

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Centro Tecnológico

Departamento de Engenharia Civil

MARCELO DOREA LIMA

RODRIGO ARPINI CAMARGO

**APLICAÇÃO DO BIM NA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM
OBRAS PÚBLICAS.**

VITÓRIA - ES

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Centro Tecnológico

Departamento de Engenharia Civil

MARCELO DOREA LIMA

RODRIGO ARPINI CAMARGO

**APLICAÇÃO DO BIM NA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM
OBRAS PÚBLICAS.**

Trabalho de conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Universidade
Federal do Espírito Santo, como
requisito parcial para obtenção de grau
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof^o. Herbert
Carneiro Barbosa

Banca examinadora: Eng. Christian
Correa Santos (Eng. Civil, Produção e
Segurança do Trabalho) e
Dr. José Roberto Rangel (advogado)

VITÓRIA - ES

2025

SUMÁRIO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO.....	1
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO.....	2
1. INTRODUÇÃO.....	5
1.1. OBJETIVO GERAL.....	5
1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. METODOLOGIA BIM.....	5
2.1.1. DEFINIÇÃO DE BIM.....	5
2.1.2. BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	6
2.1.3. DIMENSÕES BIM.....	9
2.1.4. INTEROPERABILIDADE.....	11
2.1.5. SOFTWARE.....	11
2.1.6. ORÇAMENTOS.....	12
2.1.7. BARREIRAS À IMPLEMENTAÇÃO DO BIM.....	13
2.1.8. BIM PARA O SERVIÇO PÚBLICO.....	14
2.2. CONSTRUÇÃO CIVIL EM OBRAS PÚBLICAS.....	15
2.2.1. ELABORAÇÃO DE PROJETOS.....	15
2.2.2. APLICAÇÃO DO BIM.....	15
2.2.3. LEI Nº 14.133/2021.....	16
3. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO.....	18
4. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	22
4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL.....	22
4.2. CAPACIDADES ADMINISTRATIVAS E A GESTÃO PÚBLICA DE RESÍDUOS.....	24
4.3. GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM OBRAS PÚBLICAS.....	25
5. APLICAÇÃO.....	26
5.1. MOTIVOS DA UTILIZAÇÃO.....	26
5.2. USO DO BIM NA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	28
5.2.1. DETECÇÃO DE CONFLITOS, INTERFERÊNCIAS E COLISÕES.....	28
5.2.2. SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA E PLANEJAMENTO DE CONSTRUÇÃO.....	30
5.2.3. REDUÇÃO DE RETRABALHO.....	30
5.2.4. SINCRONIZAÇÃO DO PROJETO E DO LAYOUT DO CANTEIRO.....	31
5.2.5. DETECÇÃO DE ERROS E OMISSÕES.....	31
5.2.6. PREVISÃO DA QUANTIDADE DE MATERIAL.....	32
5.2.7. REDUÇÃO DE RESÍDUOS NOS PROCESSOS DE PROJETOS PÚBLICOS.....	32
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - BIM no ciclo de vida da obra.....	7
Figura 2 - Construção da Arena MRV.....	8
Figura 3 - Análise estrutural da Arena MRV.....	9
Figura 4 - Modelo conceitual das barreiras.....	13
Figura 5 - Implementação do BIM no Brasil decreto nº 10.306/2020.....	15
Figura 6 - Modelo BIM do CRAS: Vista 3D.....	19
Figura 7 - Método.....	20
Figura 8 - Medição de Área no Modelo Bim.....	21
Figura 9 - Presença de lixões nos municípios brasileiros.....	23
Figura 10 - Interferências entre as disciplinas em software BIM.....	29
Figura 11 - Interferência entre as disciplinas em canteiro de obras: furo na laje e furo na viga para tubulações.....	30
Figura 12 - Armazenamento/organização dos blocos cerâmicos e resíduos do canteiro de obras.....	31
Figura 13 - Aprimoramento de processos internos do setor público para redução da ocorrência de resíduos usando BIM.....	34

1. INTRODUÇÃO

1.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo aprofundado da metodologia BIM, em construção civil em obras públicas, com o intuito de minimizar a geração de resíduos nesta área.

1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Investigar e analisar a aplicação do BIM na gestão de resíduos na construção civil, com foco em obras públicas. Busca-se compreender como a implementação efetiva do BIM pode contribuir para otimizar a gestão de resíduos, desde o projeto até a execução das obras, promovendo a sustentabilidade ambiental, a eficiência operacional e o cumprimento de normativas regulatórias. Além disso, o estudo pretende identificar desafios e oportunidades relacionados à integração do BIM na gestão de resíduos em contextos específicos de projetos públicos, visando fornecer soluções e recomendações práticas para profissionais da construção civil, gestores públicos e para os demais envolvidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. METODOLOGIA BIM

2.1.1. DEFINIÇÃO DE BIM

Building Information Modeling (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, é um processo avançado de modelagem tridimensional inteligente que facilita a criação e gestão de projetos, edifícios e infraestruturas de forma mais eficiente e econômica, com menor impacto ambiental (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011). Não se trata de um software específico, mas de um processo integrado baseado em informações coordenadas que abrangem todo o ciclo de vida da edificação, do projeto à operação (Eastman et al., 2014).

Embora amplamente associado à arquitetura, o BIM é aplicado em várias áreas da engenharia, permitindo a troca de informações entre as partes envolvidas ao longo de todo o ciclo de vida de um edifício, desde a concepção até a gestão de projetos (Florio, 2007). O BIM agrega informações detalhadas, como características físicas e materiais, custos e manutenção, permitindo a criação de um banco de dados que simula o objeto real a ser construído. Esse modelo colaborativo facilita a detecção precoce de incompatibilidades e melhora a interoperabilidade entre diferentes softwares (CBIC, 2016).

A criação de modelos virtuais fiéis à realidade, segundo Eastman et al. (2011), oferece a capacidade de analisar e controlar processos automaticamente, garantindo precisão e eficiência em todas as fases do projeto.

2.1.2. BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na fase de pré-construção, o BIM permite avaliar a viabilidade do projeto, ajudando os proprietários a prever se os objetivos de orçamento e cronograma serão cumpridos. Um modelo esquemático inicial é criado para analisar os requisitos propostos. Durante o projeto, destacam-se benefícios como visualização precisa, correções automáticas, geração de desenhos 2D, colaboração entre disciplinas, verificação do projeto e extração de estimativas de custo, além de ganhos em eficiência energética.

Na fase de construção, o BIM sincroniza o projeto com o planejamento, identifica erros antes do início da obra e facilita uma reação rápida a problemas, além de melhorar o uso de técnicas de construção enxuta e a aquisição de materiais. Após a construção, o BIM melhora a gestão e operação do edifício, integrando-se aos sistemas de gestão.

A implementação do BIM ao longo do ciclo de vida do projeto traz eficiência, redução de custos e maior sustentabilidade. Para maximizar seus benefícios, além

de adotar tecnologias adequadas, são necessárias mudanças culturais e processuais.

Figura 1 - BIM no ciclo de vida da obra



Fonte: Da Costa Tavares Junior, E., 2014

O BIM também oferece parametrização, replicando alterações em todos os elementos semelhantes e gerando informações como tabelas de quantidades de materiais. A capacidade de localizar e relatar erros de decisão e identificar riscos em áreas específicas é um diferencial importante. O BIM centraliza dados, facilitando o fluxo de informações entre todos os envolvidos e permitindo que a equipe visualize o edifício virtualmente antes da construção. Isso ajuda a identificar problemas e tomar decisões informadas. A colaboração é facilitada com o compartilhamento do modelo entre arquitetos, engenheiros e construtores, promovendo uma comunicação mais eficiente.

Um exemplo prático dessa situação é a Arena MRV, estádio do Clube Atlético Mineiro localizado em Belo Horizonte, que destaca-se como o primeiro estádio brasileiro construído integralmente com a tecnologia BIM (Building Information Modeling). Essa abordagem permitiu uma integração eficiente entre as disciplinas de estrutura, arquitetura e instalações, resultando em um projeto mais preciso e otimizado.

