



A Construção Civil Ecológica e as Novas Tecnologias: Sustentabilidade, Inovação e Aproveitamento de Resíduos no Processo Construtivo

Green Construction and New Technologies: Sustainability, Innovation, and Waste Utilization in the Construction Process

Cláudio Roberto Viana de Araújo

Engenheiro Civil

Resumo: A construção civil exerce papel estratégico no desenvolvimento econômico e social, porém apresenta elevado consumo de recursos naturais, geração de resíduos e impactos ambientais associados à produção, ao transporte e ao uso de materiais. Este estudo analisa possibilidades de integração entre construção civil ecológica, novas tecnologias e aproveitamento de resíduos, considerando o eixo Dourados–Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, como contexto de aplicação. Foi realizada revisão bibliográfica estruturada sobre economia circular, resíduos da construção e demolição, resíduos agroindustriais, Building Information Modeling (BIM), Internet das Coisas (IoT), avaliação do ciclo de vida e materiais alternativos. A literatura indica potencial de incorporação de resíduos em materiais construtivos, desde que sejam realizadas caracterização e avaliação de desempenho. Como contribuição, propõe-se o Modelo Integrado de Construção Civil Ecológica e Tecnológica (MICCET), que integra recursos naturais, resíduos, materiais, tecnologias digitais e avaliação da sustentabilidade.

Palavras-chave: construção sustentável; resíduos; economia circular; BIM; IoT; materiais sustentáveis.

Abstract: The construction sector is essential to economic and social development, but it is also associated with high consumption of natural resources, waste generation, and environmental impacts. This study analyzes the integration of ecological construction, new technologies, and waste recovery, considering the Dourados–Ponta Porã axis in Mato Grosso do Sul, Brazil. A structured literature review addressed circular economy, construction and demolition waste, agro-industrial residues, Building Information Modeling (BIM), Internet of Things (IoT), life cycle assessment, and alternative materials. The literature indicates potential for incorporating waste into construction materials when characterization and performance assessment are properly conducted. The study proposes the Integrated Model for Ecological and Technological Construction (MICCET), integrating natural resources, waste, materials, digital technologies, and sustainability assessment.

Keywords: sustainable construction; waste; circular economy; BIM; IoT; sustainable materials.

INTRODUÇÃO

A construção civil está diretamente relacionada à produção de habitações, infraestrutura e equipamentos urbanos, mas seu modelo convencional envolve

elevado consumo de recursos naturais, energia e materiais, além da geração de resíduos.

No Brasil, a gestão dos resíduos da construção civil é disciplinada, entre outros instrumentos, pela Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações, que estabelecem diretrizes para reutilização, reciclagem e destinação desses resíduos.

Pesquisas recentes têm ampliado o desenvolvimento de materiais a partir de resíduos da construção, resíduos industriais e subprodutos agroindustriais. Chen *et al.* (2024) destacam avanços no desempenho técnico de materiais derivados de resíduos, mas também a necessidade de avaliações ambientais, econômicas e sociais.

Paralelamente, tecnologias digitais como BIM, IoT, sensores e bancos de dados de materiais ampliam as possibilidades de planejamento, quantificação, monitoramento e rastreabilidade.

Problema de pesquisa: como a integração entre construção civil ecológica, novas tecnologias e aproveitamento de resíduos pode contribuir para a sustentabilidade dos processos construtivos no eixo Dourados–Ponta Porã/MS?

Hipótese: a integração entre caracterização de resíduos, desenvolvimento de materiais, ferramentas digitais, avaliação do ciclo de vida e economia circular pode reduzir o consumo de recursos e a geração de resíduos, criando oportunidades de inovação tecnológica regional.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Analisar o potencial da integração entre construção civil ecológica, novas tecnologias e aproveitamento de resíduos para processos construtivos mais sustentáveis.

Objetivos Específicos

- Analisar impactos ambientais do modelo convencional de construção;
- Identificar resíduos da construção e de origem agroindustrial com potencial de aproveitamento;
- Discutir materiais alternativos e critérios de desempenho;
- Analisar a contribuição do BIM para planejamento e redução de desperdícios;
- Discutir sensores e IoT no monitoramento de processos;
- Relacionar aproveitamento de resíduos e economia circular;
- Discutir a importância da avaliação do ciclo de vida;
- Propor um modelo integrado de construção ecológica e tecnológica.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Construção Civil Ecológica e Sustentabilidade

A construção sustentável deve considerar todo o ciclo de vida dos materiais, desde a extração das matérias-primas até a destinação final. A substituição de um material convencional por outro não garante, isoladamente, melhor desempenho ambiental; devem ser considerados transporte, processamento, energia, durabilidade e possibilidade de reutilização.

