



UFSC



III Feira de Ciências, Tecnologia e Inovação da UFSM-CS

Concreto sustentável: transformando resíduos em soluções inovadoras

Sustainable concrete: transforming waste into innovative solutions

Marcus Paulo de Oliveira¹, Jocenir Boita¹, Lucas Alves Lamberti¹, Glauber Rodrigues de Quadros¹, Maria Cecília Caldeira Vieira¹, Larissa Friedrich¹, Arthur Batista Bromirsky¹, Matheus Amancio Correa Neres¹, Patrícia Regina Ebani¹, Luisa Dias Lopes¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, RS, Brasil

RESUMO

O concreto aerado (CA) é um material cimentício leve, cuja estrutura porosa é obtida por meio da adição controlada de agentes expansores ou geradores de gás à mistura, proporcionando baixa densidade e propriedades térmicas e acústicas vantajosas. Este trabalho propõe o uso de cinza da casca de arroz (RCCA) como substituição parcial ao agregado miúdo convencional, visando reduzir o impacto ambiental da extração de areia e do descarte inadequado de resíduos agroindustriais. A produção de RCCA, embora vantajosa como fonte de energia renovável, gera grandes volumes de resíduos ainda sem destinação adequada. Diante disso, a incorporação da RCCA em concretos leves se apresenta como alternativa técnica e ambientalmente viável. Foram moldados blocos de concreto celular utilizando diferentes agentes expansores — peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e alumínio de alta pureza (Al) — a fim de comparar o comportamento na formação e distribuição das bolhas de ar. Os resultados visam contribuir para o desenvolvimento de soluções construtivas mais sustentáveis, aproveitando resíduos abundantes e minimizando a exploração de recursos naturais.

Palavras-chave: Concreto aerado; Cinza da casca de arroz (RCCA); Sustentabilidade; Agente expensor; Materiais alternativos

ABSTRACT

Aerated concrete (AC) is a lightweight cementitious material whose porous structure is achieved through the controlled addition of foaming or gas-generating agents to the mixture, resulting in low density and advantageous thermal and acoustic properties. This study proposes the use of rice husk ash (RHA) as a partial replacement for conventional fine aggregate, aiming to reduce the environmental impact of sand extraction and the improper disposal of agro-industrial waste.



Although the production of RHA is beneficial as a source of renewable energy, it generates large volumes of waste that still lack proper disposal. In this context, incorporating RHA into lightweight concrete emerges as a technically and environmentally viable alternative. Cellular concrete blocks were molded using different foaming agents — hydrogen peroxide (H_2O_2) and high-purity aluminum (Al) — to compare their behavior in air bubble formation and distribution. The results aim to contribute to the development of more sustainable construction solutions by utilizing abundant waste materials and minimizing the exploitation of natural resources.

Palavras-chave: Aerated concrete; Rice husk ash (RHA); Sustainability; Foaming agent; Alternative materials

1 INTRODUÇÃO

O concreto aerado (CA) é um material de baixa densidade, constituído por uma matriz composta de cimento, areia ou pozolanas, água e um agente espumante (ou gerador de gás), responsável por formar uma estrutura porosa homogênea (Liu, 2024). Essa característica confere ao material uma série de benefícios, como boa resistência mecânica, durabilidade, versatilidade, resistência a ciclos de gelo e degelo, entre outros (Sherin et al., 2018), tornando-o uma alternativa promissora na construção civil. Sua facilidade de moldagem e adaptação a diferentes geometrias, somada à baixa necessidade de manutenção e elevada resistência ao fogo, o transforma em um material multifuncional e tecnicamente vantajoso.

Diante das vantagens apresentadas pelo CA, torna-se pertinente refletir sobre os impactos e desafios relacionados ao uso de materiais convencionais na construção civil, especialmente em um contexto de crescente preocupação ambiental. A busca por alternativas mais sustentáveis, que reduzam a exploração de recursos naturais e o descarte inadequado de resíduos, é essencial para o desenvolvimento de soluções construtivas alinhadas às demandas ambientais e sociais contemporâneas (Vrânceanu, et al. 2020). Nesse sentido, as próximas seções abordam, primeiramente, os desafios ambientais associados à extração de insumos e à geração de resíduos, e, posteriormente, discutem a viabilidade do aproveitamento de subprodutos agrícolas como solução técnica e ambientalmente vantajosa na produção de CA.