Figura 2 - Construção da Arena MRV

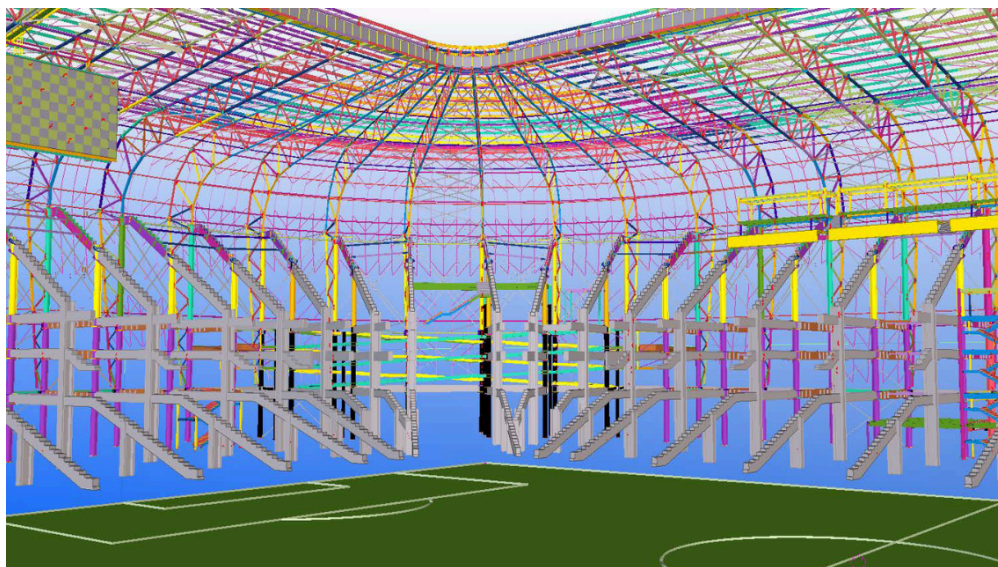


Fonte: Santos, Altair; 2021

Durante dois anos antes do início da construção, o projeto da Arena MRV foi submetido a softwares BIM para identificar e corrigir possíveis interferências entre as diversas disciplinas envolvidas. Essa análise prévia possibilitou ajustes nos projetos estrutural, arquitetônico e de instalações hidráulicas e elétricas, minimizando problemas que poderiam surgir durante a execução da obra.

A utilização do BIM 6D no projeto vincula a modelagem digital à eficiência energética, pegada de carbono, manutenção e operação do estádio ao longo de sua vida útil. Além disso, a tecnologia, aliada à construção industrializada, resultou em um canteiro de obras mais enxuto, com aproximadamente mil trabalhadores no pico da construção.

Figura 3 - Análise estrutural da Arena MRV



Fonte: Tekla; 2023

Entre os benefícios observados, destacam-se:

Precisão e Eficiência: A modelagem detalhada proporcionada pelo BIM permitiu uma execução mais precisa, reduzindo desperdícios e retrabalhos.

Sustentabilidade: A integração com práticas sustentáveis, como a análise da pegada de carbono, contribui para um projeto mais ecológico.

Economia de Recursos: A detecção antecipada de interferências e a otimização dos processos resultaram em economia de tempo e custos.

A implementação do BIM na construção da Arena MRV exemplifica como a tecnologia pode transformar o setor da construção civil, promovendo projetos mais eficientes, sustentáveis e alinhados com as demandas contemporâneas.

2.1.3. DIMENSÕES BIM

As dimensões do BIM (Building Information Modeling) referem-se aos tipos e detalhes de informações digitalizadas necessárias para o processo de construção. Elas evoluíram das dimensões básicas 2D e 3D para dimensões mais avançadas,

como 4D, 5D, 6D e além, transformando a indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

- BIM 2D: Representa informações gráficas em dois eixos (x e y), como plantas e elevações.

- BIM 3D: Adiciona a terceira dimensão (z), fornecendo uma representação tridimensional do edifício.

- BIM 4D: Incorpora o tempo ao modelo 3D, permitindo o planejamento e visualização da obra ao longo de seu cronograma.

- BIM 5D: Introduce estimativas de custos e orçamentos, ajudando no controle financeiro do projeto.

- BIM 6D: Foca na sustentabilidade e eficiência energética ao longo do ciclo de vida do edifício.

- BIM 7D: Relaciona-se ao gerenciamento de instalações, rastreando dados importantes para a operação do edifício.

- BIM 8D: Trata da segurança no local, permitindo a análise de riscos para os trabalhadores.

- BIM 9D: Envolve a construção enxuta (Lean Construction), otimizando produtividade por meio da gestão de ativos.

- BIM 10D: Foca na industrialização da construção, aumentando a produtividade e a otimização dos resultados.

Cada dimensão ajuda a melhorar a tomada de decisões e a colaboração entre as equipes, resultando em projetos mais eficientes.

2.1.4. INTEROPERABILIDADE

O processo de projeto envolve várias fases e profissionais, exigindo uma troca constante de informações ao longo de seu ciclo de vida. Cada especialidade utiliza softwares específicos, tornando essencial a interoperabilidade entre eles. Segundo Eastman et al. (2008), a interoperabilidade é a capacidade de identificar e compartilhar dados entre diferentes aplicativos, eliminando a necessidade de replicação manual e facilitando o fluxo automatizado de trabalho.

A troca de dados no BIM ocorre por meio de arquivos em diferentes formatos. Eastman et al. (2008) destacam quatro métodos principais para essa troca: ligação direta, formato de arquivo proprietário, formatos de domínio público e aqueles baseados em XML.

Os dois principais modelos de dados na construção civil são o CIS/2, voltado para projetos em aço, e o IFC, um formato aberto e neutro utilizado em todas as fases do projeto (Eastman et al., 2008; International Alliance for Interoperability, 2009). O IFC, segundo Fu et al. (2006), é a principal ferramenta para estabelecer a interoperabilidade na indústria AEC/FM.

Bell e Bjørkhaug (2007) sugerem a combinação do IFC com o IFD e IDM para edifícios inteligentes, permitindo que o BIM lide com questões como sustentabilidade, eficiência energética, custeio e conforto térmico.

2.1.5. SOFTWARE

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2016), uma ferramenta é considerada BIM quando atualiza automaticamente todas as vistas e desenhos após alterações, possui parametrização e permite a criação de objetos paramétricos. Além disso, uma ferramenta BIM deve possibilitar a colaboração e o compartilhamento do modelo virtual entre todas as equipes ao longo do projeto. Apenas a modelagem 3D não caracteriza uma ferramenta como BIM.

Atualmente, diversos softwares oferecem soluções BIM. Alguns dos mais usados incluem:

- Autodesk Revit Architecture: Segundo a CBIC, é projetado para modelagem BIM, com a capacidade de atualizar automaticamente revisões em todo o modelo, minimizando erros.
- Graphisoft ArchiCAD: Desenvolvido para arquitetos, oferece funcionalidades como cálculo e dimensionamento de estruturas, modelagem 3D e extração de informações BIM (CBIC).
- Bentley Structural Modeler: De acordo com a CBIC, foca em modelagem, documentação, visualização e análise de projetos estruturais.
- SketchUp: Utilizado principalmente para estudos conceituais e análises preliminares, é uma ferramenta de fácil uso para modelagem 3D, conforme mencionado pela CBIC.

Esses exemplos mostram a variedade de ferramentas disponíveis, cada uma com funcionalidades específicas para diferentes necessidades do processo BIM.

2.1.6. ORÇAMENTOS

O mercado atual está passando por grandes mudanças com a introdução do BIM, que tem potencial para redefinir a forma como os profissionais fazem levantamentos de quantidades. Essas ferramentas automatizam processos, tornando o trabalho mais eficiente e melhorando a precisão das informações, já que os dados são extraídos diretamente do modelo digital (SABOL, 2008). No entanto, nem todos os quantitativos podem ser obtidos de forma automática pelos softwares BIM, como elementos temporários e estruturas de canteiro de obras (TOBOADA; GARRIDO-LECCA, 2014; FORGUES et al., 2012).

