



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
DIRETORIA GERAL DO CAMPUS JOÃO PESSOA
DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

KAMILLA GONÇALVES BEZERRA

**CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: ANÁLISE DE TECNOLOGIAS
VOLTADAS À MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS NA EXECUÇÃO DE
OBRAS**

JOÃO PESSOA

2025

KAMILLA GONÇALVES BEZERRA

**CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: ANÁLISE DE TECNOLOGIAS
VOLTADAS À MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS NA EXECUÇÃO DE
OBRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em engenharia civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como requisito curricular para obtenção do diploma de Engenheira Civil.

Orientador: Prof. Walter Ladislau de Barros Ribeiro

JOÃO PESSOA
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP
Biblioteca Nilo Peçanha – IFPB, *campus* João Pessoa

B574c

Bezerra, Kamilla Gonçalves.

Construção sustentável : análise de tecnologias voltadas à minimização de resíduos na execução de obras / Kamilla Gonçalves Bezerra. – 2025.

52 f.:il.

TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB / Coordenação de Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Walter Ladislau de Barros Ribeiro.

1. Construção sustentável. 2. Minimização de resíduos. 3. Tecnologias construtivas. 4. Industrialização da construção. 5. Análise comparativa. I. Título.

CDU628.4

Bibliotecário responsável Marx da Silva Medeiros – CRB15/470

DECISÃO 36/2025 - CBEC/UA1/UA/DDE/DG/IP/REITORIA/IFPB, de 12 de setembro de 2025.

KAMILLA GONÇALVES BEZERRA

CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: análise de tecnologias voltadas à minimização de resíduos na execução de obras

	Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito curricular para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil
--	---

Aprovado em 08 de setembro de 2025

Banca Examinadora

Me. Walter Ladislau de B. Ribeiro (Orientador - IFPB)
Me. Sara Fragoso Pereira (Examinadora interna - IFPB)
Me. Breno Jose Santos da Silva (Examinador interno - IFPB)

JOÃO PESSOA

2025

Documento assinado eletronicamente por:

- **Walter Ladislau de Barros Ribeiro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 12/09/2025 16:28:04.
- **Breno Jose Santos da Silva PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 12/09/2025 16:30:03.
- **Sara Fragoso Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 15/09/2025 07:38:54.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/09/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/suenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código: 763554
Verificador: 89eee38044
Código de Autenticação:



NOSSA MISSÃO: Ofertar a educação profissional, tecnológica e humanística em todos os seus níveis e modalidades por meio do Ensino, da Pesquisa e da Extensão, na perspectiva de contribuir na formação de cidadãos para atuarem no mundo do trabalho e na construção de uma sociedade inclusiva, justa, sustentável e democrática.

VALORES E PRINCÍPIOS: Ética, Desenvolvimento Humano, Inovação, Qualidade e Excelência, Transparência, Respeito, Compromisso Social e Ambiental.

Dedico este trabalho aos pilares da minha vida: Deus, família e amigos. Deus, o meu pai e socorro presente, à minha família que por meio de muito sol me fez chegar até aqui na sombra, e aos meus amigos que me proporcionaram sorrisos nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Quando a palavra "gratidão" vem à minha mente, Deus se torna o centro e verdadeiro significado. A todo momento Ele se fez presente, amparando-me nas horas mais difíceis e, nos momentos em que o pensamento de desistir se tornava mais forte, o Senhor renovava as forças, lembrando-me que eu seria capaz, não pelo meu próprio poder, mas porque Ele estaria comigo. Durante estes cinco anos, Ele usou pessoas ao meu redor para me incentivar e guiar neste processo tão cansativo, mas imensamente gratificante. Obrigada, Senhor, por ter me ajudado a chegar até aqui.

À minha família, devo muito além de palavras. À minha mãe, Ivone, guerreira e destemida, que é para mim um exemplo de força e superação. À minha avó, Marlene, não há palavras que possam descrever o tamanho do seu amor e do zelo que tem por mim; a senhora é um dos meus pilares. À minha irmã, Morgana, que me ajudou, apoiou e incentivou a correr atrás do meu futuro. Ao meu namorado, Luiz, que me amparou e me fez lembrar, inúmeras vezes, que eu seria capaz de alcançar meus objetivos. Agradeço por todo o cuidado e amor que recebi de vocês nos momentos de choro e de medo; vocês foram imprescindíveis neste processo.

Agradeço também aos amigos que encontrei durante esta jornada: Aline, Beatriz, Kevdy, Matheus e Marcos. Obrigado por todas as vezes que me ouviram, pelo incentivo incondicional nos momentos de maior pressão e pelas risadas que aliviaram o peso dos desafios. A amizade de vocês foi o suporte que me permitiu seguir em frente sem desistir. Esta conquista não seria a mesma sem a presença de cada um. Tenho a certeza de que Deus escolheu as pessoas certas para estarem ao meu lado nesta fase tão importante.

Aos meus professores do IFPB, por todo o conhecimento compartilhado durante o meu processo de formação, e em especial aos professores Ulisses, Breno, Ana Cláudia e Ferreira. Vocês me inspiraram e me fizeram admirar ainda mais a profissão de engenheiro e, especialmente, a de professor.

Ao meu orientador, Walter, que mais uma vez se faz presente neste momento tão importante. Obrigada por me incentivar e guiar neste trabalho e ao longo de todo o curso. Sempre prestativo e compreensivo, deu-me total apoio com seu jeito leve e extrovertido. Agradeço por todos os ensinamentos e dicas; minha admiração por você vem desde as aulas no curso de Edificações e, agora no ensino superior, não poderia ser diferente. Sua orientação foi, com certeza, imprescindível nesta etapa da minha vida.

“Não te mandei eu? Esforça-te, e tem bom ânimo; não temas, nem te espantes; porque o Senhor o seu Deus é contigo, por onde quer que andares.”

Josué 1:9 - Almeida Revista e Atualizada (ARA)

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Resíduos gerados em obra.....	17
Figura 02 - Descarte inadequado de resíduo.....	21
Figura 03- Modelo 3D criado através do BIM.....	25
Figura 04- Instalação de viga pré-fabricada.....	28
Figura 05- Estrutura pré-fabricada.....	28
Figura 06- Máquina de projeção.....	30
Figura 07- Aplicação de argamassa projetada em parede de vedação.....	31
Figura 08 - Utilização de fôrmas plásticas reutilizáveis em obra de estrutura de concreto.....	33
Figura 09 - Fôrmas plásticas reutilizáveis.....	34
Figura 10- Sistema drywall.....	36
Figura 11 - Desenho esquemático de uma residência em Light Steel Frame.....	38

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABCP- Associação Brasileira de Cimento Portland

ABDI- A agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

AsBEA- Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

BIM- Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção)

CBCA- Centro Brasileiro de Construção em Aço

CBIC- Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CBCS- Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

LSF- Light Steel Framing

NBR- Norma Brasileira

ODS- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OSB- Oriented Strand Board

PBQP-H- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RCC- Resíduos da Construção Civil

ROI- Return on Investment (Retorno sobre o Investimento)

RESUMO

A indústria da construção civil enfrenta o desafio contínuo de mitigar seu impacto ambiental, especialmente no que tange à expressiva geração de resíduos sólidos nos canteiros de obras. Este trabalho tem como objetivo geral analisar, por meio de uma revisão bibliográfica, as principais tecnologias sustentáveis que visam a minimização desses resíduos, avaliando sua eficácia, produtividade, viabilidade e desafios de implementação. A metodologia adotada foi de natureza qualitativa, exploratória e descritiva, com levantamento de artigos científicos, normas técnicas e estudos de caso. Foram analisadas cinco categorias tecnológicas principais: BIM (Building Information Modeling), sistemas pré-fabricados, argamassa projetada, fôrmas reutilizáveis e sistemas construtivos a seco (Drywall e Light Steel Frame). A análise individual dos resultados demonstrou que não há uma solução única, mas um conjunto de ferramentas cuja aplicabilidade depende da escala e do planejamento da obra. O BIM se destacou como uma tecnologia de base para prevenção de desperdícios na fase de projeto. As tecnologias de industrialização, como pré-fabricados e LSF, apresentaram o maior potencial quantitativo de redução de resíduos (podendo superar 75%) e de aceleração do cronograma, embora sua viabilidade econômica esteja atrelada a projetos de grande escala e depende de mão de obra especializada, um dos principais gargalos no Brasil. Soluções como a Argamassa Projetada mostraram um retorno sobre o investimento extremamente rápido em etapas específicas, com ganhos de produtividade superiores a 100%. Conclui-se que a transição para uma construção mais sustentável exige uma combinação estratégica dessas tecnologias, alinhada a um planejamento rigoroso e à capacitação profissional.

Palavras-chave: Construção Sustentável. Minimização de Resíduos. Tecnologias Construtivas. Industrialização da Construção. Análise Comparativa.

ABSTRACT

The civil construction industry faces the ongoing challenge of mitigating its environmental impact, especially concerning the significant generation of solid waste on construction sites. This study aims to analyze, through a literature review, the main sustainable technologies focused on minimizing this waste, evaluating their effectiveness, productivity, viability, and implementation challenges. A qualitative, exploratory, and descriptive methodology was adopted, surveying scientific articles, technical standards, and case studies. Five main technological categories were analyzed: BIM (Building Information Modeling), precast systems, spray-applied mortar, reusable formwork, and dry construction systems (Drywall and Light Steel Frame). The comparative analysis of the results showed that there is no single solution, but rather a set of tools whose applicability depends on the scale and planning of the project. BIM stood out as a foundational technology for waste prevention in the design phase. Industrialization technologies, such as Precast and LSF, showed the greatest quantitative potential for waste reduction (exceeding 75%) and schedule acceleration, although their economic viability is linked to large-scale projects and depends on a skilled workforce, a major bottleneck in Brazil. Solutions like Spray-Applied Mortar demonstrated an extremely fast return on investment in specific stages, with productivity gains exceeding 100%. It is concluded that the transition to a more sustainable construction model requires a strategic combination of these technologies, aligned with rigorous planning and professional training.