1.1 Desafios ambientais

Desde os primórdios da organização social humana, as edificações tornaram-se elementos essenciais para a constituição de comunidades e cidades. Nesse contexto, a construção civil passou a desempenhar um papel central no desenvolvimento urbano e na resolução de diversas demandas sociais. Para a realização de obras civis, são necessários insumos básicos como água, aglomerantes e agregados — materiais indispensáveis para a produção de concretos e argamassas, os quais sustentam a infraestrutura das sociedades modernas (Neville, 1997).

A obtenção de agregados naturais, como areia, brita e seixos, exige sua extração direta do meio ambiente, o que implica em significativos impactos ecológicos. Estudos como o de Pinheiro et al. (2018) analisam dois pontos de vista sobre a mineração de areia: de um lado, seu potencial benefício socioeconômico para comunidades locais; de outro, os danos ambientais gerados. A pesquisa conclui que a atividade mineradora não promove, de fato, um desenvolvimento sustentável nessas regiões, podendo, ao contrário, comprometer a qualidade de vida da população. Diante dessa problemática, torna-se urgente a busca por alternativas mais sustentáveis e economicamente viáveis, que conciliam desenvolvimento com preservação ambiental.

Além disso, o descarte inadequado de resíduos agrícolas contribui para a degradação ambiental e pode causar doenças respiratórias na população (Bezerra et al., 2011). No caso específico da casca de arroz, antes de ser descartada como Resíduo da Casca de Arroz Queimada (RCCA), ela passa pelo processo de queima. Segundo Maffioletti e Neto (2013), a casca de arroz é uma das melhores fontes para geração de energia renovável quando utilizada como combustível, além de possuir outras aplicações. No entanto, aproximadamente 20% da casca de arroz se transforma em RCCA após a queima, considerando que a casca representa cerca de 20% do peso do grão de arroz (Pouey, 2006).

Para efeito de comparação, a produção mundial de arroz em 2023 foi de aproximadamente 800 milhões de toneladas colhidas, cultivadas em 168.4 milhões de

hectares (Silva et al., 2025). Esse cenário evidencia o enorme volume de RCCA gerado globalmente. A Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM, 2011) determina que as empresas devem elaborar planos para o destino final adequado da RCCA, seja por meio de sua reutilização em outras aplicações ou pelo descarte em aterros sanitários apropriados. Contudo, segundo Hoffmann et al. (2020), grande parte do RCCA não aplicado permanece sem uma destinação ambientalmente correta. A falta de valor econômico atribuído a esses subprodutos estimula práticas inadequadas de descarte, que são, em geral, financeiramente mais atrativas e menos burocráticas.

1.2 Possibilidade de solução

Diante dos desafios ambientais apresentados, o CA surge como uma alternativa promissora para o desenvolvimento de materiais leves e resistentes. Uma das vantagens desse material é a possibilidade de utilizar rejeitos industriais e agrícolas como componentes parciais ou totais do aglomerante, agregando valor a resíduos que até então eram descartados sem aproveitamento ou causavam danos ao meio ambiente. Essa reutilização contribui para a redução da poluição do solo e minimiza a necessidade de exploração de recursos naturais, como a extração de minerais para aglomerantes, promovendo, assim, uma construção civil mais sustentável.

Em consonância com essa perspectiva, este trabalho se baseia em estudos como os de Ali (2021), Ludwig (2014) e Bezerra (2011), que abordam a aplicabilidade da RCCA na produção parcial de concreto como aglomerante. Contudo, ressalta-se a importância do controle rigoroso na produção da RCCA para garantir suas propriedades pozolânicas. Na ausência desse controle, podem ocorrer alterações nas características físico-químicas da RCCA, resultando em comportamentos imprevisíveis no desempenho final dos blocos. Entretanto, considerando que não é imprescindível que o material utilizado atue como um agregado pozolânico neste estudo, a variabilidade na manufatura da RCCA não deve impactar significativamente os resultados da pesquisa.