Santos, Antunes e Balbinot (2014) destacam que, embora o BIM melhore a extração de quantidades, ainda é necessário realizar alguns cálculos manuais. Além disso, o projetista precisa definir as unidades de medida ao gerar as tabelas no software. A expectativa é que o BIM paramétrico ofereça maior precisão e reduza erros

humanos (MELHADO; PINTO, 2015).

Em uma pesquisa comparativa sobre métodos de extração de quantidades, Santos, Antunes e Balbinot (2014) analisaram o levantamento manual, o uso de software BIM 3D e o Autodesk Quantity Takeoff, um software específico para quantificação. A uniformização dos critérios de medição entre orçamentistas é fundamental para evitar inconsistências (CARDOSO, 2014), e a integração de dados no BIM proporciona uma visão mais abrangente e eficiente dos custos.

O BIM permite não apenas estimativas de custos, mas também simulações, como projeções financeiras e avaliações de alternativas de materiais, auxiliando na tomada de decisões. No geral, o BIM traz uma evolução significativa na gestão financeira dos projetos, aumentando a eficiência, precisão e integração ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

2.1.7. BARREIRAS À IMPLEMENTAÇÃO DO BIM

Apesar dos benefícios, a implementação do BIM enfrenta vários obstáculos, como questões legais, normativas, resistência a mudanças e a necessidade de capacitação profissional. Um estudo de Oraee et al. identificou cinco categorias principais de barreiras à colaboração em projetos com BIM, organizadas em 12 subcategorias.

Figura 4 - Modelo conceitual das barreiras



Fonte: Oraee et al.

Entre os principais obstáculos, destacam-se fatores ligados ao ambiente do projeto, que incluem desde o entorno imediato até o contexto social e industrial das

organizações. A categoria de processos abrange as ferramentas, recursos e treinamentos necessários para o uso eficaz do BIM, o que pode ser caro, especialmente para pequenas empresas. As dificuldades relacionadas às equipes envolvem a composição, os sistemas de relacionamento e os papéis desempenhados pelos membros. Já a categoria de intervenientes foca nas competências e conhecimentos, onde alguns profissionais podem resistir à mudança.

Além disso, muitos ainda não estão cientes dos benefícios do BIM, o que contribui para a lenta adoção da metodologia.

2.1.8. BIM PARA O SERVIÇO PÚBLICO

Para incentivar a adoção do BIM na construção civil brasileira, o Governo Federal criou, em 2017, o Comitê Estratégico de Implementação do BIM (CE-BIM), composto por representantes de nove Ministérios. No mesmo ano, foi formado o Grupo de Apoio Técnico (GAT-BIM) e seis grupos específicos para tratar de temas como Regulamentação, Infraestrutura Tecnológica, Plataforma BIM, Compras Governamentais, Capacitação e Comunicação. Em 2018, o Decreto Federal nº 9.377/2018 instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (BIM BR), e em 2020, o Decreto 10.306/2020 estabeleceu a obrigatoriedade do BIM em obras públicas até 2028 (BRASIL, 2018).

Entre os objetivos da BIM BR estão:

- Difundir a metodologia e seus benefícios;
- Estabelecer condições favoráveis para investimentos no setor público e privado;
- Estimular a capacitação em BIM;
- Definir diretrizes, normas e protocolos para o uso do BIM.

Figura 5 - Implementação do BIM no Brasil decreto nº 10.306/2020

1º FASE	A partir de Jan/2021	2º FASE	A partir de Jan/2024	3º FASE	A partir de Jan/2028
<ul style="list-style-type: none"> Foco em projetos de arquitetura e engenharia para construções novas, ampliações ou reabilitações de grande relevância; Disciplinas: Estrutura, Instalações Hidráulicas, de aquecimento, ventilação, ar condicionado e elétricas; Extração de quantitativos e geração de documentação gráfica; Deteção de interferências e compatibilização. 		<ul style="list-style-type: none"> Deverá ser utilizado na execução direta ou indireta de projetos de arquitetura e engenharia e na gestão de obras, referentes a construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM; Usos previstos na primeira fase; Orçamentação, o planejamento e o controle da execução de obras; Atualização do modelo e de suas informações como construído (as built), para obras cujos projetos de arquitetura e engenharia tenham sido realizados ou executados com aplicação do BIM. 		<ul style="list-style-type: none"> Deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia e na gestão de obras referentes a construções novas, reformas, ampliações e reabilitações, quando consideradas de média ou grande relevância para a disseminação do BIM. Usos previstos na primeira e na segunda fase; Gerenciamento e a manutenção do empreendimento após a sua construção, cujos projetos de arquitetura e engenharia e cujas obras tenham sido desenvolvidos ou executados com aplicação do BIM. 	

Fonte: BULHÕES, 2022

O Decreto 10.306/2020 prevê a implementação obrigatória do BIM em obras públicas em três fases: a partir de janeiro de 2021, janeiro de 2024 e janeiro de 2028. A Lei de Licitações 14.133, no §3º do art. 19, também promove a preferência pelo uso do BIM em licitações de obras e serviços de engenharia e arquitetura, sempre que aplicável.

2.2. CONSTRUÇÃO CIVIL EM OBRAS PÚBLICAS

2.2.1. ELABORAÇÃO DE PROJETOS

A elaboração de projetos de construção civil em obras públicas é um processo complexo que envolve diversas etapas e exige a coordenação de múltiplos agentes, como engenheiros, arquitetos, projetistas e gestores. Além disso, esses projetos devem seguir rigorosos critérios normativos e legislações, garantindo o cumprimento de prazos, controle de custos e a entrega de obras que atendam às necessidades da sociedade e aos padrões de qualidade exigidos. O desafio é ainda maior, visto que as obras públicas frequentemente envolvem grande escala e estão sujeitas a auditorias detalhadas e controle social.

2.2.2. APLICAÇÃO DO BIM

Nas obras públicas, o uso do BIM se torna ainda mais relevante devido à necessidade de transparência, otimização de recursos e redução de desperdícios.

Como essas obras são financiadas com recursos públicos, a eficiência e a economicidade são aspectos fundamentais. O BIM auxilia nesse ponto ao permitir o planejamento detalhado e o controle preciso de todas as etapas do projeto. A partir do modelo BIM, é possível prever e calcular com maior precisão o consumo de materiais, os cronogramas de execução e o orçamento da obra, o que reduz significativamente o risco de estouro de custos e atrasos.

Além disso, a utilização do BIM nas obras públicas contribui para o cumprimento de metas de sustentabilidade e eficiência energética, uma vez que a modelagem permite a análise do ciclo de vida dos materiais e a simulação de cenários que favorecem o uso mais consciente dos recursos. Isso está alinhado com as políticas governamentais cada vez mais voltadas à sustentabilidade e à gestão eficiente dos resíduos gerados nas obras.

Outro ponto relevante é a padronização que o BIM proporciona. Em obras públicas, o uso de normas técnicas padronizadas é crucial para garantir a qualidade e a conformidade dos projetos. O BIM, ao consolidar todas as informações em um único modelo digital, facilita o cumprimento dessas normas e permite que todas as partes interessadas – órgãos reguladores, contratantes e gestores – tenham acesso aos mesmos dados em tempo real, favorecendo o acompanhamento e a fiscalização do projeto.

2.2.3. LEI Nº 14.133/2021

A Lei nº 14.133/2021 traz inovações importantes para modernizar as contratações públicas, especialmente no uso de tecnologias como o BIM e na gestão de resíduos em obras e serviços de engenharia. Esses elementos estão alinhados com os princípios de sustentabilidade e eficiência que a nova lei busca implementar.

Foco no BIM:

1. Incentivo à Adoção do BIM: A lei promove a utilização do BIM como uma ferramenta para o planejamento e execução de projetos de engenharia e arquitetura. A tecnologia BIM permite a criação de modelos digitais detalhados, abrangendo todas as fases de uma obra — concepção, execução e manutenção.

2. Melhor Controle e Redução de Desperdícios: A utilização do BIM facilita a gestão integrada do projeto, identificando inconsistências e interferências antes da construção, o que reduz o desperdício de materiais e otimiza o uso de recursos, contribuindo para a sustentabilidade.