Keywords: Sustainable Construction. Waste Minimization. Construction Technologies. Construction Industrialization. Comparative Analysis.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 PROBLEMÁTICA.....	13
3 JUSTIFICATIVA.....	13
4 OBJETIVOS.....	13
4.1 OBJETIVO GERAL.....	13
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
5 METODOLOGIA.....	14
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	14
5.2 ETAPAS DA PESQUISA.....	14
6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
6.1 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
6.1.1 Conceito de construção sustentável.....	17
6.1.2 Princípios da sustentabilidade.....	18
6.1.3 Relevância ambiental e econômica.....	18
6.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM CANTEIROS DE OBRAS.....	19
6.2.1 Tipos de resíduos.....	19
6.2.2 Causas do desperdício.....	22
6.2.3 Impactos ambientais e econômicos.....	23
6.3 TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS APLICADAS À CONSTRUÇÃO CIVIL.....	24
6.3.1 BIM (Building Information Modeling): Do planejamento virtual à redução de resíduos.....	24
6.3.1.1 <i>Definição e Metodologia.....</i>	25
6.3.1.2 <i>Aplicação na Gestão da Obra e Redução de Perdas.....</i>	25
6.3.1.3 <i>Impactos na Sustentabilidade da construção.....</i>	26
6.3.1.4 <i>Desafios para Implementação no Cenário Brasileiro.....</i>	26
6.3.2 Sistemas Pré-moldados e Pré-fabricados: A industrialização como Ferramenta para um Canteiro Limpo.....	27
6.3.2.1 <i>Definição e Diferenças conceituais segundo a NBR 9062.....</i>	27
6.3.2.2 <i>Impacto Direto na Minimização de Resíduos.....</i>	27
6.3.2.3 <i>Ganhos em Produtividade e Qualidade Construtiva.....</i>	28
6.3.2.4 <i>Viabilidade e desafios de Aplicação no Brasil.....</i>	29
6.3.3 Argamassa Projetada: Eficiência e Limpeza na Fase de Revestimento.....	29
6.3.3.1 <i>Definição e Funcionamento do Sistema.....</i>	30
6.3.3.2 <i>Impacto Direto na Minimização de Resíduos.....</i>	31
6.3.3.3 <i>Ganhos em Produtividade e Qualidade do Revestimento.....</i>	31
6.3.3.4 <i>Viabilidade e Desafios de Aplicação.....</i>	32
6.3.4 Fôrmas Reutilizáveis.....	33
6.3.4.1 <i>Definição e Tipos de Materiais.....</i>	33
6.3.4.2 <i>Impacto Direto na Minimização de Resíduos de Madeira.....</i>	34

6.3.4.3 <i>Vantagens Econômicas e Qualidade do Acabamento</i>	34
6.3.4.4 <i>Desafios de Logística e Viabilidade</i>	35
6.3.5 Sistemas Construtivos a Seco	35
6.3.5.1 <i>Drywall</i>	35
a) Definição e Composição do Sistema.....	36
b) Impacto Direto na Minimização de Resíduos.....	36
c) Benefícios de Desempenho e Flexibilidade.....	37
6.3.5.2 <i>Steel Frame</i>	38
a) Definição e Composição.....	39
b) Impacto Direto na Minimização de Resíduos.....	39
c) Ganhos em Produtividade e Desempenho.....	39
d) Desafios de Viabilidade e Implementação no Brasil.....	40
7 ANÁLISE COMPARATIVA E RESULTADOS	40
7.1 ANÁLISE POR TECNOLOGIA.....	40
7.2 DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS.....	43
8 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A construção civil apresenta um vasto campo de possibilidades no que se refere à utilização de tecnologias e materiais inovadores, que visam facilitar e otimizar o processo construtivo. No entanto, é notável a significativa perda de materiais durante a execução das obras, o que gera um volume expressivo de resíduos sólidos. Diante desse cenário, surge um questionamento essencial, qual é o destino de todos os resíduos e entulhos produzidos diariamente nos canteiros de obras, sejam elas de pequeno ou grande porte.

Mais do que refletir sobre o descarte desses resíduos, é importante pensar em estratégias que possam ser implementadas ainda dentro do próprio canteiro de obras. O objetivo é tornar o processo mais otimizado, eficiente e sustentável. O que pode ser feito no ambiente de execução para reduzir perdas, reutilizar materiais e aplicar soluções tecnológicas que contribuam para uma construção mais consciente?

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente:

O relatório mostra que controlar os resíduos por meio de medidas de prevenção e gestão de resíduos poderia limitar os custos anuais líquidos até 2050 a US\$270,2 bilhões. No entanto, as projeções mostram que um modelo de economia circular, em que a geração de resíduos e o crescimento econômico são dissociados pela adoção de prevenção de resíduos, práticas comerciais sustentáveis e gestão completa de resíduos, poderia de fato levar a um ganho líquido total de US\$108,5 bilhões por ano (PNUMA,2023).

Essa realidade mostra como é urgente repensar as práticas dentro do setor da construção civil, buscando soluções sustentáveis desde o planejamento até a execução das obras. Assim, torna-se de grande importância o desenvolvimento de estudos voltados para os meios e métodos, que possam auxiliar nesse processo, contribuindo para a adoção de práticas mais eficientes e sustentáveis dentro das etapas construtivas. Compreender e aplicar essas soluções não apenas reduz o desperdício de materiais, como também promove benefícios econômicos, ambientais e sociais, alinhando-se aos princípios da construção sustentável.

2 PROBLEMÁTICA

A indústria da construção civil, apesar de ser um pilar do desenvolvimento nacional, opera sob um paradoxo crítico: Convive com um arsenal de tecnologias inovadoras e, ao mesmo tempo, sustenta índices alarmantes de deficiência, cuja manifestação mais evidente é a massiva geração de Resíduos da Construção Civil (RCC). Este cenário não representa apenas um grave passivo ambiental, mas também uma perda econômica direta, refletida no desperdício de materiais e em custos elevados de descarte. A principal barreira para uma transição mais acelerada rumo à sustentabilidade é a ausência de uma análise consolidada que permita aos gestores e engenheiros comparar, de forma clara e objetiva, o real impacto de cada tecnologia disponível. É neste contexto que se insere a questão central desta pesquisa: qual é o real impacto comparativo das principais tecnologias construtivas sustentáveis na mitigação da geração de resíduos e quais são os fatores críticos que determinam a sua aplicabilidade no cenário da construção civil brasileira?

3 JUSTIFICATIVA

A escolha por esse tema surgiu da percepção de como a construção civil, mesmo sendo essencial para o desenvolvimento das cidades, ainda enfrenta grandes desafios quando se trata da gestão de resíduos. Pensar em soluções sustentáveis dentro desse cenário é mais do que uma tendência, é uma necessidade. Por isso, este trabalho busca olhar com mais atenção para tecnologias que possam tornar esse processo construtivo mais eficiente, com menos desperdício e mais consciência. A ideia é mostrar que é possível construir de uma forma diferente, ou seja, aproveitando melhor os recursos e contribuindo para um ambiente mais organizado em todos os aspectos. Estudar e divulgar essas práticas é uma forma de incentivar mudanças reais dentro da obra, começando pelo conhecimento. Afinal, pequenas escolhas no dia a dia da construção podem gerar grandes resultados quando se pensa em sustentabilidade.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as tecnologias mais utilizadas na construção civil que colaborem para a redução de resíduos sólidos nos canteiros de obras, destacando práticas que potencializam e promovem uma execução mais eficiente e sustentável.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apontar os principais tipos de resíduos gerados na construção civil;
- Apresentar e descrever tecnologias sustentáveis aplicadas à redução de resíduos;
- Avaliar a eficácia de tais tecnologias com base em estudos de caso ou dados secundários;

5 METODOLOGIA

O presente trabalho de conclusão de curso foi desenvolvido com base em uma pesquisa de natureza qualitativa, de caráter exploratório e descritivo, fundamentada em uma revisão bibliográfica e documental. O objetivo foi analisar e comparar tecnologias sustentáveis aplicadas à minimização de resíduos na construção civil, seguindo um procedimento metodológico estruturado em três etapas principais.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa classifica-se como exploratória, pois visa proporcionar uma visão geral e aprofundar o conhecimento sobre um tema ainda pouco sistematizado na prática construtiva regional: a aplicação de tecnologias específicas para a redução de resíduos. Possui também um caráter descritivo, uma vez que descreve, analisa e correlaciona as características e os impactos de cada tecnologia estudada. A abordagem é qualitativa, pois a análise não se baseia em dados estatísticos primários, mas na interpretação e correlação de informações obtidas a partir de fontes secundárias, conforme preconizam autores da metodologia científica como Marconi e Lakatos (2003).

5.2 ETAPAS DA PESQUISA

O desenvolvimento do trabalho seguiu um roteiro metodológico composto pelas seguintes etapas:

1. Levantamento Bibliográfico e Documental: A primeira etapa consistiu na coleta de um acervo teórico para a fundamentação da pesquisa. Foram consultadas diversas fontes, incluindo:

- Artigos científicos e periódicos das bases de dados Scielo e Google Acadêmico;
 - Normas Técnicas Brasileira (NBR), com destaque para a ABNT NBR 9062 (2017) Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, ABNT NBR 10004 (2004) Resíduos sólidos-Classificação e a ABNT NBR 15575-4 (2021) Edificações habitacionais- Desempenho parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas- SVVIE ;
 - Livros e monografias de referência na área de Construção Sustentável e Gestão de Obras;
 - Documentos Institucionais e guias de boas práticas de entidades como a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) e a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).
2. Sistematização e Análise das Tecnologias: Após o Levantamento, as informações foram organizadas e sistematizadas. Cada tecnologia sustentável identificada (BIM, pré-moldados, argamassa projetada, etc.) foi analisada individualmente, descrevendo sua definição, funcionamento, impacto na redução de resíduos, benefícios e desafios de implementação, conforme desenvolvido no capítulo de fundamentação teórica.
3. Desenvolvimento da Análise Comparativa: A etapa final da metodologia, que será consolidada no capítulo de Análise dos Resultados, consiste na comparação das tecnologias estudadas. Para tal, foi elaborada uma análise estruturada com base em critérios predefinidos, que permitirão avaliar a eficácia e a aplicabilidade de cada solução. Os principais critérios de comparação são:
- Potencial de minimização de resíduos;
 - Impacto na produtividade e no cronograma da obra;
 - Viabilidade econômica (custo de implementação e economia a longo prazo);
 - Exigência de mão de obra especializada;
 - Fase da obra em que apresenta maior impacto.

