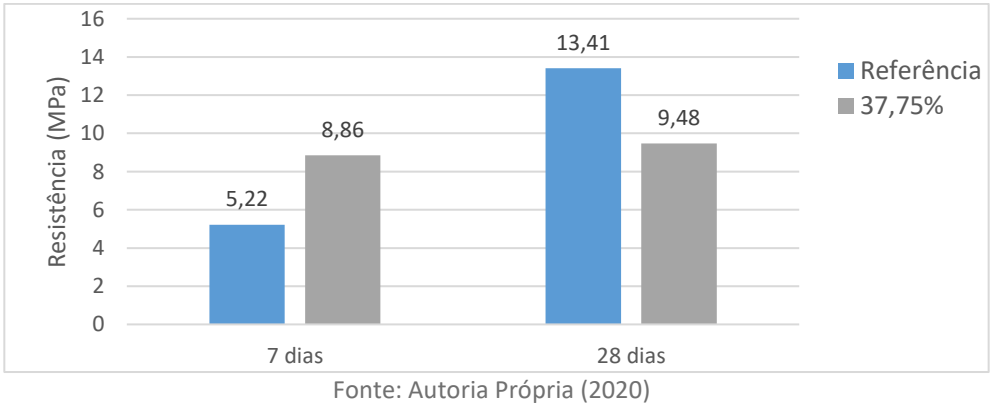
Figura 4 – Argamassa de referência

Figura 3 – Argamassa com 37,75% de substituição

Fonte: Autoria Própria (2020)

Na figura 5 está representado os resultados para o ensaio de resistência à tração na flexão, com idade de 7 e 28 dias. Aos 7 dias, os corpos de prova com cinza apresentaram resistência maior em comparação com a argamassa de referência, porém aos 28 dias o efeito da CCA não alcançou o mesmo impacto, mas manteve a mesma proporção em relação aos resultados da resistência a compreensão. O resultado aos 28 dias pode ter sofrido influência do processo de moldagem dos CPs ou pela sensibilidade do método às microfissuras, outra possibilidade pode ser relacionada ao efeito pozolânico da CCA que é mais tardio. Também se faz necessário investigar futuramente se o efeito da adição na resistência à compressão também se reflete da mesma forma na resistência à tração.

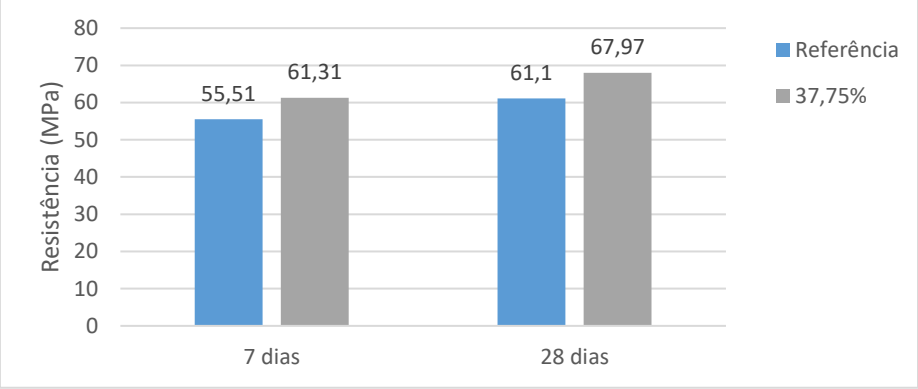
Figura 5 – Resistência à tração na flexão das argamassas



Fonte: Autoria Própria (2020)

Na Figura 6, está representado os resultados obtidos para o ensaio de resistência à compressão nas idades de 7 e 28 dias. É possível observar que já na primeira idade, o traço com a porcentagem da cinza incorporada obteve valor superior, o que continua presente aos 28 dias de idade.

Figura 6 – Resistência à compressão simples das argamassas



Fonte: Autoria Própria (2020)

Estes resultados demonstram a existência de reação pozolânica na mistura e também da ocorrência do efeito filler, que diminui os vazios e, consequentemente, acarreta em uma maior resistência mecânica na argamassa. Além disso, todos os valores encontrados são maiores que os limites estabelecidos pela EFNARC (2001), que estabelecem que aos 28 dias a resistência deve ser superior a 20 MPa para compressão e superior a 5 MPa para a tração na flexão.

