



AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, MECÂNICAS E TÉRMICA DE BIOCOMPÓSITOS CONTENDO RESÍDUOS DO ARROZ E SUBMETIDOS AO INTEMPERISMO NATURAL

Evaluation of the physical, mechanical and thermal properties of biocomposites containing rice waste in the natural weathering

Francieli Tiecher

ATITUS Educação | Passo Fundo, RS | francieli.bonsembiante@atitus.edu.br

Nicole P. Hasparyk

Eletrobras-Furnas | Aparecida de Goiânia, GO | nicolepha@gmail.com

Aline Soares

ATITUS Educação | Passo Fundo, RS | alinesoares646@yahoo.com.br

Rodrigo Almeida Silva

ATITUS Educação | Passo Fundo, RS | rodrigo.silva@atitus.edu.br

Romildo Toledo Filho

Universidade Federal do Rio de Janeiro | Rio de Janeiro, RJ | toledo@numats.coc.ufrj.br

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi estudar a influência dos resíduos do arroz (casca e cinza da casca) nas propriedades físicas, mecânicas e térmica de biocompósitos contendo cimento Portland, a fim de destinar os resíduos e reduzir o impacto ambiental do descarte inadequado, além de reduzir a extração de recursos naturais pela construção civil. Os biocompósitos foram preparados utilizando casca de arroz substituindo o agregado miúdo, e cinza de casca de arroz, substituindo parcialmente o cimento Portland, sendo expostos ao intemperismo natural durante 9 meses. Foram avaliadas as resistências à compressão e à tração, absorção de água, retração por secagem e condutividade térmica. Os resultados mostraram biocompósitos com potencial de uso em painéis leves, pois com o aumento no teor de casca de arroz melhorou a condutividade térmica, mas reduziu a resistência à compressão e aumentou a retração, provavelmente devido ao acréscimo na porosidade, evidenciado pelo ganho na absorção de água.

Palavras-chave: Casca de arroz; Cinza de casca de arroz; Bioconcreto.

Abstract

This work aimed to investigate the influence of the use of wastes from rice industry in the physical, mechanical and thermal properties of bioconcretes in order to reduce environmental impact of their improper disposal and also to reduce mining natural sources generally used in Civil constructions. Bioconcretes were cast with rice husk as aggregate and rice husk ash by Portland cement substitution, which were exposed to environment over 9 months. The following properties were assessed: drying shrinkage, water absorption, compressive and tensile strength and thermal conductivity. The increase in the content of rice hush promoted a gain in the porosity of bioconcretes and also in the absorption as well as a decrease in the compressive strength. Drying shrinkage also have increased. On the other hand, with higher content of rice husk as aggregate, thermal conductivity was improved. This behavior suggests a potential use of bioaggregates to prepare lightweight panels.

Keywords: Rice husk; Rice husk ash; Bioconcrete.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país essencialmente agrícola e o setor representa aproximadamente 25% do PIB (CEPEA, 2023), sendo o arroz uma cultura de destaque, principalmente no Sul, onde a produção foi de 10.803 milhões de toneladas em 2022, ou seja, 15% da safra nacional de grãos (IBGE, 2023).

Durante o beneficiamento do arroz é feita a retirada da casca (CA), que se torna um resíduo e não possui potencial para adubagem devido à sua composição e à presença de lignina, que estende o processo de compostagem, levando ao acúmulo de casca e gerando um problema ambiental (MAYER *et al.*, 2006; MURARO *et al.*, 2018). Algumas indústrias utilizam a CA como material combustível, como as usinas térmicas, mas nessa aplicação é gerado outro resíduo, a cinza de casca de arroz (CCA), que possui potencial de uso em matrizes cimentícias, pois melhora o desempenho mecânico e a durabilidade, desde que a temperatura de queima seja controlada, devendo esta estar entre 300°C e 700°C (RAMEZANIANPOUR *et al.*, 2009 HABEEB; MAHMUD, 2010).