Essa análise comparativa permitirá, ao final, a elaboração de diretrizes práticas para a implementação de tais tecnologias, cumprindo os objetivos específicos deste trabalho.

6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para compreender a importância da adoção de práticas mais sustentáveis na construção civil, é fundamental conhecer o contexto em que essa discussão se insere. Diante disso, neste capítulo vamos explorar conceitos relacionados à sustentabilidade na construção, à problemática dos resíduos sólidos nos canteiros de obras e às tecnologias que têm sido aplicadas como alternativas para a redução desses impactos.

6.1 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Nos últimos anos, a sustentabilidade passou a ocupar um papel cada vez mais importante na construção civil, mais precisamente após a crise do petróleo por volta da década de 1970:

A aplicação desse conceito entrou na pauta dos arquitetos após a Crise do Petróleo, dada na década de 1970, amenizando a utilização de energia e procurando novas formas de utilizá-la. Após o término da crise, o conceito não sumiu, pois a tendência de levar a sustentabilidade cada vez mais a sério só evoluiu a partir de então (UNIVASF, 2023).

Isso porque os métodos tradicionais de construir, apesar de eficientes em muitos aspectos, também causam impactos significativos ao meio ambiente. Diante disso, surge a necessidade de pensar em novas formas de construir de uma maneira mais consciente, mais econômica e com menos desperdício.

A geração de resíduos sólidos nos canteiros de obra é bastante preocupante na execução dos empreendimentos, pois além do desperdício de mão de obra (tempo de execução de uma mesma tarefa com ambiente organizado), há também o desperdício de materiais (PINTO, 2011).

Podemos ver um exemplo de resíduos gerados na figura 01.

Figura 01- Resíduos gerados em obra



Fonte: <https://sercpintonline.blogspot.com/2011/02/gestao-de-residuos-parte-2-organizacao.html>.

Acesso em: 20 abr. 2025.

Adotar práticas sustentáveis nesse setor é uma maneira de equilibrar o crescimento das cidades com o cuidado aos recursos naturais, além de melhorar a qualidade de vida para quem vive e trabalha nesses ambientes. Nesse tópico, vamos explorar o conceito de construção sustentável, seus principais princípios e os benefícios que ela oferece tanto para o meio ambiente quanto para a economia.

6.1.1 Conceito de construção sustentável

Construir de forma sustentável é mais do que escolher materiais ecológicos, trata-se de modificar toda a lógica do projeto e da execução de uma obra.

A construção sustentável é uma forma de se construir casas e edifícios, harmonizando-os com o meio ambiente. Ela procura, durante toda sua produção e pós-construção, amenizar os impactos à natureza, reduzindo o máximo possível os resíduos e utilizando com eficiência os materiais e bens naturais, como água e energia (UNIVASF, 2023).

O conceito também está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, que propõem cidades mais inclusivas, resilientes e ecologicamente corretas. Na prática, isso pode envolver desde o uso de sistemas construtivos alternativos até o reaproveitamento de materiais no próprio canteiro.

6.1.2 Princípios da sustentabilidade

Os princípios da construção sustentável são baseados no tripé da sustentabilidade, que busca o equilíbrio entre os pilares Ambiental, Social e Econômico. No contexto da construção civil brasileira, a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA) e o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) apresentam diversos princípios básicos da construção sustentável, como:

- Uso eficiente de recursos naturais e energia;
- Minimização da geração de resíduos;
- Valorização da mão de obra local e condições seguras de trabalho;
- Escolha de materiais com menor impacto ambiental;
- Planejamento para durabilidade e manutenção de edificação.

A integração entre arquitetura, engenharia e gestão ambiental é fundamental para atingir esses objetivos.

6.1.3 Relevância ambiental e econômica

A adoção de práticas sustentáveis na construção tem impacto direto na redução da degradação ambiental e no uso mais racional dos recursos naturais. A redução do volume de entulhos e a reutilização de materiais, por exemplo, diminuem a necessidade de transporte e descarte, o que reduz as emissões de CO² e os custos logísticos.

A construção civil responde por 37% das emissões globais de CO₂, gera 40% dos resíduos sólidos do planeta e consome 50% dos recursos naturais. No Brasil, foram produzidas cerca de 120 milhões de toneladas de entulho em 2022, sendo 70% descartadas de maneira inadequada (SIENGE, 2023).

Além do aspecto ambiental, os benefícios econômicos também são significativos. Edificações sustentáveis tendem a ter menor custo de operação ao longo do tempo, seja pela eficiência energética, pela durabilidade dos materiais ou pela redução na geração de resíduos. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2023), a transição para modelos circulares na construção pode gerar ganhos líquidos de bilhões de dólares por ano globalmente.

6.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM CANTEIROS DE OBRAS

A geração de resíduos sólidos na construção civil é uma das questões mais preocupantes dentro dos canteiros de obras. O acúmulo de entulho, sobras de materiais e descartes incorretos não apenas comprometem a organização e a segurança do ambiente de trabalho, mas também representam um grave problema ambiental. Segundo o Sienge (2023), somente no Brasil, cerca de 120 milhões de toneladas de entulho foram geradas em 2022, e 70% desse volume foi descartado de forma inadequada. Esse dado evidencia a necessidade de refletir sobre os métodos construtivos utilizados e a adoção de práticas mais eficientes e sustentáveis para minimizar os impactos.

6.2.1 Tipos de resíduos

Os resíduos gerados em canteiros de obras são diversos e se originam em praticamente todas as etapas do processo construtivo. Para uma gestão eficiente e ambientalmente correta, é fundamental classificá-los adequadamente. A legislação brasileira, por meio da Resolução CONAMA nº 307/2002, estabelece uma classificação específica para os Resíduos da Construção Civil (RCC), organizando-os em quatro classes distintas (A, B, C e D), de acordo com suas características e potencial de reciclagem. Esta classificação é a principal ferramenta para orientar a triagem, o acondicionamento e a destinação final de cada material.

A classificação se estrutura da seguinte forma:

- **Classe A:** Abrange os resíduos reutilizáveis ou recicláveis na forma de agregados. São os materiais mais volumosos gerados em uma obra, como restos de concreto, tijolos, blocos cerâmicos, telhas e argamassas, provenientes principalmente de demolições e sobras da fase estrutural e de alvenaria. A destinação prioritária para estes materiais é o seu reprocessamento para uso como agregado reciclado em pavimentação, aterros ou na confecção de novos artefatos de concreto não estruturais.

- **Classe B:** Inclui os resíduos recicláveis para outras destinações que não sejam agregados. Nesta categoria encontram-se materiais como plásticos (embalagens, tubulações), papel e papelão, metais (sobras de vergalhões, esquadrias), vidros, madeira e gesso. A destinação correta envolve a segregação no canteiro e o encaminhamento para empresas e cooperativas especializadas em reciclagem.
- **Classe C:** Engloba os resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou processos economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação. Um exemplo comum é a lã de vidro, utilizada em sistemas de isolamento. Atualmente, a destinação para estes materiais é o aterro sanitário licenciado para resíduos não perigosos.
- **Classe D:** São os resíduos perigosos, que apresentam risco à saúde pública ou ao meio ambiente. Incluem-se nesta classe as tintas, solventes, óleos, lâmpadas fluorescentes e outros materiais contaminados. Estes resíduos exigem um manejo especial, devendo ser armazenados de forma segura e encaminhados para tratamento e disposição final em licenciados especificamente para resíduos perigosos.

Figura 02 - Descarte inadequado de resíduo



Fonte: Acervo pessoal, 2025.

Além dos resíduos sólidos classificados pela CONAMA, é importante notar que a ABNT NBR 10004 (2004) estabelece uma classificação mais ampla para todos os tipos de resíduos sólidos, dividindo-os em Classe I (Perigosos) e Classe II (Não Perigosos), sendo esta última subdividida em II A (Não Inertes) e II B (Inertes):

- **Classe I - Resíduos Perigosos:** São aqueles que apresentam periculosidade, seja por serem inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos ou patogênicos. No contexto da construção civil, os resíduos da Classe D do CONAMA (tintas, solventes, etc.) são diretamente classificados como Classe I pela ABNT. Eles exigem manejo, transporte, tratamento e disposição final especializados e rigorosos para neutralizar seus riscos.
- **Classe II - Resíduos Não Perigosos:** São todos os resíduos que não se enquadram na Classe I. Esta classe é subdividida para diferenciar seu comportamento em contato com a água:
 - **Classe II A - Não Inertes:** São resíduos que não são perigosos, mas que podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Em um canteiro de obras, materiais como a madeira e o gesso (Classe B do CONAMA) se enquadram aqui, pois podem degradar ou liberar substâncias em contato com a água, ainda que não em níveis tóxicos.

- **Classe II B - Inertes:** São resíduos que, ao serem submetidos ao contato com a água, não liberam nenhum de seus constituintes em concentrações superiores aos padrões de potabilidade. Eles são quimicamente estáveis e se degradam muito lentamente. A grande maioria dos resíduos da Classe A do CONAMA (restos de concreto, tijolos, cerâmicas) são classificados como Classe II B.

6.2.2 Causas do desperdício

Diversos fatores levam ao desperdício de materiais nas obras, como falhas no planejamento, armazenamento inadequado, manuseio incorreto, mudanças de projeto durante a execução e até a falta de capacitação da equipe. Segundo Pinto (2011), a geração de resíduos sólidos nos canteiros de obras é uma preocupação importante, pois além do desperdício de mão de obra (Já que as tarefas levam mais tempo em ambientes desorganizados), também há um desperdício de materiais.