CONCLUSÕES

Este trabalho teve como principal objetivo verificar a viabilidade do uso da cinza da casca de arroz residual, resultante da queima sem controle de tempo, temperatura e finura, como substituto parcial da areia em argamassas autonivelantes. A partir dos ensaios e análises realizadas foi possível verificar que este objetivo foi satisfatoriamente alcançado, uma vez que apresentou melhoria nas propriedades da argamassa produzida neste estudo.

Embora a cinza da casca de arroz tenha apresentado pico cristalino em sua análise mineralógica, ela se demonstrou com certo grau de amorfismo. Isto se constata a partir dos parâmetros e ensaios estabelecidos. Foi possível substituir 37,75% da areia pela CCA obtendo-se espalhamento compatível com a adaptação da norma NBR 13276 (2016), e resistência à tração na flexão e compressão superiores aos limites mínimos exigidos pela EFNARC (2001), apontando para a possibilidade de redução do cimento. A partir disso, infere-se que a cinza empregada neste estudo também atua como material pozolânico.

Assim, conclui-se que a cinza da casca de arroz residual pode ser utilizada na fabricação de argamassas autonivelantes como substituto parcial da areia, o que o transforma em subproduto de valor agregado. Esta transformação, além de melhorar as características da argamassa, também corrobora com a diminuição do descarte inapropriado da cinza, que acarreta a uma diminuição do impacto ambiental que seria gerado por este material.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Araucária pela bolsa de fomento para a realização desta pesquisa e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo uso de seus laboratórios.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 12653: Materiais pozolânicos – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014, 6p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2000, 5p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 76: Cimento Portland – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine)**. Rio de Janeiro, 1996, 13p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 9776: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman.** Rio de Janeiro: ABNT, 1987, 3p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 248: Agregados – Determinação da Composição Granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003, 6p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11768-1: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019, 27p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2019, 12p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016, 2p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13278: Argamassa para assentamento de paredes revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice da densidade de massa e do teor de ar incorporado.** Rio de Janeiro: ABNT, 1995, 2p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12142: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2010, 5p.

BEZERRA, I. M. T**. Cinza da casca do arroz utilizada em argamassas de assentamento e revestimento.** Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2010.

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, v.15, n.6, p.639-645. Campina Grande, 2011.

DELLA, V. P. **Processamento e caracterização da sílica ativa obtida a partir de cinza de casca de arroz**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

EFNARC. European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems. **Specification & Guidelines for polymer-modified cemetitious flooring as wearing surfaces for industrial and comercial use.** United Kingdom, 2001.

FORTUNATO, M.; MARTINS, B. R.; CASALI, J. M.; COLLODETTI, G.; BETIOLI, A. M.. **Estudo da substituição de cimento Portland pelo fino de britagem em argamassa autoadensável**. Revista Técnico-Científica do CREA-PR, ISSN 2358-5420. Paraná, 2019.

KLEIN, N. S.; CARBONARI, B. T.; GUIZILINI, R. P**.. Estudo do agregado miúdo para a produção de argamassa autoadensável: substituição da areia natural por areia de britagem.** XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Fortaleza, ENTAC, 2008.

KRUG, L. F. **Influência do beneficiamento por peneiramento no comportamento da cinza de casca de arroz: estudo como adição pozolânica em concretos.** Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2011.

MARTINS, T. N.. **Procedimento para dosagem de pastas para argamassa autonivelante. Disertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.

POUEY, M. T. F.. **Beneficiamento da cinza da casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico**. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

SANTOS, S. **Estudo da viabilidade de utilização de cinza de casca de arroz residual em argamassas e concretos**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.

TASHIMA, M. M.; SOUSA, L. S.; JORGE, L. A.; SILVA, E. J.; MELGES, J. L. P.; BERNABEU, J. J. P.. **Reaproveitamento da cinza da casca de arroz na construção civil**. Holos Enviromental, v.11 n.1, p81. São Paulo, 2011