Chama-se bioconcreto um tipo de concreto que emprega agregados de origem orgânica *in natura*, ou minimamente processados, sem nenhum tipo de queima ou processo que altere sua composição físico-química original. Entre as suas principais características e vantagens está a baixa massa específica, tornando-o um material leve, com potencialidade de emprego na construção civil, como em vedações verticais, brises, entre outros (DA GLORIA, 2020; ANDREOLA, 2021).

Mais recentemente o grupo de pesquisa liderado por ELETROBRAS Furnas e UFRJ (via Projeto de P&D Furnas) avançou no estudo com biomassas e biocompósitos, obtendo resultados importantes, como os contidos em Amantino *et al.* (2021), Caldas *et al.* (2021a;b), Moraes *et al.* (2021), Nascimento *et al.* (2021) e Silva (2021), Caldas *et al.* (2022) e Bezerra *et al.* (2023), evidenciando o potencial desses materiais em reduzir o impacto ambiental e capturar o carbono, bem como trazer ganhos em termos de eficiência energética.

A presença de materiais de origem orgânica nos bioconcretos aponta para a importância de estudos de durabilidade. Este trabalho objetivou avaliar propriedades físicas, mecânicas e térmica de bioconcretos produzidos com resíduos do arroz (CA e CCA) expostos ao intemperismo natural.

2. METODOLOGIA

2.1 MATERIAIS

No presente estudo foi empregado um cimento pozolânico (CP IV), com aproximadamente 25% de cinza volante em sua composição. Dessa forma, foram produzidas misturas ternárias com os dois tipos de adição mineral (CCA e cinza volante), sendo a CCA no teor de 15%. As características do cimento e da CCA encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: principais características do cimento

Teores (%)	Al ₂ O ₃	9,6
	SiO ₂	29,2
	Fe ₂ O ₃	3,7
	CaO	44,8
	MgO	2,8
	SO ₃	2,2
	CaO livre	1,7
	PF	5,3
	RI	24,5
Finura (%)	#200	0,3
	#325	1,8
Blaine (cm ² /g)		4270
Água Consist. (%)		29,6
Tempo de pega (min)	Início	205
	Fim	255
Resistência à compressão (MPa)	3 dias	19,8
	7 dias	24,6
	28 dias	37,2

A fim melhorar a compatibilidade da CA empregada com os aglomerantes, foi realizada a sua imersão em uma solução de Ca(OH)₂ durante 2 horas, tendo em vista os estudos que comprovaram a presença de alguns

extrativos que prejudicam a aderência (ZUCCO, 1999; SILVA *et al.*, 2004; AMANTINO, 2021). Após esse processo a casca foi seca e ensacada, tendo sido empregada em 2 teores: 30% e 35%. Também foi realizada a avaliação da absorção de água da CA de acordo com Hasparyk e Da Gloria (2022), para viabilizar a mistura dos materiais, tendo em vista a elevada porosidade da CA. As principais características da CA utilizada encontram-se na Tabela 3.

Tabela 2: principais características da CCA

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)	SiO ₂	89,41
	Al ₂ O ₃	-
	Fe ₂ O ₃	0,07
	CaO	1,04
	SO ₃	1,41
	MnO	0,52
PERDA AO FOGO (%)	K ₂ O	2,34
PERDA AO FOGO (%)		5,19
MASSA ESPECÍFICA (kg/m ³)		2.250

Tabela 3: características da CA

Massa Específica	Massa Unitária	Absorção de água
0,40 g/cm ³	9,70x10 ⁻³ g/cm ³	250%

Para a melhoria da trabalhabilidade das misturas foi empregado um aditivo plastificante polifuncional, modificador de viscosidade, a base de policarboxilato, no teor de 0,30%, sobre a massa de aglomerante. Também foi utilizado um aditivo acelerador de pega, de base cloreto de cálcio, no teor de 2%, para garantir a desforma após 24 horas da moldagem.