Esses problemas impactam diretamente o cronograma da obra, aumentam os custos e prejudicam a produtividade. Por isso, evitar o desperdício deve começar já na fase de planejamento do projeto e continuar durante toda a execução, com práticas eficientes de gestão e controle de insumos. A identificação das principais causas é o primeiro passo para o desenvolvimento de estratégias de mitigação. Dentre os fatos mais recorrentes que levam à geração de perdas, destacam-se:

- **Falhas no Planejamento e Orçamento:** A ausência de um planejamento detalhado e de projetos bem compatibilizados é uma das principais fontes de desperdício. Erros na quantificação de materiais levam à compra excessiva ou insuficiente, enquanto a falta de compatibilização entre projetos (arquitetônico, estrutural, instalações) resultam em retrabalho e demolições no canteiro, gerando entulho que poderia ser evitado.
- **Armazenamento e Manuseio Inadequado:** Muitas vezes, os materiais são danificados antes mesmo de serem utilizados. O armazenamento incorreto, expondo produtos como cimento e areia a intempéries, ou o empilhamento inadequado de blocos e revestimentos, pode levar à perda de lotes inteiros. Da mesma forma, o manuseio e transporte descuidados dentro do canteiro causam a quebra de componentes frágeis.

- **Falta de Qualificação da Mão de Obra:** Uma equipe despreparada ou sem o treinamento adequado para executar um determinado serviço tende a gerar mais desperdício. Seja por inexperiência na aplicação de um revestimento, no corte de uma peça cerâmica ou na execução de uma alvenaria, a falta de técnica resulta em maior consumo de material e na necessidade de refazer serviços.
- **Alterações de Projeto Durante a Execução:** Mudanças no escopo do projeto após o início da obra representam prejuízos consideráveis. Geralmente elas anulam tarefas já concluídas, exigindo demolições, e tornam itens comprados antigos, levando a perdas diretas tanto de recursos quanto de tempo.
- **Cultura de Desperdício e Ausência de Gestão de Sobras:** Em muitos canteiros, a falta de um plano claro para o gerenciamento de resíduos leva ao descarte de sobras que poderiam ser reaproveitadas. Pequenos pedaços de vergalhões, retalhos de madeira ou sobras de tubulações, quando não segregados e gerenciados, são simplesmente descartados como entulho, representando uma perda financeira e ambiental.

6.2.3 Impactos ambientais e econômicos

Descarte inadequado de resíduos pode causar a contaminação do solo e da água, além de entupir sistemas de drenagem e gerar poluição visual. Além dos danos ambientais, os prejuízos financeiros também são significativos: gastos com retrabalho, compra de materiais extras e descarte incorreto, gerando perdas consideráveis.

Por isso, adotar práticas sustentáveis, como reaproveitar materiais, usar caçambas seletivas e capacitar a equipe, é uma maneira eficiente de minimizar esses impactos. Investir na gestão de resíduos é uma estratégia inteligente, que traz benefícios tanto para o meio ambiente quanto econômico.

A gestão de resíduos é o processo de colher, transportar, tratar e descartar resíduos de forma segura e sustentável. Isso inclui ações como separação e reciclagem de materiais, compostagem, tratamento de resíduos perigosos, disposição adequada em aterros sanitários e conscientização da população sobre a importância desse processo para o meio ambiente e a saúde pública (SEBRAE, 2023).

6.3 TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS APLICADAS À CONSTRUÇÃO CIVIL

Diante dos desafios de gestão de resíduos e da busca por mais eficiência, a construção civil tem incorporado uma série de inovações tecnológicas. Essas soluções, que abrangem desde o planejamento digital até a execução industrializada no canteiro, são ferramentas essenciais para a transição do setor em direção a práticas mais sustentáveis.

Este capítulo se dedica a apresentar e detalhar as principais tecnologias que apontam para a sustentabilidade na construção civil. Serão explorados os funcionamentos e as características de soluções que representam uma mudança de padrão em relação aos métodos construtivos convencionais.

Cada uma das tecnologias a seguir: **BIM (Building Information Modeling), Sistema pré-moldados, Argamassa projetada, Fôrmas reutilizáveis e Sistemas construtivos a seco**, será descrita individualmente para compor a base teórica necessária para a análise. A avaliação aprofundada de seus benefícios, desafios e uma comparação direta de sua eficácia na minimização de resíduos será consolidada no capítulo 7: Análise comparativa e resultados, garantindo uma separação metodológica clara entre a fundamentação teórica e as conclusões desta pesquisa.

6.3.1 BIM (Building Information Modeling): Do planejamento virtual à redução de resíduos

A metodologia BIM (Building Information Modeling, ou Modelagem da Informação da Construção) surge como uma ferramenta estratégica para a modernização da construção civil, atuando diretamente em um dos seus maiores desafios: a gestão de recursos e a minimização de desperdícios. Sua abordagem transcende o desenho tridimensional, integrando dados de todo o ciclo de vida da edificação em um modelo digital centralizado, que serve como única fonte de informação para todas as equipes envolvidas

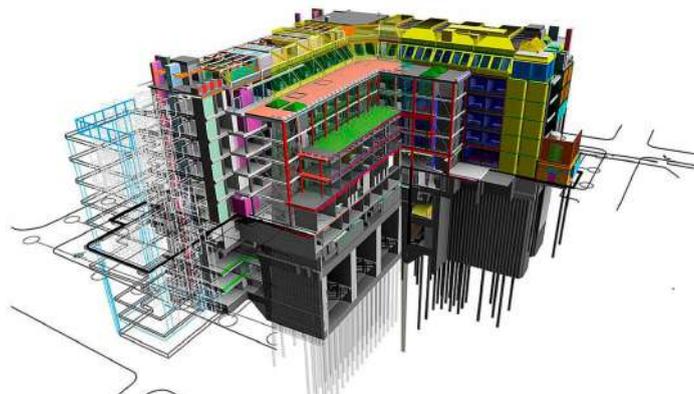
Através de processos baseados em um modelo de edificação digital, o BIM oferece a compatibilização e parametrização de projetos, o que permite antecipar erros na jornada construtiva e evitar gastos inesperados com retrabalho, uma das principais fontes de geração de resíduos (NÚCLEO DO CONHECIMENTO, s.d.).

6.3.1.1 Definição e Metodologia

O BIM consiste em um processo de gestão que utiliza um modelo digital paramétrico e tridimensional da edificação como base para planejar e gerenciar todas as etapas da construção de forma integrada. Diferentemente de um simples modelo 3D, que é apenas uma representação geométrica, o modelo BIM é um banco de dados inteligente que contém informações detalhadas de cada componente construtivo. (Nunes; Leão, 2018)

Essa base de dados vai além da geometria. O modelo BIM contém informações detalhadas de cada componente construtivo, como especificações de materiais, custos (5D, associa os custos a cada componente), planejamento de execução (4D, integra o cronograma ao modelo) e dados para a futura operação e manutenção do ativo. Essa capacidade de agregar e gerenciar informações permite um nível de análise e controle muito superior ao dos métodos tradicionais. A figura 3 nos apresenta um exemplo de modelagem 3D criado através do BIM.

Figura 03- Modelo 3D criado através do BIM



Fonte: <https://www.cimentoitambe.com.br/uso-do-bim-agora-e-lei-quem-esta-pronto-e-quem-esta-defasado/> .

Acesso em: 10 jun. 2025.

6.3.1.2 Aplicação na Gestão da Obra e Redução de Perdas

A principal aplicação do BIM no contexto da sustentabilidade é sua capacidade de facilitar o planejamento digital detalhado de toda a construção antes mesmo do início da obra. Essa visualização prévia ajuda a evitar problemas com a falta de compatibilidade entre projetos (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, etc.), que são uma fonte comum de retrabalho e geração de resíduos. Além disso, a ferramenta permite estimar com alta precisão a quantidade de materiais necessários para cada serviço, otimizando o processo de compra e

contribuindo para a diminuição de sobras e desperdícios no canteiro.

6.3.1.3 Impactos na Sustentabilidade da construção

Os benefícios do BIM para a sustentabilidade são diretos e mensuráveis, indo além da simples modelagem tridimensional para impactar positivamente todo o ciclo de vida da edificação. A capacidade de simular e prever cenários antes do início da construção é um dos fatores que mais contribuem para a otimização de recursos.

Ao permitir a análise de diferentes opções de projeto e a quantificação precisa de materiais, a metodologia BIM atua diretamente na prevenção do desperdício, sendo esta uma abordagem proativa focada na fase de planejamento. A capacidade da ferramenta de gerar orçamentos mais precisos (5D) e de otimizar o cronograma (4D) evita custos inesperados com a compra de materiais excedentes e com o retrabalho, que são fontes diretas de geração de resíduos. Conforme destacam Mattana e Librelotto (2017), a tecnologia é uma ferramenta fundamental para a avaliação da sustentabilidade econômica, pois integra as diversas fases do ciclo de vida da edificação, permitindo um controle de custos mais assertivos. Essa otimização resulta, portanto, em uma obra mais limpa, com menor geração de entulho e economicamente mais viável.

6.3.1.4 Desafios para Implementação no Cenário Brasileiro

Apesar dos benefícios evidentes, a implementação do BIM na construção civil brasileira enfrenta desafios significativos. Entre eles, destacam-se o custo inicial do software e hardware, a necessidade de treinamento e capacitação da mão de obra em todos os níveis (de projetistas e gestores de obra) e a resistência à mudança de cultura em um setor tradicionalmente avesso a novas tecnologias (CBIC, 2021). A compatibilização de plataformas e a criação de bibliotecas de componentes padronizados para o mercado nacional também são obstáculos que precisam ser superados para a massificação do seu uso. A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2021) aponta que, para pequenas e médias empresas, o investimento inicial em licenças de software e em hardware robusto, somado ao custo de paralisação de equipes para treinamento, são os principais entraves para a adoção da metodologia BIM. Além da tecnologia, a CBIC (2021) ressalta a necessidade de uma reestruturação profunda nos processos internos da empresa, o que demanda um esforço de gestão e planejamento que muitas organizações ainda não estão preparadas para realizar.

6.3.2 Sistemas Pré-moldados e Pré-fabricados: A industrialização como Ferramenta para um Canteiro Limpo

A utilização de componentes construtivos produzidos em ambiente fabril, conhecidos como sistema pré-moldados e pré-fabricados, representa uma mudança de paradigma em relação aos métodos construtivos convencionais. Essa abordagem industrializada transfere parte significativa do processo para fora do canteiro de obras, resultando em maior controle de qualidade, otimização de recursos e, fundamentalmente para este trabalho, uma drástica redução na geração de resíduos.

