

DESIGN SUSTENTÁVEL E INOVAÇÃO SOCIAL: novas abordagens para a gestão de resíduos sólidos

SUSTAINABLE DESIGN AND SOCIAL INNOVATION: new approaches to solid waste management

SILVA, Eduarda David Marques da; Mestranda; Universidade Federal do Maranhão

eduarda.david@discente.ufma.br

SANTOS, Denilson Moreira; Doutor; Universidade Federal do Maranhão

denilson.santos@ufma.br

SILVA, Inez Maria Leite da; Doutora; Universidade Federal do Maranhão

inez.silva@ufma.br

FERNANDES, Fabiane Rodrigues; Doutora; Universidade Federal do Maranhão

fabiane.fernandes@ufma.br

Resumo

No cenário atual, o design sustentável, a inovação social e a reutilização dos resíduos sólidos se inter-relacionam em busca da promoção de práticas socialmente responsáveis. Nesse contexto, este artigo evidencia a importância da sustentabilidade no design e na gestão de resíduos sólidos, especialmente no setor da construção civil, devido aos seus impactos ambientais significativos. Este artigo está estruturado da seguinte forma: (1) Introdução; (2) Referencial teórico; (3) Metodologia; (4) Resultados; e (5) Conclusões. Através de uma revisão assistemática da literatura, foram levantadas e analisadas abordagens inovadoras para reutilizar resíduos da construção civil (RCC) na produção de novos materiais, demonstrando sua viabilidade técnica e benefícios ambientais. A metodologia descritiva, aliada a estudos de caso, traz como resultados pesquisas que objetivam difundir e ampliar o conhecimento sobre a reutilização de RCC para reduzir os impactos ambientais, promovendo práticas sustentáveis e inovadoras no setor da construção civil.

Palavras-chave: design sustentável; inovação social; resíduos sólidos.

Abstract

In the contemporary scenario, sustainable design, social innovation, and the reuse of solid waste interrelate in the pursuit of socially responsible practices. In this context, this article highlights the importance of sustainability in design and solid waste management, particularly in the construction sector, due to its significant environmental impacts. This article is structured as follows: (1) Introduction; (2) Theoretical Framework; (3) Methodology; (4) Results; and (5) Conclusions. Through an unsystematic literature review, innovative approaches to reusing construction and demolition waste (CDW) in the production of new materials were identified and analyzed, demonstrating their technical feasibility and environmental benefits. The descriptive methodology, combined with case studies, presents research aiming to disseminate and expand knowledge on the reuse of CDW to reduce environmental impacts, promoting sustainable and innovative practices in the construction

sector.

Keywords: *sustainable design; social innovation; solid waste.*

1 Introdução

Atualmente, a sociedade atravessa um período em que a ênfase na sustentabilidade é de suma importância, especialmente no contexto da gestão responsável dos resíduos sólidos. A destinação apropriada desses resíduos é fundamental, pois, ao serem descartados, coletados ou tratados de maneira inadequada, podem resultar em impactos diretos e indiretos na saúde da população, ao mesmo tempo em que colaboram para a deterioração do meio ambiente. Esta situação destaca a necessidade urgente de estratégias eficazes para abordar os desafios associados à gestão sustentável dos resíduos, visando estabelecer um equilíbrio essencial entre a preservação ambiental e o bem-estar humano (Araújo; Santos, 2018).

Costa (2019) baseia-se no fato de que a consciência ambiental tenha se tornado uma das principais preocupações da atualidade, sendo tema central em diversas discussões e conferências internacionais. A partir desse delineamento, o conceito de sustentabilidade foi gradualmente se solidificando, contribuindo para uma melhor compreensão do tema, sua relevância e suas implicações na sociedade. No entanto, é importante destacar que essa ideologia não se resume apenas à minimização de impactos por meio de uma gestão adequada dos processos ou ao aumento de investimentos em designs mais eficientes e tampouco se limita a uma simples busca pela integração de ideias sustentáveis em projetos. Essa definição vai muito além de uma preocupação superficial com o meio ambiente.

Sustentabilidade é uma abordagem que integra considerações ambientais, sociais e econômicas no planejamento e na tomada de decisões. Os setores industriais devem atualizar seus sistemas de produção e consumo para impulsionar o desenvolvimento econômico. Paralelamente, o design deve integrar a criação de produtos com o mercado de serviços, otimizando processos e minimizando impactos ambientais diversos (Sousa Filho; Zandomenighi, 2021). Além disso, Reis (2019) ressalta que o designer deve atuar com relevância na seleção e aplicação de materiais no desenvolvimento de produtos, portanto, é essencial que ele ofereça alternativas ambientalmente sustentáveis, com baixo impacto ambiental, social e econômico.

