ISSN: 2358-8829

DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITO CIMENTÍCIO SUSTENTÁVEL A PARTIR DE RESÍDUOS DOMÉSTICOS NO ENSINO DE QUÍMICA

Steffy Kelly da Silva Lima [1]
Thayllan Teixeira Bezerra [2]
Cristiane Maria Sampaio Forte [3]

INTRODUÇÃO

O cimento Portland é o material mais poluentes da indústria civil: para cada tonelada fabricada, são emitidos entre 800-900 kg de dióxido de carbono (CO_2) pela calcinação do calcário ($CaCO_3$) e queima de combustíveis fósseis em fornos (Aquino, 2024). Esse impacto faz com que a indústria do cimento seja responsável por 7 a 8% das emissões globais de gases de efeito estufa.

No Brasil, cerca de 65% dos municípios ainda destinam seus resíduos sólidos de forma inadequada, o que gera poluição do solo, da água e do ar, além de favorecer a proliferação de doenças relacionadas ao acúmulo de resíduos (Gomes; Belém, 2022). No Ceará, essa realidade se reflete de forma ainda mais intensa devido à vulnerabilidade climática e à geração crescente de resíduos agrícolas e urbanos.

Portanto, torna-se urgente repensar os materiais da construção civil, alinhando inovação, sustentabilidade e valorização dos resíduos. Pesquisas apontam que resíduos agrícolas e domésticos, como pó de café, cascas de ovos e fibras vegetais, podem atuar como pozolanas, agregados leves ou reforços, contribuindo para a redução da extração de recursos naturais e para o aproveitamento de rejeitos em novas cadeias produtivas (Rezende et al., 2016; Oluyinka et al., 2022).

Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo desenvolver um compósito cimentício alternativo, a partir de resíduos domésticos e agrícolas comuns. Como objetivos específicos, buscou-se analisar o potencial de resíduos como pó de café, sementes de maracujá, cascas de ovo e fibras vegetais na formulação de um

[1] Graduanda do Curso de Química da Universidade Estadual do Ceará - UECE, steffy.kelly@aluno.uece.br;
[2] Doutor em Química, Universidade Federal do Ceará - UFC, thayllan.bezerra@prof.ce.gov.br;
[3] Doutora em Química, Universidade Federal do Ceará - UFC, cristiane.forte@uece.br.

ISSN: 2358-8829

cimento alternativo; avaliar a coesão, leveza e possíveis aplicações não estruturais do material produzido; relacionar o desenvolvimento do compósito aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 11, 12 e 13); estimular a educação ambiental e a conscientização sobre o reaproveitamento do lixo doméstico como estratégia científica e cidadã. Essa pesquisa foi realizada em parceria com um grupo de estudantes do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública, no âmbito das atividades do PIBID/UECE, Núcleo de Química/CCT.

METODOLOGIA

Inicialmente, os tijolos e telhas quebrados foram triturados, moídos e peneirados até a granulometria fina, atuando como pozolana. As cascas de ovo foram lavadas, fervidas, secas em estufa a 100 °C, moídas e peneiradas para obtenção de $CaCO_3$ em pó. O pó de café usado foi coletado, lavado, fervido, seco e mineralizado em solução de cal, enquanto as sementes de maracujá foram lavadas, secas em estufa (80–100 °C), trituradas em partículas de 1–3 mm e igualmente tratadas em cal. As fibras vegetais (banana, laranja e milho) foram lavadas, cortadas em fragmentos de 10–15 mm, submetidas a solução de cal 1% por 30 minutos, enxaguadas e secas. O ligante foi então formulado com 60 g de cal hidratada, 20 g de pozolana de tijolos moídos, 20 g de pó de casca de ovo e 5 g de cola branca PVA como aditivo. Em seguida, foram adicionados 270 g de areia lavada, 15 g de pó de café, 15 g de sementes de maracujá e 0,5 g de fibras vegetais, homogeneizando-se a mistura com 50 mL de água até atingir consistência plástica. A massa obtida foi moldada em cubos e vasos pequenos, mantida coberta por 24 horas para evitar secagem brusca e, posteriormente, submetida a cura lenta em ambiente ventilado, com borrifos diários de água para favorecer a reação de carbonatação da cal e a reação pozolânica do material cerâmico moído.