Este artigo tem como objetivo fabricar blocos de CA substituindo o agregado convencionalmente utilizado, a areia, pela RCCA. Para isso, serão produzidos e comparados dois traços com a mesma composição básica, diferenciando-se apenas no agente expansor empregado. A análise será centrada nos resultados de crescimento, distribuição das bolhas formadas e na resistência mecânica do material desenvolvido, avaliando o desempenho de diferentes aditivos químicos, como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o alumínio (Al) de alta pureza, sob agitação mecânica.

2 METODOLOGIA

Com o intuito de garantir a reproduzibilidade dos resultados, esta seção descreve detalhadamente os equipamentos e materiais utilizados, bem como os procedimentos adotados para a produção, cura e ensaio dos blocos de CA com uso do RCCA como agregado. O experimento foi conduzido em etapas sequenciais, desde a preparação dos moldes até a análise de poros e resistência mecânica, a fim de assegurar controle sobre as variáveis envolvidas e permitir a comparação entre os traços produzidos com diferentes agentes expansores.

2.1 Materiais

Foram utilizados como materiais o resíduo agrícola RCCA, cimento Portland, água potável à temperatura ambiente, H_2O_2 a 35% de concentração, Alumínio em pó de alta pureza (Al) e óleo desmoldante. Esses componentes foram selecionados com base em sua viabilidade para a produção de CA, bem como pela disponibilidade e adequação às reações desejadas durante o processo de expansão da mistura.

2.2 Equipamentos

Para a realização dos experimentos, foram utilizados os seguintes equipamentos: uma batedeira doméstica com potência de 625 W e equipada com duas pás metálicas, empregada na homogeneização das misturas; uma balança analítica de alta precisão,

para garantir a exatidão na pesagem dos materiais; uma forma metálica com dimensões de 10x10x10 cm e aberturas laterais, para a moldagem dos corpos de prova; uma máquina de ensaio universal do modelo LLEDA DF22.240D, destinada à realização dos testes de compressão; e o software ImageJ, utilizado para a análise da distribuição dos poros nos blocos produzidos.

2.3 Pesagem e composição

Dado que a quantidade de estudos relacionados à confecção do CA utilizando H_2O_2 como agente espumante ainda é bastante limitada, optou-se por estabelecer um padrão experimental de proporção de mistura. Para isso, foram adotados valores iniciais arbitrários, com o objetivo de obter uma receita base que permitisse o crescimento do corpo de prova até atingir as dimensões de 10x10x10 cm. Durante os testes, a dosagem de H_2O_2 variou entre 16.50 mL e 20 mL, até que se alcançassem resultados satisfatórios. A partir dessas tentativas, definiu-se a proporção de materiais observada na tabela 1 para a produção do traço que foi nomeado como “CP₁”:

Tabela 1 – Proporção de materiais utilizados na composição do CP₁

Componente	Quantidade
RCCA	171g
Cimento	150g
Água	337.70ml
H_2O_2 (35%)	16.50 mL ~ 20ml

Obs.: É importante ressaltar que deve-se ter uma atenção especial ao peróxido de hidrogênio, pois sua decomposição pode começar a ocorrer caso seja exposto à luz por muito tempo (Mattos et al., 2002). Com isso, recomenda-se que o H_2O_2 seja pesado por último, de modo que já seja utilizado logo em seguida ou, armazenado em local protegido da luz e do calor.

Com isto, partindo da receita definida anteriormente, produziu-se o novo traço denominado “CP₂”, no qual o H_2O_2 foi substituído por Al. Para garantir que os corpos de prova mantivessem as mesmas dimensões finais, foram necessários ajustes tanto na quantidade de água, de modo a compensar as variações decorrentes da

diferença na dosagem de peróxido de hidrogênio aplicada. Desta forma, as medidas utilizadas na composição do CP₂ foram:

Tabela 2 – Proporção de materiais utilizados na composição do CP₂

Componente	Quantidade
RCCA	171g
Cimento	150g
Água	337.70mL ~348.15mL
Al	3g

2.4 Produção

A produção da mistura exige o cumprimento rigoroso da ordem dos procedimentos, uma vez que a reação de expansão pode ser iniciada prematuramente caso as etapas não sejam seguidas adequadamente. Assim, torna-se fundamental respeitar a sequência de adição dos materiais para garantir o controle da reação e a homogeneidade da mistura.