2.2 MÉTODOS

O programa experimental contempla os seguintes ensaios (realizados aos 1, 3 e 9 meses): resistência à compressão, resistência à tração na flexão, absorção de água e retração por secagem. A resistência à tração na flexão foi avaliada através dos procedimentos da NBR 12142 (ABNT, 2010), em corpos de prova (CPs) de dimensão (4x4x16) cm. A resistência à compressão foi avaliada a partir de CPs cúbicos, de (4x4x4) cm, segundo a mesma normativa. Para avaliar a absorção de água foi empregada a NBR 9779 (ABNT, 2012), que prevê medições da variação de massa em 3, 24, 48 e 72 horas, contadas a partir do primeiro contato dos CPs com a água. A retração por secagem foi avaliada pela metodologia da ASTM C 157 (ASTM, 2017), empregando-se 3 CPs prismáticos de (7,5x7,5x28,5) cm para cada traço, com pinos metálicos fixados nas extremidades para o monitoramento da variação dimensional. Através do método do fio quente de superfície, que capaz de detectar a temperatura transiente, e está descrito em Lermen *et. al.* (2019), foi avaliada a condutividade térmica das misturas, em triplicata, apenas na idade de 28 dias.

2.3 PRODUÇÃO

A dosagem empregada nas misturas encontra-se disposta na Tabela 04. Foram testados dois teores de CA, 30% e 35%, e um de CCA, 15%. A relação água/aglomerante foi de 0,3, tendo sido também adicionada a água de compensação (parâmetro estabelecido da absorção de água da CA).

Tabela 4 – quantitativo de materiais para produção das misturas (kg/m³)

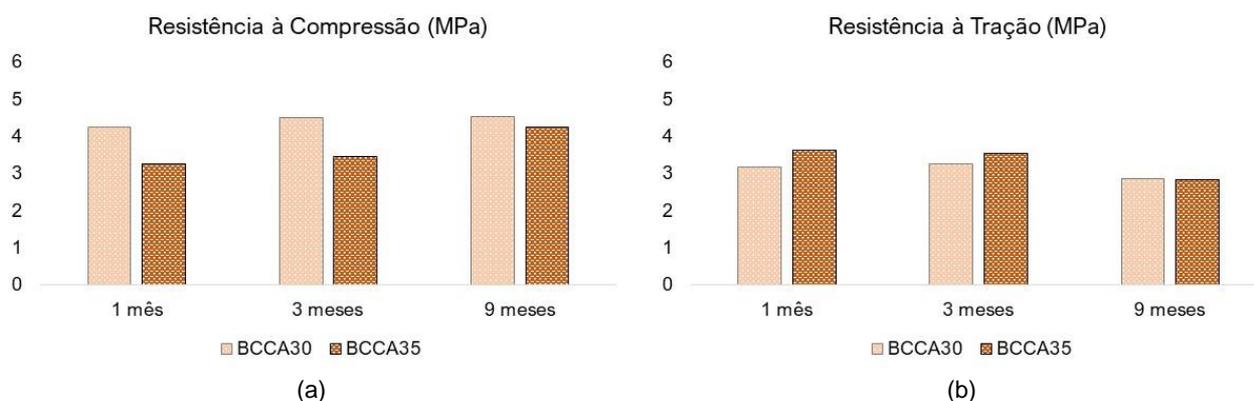
Composição Bioconcreto	CA	CCA	Cimento CP IV		Água de hidratação	Água de compensação
			CV	Cim.		
BCCA30	120	154,12	305,67	567,66	308,23	300
BCCA35	140	143,11	283,83	527,11	286,22	350

As misturas foram produzidas em argamassadeira convencional, sendo adicionados primeiramente os materiais secos e, na sequência, a água com os aditivos diluídos. As amostras produzidas foram colocadas em um espaço aberto e expostas ao ar, estando sujeitas às intempéries, durante o período do estudo (9 meses), sobre um estrado com inclinação de 45°, orientado para o Norte, na cidade de Passo Fundo, RS, cujas coordenadas de localização são: Latitude 28°16'03" S; Longitude 52°23'46" W.