Resíduos da Construção e Demolição

A Resolução CONAMA nº 307/2002 estabelece diretrizes para gestão dos resíduos da construção civil e prevê possibilidades de reutilização e reciclagem. Balasbaneh *et al.* (2024) ressaltam a necessidade de avaliar conjuntamente desempenho, logística, custos e impactos ambientais.

Resíduos Agroindustriais

Subprodutos agrícolas, como biomassas, fibras, cinzas e cascas, podem apresentar potencial para uso em materiais construtivos. Sarangi e Suganya (2024) discutem alternativas cimentícias baseadas em subprodutos agrícolas, enquanto Kumbasaroglu e Kumbasaroglu (2025) revisam aplicações de agro-resíduos em sistemas construtivos.

Economia Circular

A economia circular busca reduzir a extração de recursos e manter materiais em uso pelo maior tempo possível. Na construção, pode envolver projeto para desmontagem, reutilização, reciclagem, rastreabilidade e bancos de materiais. Finamore e Oltean-Dumbrava (2024) defendem uma abordagem integrada de toda a cadeia de valor.

BIM, IoT e Rastreabilidade

O BIM pode integrar informações geométricas e não geométricas, apoiando quantitativos, compatibilização, planejamento e gestão. Akbari *et al.* (2024) identificam crescimento da integração entre BIM e avaliações de sustentabilidade. A IoT, por sua vez, permite monitorar variáveis físicas e ambientais por meio de sensores.

ESTADO DA ARTE

A literatura recente converge para quatro campos: resíduos, novos materiais, tecnologias digitais e avaliação ambiental. O quadro a seguir sintetiza estudos relevantes.

Quadro 1 - Estudos relevantes.

Autor/Ano	Tema	Contribuição
Chen <i>et al.</i> (2024)	Resíduos e materiais	Transformação de resíduos em materiais sustentáveis
Balasbaneh <i>et al.</i> (2024/2025)	Gestão de RCC	Reutilização, reciclagem e avaliação de sustentabilidade
Akbari <i>et al.</i> (2024)	BIM	Integração BIM e sustentabilidade
Sarangi; Suganya (2024)	Resíduos agrícolas	Subprodutos como alternativas cimentícias
Finamore; Oltean-Dumbrava (2024)	Economia circular	Abordagem sistêmica da cadeia
Islam <i>et al.</i> (2024)	RCC	Desafios da gestão sustentável
Aftab <i>et al.</i> (2024)	BIM e RCC	Quantificação digital de resíduos
Kumbasaroglu; Kumbasaroglu (2025)	Agro-resíduos	Aplicações em sistemas construtivos

Fonte : autoria própria.

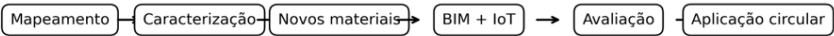
A principal lacuna identificada é a fragmentação dos estudos: muitos trabalhos analisam isoladamente resíduos, materiais ou tecnologias. O MICCET procura integrar essas dimensões em uma proposta aplicada.

METODOLOGIA

O estudo é de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa, baseado em revisão bibliográfica estruturada e análise documental. A proposta metodológica contempla revisão da literatura; diagnóstico regional; caracterização dos resíduos; desenvolvimento e ensaio de materiais; integração BIM/IoT; e avaliação ambiental e econômica.

Figura 1 – Fluxo geral do MICCET.