2.4.1 Preparo do recipiente

Antes da realização das misturas, é necessário aplicar desmoldante na forma metálica, a fim de evitar a aderência do concreto às suas paredes. A possibilidade de utilizar forro plástico para cobrir as áreas de contato foi considerada; no entanto, essa alternativa foi descartada em virtude das irregularidades que poderiam surgir no revestimento do molde devido à deformação do plástico. Assim, optou-se pela aplicação do desmoldante com o auxílio de um pincel, cobrindo uniformemente toda a superfície de contato entre o concreto e o molde. A quantidade aplicada foi ajustada conforme a necessidade, assegurando uma cobertura eficaz.

2.4.2 Preparo do agregado

O procedimento de mistura, comum a ambos os traços, consistiu inicialmente na combinação da RCCA com a água em um recipiente adequado. Considerando que

uma das principais características da RCCA é sua elevada capacidade de absorção de água, a pasta foi misturada por aproximadamente 8 minutos em batedeira doméstica. Durante esse processo, observou-se a liberação gradual da água incorporada, ocorrendo simultaneamente com uma redução significativa no volume da RCCA, indicando o início da homogeneização adequada da mistura.

2.4.3 Fase de homogeneização

Com a pasta inicial obtida, adicionou-se o cimento à mistura, promovendo a homogeneização até atingir a completa uniformidade da massa. Em seguida, foi incorporado o agente espumante correspondente a cada traço experimental. Nesta etapa, observou-se uma distinção entre os traços quanto ao tempo de preparo: o CP₁ foi misturado por 25 segundos, enquanto o CP₂ exigiu 50 segundos, ambos com uma margem de erro de ± 3 segundos. Finalizado o tempo de mistura, a massa foi imediatamente transferida para a forma previamente preparada para o crescimento do corpo de prova.

2.5 Fase de pega

De maneira a evitar interferência externa durante a fase de pega (período em que o material passa do estado moldável para o rígido), o bloco foi mantido em ambiente arejado, porém protegido de correntes de ar, umidade excessiva e vibrações.

2.6 Secagem e rompimento

Após 24 horas da moldagem dos blocos, as laterais da fôrma metálica foram removidas cuidadosamente, permitindo a retirada dos corpos de prova sem gerar atrito que pudesse ocasionar esforços de cisalhamento em suas superfícies. Em seguida, os blocos foram acondicionados em ambiente de cura, onde permaneceram por um período de 28 dias até a realização do ensaio de compressão na máquina de ensaio universal.

2.6 Análise de poros

Com o objetivo de avaliar a distribuição dos poros ao longo do corpo de prova, cada bloco foi seccionado em quatro partes. As imagens obtidas dessas seções foram posteriormente analisadas por meio do software ImageJ, permitindo a quantificação e caracterização da porosidade presente no material.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