3. RESULTADOS E ANÁLISES

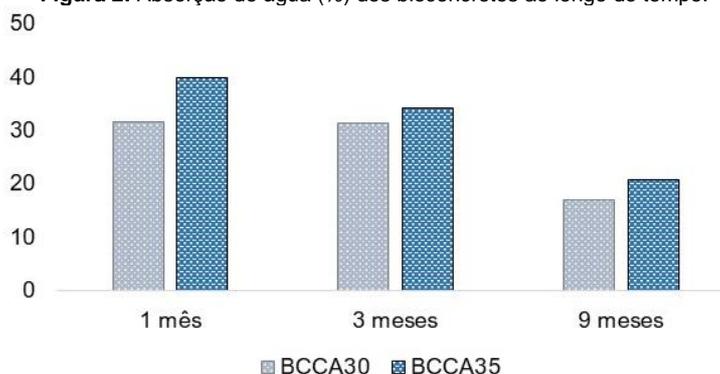
A Figura 1 apresenta os resultados da avaliação mecânica, que englobaram as resistências à compressão e à tração na flexão. Em relação à resistência à compressão, nota-se que a mistura contendo 30% de CA resultou em melhores resultados, o que é coerente com o que tem sido observado na literatura, tendo em vista que a casca de arroz representa um agregado leve nesse biocompósito, em especial, devido à sua alta porosidade, logo, maiores teores de CA refletem em menores resistências (YUZER *et al.*, 2013; CHABANNES *et al.*, 2017; SANTOS, 2020). Contudo, em relação à resistência à tração na flexão, os valores se mostraram bastante atrativos para ambos os teores de CA (da ordem de 3MPa), com diferenças mínimas entre eles. Porém, após a exposição às intempéries, na idade de 9 meses, houve uma pequena redução desta propriedade ao ser comparada com as idades anteriores.

Figura 1: Propriedades mecânicas dos bioconcretos ao longo do tempo.

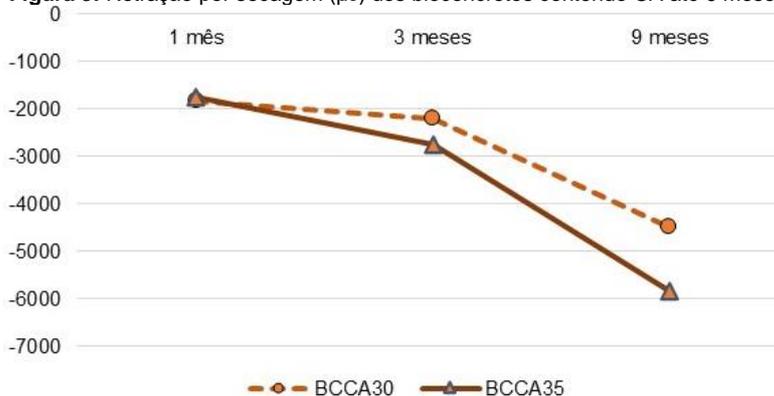


A Figura 2 apresenta os resultados de absorção de água dos bioconcretos, onde observa-se que o maior teor de CA implicou em maiores absorções, como esperado e corroborando os resultados apresentados na Figura 1(a). Nota-se que com o passar do tempo a absorção de água de ambas as misturas diminuiu, o que é um indicativo de redução da porosidade promovida pelos produtos gerados pelas reações pozolânicas, tanto da cinza volante quanto da CCA.

Figura 2: Absorção de água (%) dos bioconcretos ao longo do tempo.



Os compósitos a base de cimento comumente sofrem retração quando expostos ao ar, devido à água adicionada às misturas em proporção superior àquela necessária para a completa hidratação do cimento, entre outros fatores. Considerando-se elevada porosidade da CA, o seu uso implica no emprego de um volume maior de água (além da relação a/c é adicionada uma água denominada 'água de compensação'), conforme mostraram os trabalhos de Toledo Filho *et al.* (2005), Santos (2020) e Hasparyk, Da Glória (2022). O comportamento em relação à retração dos bioconcretos avaliados vai ao encontro desta abordagem, uma vez que observando-se a Figura 3 é possível verificar que a retração medida é maior para o bioconcreto com 35% de CA, sendo esse comportamento observado mais intensamente aos 9 meses, após maior tempo de exposição às intempéries. Comportamentos semelhantes foram observados por Toledo Filho *et al.* (2019) com outros tipos de biomassa (bambu e madeira).