3. Gestão de Resíduos: Com o detalhamento do BIM, é possível prever com maior precisão os volumes de resíduos gerados em cada etapa, o que permite elaborar planos de gerenciamento de resíduos mais eficazes e evitar descartes desnecessários.

Gestão de Resíduos na Nova Lei:

1. Práticas Sustentáveis: A nova lei incentiva que os contratos incluam exigências de gestão de resíduos sólidos de forma responsável, considerando a reutilização, reciclagem e destinação adequada dos materiais.

2. Responsabilidade do Contratado: A gestão dos resíduos passa a ser uma responsabilidade claramente definida nos contratos, o que inclui o controle de geração, acondicionamento e destinação final, de acordo com as normas ambientais.

3. Critérios de Sustentabilidade: A lei reforça a adoção de critérios sustentáveis nas licitações, o que inclui, além do BIM, o uso de práticas que minimizem o impacto ambiental, como a redução de resíduos e o uso de materiais sustentáveis.

Em resumo, a Lei nº 14.133/2021 moderniza as licitações públicas ao integrar ferramentas tecnológicas como o BIM, que melhoram o planejamento e a gestão de obras, e ao enfatizar a gestão eficiente de resíduos, visando uma construção pública mais sustentável e econômica.

3. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

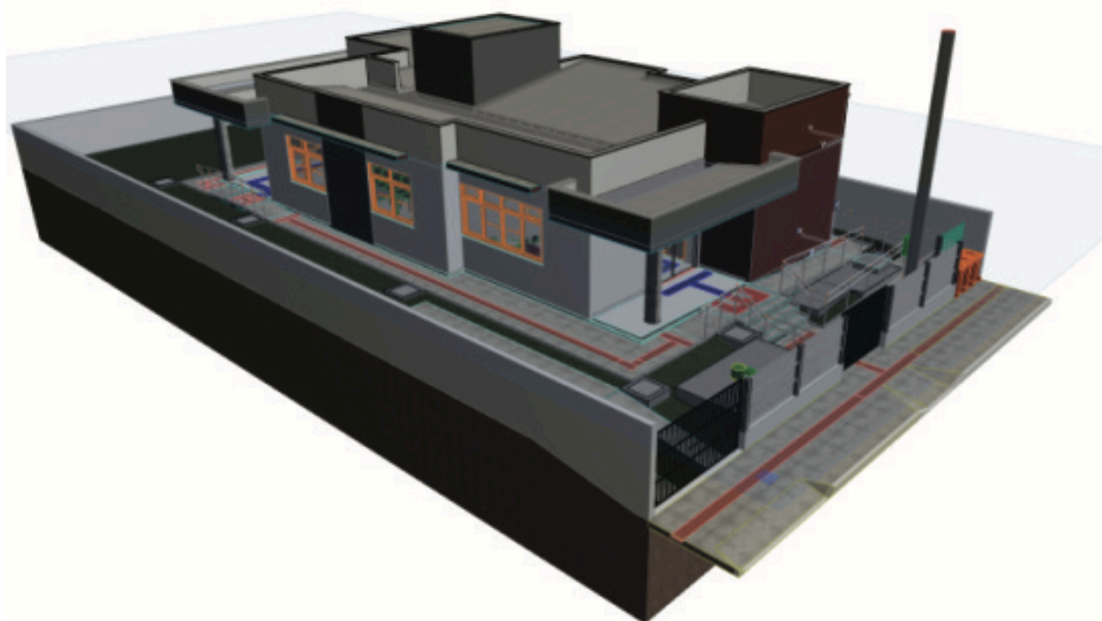
Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi realizada uma pesquisa qualitativa com o objetivo de propor um modelo de gestão de resíduos aplicável a obras públicas, utilizando como base o Building Information Modeling (BIM). A revisão bibliográfica foi fundamental para identificar as principais lacunas e desafios na gestão de resíduos na construção civil, com ênfase em empreendimentos de caráter público.

O escopo da pesquisa incluiu a análise de como o BIM pode ser integrado aos processos de gestão de resíduos, promovendo maior controle e eficiência no uso de materiais, redução de desperdícios e melhoria na sustentabilidade das obras.

Este trabalho visa, portanto, contribuir para a otimização da gestão de resíduos na construção civil pública, reduzindo impactos ambientais e custos associados, através da aplicação estratégica do BIM.

Este estudo baseia-se em um estudo de caso do projeto padrão do CRAS de Santa Catarina, com abordagem quali-quantitativa, inspirada na metodologia de Ahankoob et al. (2012). A pesquisa foi conduzida em extensão universitária vinculada ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFSC.

Figura 6 - Modelo BIM do CRAS: Vista 3D

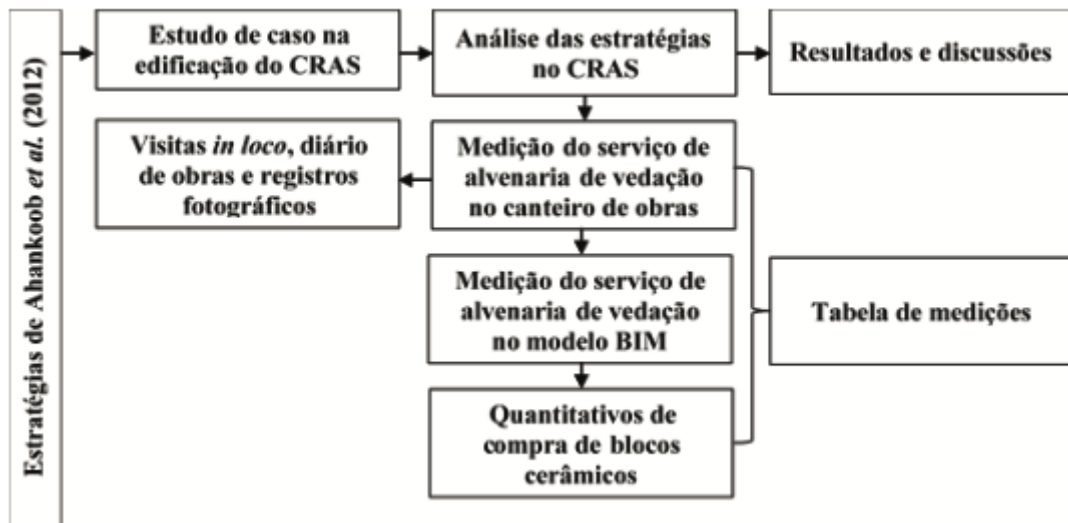


Fonte: Minimização De Resíduos Da Construção Em Obras Públicas Por Meio Do Processo BIM (2021)

Os dados qualitativos foram obtidos em seis visitas ao canteiro de obras entre abril e setembro de 2018, com observações, registros fotográficos e diário de obra. Foram analisados seis critérios relacionados ao uso do BIM na redução de resíduos: (1) detecção de interferências, (2) planejamento da construção, (3) redução de retrabalho, (4) organização do canteiro, (5) identificação de erros e (6) estimativa de materiais.

Os dados quantitativos referem-se à medição da área de alvenaria de vedação, tanto em campo quanto no modelo BIM, usando o software Graphisoft ArchiCAD. A escolha da alvenaria se deu por sua alta taxa de perdas e por ser a etapa em execução na primeira visita.