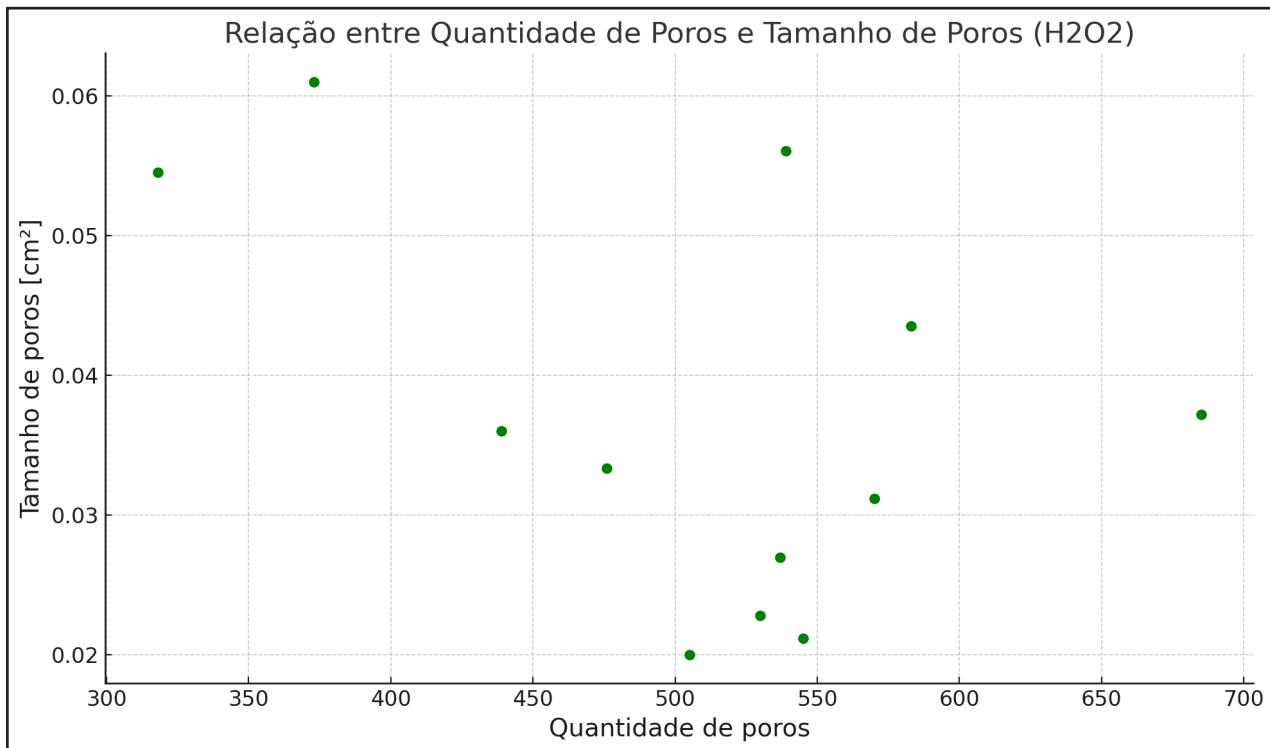
A partir dos procedimentos experimentais realizados, foram obtidos dados referentes ao crescimento dos corpos de prova, distribuição de poros e resistência mecânica à compressão. As amostras foram avaliadas de forma comparativa com base nos diferentes agentes expansores utilizados, observando-se as propriedades físico-químicas e a trabalhabilidade das misturas. A seguir, são apresentados e discutidos os principais resultados obtidos.

3.1 Crescimento e análise de poros

Em ambos os traços CP₁ e CP₂, foi notado o crescimento proporcionado pela distribuição das bolhas geradas, da mesma forma que evidenciou-se sua variabilidade de altura alcançada.

3.1.1 Crescimento e análise de poros CP₁

Usando o Imagej, foi analisada a distribuição de poros do CP₁ expressado na Figura 1, em que o eixo vertical é mostrado o tamanho médio de poros em cm², e o eixo horizontal a respectiva quantidade de poros. Nota-se a variação de tamanho e quantidade de poros, resultando em tamanhos distintos do CA, acredita-se que a temperatura e variação na dosagem do peróxido tenha sido a causa direta deste registro. Experimentalmente é notada a reação exagerada dada ao excesso de H₂O₂ em misturas com a maior quantidade culminando na coalescência da estrutura, e a não linearidade do crescimento com o acréscimo do agente expansor (Shi, et al. 2020).