Segundo Marques (2019), a prática de consumir e produzir de maneira responsável tem como objetivo, por exemplo, promover a recirculação de produtos em vez de descartá-los, resultando na minimização da produção de resíduos e na redução das emissões de poluentes para o meio ambiente. Dentro dessa circunstância, emerge um dos princípios do design sustentável, cujo objetivo é minimizar os impactos significativos causados pela construção, especialmente durante sua fase de produção.

Neste estudo, objetiva-se compreender o impacto ambiental significativo dos resíduos da construção civil e investigar inovações atuais na gestão desses resíduos. O acúmulo desses materiais em aterros sanitários eleva a demanda por espaços de descarte, resultando na degradação de áreas naturais e na perda de habitats. O descarte inadequado pode contaminar o solo e a água, prejudicando a fauna e a flora locais. Assim, a gestão ineficaz dos resíduos da construção civil representa uma séria ameaça ao meio ambiente, evidenciando a urgência de adotar práticas de construção mais sustentáveis e eficientes em termos de recursos. Por isso, a reutilização e reciclagem de materiais são essenciais para garantir um desenvolvimento urbano que minimize os danos ambientais, promova o uso racional e econômico dos recursos disponíveis, beneficie as

gerações futuras e mitigue a perpetuação dessas práticas nocivas.

2 Referencial teórico

O acelerado crescimento populacional tem provocado e continua a provocar uma série de impactos adversos ao planeta, exacerbando o consumo de recursos naturais e comprometendo sua sustentabilidade. A Revolução Industrial é reconhecida como o ponto de partida para a formação da sociedade moderna, fundamentada no capitalismo. Portanto, a crise contemporânea está intrinsecamente ligada ao estilo de vida e ao sistema econômico predominante, que moldam os costumes e valores da sociedade. Em resposta a essa crise, o desenvolvimento sustentável surge como uma diretriz essencial, enfatizado em várias conferências globais, e se estabelece como um princípio norteador para governos, empresas e organizações, tanto públicas quanto privadas (Alencar *et al.*, 2023). Silveira (2017, p. 8) resume bem esse processo ao mencionar que

[...] muitas conquistas foram alcançadas com o aumento da produção e o desenvolvimento de novas tecnologias, entretanto, o custo foi desproporcional ao benefício, visto que, a retirada irracional de matéria prima, juntamente com o desperdício nos processos produtivos e os resíduos gerados, causou danos irreversíveis ao planeta.

Dessa mesma forma, as transformações no estilo de vida, nos padrões de produção e no consumo, impulsionados pelo desenvolvimento econômico, crescimento populacional, urbanização e avanço tecnológico, têm conduzido a um aumento expressivo na geração de resíduos sólidos. Esse crescimento não se limita apenas em termos de quantidade, mas também em diversidade, sendo mais notável nos centros urbanos. Além do volume crescente, os resíduos gerados atualmente incorporam elementos sintéticos e potencialmente prejudiciais aos ecossistemas e à saúde humana, resultado da integração de novas tecnologias ao cotidiano, afirma Gouveia (2012).

Nesta conjuntura, a proposta de sustentabilidade surge como reação a esses prejuízos ao meio ambiente, como esclarece Silveira (2017, p. 4) ao dizer que

A concepção de sustentabilidade está associada à qualidade do que é sustentável, que por sua vez está associado com a possibilidade de uma determinada atividade humana prosseguir por um tempo indeterminado, portanto sustentabilidade e sustentável estão vinculadas à possibilidade de continuidade das atividades humanas ao longo de um tempo que transcende gerações e gerações. Na gênese desta concepção está também a impossibilidade de estabelecer garantias de que a sustentabilidade vai se manifestar na prática, isto porque a longo prazo ou na medida do tempo indeterminado, muitos fatores são desconhecidos e imprevisíveis, sobretudo considerando também a persistência de um modelo econômico muito focado na produção e no consumo, ainda sem considerar limites.

De acordo com o panorama geral dos resíduos sólidos da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE, referente ao ano de 2022, o total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados no Brasil alcançou aproximadamente 81,8 milhões de toneladas, com uma média diária de 224 mil toneladas. Esses números resultam em uma produção média de cerca de 1,043 kg de resíduos por dia para cada brasileiro. Gouveia (2012) destaca que desde a Rio-92, as questões ambientais se tornaram centrais no debate público, com foco nos efeitos do desenvolvimento em ecossistemas e saúde humana. A busca por soluções para reduzir o impacto ambiental da sociedade intensificou-se, visando preservar a vida na Terra. A conferência Rio+20 reforçou essa discussão, procurando alinhar desenvolvimento econômico com a preservação ecológica.