6.3.2.1 Definição e Diferenças conceituais segundo a NBR 9062:2017

Embora frequentemente utilizados como sinônimos, os termos “pré-moldado” e “pré-fabricado” possuem distinções técnicas precisas, conforme estabelecidas pela norma ABNT NBR 9062:2017 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado. Segundo a norma, o elemento pré-fabricado é executado industrialmente, sob rigorosas condições de controle de qualidade, enquanto o pré-moldado pode ser produzido no próprio canteiro ou em instalações temporárias. Para os fins desta análise, ambos os sistemas compartilham o princípio fundamental de industrializar a construção, sendo estratégicos para a sustentabilidade.

6.3.2.2 Impacto Direto na Minimização de Resíduos

A principal vantagem desses sistemas no contexto deste trabalho é a redução expressiva do desperdício de materiais. A fabricação em um ambiente controlado minimiza as perdas de concreto, aço e fôrmas. O canteiro de obras se transforma em um local de montagem, e não de fabricação, eliminando grande parte do entulho associado a etapas como corte de formas, preparo de argamassa e quebra de alvenaria.

Conforme destaca a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2021), os sistemas pré-fabricados contribuem para a sustentabilidade não apenas por gerarem um volume significativamente menor de resíduos, mas também por otimizarem a logística de materiais, resultando em um canteiro mais limpo, seguro e produtivo.

6.3.2.3 Ganhos em Produtividade e Qualidade Construtiva

Além da questão ambiental, a industrialização traz outros benefícios relevantes. A produção dos componentes em paralelo com a execução das fundações no canteiro permite uma aceleração significativa do cronograma da obra. A qualidade do produto final tende a ser superior, devido ao controle de qualidade industrial, resultando em estruturas com melhor acabamento e maior durabilidade (Figuras 04 e 05). A montagem de elementos como lajes, vigas e painéis torna-se uma operação mais rápida e segura para a mão de obra.

Figura 04- Instalação de viga pré-fabricada



Fonte: <https://www.tecnosilbr.com.br/o-que-sao-pre-moldados-de-concreto-e-qual-a-diferenca-com-os-pre-fabricados/>. Acesso em : 12 jun. 2025.

Figura 05- Estrutura pré-fabricada



Fonte: <https://www.dantezonta.com.br/noticia/estruturas-pre-fabricadas-definicao>. Acesso em: 12 jun. 2025.

6.3.2.4 Viabilidade e desafios de Aplicação no Brasil

Apesar das vantagens, a adoção de sistemas pré-fabricados impõe desafios. A viabilidade econômica geralmente está atrelada a projetos de maior escala ou com alto grau de repetitividade, onde o custo inicial de logística e planejamento é diluído. A aplicação exige um planejamento logístico preciso para transporte e içamento das peças, além de mão de obra treinada para a montagem.

Conforme destacam Silva et al. (2024), a adoção do sistema pré-moldado requer um controle rigoroso desde a produção até a execução, além de um custo inicial que nem sempre é viável em obras de pequeno porte:

A construção em pré-moldado, embora apresente economia de tempo e recursos, exige mão de obra capacitada e planejamento logístico eficiente, principalmente para o transporte e montagem das peças. A viabilidade financeira do sistema está mais evidente em construções de médio a grande porte, pois em obras pequenas o custo inicial pode superar os benefícios em razão da complexidade técnica envolvida (SILVA et al., 2024, p.4).

Esses fatores, somados à limitação de fornecedores especializados em determinadas regiões, ainda limitam sua expansão no Brasil. No entanto, com o avanço da industrialização da construção e investimentos em capacitação, espera-se maior acessibilidade ao sistema em diferentes contextos de obra.

6.3.3 Argamassa Projetada: Eficiência e Limpeza na Fase de Revestimento

A aplicação de revestimentos argamassados é uma das etapas que tradicionalmente geram mais desperdício e sujeira no canteiro de obras. Como alternativa ao método manual, a tecnologia de argamassa projetada utiliza equipamentos para mecanizar o processo, oferecendo ganhos significativos em produtividade, qualidade e crucialmente, na redução de perdas de material.

6.3.3.1 Definição e Funcionamento do Sistema

A argamassa projetada consiste na aplicação mecanizada do revestimento sobre uma superfície por meio de um equipamento específico (Figura 06), que bombeia a argamassa através de mangueiras e a lança de forma contínua e uniforme. O processo substitui a aplicação manual, conhecida como “chapisco” ou “emboço chapado”, que depende inteiramente de habilidade profissional. A técnica garante um acabamento mais homogêneo e melhora a aderência ao substrato, como demonstrado na aplicação da Figura 07.

Figura 06- Máquina de projeção



Fonte: Acervo pessoal, 2025.

Figura 07- Aplicação de argamassa projetada em parede de vedação



Fonte: Acervo pessoal, 2025.

6.3.3.2 Impacto Direto na Minimização de Resíduos

A principal contribuição desta tecnologia para a sustentabilidade reside na drástica redução do desperdício de material. No método manual, há uma quantidade significativa de argamassa que cai no chão durante a aplicação, tornando-se entulho. Com a projeção mecânica, a aplicação é mais precisa e a perda é minimizada. Além disso, o uso de argamassa industrializada, com traço controlado e preparada no próprio equipamento, evita a produção de volumes excessivos e o descarte de sobras ao final do dia, mantendo o ambiente de trabalho mais limpo e organizado.

6.3.3.3 Ganhos em Produtividade e Qualidade do Revestimento

Além do impacto direto na sustentabilidade pela redução de resíduos, a argamassa projetada oferece vantagens operacionais que otimizam o cronograma e elevam o padrão de qualidade da obra. A eficiência do sistema, quando comparada ao método manual, é um de seus maiores atrativos, conforme quantificado pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

O principal ganho reside na produtividade de mão de obra. A mecanização do processo de aplicação permite que uma equipe cubra uma área significativamente maior em um mesmo intervalo de tempo. Este salto de eficiência é claramente demonstrado em dados do setor:

A adoção da argamassa projetada industrializada tem apresentado resultados significativos. Enquanto um profissional aplica o revestimento manualmente numa superfície de 14m² por dia, o sistema racionalizado permite que revista uma área de 29m² no mesmo período. [...] A aplicação mecanizada, de forma continuada, garante maior uniformidade e qualidade do revestimento, por não depender da capacidade produtiva do profissional (ABCP, 2012).

Este aumento da produtividade, é superior a 100% segundo os dados da ABCP, onde não apenas acelera a conclusão da fase de revestimentos, como também otimiza os custos com mão de obra.

Adicionalmente, a qualidade do acabamento final é superior. A projeção mecânica garante que a argamassa seja aplicada com pressão e espessura constantes, resultando em uma superfície mais uniforme e com melhor aderência. Isso difere do método manual, que está sujeito à variação da força e da técnica do aplicador ao longo do dia. Um revestimento de maior qualidade e regularidade pode, conseqüentemente, reduzir a necessidade de camadas espessas de massa corrida para a regularização final, gerando economia de material e tempo na etapa de acabamento.

6.3.3.4 Viabilidade e Desafios de Aplicação

A implementação da argamassa projetada não é isenta de desafios. O principal deles é o custo inicial para aquisição ou aluguel do equipamento de projeção. Adicionalmente, a tecnologia exige uma equipe treinada não apenas para a aplicação correta, mas também para a manutenção e limpeza rigorosa dos equipamentos, que podem entupir se não forem bem cuidados. Por esses motivos, sua viabilidade econômica é mais evidente em obras de médio a grande porte, com grandes panos de parede a serem revestidos, onde a alta produtividade compensa o investimento inicial.

6.3.4 Fôrmas Reutilizáveis

A execução de estruturas de concreto armado é tradicionalmente uma das etapas que mais geram resíduos em um canteiro de obras, principalmente devido ao descarte de fôrmas de madeira. Como uma solução sustentável, os sistemas de fôrmas reutilizáveis, fabricados com materiais de alta durabilidade surgem como uma alternativa eficaz para reduzir significativamente o volume de entulho e o consumo de recursos naturais. (Diniz Costa, 2014).

6.3.4.1 Definição e Tipos de Materiais

Fôrmas reutilizáveis são sistemas modulares projetados para suportar múltiplos ciclos de concretagem sem perda de qualidade ou funcionalidade. Diferente das fôrmas de madeira convencionais, que possuem vida útil limitada, estes sistemas são fabricados com materiais como aço, alumínio, plástico (polipropileno) ou painéis mistos (alumínio com compensado plastificado), como os citados por Diniz Costa (2014). A escolha do material impacta na durabilidade, no peso do sistema, no custo e no acabamento final do concreto. A figura 08 apresenta um exemplo de fôrmas plásticas reutilizáveis.

Figura 08 - Utilização de fôrmas plásticas reutilizáveis em obra de estrutura de concreto



Fonte: <https://engenharia360.com/software-simulia-de-simulacao-para-engenharia/> .

Acesso em: 20 jun. 2025

6.3.4.2 Impacto Direto na Minimização de Resíduos de Madeira

O principal benefício ambiental desta tecnologia é a drástica redução no consumo e descarte de madeira. Enquanto as fôrmas de madeira compensada são frequentemente descartadas após poucos usos, gerando um grande volume de resíduo de difícil reciclagem, os sistemas reutilizáveis podem ser empregados dezenas ou até centenas de vezes. Esta prática não apenas diminui a quantidade de entulho no canteiro, mas também reduz a pressão sobre os recursos florestais, alinhando a fase estrutural da obra aos princípios da construção sustentável. Na figura 09 podemos observar fôrmas plásticas reutilizáveis para um sistema de laje.

Figura 09 - Fôrmas plásticas reutilizáveis



Fonte: <https://www.aecweb.com.br/produto/formas-plasticas-reutilizaveis/24284>. Acesso em: 21 jun. 2025

6.3.4.3 Vantagens Econômicas e Qualidade do Acabamento

Apesar de possuírem um custo inicial de aquisição ou locação superior ao da madeira, as fôrmas reutilizáveis apresentam vantagens econômicas significativas em médio e longo prazo. Conforme destaca Diniz Costa (2014), em obras com alta repetitividade de elementos (como pilares e lajes em edifícios de múltiplos pavimentos), o custo por uso do sistema torna-se progressivamente menor. Além de economia, rigidez e a precisão dimensional dos painéis metálicos ou plásticos proporcionam um acabamento mais uniforme e de melhor qualidade ao concreto, podendo reduzir o aparecimento de patologias, necessidade de correção e revestimentos posteriores.