Figura 1 – Media X Poros CP₁

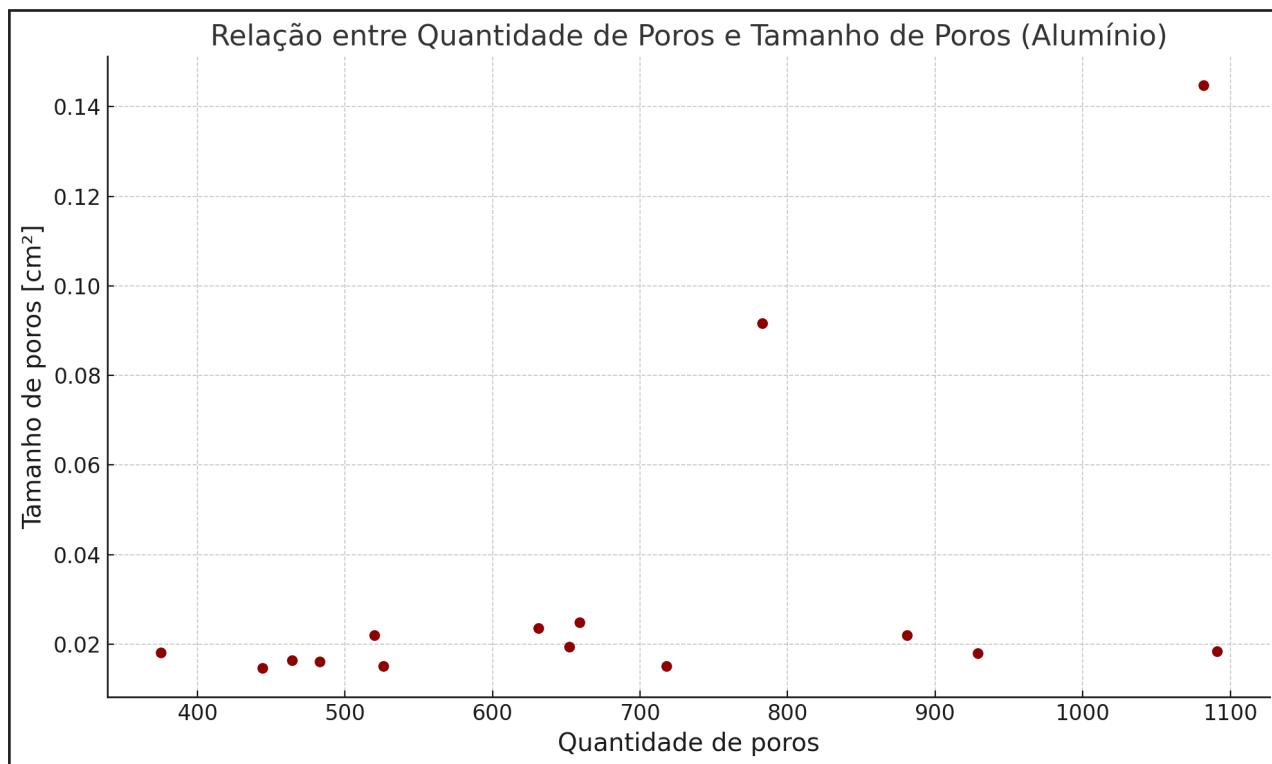
Fonte: autores

Além disso, ao se estabilizar a dosagem do reagente em 16.5 mL, é notada a padronização da quantidade de poros (Figura 1), onde sua variabilidade agora atua sobre o tamanho da área das bolhas formadas. Este efeito está intimamente ligado ao grau de reatividade do H₂O₂, que se altera conforme o aumento de pH e temperatura da mistura (Shi, et al. 2020).

3.1.2 Crescimento e análise de poros CP₂

De maneira similar a análise feita ao CP₁, foi feita para o CP₂. Ao aumentar a quantidade de água, é notado o aumento da quantidade de poros (figura 2) assim como sua expansão. A utilização do Al como agente expansor culmina na presença de pequenos poros circulares, contudo o aumento da dosagem ou zonas mal homogeneizadas do Al, faz com que seja gerado bolhas e elas se conectem, ocorrendo então zonas porosas que atuam como um único grande poro, fragilizando a matriz (Chen, et al. 2025).

Figura 2 – Media X Poros CP₂



Fonte: autores

3.2 Resistência

Com o objetivo de avaliar a resistência mecânica à compressão, as amostras CP₁, apresentaram uma resistência de aproximadamente 0.8 MPa, considerando a área média de contato de 65 cm², após 28 dias de cura. De forma semelhante, os traços CP₂ atingiram resistência mecânica próxima a 0.8 MPa, considerando uma área de contato de 50 cm² no mesmo período de cura.

Como referência, blocos de CA sem autoclavagem apresentam resistência média de cerca de 0.1 MPa, enquanto a autoclavagem industrial a 12 atmosferas de pressão e 180°C por 7 horas eleva essa resistência para aproximadamente 2.5 MPa. Ressalta-se que não são o H₂O₂ nem o Al que conferem diretamente a resistência, mas sim o RCCA, responsável pela reação e estruturação do material. A indústria tradicional também utiliza Al como agente expansor, mas o papel fundamental do RCCA neste estudo evidencia

seu potencial na melhoria das propriedades mecânicas. A partir de uma estimativa matemática, espera-se um aumento de até 8 vezes na resistência mecânica, podendo alcançar cerca de 20 MPa com a aplicação do processo de autoclavagem. Embora esta hipótese seja promissora, sua validação depende da realização dos experimentos em escala industrial. De qualquer forma, os resultados preliminares demonstram um significativo aumento da resistência mecânica devido à incorporação do RCCA.