A implementação de princípios sustentáveis nos estudos em design é essencial para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos e promover um futuro mais sustentável. Um dos maiores desafios ambientais enfrentados hoje é a gestão dos resíduos sólidos. A construção civil,

por exemplo, é responsável por uma quantidade significativa de resíduos que acabam em aterros sanitários, contribuindo para a poluição do solo e da água. Neste enquadramento, percebe-se que o Brasil vivencia um período de crescimento econômico impulsionado pelo setor da construção civil. Esse avanço, ligado ao aumento da urbanização, levanta preocupações ambientais significativas, pois a construção civil é um dos maiores consumidores de recursos naturais e gera impactos ambientais consideráveis, que afetam negativamente o meio ambiente no presente e com estimativas desastrosas a longo prazo (Lima, 2019). Além disso, o descarte inadequado de resíduos sólidos em diversos setores da economia exacerba os problemas ambientais e sanitários. Reduzir a geração de resíduos e encontrar maneiras eficazes de gerenciá-los são tarefas cruciais para mitigar esses impactos. Na tentativa de solucionar esse grande problema, estudos de design com foco em sustentabilidade representam uma parte elementar na redução da produção de resíduos sólidos.

Alencar *et al.* (2023) enfatiza que o cenário atual exige uma revisão urgente dos procedimentos construtivos para promover um desenvolvimento sustentável. A produção excessiva de resíduos na construção civil, seu descarte inadequado e o esgotamento dos recursos naturais destacam a necessidade de soluções rápidas e eficazes para a gestão desses desperdícios. Dessa forma, é oportuno maximizar o aproveitamento desses resíduos por meio da reutilização ou reciclagem, desenvolvendo matérias-primas secundárias e produtos que permitam reduzir a exploração de recursos naturais não renováveis e minimizar os impactos ambientais desse setor.

Nesse sentido, avanços tecnológicos e metodológicos estão transformando a forma como os resíduos sólidos são gerenciados e reutilizados, como mostram estudos desenvolvidos nessa área (Dantas; Dias, 2018; Martins Filho *et al.*, 2019; Lima, 2019; Simioni *et al.*, 2020; Carolino *et al.*, 2021; Maaze; Shrivastava, 2023), os quais propõem o uso de materiais de construção ecológicos e tecnologias de reciclagem avançada em busca de transformar positivamente os impactos advindos da construção civil, além de propor novas abordagens de design, como a economia circular, por promoverem a reutilização contínua de materiais e a redução do desperdício.

O design se insere nesse contexto junto à demanda socioambiental, onde surge a necessidade de desenvolver produtos sustentáveis e promover uma economia de desenvolvimento alternativo (Cavalcante *et al.*, 2012). Com isso, espera-se que o futuro do design sustentável seja promissor, com tendências emergentes e novas tecnologias continuamente ampliando as possibilidades de um impacto positivo.

Projetar com parâmetros sustentáveis implica criar produtos de forma que se reduza o consumo de recursos ambientais e se regenere a qualidade do ambiente em que vivemos. Para progredir rumo ao design sustentável, dois passos principais devem ser seguidos: o primeiro é adotar uma abordagem estratégica no design; o segundo é considerar seriamente os critérios de sustentabilidade (Manzini, 2008).

O design está cada vez mais integrado aos conceitos de desenvolvimento sustentável, inovação e bem-estar social, especialmente diante das exigências do mercado e de uma sociedade mais consciente. Torna-se essencial, para o desenvolvimento de qualquer projeto de produto ou serviço, considerar a análise e o design do ciclo de vida do sistema-produto (Machado; Nunes; Bezerra, 2020). Além disso, a inovação no campo do design pode gerar soluções eficazes para lidar com os resíduos, como o desenvolvimento de materiais biodegradáveis ou a criação de produtos feitos a partir de materiais reciclados. Em resumo, trilhar por esse caminho pode ajudar a reduzir a geração de resíduos e encontrar maneiras mais eficazes de lidar com eles, pois

A inovação no design pode ser criada a partir dos materiais, ou podem ser desenvolvidos novos materiais para atender a determinadas soluções de design. Os materiais são um dos pontos fortes que podem conferir a relação mais adequada entre os recursos ambientais e

o sistema produtivo, promovendo o desenvolvimento sustentável, podendo colaborar para a diminuição ou controlar os impactos de ordem ambiental, econômico, social (Reis, 2019, p. 18).

Os estudos em design podem contribuir para a redução de resíduos sólidos através de práticas como o design sustentável, que visa criar produtos e sistemas que minimizem o impacto ambiental. E, para atingir a sustentabilidade, é crucial que haja avanços nos produtos e nos processos, tanto em termos técnicos quanto culturais (Pazmino, 2007).

3 Metodologia

Neste trabalho, a metodologia segue a classificação de Gil (2008). Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva e exploratória, pois além de descrever as características de um determinado fenômeno, têm como objetivo principal desenvolver e esclarecer conceitos e ideias, visando a formulação de hipóteses passíveis de investigação em estudos futuros.