6.3.4.4 Desafios de Logística e Viabilidade

A implementação de sistemas de fôrmas reutilizáveis requer um planejamento logístico mais apurado em comparação ao método convencional. É preciso gerenciar o transporte, a montagem, a desmontagem, a limpeza e o armazenamento dos painéis. A mão de obra precisa ser treinada para manusear o sistema corretamente, a fim de garantir sua durabilidade e a segurança da operação. A viabilidade econômica é o principal fator decisório, sendo mais clara em obras de maior porte. Em obras pequenas ou com geometria muito complexa e sem padronização, o custo e a logística podem se tornar um desafio.

Um estudo de caso detalhado, comparando os custos de execução de unidades habitacionais populares, demonstrou que o alto custo de aquisição das fôrmas de alumínio torna o sistema inviável para projetos de pequena escala. No entanto, devido à sua alta durabilidade e ao ganho de produtividade, o custo por unidade habitacional decresce a cada reutilização, tornando o sistema mais econômico que a alvenaria convencional em empreendimentos com mais de 113 repetições (GONÇALVES, 2016).

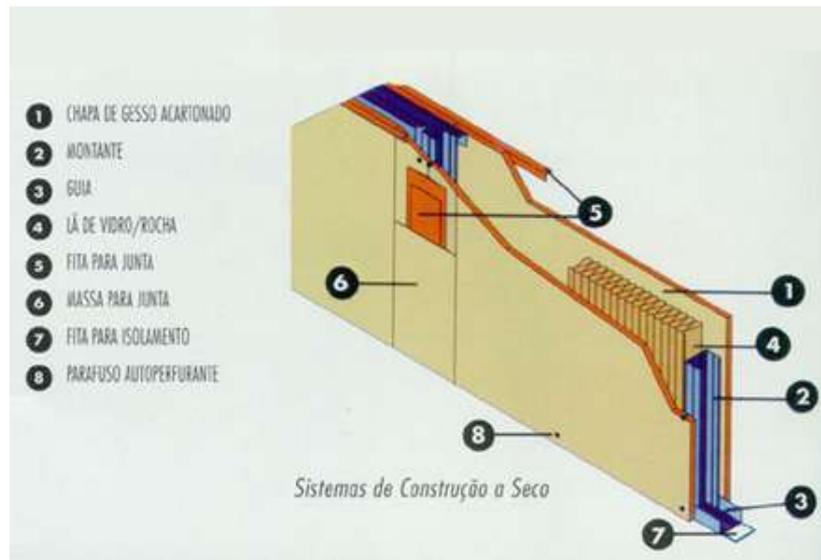
6.3.5 Sistemas Construtivos a Seco

Os sistemas construtivos a seco representam uma das mais significativas evoluções da construção civil em direção à industrialização e à sustentabilidade. Caracterização pela utilização de componentes pré-fabricados e pela montagem sem o uso de água (ou com uso restrito), esses sistemas como o Drywall e o Light Steel Frame, geram menos resíduos, promovem obras mais rápidas e limpas, e oferecem alto grau de precisão e controle tecnológico (Santos; Rachid, 2016).

6.3.5.1 Drywall

O sistema drywall, é composto por chapas de gesso acartonado fixadas em perfis de aço galvanizado (Figura 10), é amplamente utilizado para a execução de vedações verticais internas (paredes) e forros. Por sua leveza e praticidade, consolidou-se como uma alternativa eficiente à alvenaria tradicional.

Figura 10- Sistema drywall



Fonte: <https://elegancyforros.wordpress.com/2014/03/21/sistema-de-drywall/>.

Acesso em: 01 ago. 2025

a) Definição e Composição do Sistema

O sistema é composto por três elementos principais: as chapas de gesso acartonado, os perfis metálicos (montantes e guias) que formam o esqueleto da parede, e os fixadores (parafusos). O espaço interno da parede, chamado de alma, pode ser preenchido com mantas de lã mineral (de vidro ou de rocha) para melhorar o desempenho térmico e acústico do sistema, adequando-os às exigências normativas.

b) Impacto Direto na Minimização de Resíduos

A redução de resíduos é um dos maiores trunfos do drywall. Por ser um método construtivo que não necessita de argamassa para sua execução, ele contribui significativamente para a diminuição do entulho gerado no canteiro quando comparado aos métodos que envolvem a alvenaria convencional (SANTOS; RACHID, 2016). A geração de entulho é drasticamente menor por duas razões principais: primeiro, as chapas e perfis são dimensionados em projeto e os cortes geram uma perda mínima de material seco e de fácil coleta; segundo, elimina-se completamente o entulho úmido proveniente de chapisco e emboço, bem como a quebra de blocos para a passagem de instalações elétricas e hidráulicas.

O resultado é um canteiro de obras significativamente mais limpo, organizado e com menor custo de descarte de resíduos.

c) Benefícios de Desempenho e Flexibilidade

Além da sustentabilidade ambiental, o sistema drywall oferece enorme flexibilidade para manutenções e reformas futuras. Conforme destacam Santos e Rachid (2016), o reparo de instalações hidráulicas, por exemplo, pode ser feito com um simples recorte na chapa, que é facilmente reconstituído, evitando o tradicional quebra-quebra da alvenaria. Seu desempenho técnico não é apenas uma percepção, mas é validado por normas rigorosas como na parte 4 da ABNT NBR 15575: 2021, que estabelece os requisitos mínimos para edificações habitacionais. A citação do relatório do PBQP-H (2015), fala um pouco sobre isso:

O sistema em Drywall em diferentes configurações foi avaliado nos requisitos prescritos na parte 4 da NBR 15575 (Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas) [...]. Foram avaliadas configurações com tempos de resistência ao fogo de 60 e 120 minutos, isolamento sonora mais alta e reforço para fixação de objetos específicos. [...] Os resultados obtidos demonstram que o sistema apresenta desempenho técnico adequado às exigências normativas (PBQP-H, 2015, p.12).

Essa combinação de desempenho técnico comprovado e flexibilidade para futuras adaptações posiciona o drywall como uma tecnologia alinhada às demandas por construções mais inteligentes e adaptáveis.

d) Desafios de Implementação e Percepção de Mercado

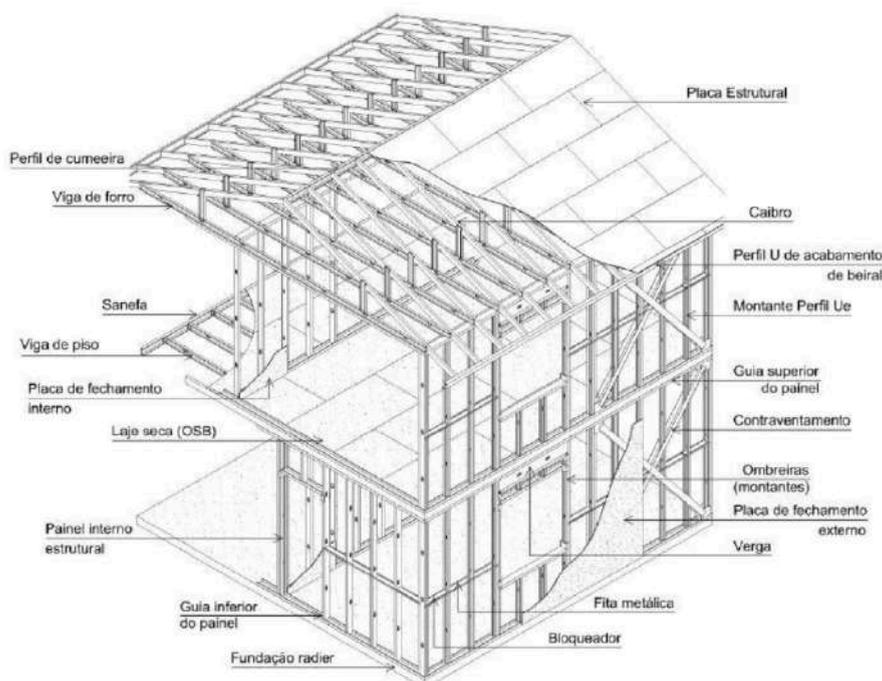
Apesar de consolidado, o sistema drywall ainda enfrenta desafios no mercado residencial brasileiro, que são tanto culturais quanto operacionais. O principal desafio é a desconfiança por parte de usuários e construtores acostumados com a robustez da alvenaria convencional. Essa percepção, muitas vezes infundada, leva à rejeição da tecnologia sem o conhecimento de seus reais benefícios conforme analisam Santos e Rachid (2016), muitas pessoas ainda possuem dúvidas sobre as qualidades do sistema, o que representa um grande obstáculo para sua aceitação:

Ainda que, o Drywall tende a ser um produto decorrente da modernidade, como método construtivo, muitas pessoas e construtores possuem dúvidas a respeito de suas qualidades e benefícios, rejeitando assim a aplicação do material, sem conhecer as inúmeras possibilidades de ganhos na qualidade, diminuição de custos, redução de desperdícios de materiais de entulhos, racionalização da mão de obra, praticidade e principalmente na agilidade (Santos; Rachid, 2016, p. 184).

6.3.5.2 Steel Frame

Diferente do drywall, que atua como sistema de vedação, o Light Steel Frame (LSF) é um sistema construtivo completo e estrutural. Ele utiliza perfis de aço galvanizado leve para compor todo o esqueleto da edificação incluindo paredes, pisos e a estrutura da cobertura, substituindo a necessidade de vigas e pilares de concreto armado em edificações de poucos pavimentos (PEDROSO et al., 2014). A figura 11 demonstra como funciona o sistema do Light steel frame.