Para aprofundar o entendimento do processo, experimentos com secagem aos 7, 14, 21 e 28 dias são a serem realizados ao longo do estudo para observar a evolução da resistência.

3.3 Trabalhabilidade

Após os testes, foi notada a boa trabalhabilidade da massa analogamente ao que já expressado por Silva em 2015, que relatou a melhora da trabalhabilidade quando comparado com o CA e o concreto comum. Visto que a inclusão ar resulta em maiores áreas de vazios em sua pasta aprimorando então sua fluidez (Silva, 2015), (Breda, 2012).

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo destacam o potencial técnico e ambiental do uso da cinza da casca de arroz (RCCA) na formulação de concretos aerados sustentáveis. A incorporação do RCCA, associada a diferentes agentes expansores (peróxido de hidrogênio e alumínio), possibilitou a formação de uma matriz porosa com distribuição controlada de bolhas e resistência mecânica à compressão significativamente superior à de blocos de concreto aerado não autoclavados.

As amostras CP₁ e CP₂ apresentaram resistência média de aproximadamente 0.8 MPa após 28 dias de cura em condições ambiente, valor oito vezes maior do que o típico 0.1 MPa observado em concretos aerados convencionais sem autoclavagem. Este desempenho é expressivo, principalmente considerando que o processo empregado não envolveu qualquer tratamento térmico pressurizado, o que evidencia a eficácia

estrutural do RCCA como elemento funcional da matriz cimentícia, e não apenas como um substituto inerte de agregado miúdo.

Com base em uma estimativa matemática fundamentada nos ganhos obtidos por autoclavagem na indústria tradicional, projeta-se que, sob condições de cura em autoclave (pressão de 12 atm e temperatura de 180 °C por 7 horas), as amostras com RCCA poderiam atingir resistências na faixa de até 20 MPa — um salto de cerca de 25 vezes em relação ao material convencional não autoclavado. Essa projeção, embora teórica, é compatível com estudos prévios sobre o comportamento de concretos aerados submetidos a autoclavagem, e sugere um potencial revolucionário para materiais leves e sustentáveis na construção civil.

Além do ganho estrutural, destaca-se a boa trabalhabilidade das misturas, o que facilita sua aplicação em moldagens e produção em larga escala. A fluidez observada está de acordo com a literatura, sendo atribuída à incorporação de ar e à morfologia dos vazios gerados, que favorecem o comportamento reológico da pasta.

Assim, o presente estudo não apenas propõe uma rota sustentável para o reaproveitamento de resíduos agroindustriais como também aponta caminhos viáveis para a produção de concretos aerados com alto desempenho mecânico. A continuação da pesquisa, com experimentos em escala industrial e aplicação efetiva do processo de autoclavagem, será fundamental para validar essa hipótese e consolidar a tecnologia como uma alternativa concreta e sustentável para a construção civil.

REFERÊNCIAS

ALI, T.; SAAND, A.; BANGWAR, D. K.; BULLER, A. S.; AHMED, Z. **Mechanical and durability properties of aerated concrete incorporating rice husk ash (RHA) as partial replacement of cement.** Crystals, [s.l.], v. 11, n. 6, p. 604, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4352/11/6/604>. Acesso em: 27 jul. 2025. DOI 10.3390/crust11060604.

BEZERRA, I. M. T. et al. 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, jun. 2011.

BREDA, C. F. **Concreto celular espumoso moldado no local: identificação dos incentivos e obstáculos enfrentados pelas empresas construtoras para a implementação do método construtivo.** 2012. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

CHEN, C.; LIU, X.; WANG, X.; JIU, S.; CHEN, Y.; LIU, Y. Development of sustainable non-autoclaved aerated concrete: influence of aluminium powder on mechanical properties and pore structure of geopolymers based on rockwool furnace bottom slag waste. **Construction and Building Materials**, [s.l.], v. 472, p. 140957, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061825011055>. Acesso em: 27 jul. 2025. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2025.140957.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUÍS ROESSLER – FEPAM. Diretriz técnica nº 002/2011 – Gestão de resíduos caracterizados como casca de arroz e cinzas resultantes do processo de queima da casca. Porto Alegre: **FEPAM**, 2011. Disponível em: https://ww3.fepam.rs.gov.br/central/diretrizes/Diret_Tec_02_2011.pdf.