Quanto ao problema de pesquisa, para a análise e interpretação dos dados e dos resultados obtidos foi usada a análise qualitativa, visando aprofundar a compreensão do fenômeno em estudo, com os dados coletados sendo analisados de maneira subjetiva pelo pesquisador (Gil, 2008). Quanto aos procedimentos técnicos para a coleta de dados, foi aplicada a pesquisa bibliográfica assistemática. A abordagem teórica, de cunho predominantemente bibliográfico, contemplou: gestão de resíduos sólidos da construção civil, inovação social e design sustentável.

Através da Revisão Assistemática da Literatura como abordagem metodológica, é importante ressaltar que as pesquisas levantadas estão, em sua maioria, na área de engenharia civil, o que demonstra uma carência desse estudo no campo do design.

Os procedimentos adotados foram: seleção de seis artigos contemporâneos que exploram a gestão e/ou reuso dos resíduos sólidos da construção civil; identificação e descrição dos achados por ordem cronológica de publicação dos artigos; síntese e análise dos dados coletados e discussão dos resultados. Apesar de ser uma revisão assistemática, a parte inicial desse processo foi ordenada em etapas e critérios para a seleção e posterior análise dos estudos, as quais estão detalhadas no quadro abaixo:

Quadro 1 - Etapas de busca para revisão assistemática

Etapa 01 - Critérios de pesquisa	
Parâmetros de busca	Seleção das seguintes palavras-chave: design sustentável, sustentabilidade, inovação social, resíduos sólidos, resíduos sólidos da construção civil (RCC), gestão de resíduos sólidos.
Bases de dados utilizadas	Utilizaram-se as seguintes bibliotecas digitais: Google Acadêmico, Periódicos Capes, SciELO, ResearchGate, Blucher Proceedings.
Organização das publicações	Documentos: artigos e teses.
	Período: entre 2018 a 2023.
	Idioma: Português e Inglês.
	Critérios de inclusão: textos que apresentem pelo menos duas das palavras-chave definidas.

Critérios de exclusão: textos que apresentem apenas uma ou parte das palavras-chave definidas.

Etapa 02 - Análise dos dados

Leitura, interpretação e fichamento dos textos selecionados, buscando filtrar estudos com foco na gestão e/ou reuso dos resíduos sólidos da construção civil.

Etapa 03 - Síntese dos resultados

Análise e discussão dos resultados, após a filtragem, resumindo o conteúdo dos trabalhos a partir dos seus problemas de pesquisa, metodologias e conclusões.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Na etapa 02 – Análise dos Dados, após a seleção inicial dos trabalhos conforme definido na etapa 01 – Protocolo de Pesquisa, foi aplicado um filtro adicional para identificar os estudos mais relevantes ao tema proposto, resultando em seis pesquisas selecionadas para análise e discussão. Este número restrito de achados é justificado por incluírem, no mínimo, duas das principais palavras-chave estabelecidas nos parâmetros de busca da etapa 01, e, ainda mais, por seus conteúdos estarem alinhados com o objetivo principal deste artigo.

4 Resultados

Após a etapa de busca, conforme o protocolo de pesquisa delineado na fase metodológica, foram identificados seis estudos considerados relevantes conforme autores (Quadro 2). Esses estudos discutem a gestão e/ou o reuso dos resíduos sólidos da construção civil. As principais informações desses artigos estão descritas a seguir:

Quadro 2 – Publicações selecionadas para análise e discussão

Pesquisas/Título	Autor(es)	Ano
1. Reutilização de RCC na produção de blocos de concreto.	Alex Borba Lira Dantas e Raquel Alves de Luna Dias.	2018
2. Utilização de resíduos da construção civil e cinza do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de argamassa de revestimento.	Sérgio Tunis Martins Filho, José Aparecido Canova, Nayara Soares Klein e Víctor Podanoschi Peixoto.	2019
3. Compósito de solo-cimento e resíduos da construção e demolição: perspectivas de materiais sustentáveis.	Julyana da Silva Lima.	2019
4. Solo-cimento autoadensável com incorporação de areia de resíduos de construção civil para aplicação em sistema de vedação vertical.	Fernanda Cavatti Simioni, Ivan Julio Apolonio Callejas, Luciane Cleonice Durante e Bruna Guimarães de Souza.	2020
5. Utilização de resíduo de construção civil para produção de cobogó de argamassa cimentícia.	André Luiz de Paulo Carolino, Jorge Luiz Rosa, Simone Pereira Taguchi Borges, Rosinei Batista Ribeiro e José Wilson de Jesus Silva.	2021
6. O desenvolvimento de projeto de tijolo geopolímero sustentável de resíduos de tijolos usando metodologia de projeto fatorial completo.	Mohammed Rihan Maaze e Sandeep Shrivastava.	2023

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Trazendo essas pesquisas como estudos de caso, é possível afirmar que em todas elas encontra-se a necessidade de difundir e ampliar o conhecimento desse tema e contribuir para redução de impactos ambientais provenientes do RCC. Como enfatiza Dantas e Dias (2018, p. 4):

Diante da alta produção do setor da Construção, o que acarreta numa intensa geração de resíduos, é necessária a implantação de medidas eficazes na reciclagem e no reaproveitamento dos Resíduos da Construção Civil, contribuindo com a diminuição de impactos no meio ambiente, além de preocupar-se com as futuras gerações.