Figura 3: Retração por secagem ($\mu\epsilon$) dos bioconcretos contendo CA até 9 meses.

Os resultados da condutividade térmica (Tabela 5) mostram que com o incremento da CA a condutividade diminui, evidenciando que o seu uso pode melhorar tanto o conforto térmico como a eficiência energética das edificações. Diversos estudos vêm apontando para o excelente desempenho térmico de bioagregados variados; para exemplificar cita-se a pesquisa de Sisman *et al.* (2011), que para o teor de 30% de CA determinaram condutividades da ordem de 0,79 W/m.K, semelhante ao do presente estudo nessa mesma fração (0,73 W/m.K).

Tabela 5 – Condutividade térmica aos 28 dias (W/m.K)

Mistura	Resultado
BCCA30	0,73
BCCA35	0,66

4. CONCLUSÕES

A partir do estudo realizado foi possível concluir que:

- A resistência à tração na flexão apresentou-se favorável, com valores que chegaram até cerca de 4 MPa. Não foi observada influência do teor de CA ao longo do tempo, tendo sido determinados resultados semelhantes entre o BCCA30 e o BCCA35 na idade de 9 meses;
- O incremento de CA refletiu em menores resistências à compressão, especialmente nas primeiras idades, provavelmente em decorrência do aumento da porosidade pelo maior teor de CA, evidenciado também pelo acréscimo na absorção de água. Contudo, na idade final de avaliação essa propriedade mostra comportamentos semelhantes entre os dois teores, o que indica que o compósito com maior teor de casca continua a promover a autohidratação e reações pozolânicas;
- A condição de exposição dos bioconcretos ao longo de 9 meses, onde as misturas ficaram sujeitas às variações climáticas de umidade e temperatura de Passo Fundo (RS), permitiu que fosse possível constatar uma redução entre as diferenças medidas nas propriedades mecânicas avaliadas. A absorção de água também foi reduzida ao longo do tempo, apontando para o fechamento da porosidade pela atividade pozolânica das adições incorporadas (cinza volante e CCA);
- O aumento no teor de CA levou a maiores retrações, justificado pelo aumento da água 'de compensação' adicionada à mistura, sendo esta diferença maior com o passar do tempo;
- A CA melhora as características térmicas dos bioconcretos tendo em vista a redução da condutividade térmica com o aumento no teor do bioagregado, trazendo potencial de uso desse material em painéis leves.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho faz parte do projeto de P&D "Uso de bio-concretos e bio-MMFS de baixo impacto ambiental visando o aumento da eficiência energética de prédios públicos" - PD.0394-1719/2017, regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, desenvolvido pela ELETROBRAS Furnas e UFRJ. Os autores agradecem à Furnas, à Universidade Federal do Rio de Janeiro e à ATITUS Educação, pela oportunidade de participar de parte deste projeto, pela infraestrutura e suporte para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AMANTINO, G. M. **Bioconcretos com resíduos a partir do arroz: análise de desempenho ao longo do tempo**. 2021. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Meridional, Passo Fundo, 2021.
- AMANTINO, G.; TIECHER, F.; HASPARYK, N.P.; TOLEDO FILHO, R.D. Comportamento de concretos com baixo teor de casca de arroz como bioagregado. In: **7º Encontro nacional de aproveitamento de resíduos na construção** - ENARC, Porto Alegre, RS, 2021. ISBN 978-655983-681-9. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081124>.
- ANDREOLA, V. M. **Durabilidade ao Intemperismo Natural e ao Ataque Biológico de Bio-concretos de Bambu**. 2021. 183 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 12142**: Concreto — Determinação da resistência a tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010. 5p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos - Absorção de Água por Capilaridade. Rio de Janeiro, 2011. 10 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **C 157**: Standard Test Method for Length Change of Hardened Cement Mortar and Concrete, 2017. 6 p.