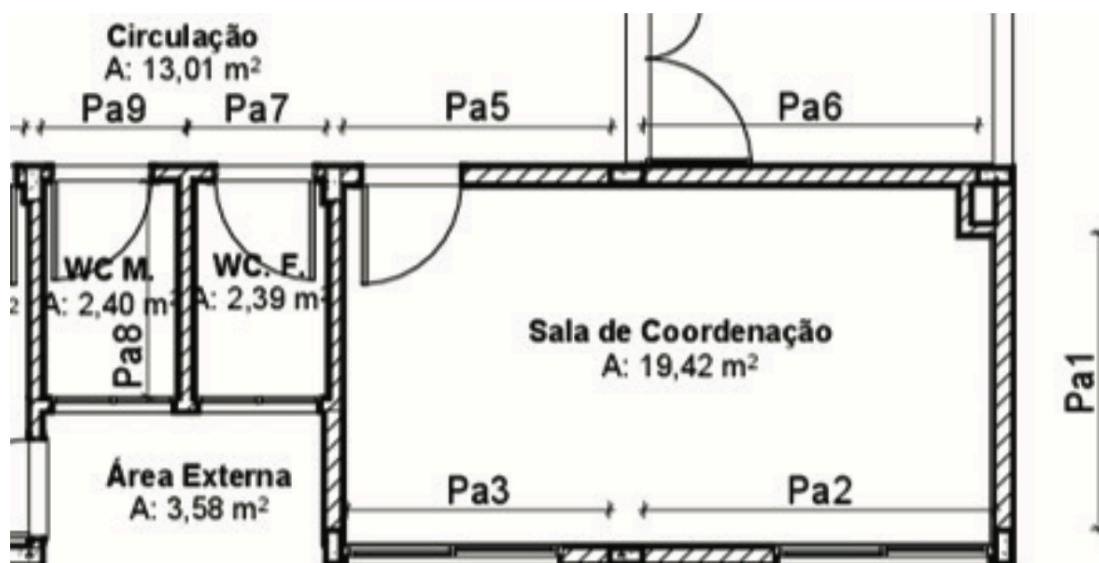
Figura 7 - Método



Fonte: Minimização De Resíduos Da Construção Em Obras Públicas Por Meio Do Processo BIM (2021)

O projeto do CRAS de Biguaçu foi modelado em BIM com coordenação do LaBIM/SC, em parceria com uma empresa local, utilizando ferramentas como ArchiCAD, AltoQi Eberick e QiBuilder. Os modelos incluíram disciplinas complementares (elétrica, hidráulica, estrutural etc.), com nível intermediário de maturidade, baseados em OpenBIM e arquivos IFC.

Figura 8 - Medição de Área no Modelo Bim



Fonte: Minimização De Resíduos Da Construção Em Obras Públicas Por Meio Do Processo BIM (2021)

A licitação exigia a entrega do modelo as built em formato nativo e previa capacitação básica da empresa executora. A mesma contratada era responsável por mais 18 obras semelhantes, reforçando o impacto potencial da otimização deste modelo padrão. Em 2016, Santa Catarina contava com 365 edificações similares. Durante a execução, a equipe da obra foi trocada três vezes e o modelo BIM não foi utilizado diretamente pela equipe em campo, que trabalhava de forma convencional com projetos em papel. As paredes foram executadas com blocos cerâmicos de diferentes espessuras, conforme o ambiente.

Por fim, os dados coletados em campo e no BIM foram comparados por meio de uma tabela de medições para cálculo da área total de alvenaria executada e estimada.

Este trabalho visa, portanto, contribuir para a otimização da gestão de resíduos na construção civil pública, reduzindo impactos ambientais e custos associados, através da aplicação estratégica do BIM.

4. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

4.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

Com o processo de industrialização e o êxodo rural, as cidades brasileiras cresceram rapidamente, resultando em um aumento significativo na geração de resíduos sólidos. No entanto, esse crescimento não foi acompanhado por um gerenciamento adequado, levando à disposição inadequada do lixo em lixões a céu aberto, causando impactos ambientais e sociais. Para controlar essa situação, diversas leis foram criadas ao longo do tempo, culminando na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sancionada em 2010.

A PNRS estabeleceu diretrizes para a gestão sustentável dos resíduos, atribuindo aos municípios a responsabilidade pelo planejamento e controle da destinação final. Um de seus principais objetivos era a erradicação dos lixões até 2014, substituindo-os por aterros sanitários, além de incentivar a reciclagem e a responsabilidade compartilhada no ciclo de vida dos produtos. Entretanto, desafios administrativos e estruturais impediram o cumprimento total dessa meta, evidenciando a necessidade de inovação e tecnologia na gestão dos resíduos urbanos e da construção civil.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2023, 31,9% dos municípios brasileiros ainda utilizam lixões como unidade de disposição final de resíduos sólidos, considerada a forma menos adequada de destinação final do resíduo. Em 28,6%, a disposição final era feita em aterros sanitários, enquanto aterros controlados eram utilizados em 18,7%, sendo que um município pode possuir mais de uma forma de destinação de resíduos sólidos.

Entre as grandes regiões, os lixões ainda eram utilizados em 73,8% dos municípios na Região Norte, 51,6% no Nordeste, 52,9% no Centro-Oeste, 12,1% no Sudeste e 5,7% no Sul. Os dados são do Suplemento de Saneamento da Pesquisa de

Informações Básicas Municipais (MUNIC) 2023 e foram divulgados hoje (28) pelo IBGE.

Figura 9 - Presença de lixões nos municípios brasileiros



Fonte: Pesquisa de informações Básicas Municipais (IBGE) - 2023

A gestão de resíduos sólidos no Brasil é um dos grandes desafios enfrentados pela administração pública, especialmente nos municípios, que são os principais responsáveis pelo gerenciamento deste setor. As prefeituras brasileiras tentam estruturar suas políticas e ações para lidar com os resíduos sólidos urbanos (RSU), enfrentando desafios administrativos, técnicos e financeiros que dificultam a implementação eficiente da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

A PNRS (Lei nº 12.305/2010) estabeleceu diretrizes fundamentais para a gestão sustentável dos resíduos no país, incluindo a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a priorização da não geração e da reciclagem, além da obrigatoriedade de planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos. No entanto, a implementação dessa política enfrenta barreiras significativas,

principalmente devido à falta de capacidade administrativa nos municípios, o que afeta desde a estruturação dos órgãos responsáveis até a fiscalização e a adoção de tecnologias inovadoras.

A precariedade da infraestrutura administrativa dos municípios faz com que muitas cidades ainda dependam de lixões a céu aberto, prática proibida pela PNRS, mas que persiste devido à ausência de aterros sanitários e soluções adequadas de destinação final. Além disso, a falta de integração entre os diferentes setores da administração pública impede um planejamento eficaz para reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos gerados.

4.2. CAPACIDADES ADMINISTRATIVAS E A GESTÃO PÚBLICA DE RESÍDUOS

A eficiência na gestão pública de resíduos sólidos depende diretamente das capacidades administrativas dos municípios, que precisam planejar, executar e fiscalizar as políticas ambientais. No entanto, grande parte das cidades brasileiras enfrenta dificuldades estruturais e operacionais para cumprir a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Ao analisar dados do IBGE (2019), conclui-se que 73,7% dos municípios brasileiros não possuem equipes especializadas nem planejamento adequado para lidar com os resíduos sólidos. Esse cenário impacta diretamente a gestão de resíduos da construção civil (RCC), que, apesar de possuir regulamentação específica por meio da Resolução CONAMA nº 307/2002, ainda enfrenta dificuldades em sua gestão eficiente, especialmente em obras públicas.

Os desafios mais comuns incluem a falta de pessoal qualificado, escassez de recursos financeiros e baixa capacidade técnica para implementar soluções eficazes. Muitos municípios ainda não possuem planos de gestão integrada de resíduos sólidos ou sistemas adequados de monitoramento, o que prejudica a adoção de práticas sustentáveis, como a reciclagem e a destinação correta dos

resíduos. Além disso, a ausência de fiscalização eficiente favorece a continuidade de práticas inadequadas, como o descarte irregular e a manutenção de lixões, mesmo após o prazo estipulado pela PNRS para sua erradicação.

A descentralização da responsabilidade para os municípios, prevista na PNRS, trouxe desafios adicionais, especialmente para cidades menores, que não possuem estrutura administrativa suficiente para lidar com a complexidade da gestão de resíduos. Nesse cenário, o fortalecimento da governança municipal e o investimento em capacitação são fundamentais para garantir o cumprimento das normas ambientais e melhorar a eficiência da gestão pública.

A modernização da administração pública por meio de tecnologias digitais pode contribuir significativamente para superar essas dificuldades. A busca por essas tecnologias, possibilita a integração do planejamento de obras públicas à gestão de resíduos da construção civil, permitindo maior controle sobre a geração, reaproveitamento e destinação dos materiais descartados. Dessa forma, a melhoria das capacidades administrativas aliada ao uso de soluções tecnológicas pode transformar a gestão pública de resíduos, tornando-a mais eficiente e sustentável.