Dantas e Dias (2018) exploram o reaproveitamento de resíduos da construção civil na produção de blocos vazados de concreto ao destacarem a importância da reciclagem de RCC no intuito de minimizar os impactos ambientais causados pela indústria da construção civil, que gera uma grande quantidade de resíduos. A metodologia utilizada no artigo é de natureza bibliográfica e documental, pois baseou-se na busca ativa de informações na literatura formal, incluindo monografias, artigos científicos, normas e legislações pertinentes ao tema em estudo. Os resultados mostram que os RCC, quando reciclados, podem ser utilizados como agregados na produção de blocos de concreto, substituindo parcialmente ou totalmente os agregados convencionais. Os ensaios normatizados indicam que os blocos produzidos com RCC conseguem apresentar uma resistência adequada para alvenaria de vedação. Por conta disso, é notável que a reciclagem dos resíduos contribui para a redução da extração de recursos naturais não renováveis, além de oferecer uma solução sustentável para a gestão de resíduos na construção civil. Os autores puderam concluir que a adoção dessa prática pode reduzir significativamente os impactos ambientais e por isso deve ser incentivada pelas construtoras e pelo governo através de políticas e fiscalização rigorosa.

Martins Filho *et al.* (2019), por sua vez, investigam a reutilização de resíduos da construção civil (RCC) e cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CBC) para a produção de argamassa de revestimento. Os autores substituíram o agregado miúdo (areia natural quartzosa) em diferentes proporções por esses materiais. Foram feitas cinco composições: 100% CBC, 75% CBC e 25% RCC, 50% CBC e 50% RCC, 25% CBC e 75% RCC, e 100% RCC. A metodologia incluiu a coleta de RCC e CBC em aterros e usinas, respectivamente, seguidos por secagem, peneiramento e caracterização dos materiais. Em seguida, foram confeccionadas argamassas com diferentes proporções de RCC e CBC, comparadas com uma argamassa de referência apenas com areia e cimento. Os resultados mostraram que as argamassas com RCC e CBC apresentaram propriedades físicas e mecânicas adequadas, destacando-se a composição com 75% RCC e 25% CBC pela melhor resistência à tração e compressão. Por fim, os autores puderam constatar que a incorporação desses resíduos é uma alternativa sustentável, reduzindo a extração de areia e proporcionando um destino adequado aos RCC e CBC, demonstrando o potencial desses resíduos como substitutos sustentáveis na construção civil.

Em seguida, Lima (2019) explora a viabilidade de compósitos de solo-cimento com resíduos de construção e demolição (RCD) para a produção de tijolos de solo-cimento. O estudo foi motivado pelos impactos ambientais da construção civil e busca alternativas sustentáveis. A pesquisa realizou uma revisão bibliográfica sobre design de produto, materiais e sustentabilidade. Diferentes composições de solo-cimento-RCD foram testadas para verificar suas propriedades tecnológicas, como granulometria, retração, resistência à compressão e absorção de água. Os resultados indicaram que o bloco intitulado "Solo 01", contendo 20% a 40% de RCD, apresentou desempenho adequado para fabricação de tijolos. A autora conclui que a incorporação de RCD é viável e pode contribuir para atender às necessidades habitacionais e reduzir impactos ambientais.

Já Simioni *et al.* (2020), analisaram a influência da incorporação de areia de RCC no comportamento físico e mecânico de misturas de solo-cimento autoadensável (SCAA) para aplicação em sistema de vedação vertical monolítico. A metodologia abrangeu ensaios laboratoriais em quatro traços de mistura, com substituição do solo por areia de RCC em intervalos de 25% a 100%, em massa. No estado fresco, foram avaliados o espalhamento, a densidade da massa e o teor de ar incorporado. No estado endurecido, foram realizados ensaios de resistência à compressão simples, absorção de água e índice de vazios. Como resultado, o estudo apontou que as misturas com incorporação de 25% e 50% de areia de RCC alcançaram maiores resistências mecânicas. Além disso, através dessa incorporação houve a diminuição de absorção de água. Essa pesquisa se concluiu pela confirmação de que a utilização de areia de RCC em misturas de SCAA apresenta potencial para aplicação em sistema de vedação vertical monolítico, contribuindo para a sustentabilidade ao reduzir a geração de resíduos.