Figura 11 - Desenho esquemático de uma residência em Light Steel Frame



Fonte: <https://eventos.antac.org.br/index.php/tecsic/article/view/2421/2267> . Acesso em: 14 ago. 2025

a) Definição e Composição

O LSF é um sistema construtivo a seco, industrializado, cujo o esqueleto estrutural é formado por perfis de aço galvanizado formados a frio, que são interligados por parafusos autobrocantes (CHAN; FONTANINI, 2017). A estrutura é composta por painéis que são fechados em camadas: no lado externo, utilizam-se placas resistentes a intempéries, como placas cimentícias ou painéis OSB (Oriented Strand Board) com uma barreira de vapor; no lado interno, aplicam-se chapas de gesso acartonado. O interior da parede (alma) é preenchido com isolantes, como a lã mineral, para garantir o desempenho termoacústico (HOLANDA et al., 2023).

b) Impacto Direto na Minimização de Resíduos

O LSF destaca-se como uma das tecnologias mais eficazes na redução de resíduos. Por ser uma construção a seco, elimina-se quase que totalmente o uso de água e argamassas, fontes tradicionais de sujeira e entulho (HOLANDA et al., 2023). A precisão do sistema é outro fator crucial: os componentes são fabricados industrialmente com base em um projeto detalhado, o que minimiza as perdas por cortes e ajustes no canteiro. Além disso, o aço é um material 100% reciclável, e as eventuais sobras possuem alto valor para reaproveitamento. Conforme ressalta Chan e Fontanini (2017), a obra se torna mais limpa, pois as instalações são embutidas na fase de montagem, evitando o “quebra-quebra” da alvenaria.

c) Ganhos em Produtividade e Desempenho

A produtividade é um dos maiores benefícios do LSF. A industrialização dos componentes permite que a fabricação dos painéis ocorra em paralelo à execução das fundações, otimizando o cronograma. A velocidade de montagem é expressiva, podendo reduzir o tempo total da obra a até um terço do método convencional (PEDROSO et al., 2014). O sistema também é significativamente mais leve que o concreto armado, o que alivia as cargas na fundação e pode gerar uma economia considerável nesta etapa. Adicionalmente, o desempenho termoacústico de uma parede em LSF, devido às múltiplas camadas e ao uso de isolantes, é superior ao da alvenaria, atendendo com folga aos critérios da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575: 2021.

d) Desafios de Viabilidade e Implementação no Brasil

Apesar de suas vantagens, a massificação do LSF no Brasil enfrenta barreiras significativas. A principal delas, apontada por múltiplos autores, é a carência de mão de obra qualificada e especializada, tanto para o projeto quanto para a montagem (PEDROSA et al., 2014; CHAN; FONTANINI, 2017). Outro desafio é a cultura construtiva nacional, que ainda privilegia sistemas maciços e possui baixo nível de detalhamento de projeto, enquanto o LSF exige um planejamento rigoroso e não permite improvisações no canteiro (CHAN; FONTANINI, 2017). A necessidade de uma cadeia produtiva bem estruturada e a falta de normas técnicas mais consolidadas também são apontadas como obstáculos a serem superados para a difusão da tecnologia no país (HOLANDA et al., 2023).

7 ANÁLISE COMPARATIVA E RESULTADOS

Após a fundamentação teórica apresentada no capítulo anterior, esta seção se dedica a realizar a análise comparativa das tecnologias estudadas, com o objetivo de avaliar a eficácia de cada uma na minimização de resíduos e em outros fatores relevantes para a construção civil. Conforme estabelecido na metodologia, a análise será estruturada com base em cinco critérios principais: (1) Potencial de minimização de resíduos, (2) Impacto na produtividade, (3) Viabilidade Econômica, (4) Exigência de mão de obra e (5) Fase da obra de maior impacto.

A análise a seguir discute cada tecnologia individualmente, avaliando-a sob a ótica desses critérios e enriquecendo-a com dados da literatura, para então consolidar uma discussão geral dos resultados.

7.1 ANÁLISE POR TECNOLOGIA

BIM (Building Information Modeling)

- **Potencial de minimização de resíduos:** Muito alta. O BIM atua na prevenção, na causa raiz do desperdício: a falta de planejamento e a incompatibilidade de projetos. Ao oferecer melhor visualização da obra e maior coordenação dos documentos, a tecnologia permite a redução de erros, prazos e desperdícios (CAMPOS NETO et al., 2012). A literatura aponta um potencial de redução de até 20% do entulho gerado (Mattana; Librelotto, 2017).

- **Impacto na produtividade:** Indireto, mas ainda assim é alto. Otimiza o planejamento e a logística, evitando paradas por incompatibilidades de projetos e falta de material.
- **Viabilidade econômica:** Exige um alto custo inicial com software, hardware e a logística, evitando paradas por incompatibilidade e falta de material.
- **Exigência de mão de obra:** Alta. Demanda profissionais qualificados em todas as fases, desde projetistas até gestores.
- **Fase da obra de maior impacto:** Planejamento e projeto.

Sistema pré-fabricados

- **Potencial de minimização de resíduos:** Alto. A industrialização dos componentes reduz drasticamente as perdas de concreto, aço e madeira na fonte. Conforme aponta Tito et al. (2023), a produção em fábrica permite um processo mais eficiente e com otimização do uso de materiais.
- **Impacto na produtividade:** Muito alto. A fabricação dos elementos ocorre em paralelo à execução das fundações, acelerando o cronograma.
- **Viabilidade econômica:** Atrelada a projetos de média a grande escala e com alto grau de repetitividade, onde os custos de logística e transporte são diluídos (TITO et al., 2023; SILVA et al., 2024).
- **Exigência de mão de obra:** Alta. Requer equipes treinadas para transporte, içamento e montagem das peças.
- **Fase da obra de maior impacto:** Estrutura.

Argamassa projetada

- **Potencial de minimização de resíduos:** Médio. Atua pontualmente na redução da perda de material por queda durante a aplicação do revestimento.
- **Impacto na produtividade:** Muito alto. Um estudo de caso realizado por Santos (2024) demonstrou uma redução no tempo de revestimento da fachada de 45 para apenas 10 dias.
- **Viabilidade econômica:** Maior em obras de média a grande escala. O mesmo estudo de Santos (2024) apontou uma economia de 33% no custo total da etapa ao utilizar o sistema projetado em comparação ao método manual.
- **Exigência de mão de obra:** Média. Requer treinamento específico para a operação e manutenção do equipamento.
- **Fase da obra de maior impacto:** Revestimento.

Fôrmas reutilizáveis

- **Potencial de minimização de resíduos:** Alto. Combate diretamente o descarte de madeira de fôrmas, um dos principais componentes do entulho de obra.
- **Impacto na produtividade:** Alto. A montagem de painéis modulares é mais rápida que a execução de fôrmas artesanais.
- **Viabilidade econômica:** Dependente da escala. O custo inicial é alto, mas o sistema se torna mais econômico que a madeira a partir de um determinado número de reutilizações. Um estudo de caso demonstrou que o sistema se torna mais barato que o convencional a partir da 113ª unidade habitacional executada (GONÇALVES, 2016).
- **Exigência de mão de obra:** Média. Necessita de treinamento para o manuseio, limpeza e manutenção dos painéis.

- **Fase da obra de maior impacto:** Estrutura.

Light Steel Frame (LSF) e Drywall

- **Potencial de minimização de resíduos:** Muito alto. O Drywall reduz a geração de resíduos para 3% a 5% do total (DESTRO, 2020), enquanto o LSF, por ser um sistema completo, pode superar 75% de redução (CBCA, 2018).
- **Impacto na produtividade:** Muito alto. O LSF pode reduzir o tempo total de construção em até 60 - 70% em comparação ao método convencional (PEDROSO et al., 2014).
- **Viabilidade econômica:** Competitivo em média e grande escala. A literatura aponta uma economia no custo global que pode chegar a 15% com Drywall (ZÜGE; PERIN, [s.d.]) e até 30% com LSF (ROCHA, 2022).
- **Exigência de mão de obra:** Muito alta. É o principal gargalo para a difusão dos sistemas a seco no Brasil, exigindo equipes altamente especializadas no projeto e na montagem (ROCHA, 2022; CHAN; FONTANINI, 2017).
- **Fase da obra de maior impacto:** Estrutura e vedações.

7.2 DISCUSSÃO GERAL DOS RESULTADOS

A análise comparativa, reforça que a escolha da tecnologia ideal é multifatorial. Os resultados reforçam que a sustentabilidade no canteiro de obras não depende de uma solução única, mas de uma abordagem estratégica que integra planejamento, industrialização e otimização de processos, alinhada aos três pilares: ambiental, econômico e social.

Observando o lado ambiental, a minimização de resíduos, mostrou que as tecnologias de industrialização a seco, como o LSF, apresentam o desempenho mais expressivo, com reduções que superam 75%. Isso ocorre pela eliminação quase total de resíduos úmidos e pela precisão industrial, o que diminui a pressão sobre aterros sanitários e

o consumo de recursos naturais. Tecnologias como pré-fabricados e fôrmas reutilizáveis também demonstram alto impacto, combatendo diretamente o desperdício de concreto e madeira, respectivamente.

Sob a ótica econômica, a análise revela uma relação direta entre sustentabilidade e viabilidade. Tecnologias como a argamassa projetada provam que a mecanização de processos pode gerar economias substanciais (33% no custo da etapa) e um retorno sobre o investimento muito rápido. Os sistemas de maior impacto ambiental, como o LSF e as fôrmas reutilizáveis exigem um investimento inicial maior, mas estudos de caso como o de Gonçalves (2016) demonstram que a economia gerada pela produtividade e pela repetitividade dilui esse custo, tornando-os mais vantajosos em projetos de escala. Fica evidente que a redução de desperdício, além de ser uma meta ambiental, é uma poderosa ferramenta de otimização de custos.

Finalmente, no pilar social, a análise aponta para o maior desafio de construção sustentável no Brasil: a mão de obra. Todas as tecnologias analisadas, em maior ou menor grau, demandam uma requalificação profissional. O sucesso do BIM, do LSF e dos Pré-fabricados depende criticamente de equipes bem treinadas, desde o projetista até o montador. Portanto, a transição para um modelo mais sustentável está intrinsecamente ligada ao investimento na capacitação dos trabalhadores, promovendo canteiros mais seguros, organizados e tecnologicamente avançados.

Conclui-se, portanto, que a construção sustentável é um ecossistema. O BIM atua como o cérebro, planejando e prevenindo. A industrialização (Drywall, LSF, Pré-fabricados) age como o corpo, executando de forma eficiente e limpa. E a mecanização (Argamassa projetada) otimiza tarefas específicas. A implementação bem-sucedida dessas tecnologias, de forma isolada ou combinada, depende de uma análise estratégica que equilibre os ganhos ambientais com a viabilidade econômica e, crucialmente, com a maturidade técnica do mercado local.