4.3. GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM OBRAS PÚBLICAS

A gestão de resíduos da construção civil (RCC) é um dos principais desafios ambientais e administrativos enfrentados pelo setor público no Brasil. Grande parte das prefeituras ainda possui dificuldades na implementação de políticas eficazes para o gerenciamento desses resíduos, refletindo problemas estruturais na administração pública e na aplicação da legislação vigente.

A Resolução CONAMA nº 307/2002 estabelece diretrizes para a gestão dos RCC, determinando a necessidade de segregação, reutilização e destinação

ambientalmente adequada. No entanto, nas obras públicas, o não cumprimento dessas diretrizes ainda é comum devido à falta de planejamento adequado, fiscalização insuficiente e dificuldades técnicas e financeiras dos municípios. Vale-se destacar que a baixa capacidade administrativa das gestões municipais impede uma abordagem mais eficiente para lidar com os RCC, o que contribui para desperdícios de materiais, descarte irregular e aumento dos impactos ambientais.

Outro fator relevante é a ausência de dados e registros precisos sobre a geração e destinação dos RCC em muitas prefeituras. A falta de controle e de sistemas integrados para monitoramento dificulta a implementação de estratégias sustentáveis, como a reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos em novas obras públicas.

Dessa maneira, a gestão dos RCC em obras públicas está diretamente ligada à capacidade administrativa dos municípios em estruturar políticas, fiscalizar seu cumprimento e implementar soluções tecnológicas para aprimorar a eficiência da gestão. O fortalecimento da governança municipal, aliado ao uso de ferramentas digitais, pode transformar o setor e garantir maior sustentabilidade nas obras públicas.

5. APLICAÇÃO

5.1. MOTIVOS DA UTILIZAÇÃO

Nos últimos 50 anos, as mudanças climáticas impulsionaram ações globais, como a Agenda 21 e a Agenda 2030, voltadas à construção de uma sociedade sustentável por meio do consumo e produção responsáveis. A sustentabilidade é vista como o equilíbrio entre dimensões ambiental, sociocultural e econômica.

A construção civil, embora essencial para o desenvolvimento econômico, é uma das indústrias que mais impacta o meio ambiente, gerando grande volume de resíduos,

consumo de recursos naturais e emissões de CO₂. Estima-se que ela seja responsável por cerca de 50% dos resíduos sólidos no mundo.

Apesar da crescente demanda por práticas sustentáveis, o setor ainda apresenta resistência à inovação. O uso do Building Information Modeling (BIM) surge como alternativa para reduzir a geração de resíduos desde a fase de projeto, permitindo simulações, planejamento do canteiro e quantificação precisa de materiais. Contudo, sua adoção ainda é limitada no Brasil.

Há escassez de estudos nacionais que relacionem BIM à gestão ambiental na construção civil. Este trabalho busca contribuir para o desenvolvimento sustentável ao investigar estratégias para minimizar resíduos em obras públicas com o uso do BIM, tendo como estudo de caso o projeto do Centro de Referência para Assistência Social (CRAS) em Biguaçu/SC, replicado em 18 municípios até 2019.

Resíduos são materiais resultantes de atividades humanas ou naturais, classificados como inertes pela NBR 10.004. No caso da construção civil, são gerados em obras, reformas e demolições. Suas principais causas incluem clima, falhas na gestão de materiais, armazenamento inadequado, baixa qualificação da mão de obra, mudanças de projeto e perdas no transporte (AHANKOOB et al., 2012).

A separação dos resíduos na origem é essencial para evitar contaminação e facilitar a reciclagem, tornando o processo mais eficiente e econômico (MARTINS, 2012). Após isso, é necessário o correto acondicionamento, transporte e destinação, sendo a reciclagem a alternativa mais viável (PINTO, 1999). Diversas normas e legislações brasileiras tratam do manejo de resíduos (ABNT, 2004a; BRASIL, 1988, 2002, 2010).

Para mapear o uso do BIM na gestão de resíduos, foram realizadas buscas nas bases Scopus e ScienceDirect, em 2024, com os termos “BIM” e “waste

management”. Após filtragem, 9 artigos relevantes foram selecionados. Os estudos mostram que o BIM contribui para prever a chegada de materiais, detectar interferências ainda na fase de projeto e estimar a quantidade de resíduos gerados (AHANKOOB et al., 2012; GUERRA et al., 2019; CHENG; MA, 2013).

Ferramentas baseadas em BIM também foram desenvolvidas para análise e relatório de resíduos (AKINADE; OYEDEL, 2019), gerenciamento de desconstrução (GE et al., 2017) e planejamento de reuso e disposição no canteiro (BAKCHAN; FAUST; LEITE, 2019), com economia de até US\$ 35 mil. Outros estudos abordam expectativas de investidores e áreas da engenharia com maior integração entre BIM e sustentabilidade, como energia e redução de resíduos (AKINADE et al., 2018; KHADDAJ; SROUR, 2016).

Apesar da literatura ainda ser limitada, há um crescimento nas publicações após 2015 (LU et al., 2017). No Brasil, buscas em bases como SciELO identificaram apenas quatro estudos alinhados ao tema. O BIM tem potencial em todas as fases da edificação, inclusive no planejamento do canteiro e elaboração do Plano de Gestão de Resíduos, otimizando o uso de materiais, mão de obra e espaço (CARVALHO; SCHEER, 2015; SANTOS et al., 2017).

Busca adicional com os termos “obra pública” ou “public building” encontrou apenas um estudo relevante, voltado à redução de desperdícios de vergalhões via BIM (PORWAL, 2013), evidenciando a escassez de pesquisas aplicadas a obras públicas no Brasil.

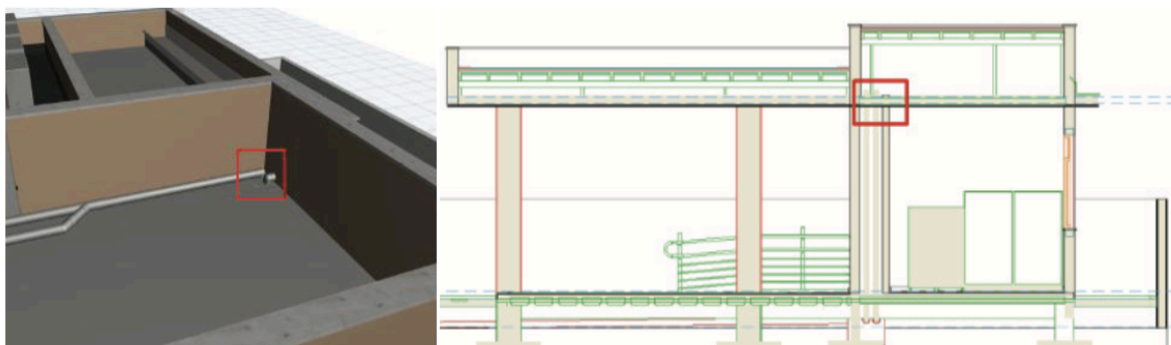
5.2. USO DO BIM NA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

5.2.1. DETECÇÃO DE CONFLITOS, INTERFERÊNCIAS E COLISÕES

Apesar da compatibilização prévia no modelo BIM, foram identificadas interferências no canteiro, como a necessidade de furar lajes e vigas para passagem de tubulações de águas pluviais e ar-condicionado. Também não havia previsão de aberturas na laje para o sistema hidrossanitário, o que exigiu adaptações em obra, comprometendo o desempenho estrutural.

Além disso, o uso inadequado de blocos cerâmicos — todos de 18 cm, em vez das espessuras previstas (14 cm e 8 cm para banheiros acessíveis e shafts) — gerou problemas como a redução da área dos banheiros acessíveis.

Figura 10 - Interferências entre as disciplinas em software BIM



Fonte: Minimização De Resíduos Da Construção Em Obras Públicas Por Meio Do Processo BIM
(2021)

Figura 11 - Interferência entre as disciplinas em canteiro de obras: furo na laje e furo na viga para tubulações



Fonte: Minimização De Resíduos Da Construção Em Obras Públicas Por Meio Do Processo BIM (2021)

5.2.2. SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA E PLANEJAMENTO DE CONSTRUÇÃO

Não houve planejamento formal por parte da equipe executora, resultando em um atraso de um mês na entrega da obra. A execução também foi interrompida duas vezes devido à troca de equipe, evidenciando alta rotatividade da mão de obra — um problema recorrente na construção civil que impacta negativamente a produtividade, o controle de desperdícios e os custos, conforme apontado por Mutti (1995) e ainda observado por Thomas (2015).