Carolino *et al.* (2021) discutem o desenvolvimento e caracterização de um produto sustentável a partir de resíduos sólidos da construção civil em Lorena – SP. A metodologia envolveu a análise da morfologia dos resíduos coletados por MEV/EDS, a mistura desses resíduos em diferentes proporções com cimento e água e suas conformações em caixetas retangulares. Por meio dos testes mecânicos realizados, os resultados mostraram que a morfologia das amostras apresentou uma massa heterogênea e porosa, contendo partículas de diferentes tamanhos e a presença de material orgânico. A resistência à ruptura média das amostras foi obtida em MPa, mostrando a viabilidade do material para uso estrutural. Dessa forma, foi desenvolvido um *mockup* propondo um produto tipo elemento vazado, estilo Cobogó, indicando o potencial do aproveitamento de RCC como produto sustentável. Além disso, o trabalho oferece uma alternativa viável e inovadora para a destinação dos RCC, contribuindo para a redução do impacto ambiental.

No último artigo, Maaze e Shrivastava (2023) buscaram a produção de tijolos geopoliméricos sustentáveis utilizando pó de resíduos de tijolo como material precursor. O estudo aplicou a metodologia de design fatorial completo para desenvolver e determinar uma mistura ideal de geopolímeros, através de fatores como a variação de molaridade (4M-12M), as proporções da solução alcalina (1,5-2,5) e as temperaturas de cura (40-60°C). Após os testes, os resultados mostraram que a mistura ideal encontrada foi 12M2.5AS50°C, além das análises estatísticas e microestruturais feitas que revelaram que a molaridade, a proporção da solução alcalina e a temperatura de cura foram fatores significativos na melhoria das propriedades. Em síntese, a pesquisa conclui que é possível a produção de tijolos geopoliméricos sustentáveis e destaca a importância da reutilização de resíduos da construção e demolição, reduzindo a necessidade de aterros.

Os estudos recentes destacam a relevância do reaproveitamento de RCC no cenário atual. A análise dessas pesquisas revela a diversidade de resíduos sólidos da construção civil, como agregados, areia, pó de serra e resíduos de tijolo, bem como a variedade de produtos gerados a partir desses materiais. Através da síntese dos estudos expostos acima é possível afirmar que a discussão proposta neste artigo se dá através da exposição das várias formas de reutilizar e reciclar RCC para criar novos produtos sustentáveis que possam ser reintroduzidos no setor da construção, reduzindo a extração de matérias-primas, a geração de resíduos e o impacto ambiental.

Apesar das diferenças nos materiais e produtos, os estudos concordam que a incorporação de RCC é uma alternativa sustentável, que reduz a extração de matérias-primas virgens e oferece um destino adequado aos resíduos, contribuindo para a diminuição dos impactos ambientais da construção civil.

Nesta situação, o design sustentável surge como uma abordagem fundamental para solucionar problemas contemporâneos. Os estudos de caso apresentados acima demonstram como o design para a sustentabilidade integra o tripé da sustentabilidade em suas esferas: econômica,

social e ambiental. Pois assim, no futuro, será possível uma sociedade mais consciente, que repense seus métodos de produção e consumo, visando a sustentabilidade global (Gomes *et al.*, 2021). Portanto, deduz-se que o design, por meio da sua vertente sustentável, é capaz de contribuir significativamente para pesquisas que abordam resíduos sólidos da construção civil e inovação social ao fornecer abordagens criativas e práticas para resolver problemas complexos, através da identificação de problemas e necessidades, da criação de soluções inovadoras e, também, do desenvolvimento de produtos e processos sustentáveis. Em resumo, o design oferece uma abordagem multidisciplinar que pode transformar o modo como tratamos os resíduos sólidos na construção civil e promover a inovação social, resultando em soluções mais sustentáveis.

5 Conclusões

Dado o caráter contemporâneo dos trabalhos nessa área, observa-se a necessidade de se continuar aprofundando as pesquisas em design com foco em sustentabilidade, pois elas cumprem uma função primordial ao criar soluções inovadoras para abordar a questão dos resíduos sólidos e de outros materiais. Por isso, este estudo destaca a importância da gestão sustentável de resíduos sólidos da construção civil, do ponto de vista do design sustentável e da inovação social, enfatizando a necessidade de integrar de forma abrangente os princípios de sustentabilidade na elaboração de estratégias eficazes para minimizar os impactos ambientais, além de possibilitar a promoção de benefícios sociais e econômicos durante esse processo. Através da revisão assistemática da literatura, foram exploradas diversas abordagens inovadoras, cujas análises mostraram que a incorporação de resíduos reciclados tem o potencial de melhorar a trabalhabilidade e a resistência dos materiais, além de reduzir a absorção de água, apresentando-se como uma solução prática e eficaz para a gestão dos resíduos.

No entanto, há lacunas significativas que precisam ser abordadas em futuras pesquisas. Primeiramente, a adoção em larga escala dessas práticas sustentáveis ainda enfrenta desafios, como a necessidade de políticas públicas eficazes e incentivos econômicos para promover a reciclagem e reutilização de resíduos. Além disso, é essencial desenvolver padrões e normativas que garantam a qualidade e segurança dos materiais reciclados, assegurando sua aceitação no mercado da construção civil.