MICCET - Modelo Integrado de Construção Civil Ecológica e Tecnológica



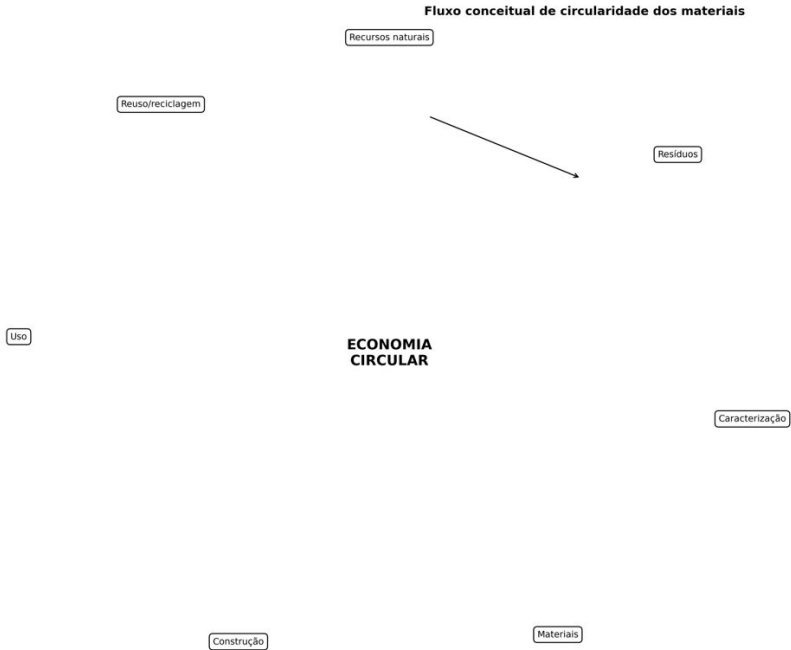
Fonte: elaboração própria (2026).

Os resíduos selecionados deverão ser submetidos a ensaios físicos, químicos e mecânicos adequados à aplicação. As soluções deverão ser comparadas com materiais convencionais considerando desempenho, custo, energia, transporte, durabilidade e potencial de reciclagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A literatura demonstra que resíduos minerais, cerâmicos, agroindustriais e outros subprodutos podem ser incorporados a materiais construtivos, desde que adequadamente caracterizados. Entretanto, a origem residual não garante, por si só, menor impacto ambiental.

Figura 2 – Fluxo conceitual de circularidade dos materiais.



Fonte: elaboração própria (2026).

A avaliação do ciclo de vida é importante porque transporte e pré-tratamento podem modificar o resultado ambiental. Dessa forma, soluções regionais devem considerar distância, energia de processamento, disponibilidade e desempenho.

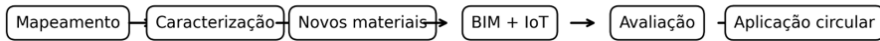
O uso combinado de BIM e IoT amplia a rastreabilidade. O BIM organiza informações sobre quantidades e especificações, enquanto sensores podem fornecer dados do ambiente físico, favorecendo decisões baseadas em dados.

MODELO INTEGRADO DE CONSTRUÇÃO CIVIL ECOLÓGICA E TECNOLÓGICA – MICCET

O MICCET é estruturado em cinco dimensões: recursos naturais; gestão e aproveitamento de resíduos; desenvolvimento e caracterização de materiais; tecnologias digitais; e avaliação da sustentabilidade.

Figura 3 – Modelo Integrado de Construção Civil Ecológica e Tecnológica (MICCET).

MICCET - Modelo Integrado de Construção Civil Ecológica e Tecnológica



Fonte: elaboração própria (2026).

O fluxo proposto parte do mapeamento dos resíduos e recursos, passa pela caracterização e desenvolvimento dos materiais, incorpora BIM/IoT, avalia desempenho técnico e ambiental e retorna ao processo produtivo por meio de reutilização, reciclagem ou recuperação.

APLICAÇÃO PROPOSTA – DOURADOS–PONTA PORÃ/MS

O recorte regional permite investigar a integração entre resíduos da construção civil e subprodutos agroindustriais, considerando disponibilidade, logística e viabilidade técnica. Entre os grupos que podem ser estudados estão concreto, argamassa, cerâmica, solos, madeira, vidro, metais e resíduos minerais, além de biomassas, cinzas, fibras vegetais, resíduos lignocelulósicos, cascas e subprodutos agrícolas.

A seleção deve ser feita por critérios de segurança, desempenho, custo e benefício ambiental. A etapa experimental deverá confirmar os resultados por ensaios laboratoriais e avaliação do ciclo de vida.

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Figura 4 – Indicadores propostos para avaliação das soluções.



Fonte: elaboração própria (2026).

Indicadores ambientais podem incluir massa de resíduo incorporado, percentual de substituição de matéria-prima, CO₂ equivalente, água e energia. Indicadores técnicos incluem resistência, absorção e durabilidade. Indicadores econômicos incluem custo, processamento e logística. Indicadores digitais incluem materiais cadastrados no BIM, rastreabilidade e monitoramento IoT.