5.2.3. REDUÇÃO DE RETRABALHO

A ausência de planejamento e a alta rotatividade das equipes resultaram em descontinuidades na execução e retrabalhos. Problemas de projeto foram resolvidos diretamente no canteiro, gerando atrasos e possíveis custos adicionais por desperdício. Além disso, a equipe utilizava apenas plantas 2D, o que limitava a compreensão do projeto em relação ao modelo BIM.

5.2.4. SINCRONIZAÇÃO DO PROJETO E DO LAYOUT DO CANTEIRO

Observou-se baixa organização e ausência de planejamento do layout do canteiro. Apesar de alguns resíduos, como sacos de cimento, terem sido separados adequadamente, não havia modelagem ou projeto específico para o canteiro. Os blocos cerâmicos, por exemplo, ficavam expostos às intempéries, o que contribuiu para desperdícios por falta de local adequado para armazenamento e descarte.

Figura 12 - Armazenamento/organização dos blocos cerâmicos e resíduos do canteiro de obras



Fonte: Minimização De Resíduos Da Construção Em Obras Públicas Por Meio Do Processo BIM (2021)

5.2.5. DETECÇÃO DE ERROS E OMISSÕES

Durante a etapa de projeto, foram feitos ajustes no modelo BIM para atender à atualização das normas NBR 6118 (concreto armado) e NBR 9050 (acessibilidade). No entanto, a principal falha foi a falta de adaptação do projeto padrão ao terreno específico, o que gerou problemas na locação da obra e resultou em erros nas

dimensões de acesso e estacionamento, decisões que precisaram ser tomadas diretamente no canteiro.

5.2.6. PREVISÃO DA QUANTIDADE DE MATERIAL

O modelo BIM permitiria uma estimativa precisa de materiais, evitando desperdícios. No entanto, o engenheiro responsável baseou-se apenas em sua experiência, desconsiderando os dados do modelo. Isso resultou na compra de apenas um tipo de bloco cerâmico, diferente do especificado, e em uma grande compra: foram adquiridos 9.600 blocos, mas utilizados apenas 8.130, gerando um excedente de 1.470 blocos.

A diferença de área medida entre a obra e o modelo foi de 6,4% (aproximadamente 21 m²), possivelmente devido a variações na altura das paredes, no encunhamento e nas dimensões dos vãos, não previstas no modelo. Mesmo com a precisão do BIM, os dados não foram aproveitados pela equipe executora.

5.2.7. REDUÇÃO DE RESÍDUOS NOS PROCESSOS DE PROJETOS PÚBLICOS

Para reduzir resíduos em obras públicas, é essencial melhorar a definição de responsabilidades nos projetos e nas licitações, com destaque para o coordenador de projetos e fiscalização. Ainda ocorrem interferências causadas por falhas projetuais ou interpretações equivocadas, reforçando a importância da integração dos modelos BIM no canteiro para facilitar visualização, fiscalização e organização.

A aplicação eficaz do BIM requer:

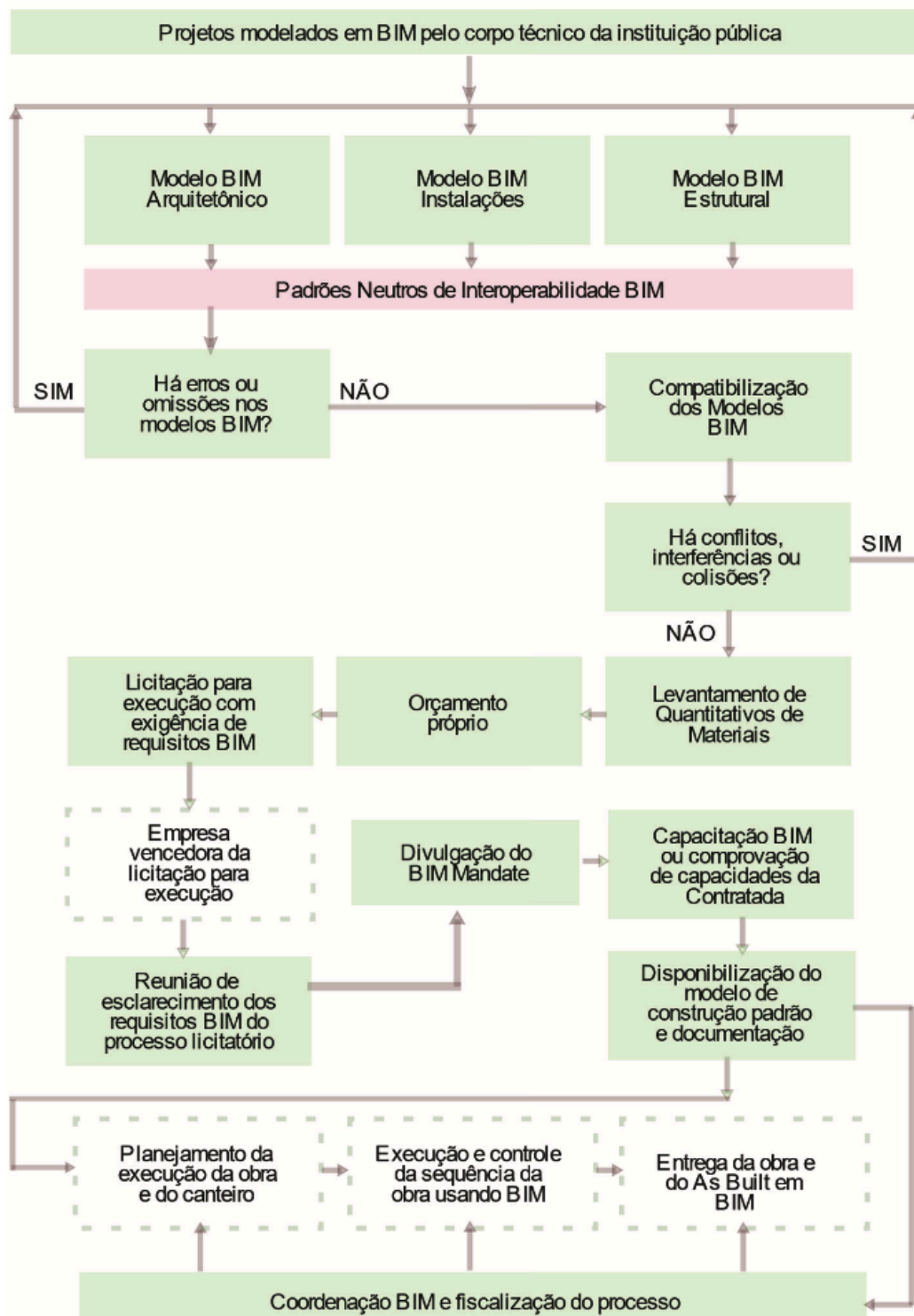
1. Informações geométricas completas (paredes, pisos, coberturas);
2. Modelagem dos sistemas complementares (elétrico, hidráulico, estrutural);

3. Planejamento do layout do canteiro com modelagem paramétrica;
4. Especificação detalhada dos elementos modelados, como tipos de blocos.

Modelos devem seguir padrões de interoperabilidade (OpenBIM) e ser revisados antes da compatibilização. Eventuais conflitos devem ser resolvidos em reuniões colaborativas. Após isso, é possível levantar quantitativos e realizar a orçamentação para a licitação.

A empresa vencedora deve comprovar capacitação em BIM ou receber treinamentos, e participar de reuniões de alinhamento com foco no planejamento, organização do canteiro, execução e entrega do *as built* em padrão BIM. O Plano de Execução BIM deve ser fornecido pela Contratante, que também deve acompanhar a qualidade dos modelos. Por fim, elabora-se um relatório com aprendizados e desafios, visando melhorias em licitações futuras.