A carência de trabalhos desenvolvidos na área de Design aplicados à gestão de resíduos sólidos na construção civil, suscita a promoção de uma discussão mais ampla e aprofundada sobre esses temas. A perspectiva do design oferece uma abordagem única e multifacetada para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos, integrando criatividade e inovação na busca por soluções práticas e eficazes. Por isso, ampliar os estudos nessa área pode permitir a identificação de novas estratégias e tecnologias para a reciclagem e reutilização de materiais, além de contribuir para a formulação de políticas públicas e incentivos econômicos que estimulem práticas sustentáveis. Além disso, a discussão aprofundada sobre design sustentável pode sensibilizar profissionais da construção e o público em geral, aumentando a aceitação e implementação de práticas ecológicas no setor.

Mediante o exposto, a integração do design sustentável e da inovação social na gestão de resíduos sólidos da construção civil oferece uma abordagem promissora para reduzir impactos ambientais e promover a sustentabilidade. Com o suporte adequado de políticas públicas, novas tecnologias e conscientização social, essas práticas têm o potencial de transformar o setor da construção, contribuindo significativamente para um futuro mais sustentável e equilibrado.

6 Referências

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022. São Paulo: ABRELPE, 2022. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7960898/mod_resource/content/1/Panorama%20da%20ABRELPE.pdf>. Acesso em: 1 jan. 2024.

ALENCAR, Mayra; LIMA, Cláudia; MENDONÇA, Rui. Um contributo do design para a questão dos desperdícios gerados pelo setor da Construção Civil. **Convergências - Revista de Investigação e Ensino das Artes**, Porto, v. XVI (32), p. 15-23, 30 novembro, 2023. DOI: 10.53681/c1514225187514391s.32.199. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/376075570_Um_contributo_do_design_para_a_questao_dos_desperdicios_gerados_pelo_setor_da_Construcao_Civil>. Acesso em: 6 maio 2024.

ARAÚJO, Railde Paula Diniz; SANTOS, Denilson Moreira. Design cerâmico e aproveitamento de resíduos sólidos: desenvolvimento de porcelana a partir das cinzas de ossos bovinos. **Projética Revista Científica de Design**, Londrina, v.9, n.2, p. 9-24, jul./dez., 2018. DOI: 10.5433/2236-2207.2018v9n2p9. Disponível em: <<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/view/23076/24670>>. Acesso em: 4 jun. 2024.

CAROLINO, André Luiz de Paulo; ROSA, Jorge Luiz; BORGES, Simone Pereira Taguchi; RIBEIRO, Rosinei Batista; SILVA, José Wilson de Jesus. Utilização de resíduo de construção civil para produção de cobogó de argamassa cimentícia. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 7, e27210716185, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16185. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16185>>. Acesso em: 17 jun. 2024.

CAVALCANTE, Ana Luisa Boavista Lustosa; PRETO, Seila Cibele Sitta; PEREIRA, Francisco Antônio Fialho; FIGUEIREDO, Luiz Fernando Gonçalves de. Design para a Sustentabilidade – um conceito interdisciplinar em construção. **Projética Revista Científica de Design**, Londrina, v.3, n.1, p. 252-263, jul. 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/269944708_Design_para_a_Sustentabilidade_um_conceito_Interdisciplinar_em_construcao>. Acesso em: 13 jun. 2024.

COSTA, Bianca da Silva Lima Miconi. **Um estudo sobre a sustentabilidade**. Orientador: Maria Teresa Paulino Aguiar. 2019. 58 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30920/1/MONOGRAFIA%20BIANCA%20ENCADERNA%20C3%87%20C3%83O.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2024.

DANTAS, Alex Borba Lira; DIAS, Raquel Alves de Luna. Reutilização de RCC na produção de blocos de concreto. *In*: CONGRESSO NACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2018, Natal. **Anais [...]**. Campina Grande: Editora Realize, 2018. ISSN: 2526-186X. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/50843>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, Mayara Maluf; DOS SANTOS, Wener Miranda Teixeira; SANTOS, Denilson Moreira. Reaproveitamento de resíduos – um estudo de caso sobre pesquisas da linha Design: materiais, processos e tecnologia do Programa de Pós-Graduação em Design da UFMA. **DATJournal**, v.6, n.3, p. 246-261, ago 2021. Disponível em: <<https://datjournal.anhemi.br/dat/article/download/452/331/1241>>. Acesso em: 15 jun. 2024.

GOUVEIA, Nelson. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo

sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, 17(6):1503-1510, abr. 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/csc/a/y5kTpqkqyY9Dq8VhGs7NWwG/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 30 jan. 2024.