HOFFMANN, R.; JAHN, S. L.; BAVARESCO, M.; SARTORI, T. C. **Aproveitamento da cinza produzida na combustão da casca de arroz: estado da arte.** In: Universidade Federal De Santa Maria. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Santa Maria: UFSM, [2020]. p. 1–14.

LIU, Y.; ZHAO, Z.; AMIN, M. N.; AHMED, B.; KHAN, K.; ARIFEEN, S. U.; ALTHOEY, F. Foam concrete for lightweight construction applications: a comprehensive review of the research development and material characteristics. **Reviews on Advanced Materials Science**, [s.l.], v. 63, n. 20240022, p. 1–26, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/rams-2024-0022>. Acesso em: 27 jul. 2025. DOI 10.1515/rams-2024-0022.

LUDWIG, D. G. **Concreto com adição de cinza de casca de arroz.** 2014. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2014.

MAFFIOLETTI, J.; MOTA NETO, J. Geração de energia elétrica com uso de casca de arroz. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 49–59, jan./jun. 2013.

MATTOS, I. L.; SHIRASHI, K. A.; BRAZ, A. D.; FERNANDES, J. R. Peróxido de hidrogênio: importância e determinação. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 373–380, maio/jun. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/pmvCvdFd9h5GtX5SBS4ZdgH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 jul. 2025.

NEVILLE, A. M. **Tecnologia do concreto.** 2. ed. São Paulo: Bookman, 1997.

PINHEIRO, C. S. S.; MENDES, R. L. R.; OLIVEIRA, M. J. Impactos socioambientais causados pela extração de areia e seixo em Porto Grande/AP e sua relação com o desenvolvimento local. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 15, n. 1, p. 152–166, jan./abr. 2019. Disponível em: <http://www.rbgdr.net>. Acesso em: 27 jul. 2025.

POUEY, M. T. F. **Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico.** 2006. 379 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SHERIN, K.; SAURABH, J. K. Review of Autoclaved Aerated Concrete: advantages and disadvantages. **Proceedings of National Conference: Advanced Structures, Materials and Methodology in Civil Engineering** – ASMMCE, Vidisha, v. 1, p. 35–39, nov. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/329013600>. Acesso em: 27 jul. 2025.

SHI, J.; LIU, B.; LIU, Y.; WANG, E.; HE, Z.; XU, H.; REN, X. Preparation and characterization of lightweight aggregate foamed geopolymers aerated using hydrogen peroxide. **Construction and Building Materials**, [s.l.], v. 256, p. 119442, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820314471>. Acesso em: 27 jul. 2025. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2020.119442.

SILVA, C. A. O. **Estudo de dosagem e avaliação de concreto celular com fins estruturais**. 2015. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Estruturas) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. Estatística de produção. **Embrapa Arroz e Feijão**, 15 abr. 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/pre-producao/socioeconomia/estatistica-de-producao>. Acesso em: 27 jul. 2025.

VRÂNCEANU, T.; COMĂNIȚĂ UNGUREANU, E.-D.; LAZĂR COŞBUC, E.; COZMA, P.; TUDORACHE, D. I.; GAVRILESCU, D.-A.; GAVRILESCU, M. Sustainable alternatives for hazardous waste management. Annals of the Academy of Romanian Scientists. **Series on Physics and Chemistry**, Bucareste, v. 5, n. 2, p. 93–108, jan. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/364750447>. Acesso em: 27 jul. 2025. DOI: 10.56082/annalsarsciphyschem.2020.2.93.

Como citar este artigo

OLIVEIRA, M. P. de; BOITA, J.; LAMBERTI, L. A.; QUADROS, G. R. de; VIEIRA, M. C. C.; FRIEDRICH, L.; BROMIRSKY, A. B.; NERES, M. A. C.; EBANI, P. R.; LOPES, L. D. Concreto sustentável: transformando resíduos em soluções inovadoras. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 47, esp. 4, e92221, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X92221>.