8 CONCLUSÃO

O presente trabalho partiu da problemática da expressiva geração de resíduos na construção civil, um setor fundamental para o desenvolvimento socioeconômico, mas que enfrenta o desafio de alinhar suas práticas a um modelo mais sustentável. A pesquisa buscou, através de uma análise da literatura técnica e acadêmica, avaliar um conjunto de tecnologias com potencial para mitigar este problema, focando não apenas na redução de desperdícios, mas também nos impactos em produtividade, custo e viabilidade.

A análise comparativa realizada no capítulo 5 demonstrou que não existe uma solução única, mas sim um leque de ferramentas tecnológicas cuja eficácia depende da escala, do planejamento e da maturidade técnica do empreendimento. Ficou evidente que a transição para um canteiro de obras mais limpo e eficiente é um processo multifatorial, que se inicia na fase de concepção do projeto e se estende até a execução no canteiro.

As tecnologias de base digital, como o BIM, mostraram-se fundamentais por atuarem na prevenção, enquanto as tecnologias de industrialização, como os pré-fabricados e o Light Steel Frame, apresentaram o maior potencial de redução de resíduos na fonte. Soluções de otimização de processo, como argamassa projetada, comprovaram ter um retorno sobre o investimento extremamente rápido e significativo em etapas específicas. A pesquisa confirma, portanto, que a modernização e a sustentabilidade no setor não são caminhos excludentes, mas sim interdependentes.

REFERÊNCIAS

ABCP- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Argamassa projetada aumenta a produtividade da obra**. 29 ago.2012. Disponível em:

<https://abcp.org.br/argamassa-projetada-aumenta-a-produtividade-da-obra/> . Acesso em: 15 jun. 2025.

AMARAL, D. R. B.; OLIVEIRA, A. J. P. de; LIMA, M. R. V. M. de. **Comparativo entre os sistemas de projeção de argamassa: método convencional x método de projeção**. TEC-USU, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 26-34, 2023.

Disponível em: <https://revistas.icesp.br/index.php/TEC-USU/article/view/3575/1850>. Acesso em: 19 ago. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004: Resíduos sólidos- Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: <https://analiticaqmcredutos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf> . Acesso em 09 ago. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575-4: Edificações habitacionais — Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/normalizacao/Emenda_NBR15575-4_Secao1_1.pdf. Acesso em: 22 ago. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. NBR 9062:2017**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. Disponível em: https://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosUpload/14026/material/NBR9062_2017.pdf . Acesso em: 12 jun. 2025.

CAMPOS NETO, S. de et al. **Estudo comparativo de ferramentas computacionais que utilizam tecnologia BIM para desenvolvimento de projetos de engenharia civil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 40., 2012, Belém. **Anais.** ABENGE, 2012. Disponível em: <https://admin.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/7/artigos/104300.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2025.

CBIC. CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Sistemas construtivos industrializados: guia de boas práticas.** 2021. Disponível em: <https://cbic.org.br/>. Acesso em: 11 jun. 2025.

CHAN, Deborah Karine; FONTANINI, Patrícia Stella Pucharelli. **Análise do uso do sistema Light Steel Frame na construção civil.** in: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS, 1., 2017, Campinas. Anais [...]. Campinas; UNICAMP, 2017. p. 1-8.
Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/tecsic/article/view/2421/2267>. Acesso em: 16 ago. 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 jul. 2002. Seção 1, p. 95-96. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=305. Acesso em: 09 ago. 2025.

DESTRO, B. P. **O uso de Drywall na construção civil.** 2020. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade Anhanguera Educacional, Campinas, 2020. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/41935/1/BIANCA_PEREIRA_DE_STRO.pdf. Acesso em: 19 ago. 2025.

DINIZ COSTA, Carlyne Pomi. **Fôrmas para construção civil e suas aplicações**. Monografia (Especialização em Construção Civil)- Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em:

<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-9LENRW/1/monografiacarlyne.pdf>.

Acesso em: 20 jun. 2025.

GONÇALVES, Luis Felipe. **Análise comparativa de custos e execução entre dois sistemas construtivos aplicados em programas sociais: parede de concreto armado moldado in loco com fôrmas de alumínio e alvenaria de vedação com blocos cerâmicos**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharias Civil) - Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2016.

Disponível em : <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/9457/1/21062557.pdf> .

Acesso em: 21 jun. 2025.

HOLANDA, Dackyson Kelwyn de Souza Lopes et al. **Light Steel Frame: uma revisão da literatura**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, São Paulo, v. 9, n. 7, p. 149-156, jul. 2023.

Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/10557/4387> . Acesso em: 16 ago. 2025.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. — Olivia Neta. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india/view>. Acesso em: 18 Abr. 2025.

MATTANA, Leticia; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. **Contribuição do Bim para a sustentabilidade econômica de edificações**. Revista de Arquitetura, Cidade e Design, v.1, n. 1, p. 134 - 147, 2017.

Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/1948/1380> .

Acesso em: 11 jun. 2025.

NUNES, G.; LEÃO, M. **Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM Comparative study of design tools -the traditional CAD and BIM modeling**. n. 55, p. 47–61, 2018. Acesso em: 10 Jun. 2025.

NÚCLEO DO CONHECIMENTO. **Análise da tecnologia BIM no contexto da indústria da construção civil brasileira**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Disponível em:
<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/bim-na-construcao>. Acesso em: 10 jun. 2025.

PBQP-H- PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT. **Relatório de Acompanhamento do Programa Setorial da Qualidade dos Componentes para Sistemas Construtivos em Chapas de Gesso para Drywall-1181/RT025**. São Paulo: TESIS, abr. 2015. Disponível em:
https://qualidadedrywall.org.br/wp-content/uploads/2016/02/RelatorioAcompanhamento_PBOPH_1181_RT025_Abr_15.pdf. Acesso em: 29 jun. 2025.

PEDROSO, Sharon Passini et al. **Steel frame na construção civil**. In: ENCONTRO CIENTÍFICO CULTURAL INTERINSTITUCIONAL, 12., 2014, FAG. Anais [...]. FAG, 2014. p. 1-14. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/ecci/anais/559532ca64bc5.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2025.

PINTO, S. **Gestão de resíduos - Parte 2: Organização do canteiro de obras**. Sérgio Pinto Online, 2011. Disponível em:
<https://sercpintonline.blogspot.com/2011/02/gestao-de-residuos-parte-2-organizacao.html>. Acesso em: 20 abr. 2025.

PNUMA. **O mundo precisa superar a era do desperdício e transformar o lixo em recurso**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2023. Disponível em:
<https://brasil.un.org/pt-br/261852-pnuma-o-mundo-precisa-superar-era-do-desperd%C3%ADcio-e-transformar-o-lixo-em-recurso>. Acesso em: 19 abr. 2025.

ROCHA, E. A. da. **Sistemas estruturais em Steel Frame suas vantagens e desvantagens na construção civil**. 2022. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade Anhanguera de Anápolis, Anápolis, 2022. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/63084/1/ELIAS_ALVES_DA_ROCHA.pdf. Acesso em: 20 ago. 2025.

SANTOS, F. V. **Estudo de viabilidade de utilização de argamassa projetada em edificações**. 2024. 26 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/74295/3/FREDERICO%20VIANA%20SANTOS%20-%20ESTUDO%20DE%20VIABILIDADE%20DE%20UTILIZA%C3%87%C3%83O%20DE%20ARGAMASSA%20PROJETADA.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2025.

SANTOS, Jordana Tavares; RACHID, Ligia Eleodora Francovig. **As inovações tecnológicas do drywall aplicadas ao mercado da construção civil**. Revista Thêma et Scientia, v.6, n. 2E, p. 184-205, jul/dez. 2016. Disponível em: <https://revistas.fag.edu.br/index.php/RTES/article/view/724/818>. Acesso em: 04 ago. 2025.

SEBRAE. **Você sabe o que é gestão de resíduos? Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas**, 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/voce-sabe-o-que-e-gestao-de-residuos,d1bad78448eb7810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 01 jun. 2025.

SENADO FEDERAL. **Princípios básicos de uma construção sustentável**. Agência Senado. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/especial-cidadania/a-preservacao-comeca-dentro-de-casa/principios-basicos-de-uma-construcao-sustentavel>. Acesso em: 21 abr. 2025.

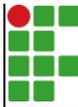
SIENGE. **10 construções sustentáveis e o que podemos aprender com elas.** 2023. Disponível em: <https://sienge.com.br/blog/10-construcoes-sustentaveis/>. Acesso em: 25 maio 2025.

SILVA, André Luiz Gonçalves da et al. **Análise comparativa de custos entre construções pré-moldadas e alvenaria convencional.** Revista DELOS, Curitiba, v.17, n. 61, p. 1-35, 2024. DOI: 10.55905/rdelosv17.n61. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/download/2909/1690/5949>. Acesso em: 13 jun. 2025.

TITO, D. de S. et al. Estrutura de concreto pré-moldado utilizado na construção civil. *In: Construção Civil: Engenharia e Inovação.* Rio de Janeiro: Editora Epitaya, 2023. v. 5, cap. 8, p. 113-131. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/726/593>. Acesso em: 20 ago. 2025.

UNIVASF. **Conheça tudo sobre construção sustentável.** Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2023. Disponível em: <https://portais.univasf.edu.br/sustentabilidade/noticias-sustentaveis/conheca-tudo-sobre-construcao-sustentavel>. Acesso em: 20 abr. 2025.

ZÜGE, T. W.; PERIN, J. **Viabilidade do uso do Drywall na construção civil.** [s.d.]. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/57453/1/Thayani_Woigt_Z%C3%BCge.pdf. Acesso em: 20 ago. 2025.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC

Assunto:	TCC
Assinado por:	Kamilla Bezerra
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Kamilla Gonçalves Bezerra, ALUNO (202012220042) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - JOÃO PESSOA**, em 15/09/2025 23:14:02.

Este documento foi armazenado no SUAP em 15/09/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1609924

Código de Autenticação: 8edaed8609