LIMA, Julyana da Silva. **Compósito de solo-cimento e resíduos de construção e demolição: perspectivas de materiais sustentáveis**. Orientador: Denilson Moreira Santos. 2019. 144 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019. Disponível em: <<https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/2984>>. Acesso em: 25 jan. 2024.

MAAZE, Mohammed Rihan, SHRIVASTAVA, Sandeep. Design development of sustainable brick-waste geopolymers using full factorial design methodology, **Construction and Building Materials**, Jaipur, Índia, v. 370, p. 1-26, 13 fev 2023, 130655, ISSN 0950-0618. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061823003665>>. Acesso em: 16 jun. 2024.

MACHADO, Eduardo Eugênio Silva; NUNES, Renan Duarte; BEZERRA, Helton de Jesus Costa Leite. Design Sustentável: os papéis sociais na produção do ecodesign, p. 667-680. **In: Anais do Colóquio Internacional de Design 2020**. São Paulo: Blucher, 2020. ISSN 2318-6968. DOI 10.5151/cid2020-52. Disponível em: <<https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/design-sustentavel-os-papis-sociais-na-producao-do-ecodesig-35877>>. Acesso em: 13 jun. 2024.

MANZINI, Ezio. **Design para a inovação social e sustentabilidade**: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais. Rio de Janeiro: E-papers, 2008. 104 p. Cadernos do Grupo de Altos Estudos; v.1. ISBN 978-85-7650-170-1. Disponível em: <https://instrumentosprojetuais.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/02/design-para-inovacca7acc83o-e-sustentabilidade_manzini.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2024.

MARQUES, Marcelo Filipe Carvalho. **Agenda 2030: objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU: desafios ao desenvolvimento tecnológico e à inovação empresarial**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Qualidade e Ambiente) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/12318>>. Acesso em: 05 jan. 2024.

MARTINS FILHO, Sergio Tunis; CANOVA, José Aparecido; KLEIN, Nayara Soares; PEIXOTO, Victor Podanoschi. Utilização de resíduos da construção civil e cinza do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de argamassa de revestimento. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente - RAMA**, ISSN 2176-9168, Maringá, Paraná, v. 12, n. 2 (2019): abr./jun., p. 663-678, ago. 2018. DOI: 10.17765/2176-9168.2019v12n2p663-678. Disponível em: <<https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/6054/3412>>. Acesso em: 17 jun. 2024.

PAZMINO, Ana Verónica. Uma reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESIGN SUSTENTÁVEL**, 1., 2007, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007. p. 1-10. ISBN 978-85-60186-01-3. Disponível em: <<https://naolab.nexodesign.com.br/wp-content/uploads/2012/03/PAZMINO2007-DSocial-EcoD-e-DSustentavel.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2024.

REIS, Mauro Souza. **O aproveitamento do resíduo sólido de polietileno de baixa densidade na produção de ladrilhos hidráulicos**. Orientador: Denilson Moreira Santos. 2019. 108 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do

Maranhão, São Luís, 2019. Disponível em: < <https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/3031>>. Acesso em: 25 jan. 2024.

SILVEIRA, José Henrique Porto. **Sustentabilidade e Responsabilidade Social** – volume 3. 1. ed. Belo Horizonte, MG. Editora Poisson. 2017, 255 p. ISBN: 978-85-93729-11-9. Disponível em: < <https://www.poisson.com.br/livros/sustentabilidade/volume3/Sustentabilidade%20vol3.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2024.

SIMIONI, Fernand Cavatti; CALLEJAS, Ivan Julio Apolonio; DURANTE, Luciane Cleonice; SOUZA, Bruna Guimarães de. Solo-cimento autoadensável com incorporação de areia de resíduos de construção civil para aplicação em sistema de vedação vertical. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 281-296, out./dez. 2020. ISSN 1678-8621, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/4VGxnkDMQftHp9qBBdjsrMq/?lang=pt>>. Acesso em: 17 jun. 2024.

SOUZA FILHO, Pedro Rocha; ZANDOMENEGHI, Ana Lúcia Alexandre de Oliveira. Insustentabilidade e a reutilização do vidro: foco nas pesquisas em design da Universidade Federal do Maranhão - UFMA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental - RG&AS**. Santa Catarina, v. 10, IX, p. 292-304, 08 mar 2021. IX ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UFSC, 2021, Santa Catarina. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/issue/view/384>. Acesso em: 3 jun. 2024.

Agradecimentos

Ao professor Doutor Denilson Moreira Santos, pela colaboração com correções e sugestões deste trabalho.

À professora Doutora Inez Maria Leite da Silva, pelo suporte, colaboração e revisão deste estudo.

À professora Doutora Fabiane Rodrigues Fernandes, pelas contribuições pontuais neste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pelo auxílio financeiro através da concessão de bolsa de estudo de Mestrado com nº de processo 88887.974745/2024-00.