REFERENCIAL TEÓRICO

O cimento Portland, embora seja predominante na construção civil, vem sendo objeto de inúmeras pesquisas que buscam alternativas mais sustentáveis, principalmente por meio da substituição parcial de insumos convencionais por resíduos e biomassas. O conceito central dessas iniciativas está na reação pozolânica, em que materiais ricos em sílica e alumina amorfas (presentes em resíduos como cinzas vegetais, tijolos e telhas moídas) reagem com hidróxido de cálcio em meio aquoso, formando compostos

hidratados do tipo C-S-H (silicatos de cálcio hidratados) e C-A-H (aluminatos de cálcio hidratados), responsáveis pela resistência mecânica da matriz cimentícia (Aquino, 2024).

Nesse sentido, pesquisas recentes apontam que a valorização de resíduos agroindustriais e domésticos é uma via promissora para desenvolver compósitos alternativos. Oluyinka et al. (2022) destacam que biomassas residuais incluindo cascas, fibras e sementes apresentam potencial como agregados leves e fontes reativas para matrizes de cimento e cal, favorecendo a durabilidade e reduzindo a extração de recursos naturais. Do mesmo modo, Yusuf et al. (2022) demonstraram que resíduos de café, quando incorporados a argamassas, contribuem para reduzir a densidade e aumentar a característica sustentável do material, ainda que demandem controle para manter a resistência mecânica adequada.

Além dos resíduos vegetais, insumos inorgânicos como as cascas de ovo têm sido estudados como substitutos parciais do carbonato de cálcio utilizado na produção de ligantes. Por sua elevada composição de $CaCO_3$, o material atua como filler, preenchendo poros e aumentando a compactação do compósito (Rezende et al., 2016). O reaproveitamento de resíduos cerâmicos (tijolos e telhas moídos) também se destaca, pois a sílica amorfa (SiO_2) presente em sua estrutura favorece reações pozolânicas que aumentam a resistência ao longo prazo (SNIC, 2022).

A inserção de fibras vegetais (como as de banana, milho e laranja) confere maior tenacidade e resistência à fissuração, comportamento já registrado em estudos sobre o uso de reforços lignocelulósicos em materiais cimentícios (Rezende et al., 2016). Tais fibras funcionam como “microarmaduras”, capazes de restringir a propagação de trincas e dar maior ductilidade ao material.

Por fim, o conceito de upcycling aplicado a resíduos domésticos reforça a proposta de transformar rejeitos em insumos de valor agregado, em vez de destiná-los a aterros. Essa perspectiva está diretamente alinhada à economia circular e à química verde, que buscam conciliar inovação tecnológica, redução de impactos ambientais e educação ambiental. Assim, o desenvolvimento de um cimento alternativo a partir de resíduos comuns do cotidiano encontra respaldo científico e prático como estratégia para aproximar ciência, sustentabilidade e realidade social.

ISSN: 2358-8829

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O compósito produzido apresentou boa coesão inicial e trabalhabilidade adequada, possibilitando a moldagem em pequenos corpos de prova. Após 24 horas de cura, os materiais demonstraram firmeza suficiente para manuseio, confirmando o efeito positivo da cola PVA, que aumentou a aderência entre as partículas e reduziu o esfarelamento. Esse comportamento é consistente com estudos que apontam a eficácia de aditivos poliméricos no aumento da tenacidade e da resistência superficial de compósitos cimentícios (Assaad, 2018).

A adição de pó de café usado e sementes de maracujá resultou em um material de menor densidade aparente, tornando-o mais leve em comparação a argamassas convencionais. Esse efeito é relevante para aplicações em elementos não estruturais, como vasos e placas decorativas. Contudo, observou-se também um aumento da porosidade, o que pode implicar em menor resistência mecânica. Estudos semelhantes indicam que resíduos agrícolas, como cascas de café e fibras vegetais, reduzem a densidade, mas podem comprometer a resistência dependendo da proporção incorporada (Yusuf et al., 2022; Oluyinka et al., 2022).

As fibras vegetais de banana, milho e laranja atuaram como reforço, dificultando a propagação de fissuras e proporcionando maior tenacidade ao compósito. Esse comportamento já foi descrito em pesquisas sobre o uso de fibras naturais, que apontam melhoria na resistência à fissuração e no desempenho em tração (Rezende et al., 2016).