- BEZERRA, C.G.; OLIVEIRA, S.; HASPARYK, N.P.; DA GLORIA, M.Y.R.; SANTOS, D.O.J.; PEREIRA, A.C.; LOUBACK, V.K.C.B.; TOLEDO FILHO, R.D. Rheological characterization of ternary pastes for the development of lightweight rice-husk bio-concretos, **Revista Matéria**, v. 28, n.1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0254>.
- CALDAS, L.; BEZERRA, C.; HASPARYK, N.P.; TOLEDO FILHO, R.D. Bio-concretos and GHG emissions reduction: what the scientific literature says? In: **75th RILEM Annual Week**, Mérida, México, 2021a. DOI: 10.1088/1755-1315/1101/2/022026.
- CALDAS, L.R.; BEZERRA, C.G.; PITTAU, F.; ARAÚJO, Y.A.; FRANCO, M.; HASPARYK, N.; TOLEDO FILHO, R.D. Development of GHG emissions curves for bio-concretos specification: case study for bamboo, rice husk, and wood shavings considering the context of different countries. In: **Proceedings of the 4th International Conference on Bio-based Building Materials**, ICBBM-2021, Barcelona, 2021b. ISBN 978-2-35158-229-9. Disponível em: <https://re.public.polimi.it/bitstream/11311/1177879/1/2021_Caldas%20et%20a_ICBBM.pdf>. Acesso em: 02 out. 2023.
- CALDAS, L.R.; ARAUJO, A.F.; HASPARYK, N.P.; TIECHER, F.; AMANTINO, G.; TOLEDO FILHO, R.D. Circular economy in concrete production: Greenhouse Gas (GHG) emissions assessment of rice husk bio-concretos. **Ibracon Structures and Materials Journal**, v. 15, n. 6, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952022000600002>.
- CEPEA: CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB do agronegócio brasileiro**. São Paulo, 2022. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- CHABANNES, M.; BECQUART, F.; GARCIA-DIAZ, E.; ABRIAK, N.; CLERC, L. Experimental investigation of the shear behaviour of hemp and rice husk-based concretos using triaxial compression. **Construction and Building Materials**, v. 143, p. 621–632, 15 jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.148>.
- HASPARYK, N.P.; DA GLORIA, M. Y.R. Método de Ensaio para a Determinação do Teor de Compensação da Água de Bioagregados (serragem de madeira, partículas de bambu e casca de arroz) empregados como Agregados Leves em Bioconcretos. Instrução Técnica DSBE003-R0. FURNAS, 8 p., 2022.
- DA GLORIA, M'Hamed Yassin Rajiv. **Comportamento Experimental e numérico de Bioconcretos de madeira e de painéis sanduíches com face em laminados reforçados com fibras longas de sisal**. Tese (Doutorado) Curso de Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.
- HABEEB, G.; MAHMUD, H. B. Study on properties of rice husk ash and its use as cement replacement material. **Materials Research**. [S.L.], p. 185-190. mar. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-14392010000200011>.
- IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agropecuária**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- LERMEN, Richard Thomas; FAVARETTO, Patrícia; SILVA, Rodrigo de Almeida; HIDALGO, Gelsa Edith Navarro; TUBINO, Rejane M. C.; TIECHER, Francieli. Effect of Additives, Cement Type, and Foam Amount on the Properties of Foamed Concrete Developed with Civil Construction Waste. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 9, n. 15, p. 2998, 26 jul. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/app9152998>.
- MAYER, F. D.; HOFFMANN, R.; RUPPENTHAL, J. E. Gestão Energética, Econômica e Ambiental do Resíduo Casca de Arroz em Pequenas e Médias Agroindústrias de Arroz. In: XIII SIMPEP, Bauru. **Anais [...]**. Bauru 2006. p. 1-11. Disponível em: < https://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/124.pdf>. Acesso em: 25 jun 2023.
- MORAES, A.C.F.Z.; AGUIAR, A.L.D.; SILVA, M.R.T.; BEZERRA, C.G.; DA GLORIA, M.Y.R.; HASPARYK, N.P.; TOLEDO FILHO, R.D. Influence of the use of fly ash and rice husk ash on the fresh state properties of lightweight bio-concretos. In: **75th RILEM Annual Week**, Mérida, México, 2021. DOI: 10.3329/jesnr.v9i1.30287.