Figura 13 - Aprimoramento de processos internos do setor público para redução da ocorrência de resíduos usando BIM



Fonte: Minimização De Resíduos Da Construção Em Obras Públicas Por Meio Do Processo BIM (2021)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução de obras públicas é composta por diversas etapas — projeto, licitação, execução e fiscalização — que exigem uma gestão eficiente dos recursos disponíveis, a fim de evitar desperdícios de materiais, tempo e recursos financeiros. Nesse contexto, torna-se imprescindível a adoção de ferramentas tecnológicas que favoreçam maior controle, transparência e precisão nas decisões ao longo do ciclo de vida da edificação. Dentre essas ferramentas, destaca-se o Building Information Modeling (BIM), cuja aplicação pode contribuir significativamente para a redução da geração de resíduos sólidos na construção civil, especialmente no âmbito das obras públicas.

Este estudo investigou o potencial do BIM na minimização de resíduos, com foco em aspectos como a detecção de interferências entre disciplinas, o planejamento integrado e a estimativa precisa de quantitativos de materiais. Os resultados demonstraram que, embora a metodologia apresente benefícios notáveis, sua aplicação prática ainda enfrenta desafios importantes, sobretudo no ambiente do canteiro de obras. O estudo de caso analisado revelou uma diferença de 6,4% entre a área projetada e a efetivamente executada, bem como a aquisição excedente de 1.470 blocos cerâmicos, evidenciando limitações no uso das informações extraídas do modelo BIM.

A plena adoção do BIM demanda não apenas o domínio técnico da ferramenta, mas também a revisão dos processos institucionais, a capacitação contínua das equipes envolvidas e a reformulação de instrumentos contratuais. Nesse sentido, recomenda-se a adoção de diretrizes estabelecidas pelo Decreto nº 9.983/2019, que institui a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR), visando a criação de *BIM Mandates* para orientar e normatizar a aplicação da metodologia em projetos públicos.

Além dessas diretrizes técnicas, destaca-se a importância da incorporação dos princípios previstos na **Lei nº 14.133/2021**, que estabelece o novo marco legal das licitações e contratos administrativos. A referida legislação introduz princípios como a sustentabilidade, a economicidade, a eficiência e a inovação como fundamentos da gestão pública, criando um ambiente propício à implementação do BIM como prática institucionalizada. Ao permitir critérios de julgamento baseados em técnica e desempenho, a nova lei rompe com a lógica exclusiva do menor preço e favorece contratações mais qualificadas e compatíveis com os objetivos de sustentabilidade e racionalização de recursos.

Por meio de um checklist como o do item 5.2 Uso do Bim na gestão de resíduos da construção civil, chega-se a um modelo aprimorado de como utilizar o software para otimizar a geração de resíduos. Seguindo esse passo-a-passo, a obra se tornará mais limpa, eficiente e será também menos custosa.

Conclui-se, portanto, que o BIM configura-se como uma ferramenta estratégica na promoção de uma gestão mais eficiente e sustentável de obras públicas, particularmente no que se refere à mitigação de resíduos. A consolidação de sua aplicação, no entanto, depende de ações coordenadas entre agentes públicos, órgãos de controle e setores técnicos, bem como da articulação entre normas técnicas e legislações vigentes, especialmente a Lei nº 14.133/2021. O alinhamento entre tecnologia, normativas e capacitação institucional representa o caminho para transformar o potencial do BIM em ganhos reais de desempenho, sustentabilidade e transparência na construção pública brasileira.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GNECCO, Veronica Martins; MATTANA, Leticia; FOSSATI, Michele. Minimização De Resíduos Da Construção Em Obras Públicas Por Meio Do Processo BIM. **MIX Sustentável**, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 141-152, ago. 2021. ISSN 24473073. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4698/3681>. Acesso em: 28/09/2024.

PIMENTEL, Ubiratan Henrique Oliveira. Análise da geração de resíduos da construção civil da cidade de João Pessoa-PB. **2013. 190 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Paraíba**, João Pessoa, 2013.

SANTANA, Leonardo. **BIM no mundo: a revolução mundial da construção inteligente**. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/bim-no-mundo/>. Acesso em: 28/09/2024.

BRASIL. Lei nº 14.133/2021, de 1º de abril de 2021. **Lei de Licitações e Contratos Administrativos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1º abr. 2021.

BULHÕES, Ana Graziella Fernandes Nobre. BIM Office: **plataforma web para contratação de projetos de engenharia na modelagem BIM - building modeling**. 2022. 98f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência, Tecnologia e Inovação) - Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

EASTMAN, C; SACKS, R. **A guide to building information modeling for owners, managers, engineers and contractors**. Hoboken, N.J.: John Wiley and Sons Inc., 2011.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008

FLORIO, Wilson. **Contribuições do Building Information Modeling no Processo de Projeto em Arquitetura**. In: III ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3, 2007, Porto Alegre. Anais ... Porto Alegre: Integração em Sistemas em Arquitetura, Engenharia e Construção, 2007.

FORMOSO, C. T. **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Núcleo Orientado para a inovação da edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. [2001].

M. Oraee, M. R. Hosseini, D. J. Edwards, H. Li, E. Papadonikolaki, and D. Cao, **“Collaboration barriers in BIM-based construction networks: A conceptual model”**, Int. J. Proj. Manag., vol. 37, no. 6, pp. 839–854, 2019, doi: 10.1016/j.ijproman.2019.05.004

Koskela, L. and Howell, G., (2002), **The Underlying Theory of Project Management is Obsolete**. Proceedings of the PMI Research Conference, 2002. Pg. 293-302.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC Dados) <http://www.cbicdados.com.br/menu/indicadores-economicos-gerais/boletim-estatistico>. Acesso em: 28/09/2024.

BALLARD, Herman Glenn. **The last planner system of production control**. 2000. Tese de Doutorado. University of Birmingham.

EASTMAN, Chuck; TELCHOLZ Paul; SACKS Rafael; LISTON Hathleen. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**: Porto Alegre Bookman, 2014.

FU, C. et al. IFC Model View To Support Nd Model Application. **Automation in Construction: ELSEVIER**. autcon. 2006. Acesso em: 28/09/2024

BELL, H.; BJØRKHAUG, L. **A building SMART Ontology e Work and Business in Architecture, Engineering and Constructin**. ECPPM, 2006, 185p.

KOSKELA, Lauri et al. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford: Stanford university, 1992.

INTERNATIONAL ALLIANCE FOR INTEROPERABILITY. Model – Industry Foundation Classes (IFC). Building Smart. 2008. Disponível em: <http://www.buildingsmart.com/bim> Acesso em: 28/09/2024.

MELHADO, S.; PINTO, A. C. **Benefícios e desafios da utilização do BIM para extração de quantitativos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 9., ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 6., 2015, São Carlos. . Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015. Acesso em: 28/09/2024.

SERRADOR, Pedro; PINTO, Jeffrey K. Does Agile work?—A quantitative analysis of agile project success. **International journal of project management**, v. 33, n. 5, p. 1040-1051, 2015.

SANTOS, Adriana de Paula Lacerda; ANTUNES, Cristiano Eduardo; BALBINOT,

Guilherme Bastos. **Levantamento de quantitativos de obras: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM.** Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, v. 6, n. 12, p. 134-155, 2014.

SABOL, L. **Challenges in cost estimating with Building Information Modeling.** IFMA World Workplace. 2008.

FORGUES, D. et al. **Rethinking the cost estimating process through 5D BIM: A case study.** In: **Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World**, 2012, West Lafayette, IN. Proceedings. P.778-786.

IKA, L. **A. Project Success as a Topic in Project Management Journals.** Université du Québec en Outaouais, Gatineau, Québec, Canada. 2009.

MARINO, Arthur Lima; CHAVES, Gisele de Lorena Diniz; JUNIOR, Jorge Luiz dos Santos. Capacidades Administrativas na Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos nos Municípios Brasileiros. Curitiba: Brasil, 2016.

CIMENTO ITAMBÉ. **Conheça o 1º estádio do Brasil construído com tecnologia BIM.** Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/conheca-o-1o-estadio-do-brasil-construido-com-tecnologia-bim/>, 2021.