A presença de pozolana de tijolos moídos e cascas de ovo em pó foi essencial para a estabilização do compósito. Os resíduos cerâmicos atuaram na reação pozolânica, reagindo com o hidróxido de cálcio liberado pela cal e formando compostos hidratados (C-S-H e C-A-H) que aumentam a resistência ao longo do tempo (Aquino, 2024). As cascas de ovo, ricas em carbonato de cálcio, contribuíram como filler, preenchendo vazios e reduzindo a porosidade, efeito também relatado em pesquisas de valorização de resíduos inorgânicos em compósitos cimentícios (SNIC, 2022).

Do ponto de vista ambiental e social, o projeto associa o reaproveitamento de resíduos domésticos à redução potencial de emissões de gases do efeito estufa. Em termos teóricos, a substituição parcial de 30% do cimento Portland por compósitos alternativos poderia reduzir em torno de 255 kg de CO_2 por tonelada de material. Essa estimativa está alinhada com discussões internacionais sobre a necessidade de reduzir a intensidade de carbono na indústria do cimento (SNIC, 2022; Aquino, 2024).

Assim, os resultados confirmam a viabilidade do compósito para aplicações não estruturais, destacando seu caráter inovador no contexto educacional e científico. Além disso, o projeto reforça o papel da educação ambiental e da química verde como instrumentos para promover os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 11, 12 e 13).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do compósito cimentício alternativo demonstrou que é possível unir ciência, inovação e sustentabilidade em uma proposta simples e de grande impacto educacional. A incorporação de resíduos domésticos e agrícolas como pó de café, sementes de maracujá, cascas de ovo e fibras vegetais aliados à cal e à pozolana de tijolos, resultou em um material de boa coesão, menor densidade e potencial de aplicação em elementos não estruturais, como vasos e placas decorativas.

Do ponto de vista social e econômico, a proposta mostra-se viável por utilizar resíduos de baixo custo e facilmente disponíveis no cotidiano, aproximando a ciência da realidade local e promovendo educação ambiental. A experiência prática realizada em ambiente escolar reforça o papel da química verde e da economia circular como caminhos para formar cidadãos conscientes e capazes de propor soluções inovadoras para desafios globais.

Assim, o projeto contribui para a construção de alternativas de baixo impacto ambiental, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 11, 12 e 13) e a Educação Ambiental. Mais do que um produto, este trabalho representa uma proposta de reflexão e transformação, mostrando que da cozinha e do lixo podem nascer ideias capazes de construir um futuro mais sustentável.

Palavras-chave: Cimento Portland, sustentabilidade, educação ambiental, Pibid Química.

AGRADECIMENTOS

Como bolsista do PIBID/UECE, Núcleo de Química/CCT, gostaria de agradecer ao professor supervisor Thayllan Teixeira Bezerra pela oportunidade de participação em atividades tão enriquecedoras como o desenvolvimento deste trabalho, à professora

Cristiane Maria Sampaio Forte, coordenadora de área, pelo constante apoio, e à CAPES pelo auxílio financeiro concedido.

REFERÊNCIAS

AQUINO, M. S. A. A indústria do cimento como alternativa sustentável para destinação final dos resíduos recicláveis da construção civil. 2024. **Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná,** Curitiba, 2024.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

GOMES, A. O. S.; BELÉM, M. O. O lixo como um fator de risco à saúde pública na cidade de Fortaleza, Ceará. **Sanare**, Sobral, v. 21, n. 1, p. 21-28, 2022. Disponível em: https://sanare.emnuvens.com.br/sanare/article/view/1543. Acesso em: 27 ago. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

OLUYINKA, O. A. et al. Recapitulating potential environmental and industrial applications of biomass wastes. **Journal of Material Cycles and Waste Management,** v. 24, p. 2089-2107, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s10163-022-01473-y.

REZENDE, L. P. et al. Sustentabilidade: evitando a produção do lixo doméstico e contribuindo para o meio ambiente. **Revista de Gestão Sustentável Ambiental,** Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 814-828, 2016/2017. DOI: https://doi.org/10.19177/rgsa.v5e22016814-828.

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório de Sustentabilidade 2022. São Paulo: SNIC, 2022 .

YUSUF, M. O. et al. Strength and microstructure of coffee silverskin blended mortar. **Recycling,** v. 7, n. 4, p. 59, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/recycling7040059.