MATRIZ DE AVALIAÇÃO PROPOSTA

Quadro 2 - indicadores de materiais.

Critério	Peso sugerido
Disponibilidade regional	20%
Potencial de reaproveitamento	20%
Redução do impacto ambiental	20%
Viabilidade técnica	20%
Viabilidade econômica	10%
Potencial tecnológico	10%
Total	100%

Fonte: autoria própria.

CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS

- Integração entre resíduos, materiais sustentáveis e tecnologias digitais;
- Desenvolvimento de métodos e materiais com potencial de aplicação;
- Redução potencial do consumo de matérias-primas e da disposição de resíduos;
- Possibilidade de novas cadeias produtivas regionais;
- Ampliação da rastreabilidade e gestão de informações por BIM e IoT.

LIMITAÇÕES

Esta etapa ainda depende de caracterização laboratorial dos resíduos regionais e de dados primários sobre geração, transporte e processamento. Portanto, os resultados devem ser entendidos como base conceitual e metodológica para uma etapa experimental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil precisa reduzir o consumo de recursos naturais e a geração de resíduos sem comprometer desempenho, segurança, durabilidade e viabilidade econômica.

Resíduos da construção civil e subprodutos agroindustriais apresentam potencial para materiais construtivos quando adequadamente caracterizados e avaliados.

BIM, IoT, sensores, bancos de dados e avaliação do ciclo de vida podem ampliar a eficiência e a qualidade das decisões.

O MICCET integra recursos naturais, resíduos, materiais, tecnologias digitais e sustentabilidade, constituindo uma proposta aplicada para investigação no eixo Dourados–Ponta Porã/MS.

A transformação de resíduos em matérias-primas secundárias, associada à digitalização e à avaliação científica do ciclo de vida, pode contribuir para processos construtivos mais circulares e ambientalmente responsáveis.

REFERÊNCIAS

AFTAB, M. *et al.* Building Information Modeling (BIM) Application in Construction Waste Quantification—**A Review. Engineering Proceedings**, v. 75, n. 1, 8, 2024. DOI: 10.3390/engproc2024075008.

AKBARI, M. *et al.* Sustainability and building information modelling: Integration, research gaps, and future directions. **Automation in Construction**, v. 163, 105420, 2024. DOI: 10.1016/j.autcon.2024.105420.

BALASBANEH, A. T. *et al.* Systematic Review of Construction Waste Management Scenarios: Informing Life Cycle Sustainability Analysis. **Circular Economy and Sustainability**, v. 5, p. 529–553, 2025. DOI: 10.1007/s43615-024-00424-z.

CHEN, X. *et al.* Conversion of waste into sustainable construction materials: A review of recent developments and prospects. **Materials Today Sustainability**, v. 27, 100930, 2024. DOI: 10.1016/j.mtsust.2024.100930.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Brasília, DF: CONAMA, 2002.

FINAMORE, C.; OLTEAN-DUMBRAVA, C. **Circular economy in construction – findings from a literature review**. Heliyon, v. 10, e34647, 2024. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e34647.

ISLAM, R. *et al.* Review on Sustainable Construction and Demolition Waste Management—Challenges and Research Prospects. **Sustainability**, v. 16, n. 8, 3289, 2024. DOI: 10.3390/su16083289.

KUMBASAROGLU, H.; KUMBASAROGLU, A. **Applicability of Agro-Waste Materials in Structural Systems for Building Construction: A Scoping Review**. Applied Sciences, v. 15, n. 1, 71, 2025.

SARANGI, S.; SUGANYA, S. A comprehensive review of the physical and mechanical characteristics of agricultural by-products as cementitious alternatives

in the production of sustainable concrete. **Materials Today Sustainability**, v. 27, 100882, 2024. DOI: 10.1016/j.mtsust.2024.100882.

SWARNAKAR, V.; KHALFAN, M. Circular economy in construction and demolition waste management: an in-depth review and future perspectives in the construction sector. **Smart and Sustainable Built Environment**, 2024. DOI: 10.1108/SASBE-02-2024-0056.

FROM research to practice: a review on technologies for addressing the information gap for building material reuse in circular construction. **Sustainable Production and Consumption**, v. 45, p. 177–191, 2024. DOI: 10.1016/j.spc.2023.12.017.

PREPARATION and application of multi-source solid wastes as clean aggregates: a comprehensive review. **Construction and Building Materials**, v. 418, 135414, 2024. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2024.135414.