- MURARO, P.; CAMELO, C. O.; DENIS, F. A. Aproveitamento da casca de arroz (CA) no município de Bagé-rs. In: VI SIMPÓSIO DA CIÊNCIA DO AGRONEGÓCIO. **Anais [...]**. Porto Alegre, 2018. p. 1-10. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/cienagro/wp-content/uploads/2018/10/Aproveitamento-da-casca-de-arroz-CA-no-munic%C3%ADpio-de-Bag%C3%A9-RS.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- NASCIMENTO, Y.M.G.; BEZERRA, C.G.; MORAES, A.C.F.Z.; GOMES, B.M.C.; SANTOS, D.O.J.; HASPARYK, N.P.; TOLEDO FILHO, R.D. Influence of thermal and alkaline treatments of bamboo aggregates, wood shaving on bio-concretes mechanical properties. In: **75th RILEM Annual Week**, Mérida, México, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3329/jesnr.v9i1.30287>.
- RAMEZANIANPOUR, A. A.; KHANI, M. Mahdi; AHMADIBENI, Gh. The effect of rice husk ash on mechanical properties and durability of sustainable concretes. **International Journal of Civil Engineering**. [S.L.], p. 83-91. mar. 2009. Disponível em: <<file:///D:/Documentos/Downloads/86220090202.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- SANTOS, Daniela. Oliveira. J. DOS. **Desenvolvimento de Painéis Sanduíche Leves com faces em compósitos Cimentícios Reforçados com Fibras Curtas de Sisal e Núcleo em Bioconcreto de Casca de Arroz**. Tese (Doutorado) Curso de Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.
- SILVA, Ana Paula da; JOSÉ, Flávio Januário e BERALDO, Antonio Ludovico. Florianópolis. Estudos para Viabilizar o Uso de Resíduos Agroindustriais em Compósitos à Base de Cimento Portland. In: **Congresso brasileiro de ciência e tecnologia em resíduos e desenvolvimento sustentável**, Florianópolis: ICTR, 2004. 11 p. Disponível em: <<http://apuama.org/estudos-para-viabilizar-o-uso-de-residuos-agroindustriais-em-compositos-a-base-de-cimento-portland/>>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- SILVA, M.R.T.; GOMES, B.M.C.; NASCIMENTO, Y.M.G.; AGUIAR, A.L.D.; DA GLORIA, M.Y.R., TOLEDO FILHO, R.D.; HASPARYK, N.P. Influence of the use of fly ash and rice husk ash on the mechanical bioconcretes. In: **75th RILEM Annual Week**, Mérida, México, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3329/jesnr.v9i1.30287>.
- SISMAN, C. B.; GEZER, E.; KOÇMAN, I. Effects of organic waste (rice husk) on the concrete properties for farm buildings. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 17, n. 1, p. 40-48, 2011. Disponível em: <<http://www.agrojournal.org/17/01-05-11.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- TOLEDO FILHO, R. D.; DA GLORIA, M. Y. R.; ANDREOLA, V. M. Durability of bio-based building materials. **Academic Journal of Civil Engineering**, v. 37, n. 2, p. 438-443, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26168/icbbm2019.63>.
- TOLEDO FILHO, R.; GHAVAMI, K.; SANJUÁN, M.A.; ENGLAND, G.L. Free restrained and drying shrinkage of cement mortar composites reinforced with vegetable fibers. **Cement and concrete composites**, v. 27, n. 5, p. 537-546, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.09.005>
- YUZER, N.; CINAR, Z.; AKOZ, F.; BIRICIK, H.; GURKAN, Y.; KIZILKANAT, A. Influence of raw rice husk addition on structure and properties of concrete. **Construction and Building Materials**, v. 44, p. 54-62, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.02.070>
- ZUCCO, Loris L. **Estudo da viabilidade de fabricação de placas de compósitos à base de cimento e casca de arroz**. 1999. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.