



UNIVERSIDADE CATÓLICA DO SALVADOR DEPARTAMENTO DE
CIÊNCIAS EXATAS FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

MAGNO CHAGAS DE OLIVEIRA
MICHEL SOUSA RODRIGUES
RAFAEL OLIVEIRA DO NASCIMENTO

APLICAÇÃO DO BIM NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL

SALVADOR
2024

MAGNO CHAGAS DE OLIVEIRA
MICHEL SOUSA RODRIGUES
RAFAEL OLIVEIRA DO NASCIMENTO

APLICAÇÃO DO BIM NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
curso de Engenharia Civil da Universidade Católica
Do Salvador.

Professor(a): Fernando Barreto Nunes Filho
Orientador: Tiago Muniz

SALVADOR
2024

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de RCD

BDE – Base de Descarga de Entulho

BIM – Building Information Modeling

CAD – Computer Aided Design

CBIC – Câmara Brasileira da Construção Civil

CNLU – Comissão Normativa da Legislação Urbanística

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

IA – Inteligência Artificial

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NBR – Normas Técnicas

PDE – Postos de Descarga de Entulho

PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Salvador

PIB – Produto Interno Bruto

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RCC – Resíduos da Construção Civil

RCD – Resíduos da Construção e Demolição

RDO – Resíduos Domiciliares Orgânicos

RPU – Resíduos de Pequenos Estabelecimentos

SECONT – Secretaria de Estado de Controle e Transparência

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

VDC – Virtual Design and Construction

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. LEIS QUE REGULAMENTAM A GESTÃO DE RESÍDUOS NO BRASIL	6
2.1 A Política Nacional de Resíduos Sólidos Brasileira	6
2.1.1 ABNT NBR 15575-1:2024 Edificações habitacionais — Desempenho	9
2.2 LEGISLAÇÕES ESPECÍFICAS	11
2.3 IDENTIFICAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS	12
3. INTEGRAÇÃO ESTRATÉGICA DE IA, ACV E BIM PARA UMA GESTÃO EFICIENTE DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	19
3.1 A Evolução Tecnológica na Construção Civil: Do CAD ao BIM	19
3.1.2 Implementação da Inteligência Artificial no Desenvolvimento do Sistema BIM para o Gerenciamento de Resíduos na Construção Civil	20
3.1.3 Integrando BIM e ACV: Avanços na Gestão Sustentável da Construção	22
3.2 Estratégias Eficientes de Implementação do BIM na Construção Civil	24
4 GUIA ORIENTATIVO E INSTRUÇÕES BÁSICAS INICIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM	35
4.1 Elaboração do Guia Simplificado Orientativo Para a Implementação Inicial e Básica das Ferramentas BIM, Visando Auxiliar na Melhor Gestão de Resíduos da Construção Civil	35
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
6 REFERÊNCIAS	39
APÊNDICE 01:	46

1. INTRODUÇÃO

Dados de Indicadores Imobiliários brasileiros, divulgados pela Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI, em parceria com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC, mostraram que houve no Brasil um crescimento de 16,47% em venda de unidades novas em 2020, e 12,83% em 2021. Ainda nessa direção, CBIC (2022), aponta um crescimento significativo ao tratar de trabalhadores com carteira assinada, saindo de 1,926 milhões de trabalhadores no mês de junho de 2020 para 2,428 milhões, de trabalhadores em abril de 2022 e que o PIB da construção cresceu 9,7% ao comparar o ano de 2021 com 2020.

Esses dados demonstram a importância da indústria da construção civil para a economia brasileira. No entanto, o ramo da construção civil no Brasil é um dos maiores fabricantes de resíduos sólidos, sendo responsável por 50% a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos, causando um problema que sobrecarrega os sistemas de limpeza pública podendo gerar impactos ambientais, caso essa massa não tenha um controle efetivo em seu descarte Brasil (2005).

Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil - ABRECON, em 2015, foram gerados cerca de 84 milhões de metros cúbicos de resíduos de construção civil proveniente de escavações de demolição ou ações ligadas à construção civil. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE, divulgada em 2019, ano-base 2018, cerca de 45 milhões de toneladas de Resíduos da Construção Civil - RCC, foram coletadas em 2018 pelos municípios brasileiros.

Nessa perspectiva, a resolução CONAMA Nº 307 (2002), definiu orientações, critérios e formas para a gestão e gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil - RCC e a Lei Nº 12.305, (Brasil, 2010), estabeleceu uma Política Nacional de Resíduos Sólidos, com princípios, objetivos e instrumentos.

A aplicação da Modelagem de Informação da Construção - BIM para o gerenciamento de resíduos da construção civil tem despertado cada vez mais interesse no setor da construção, devido à crescente preocupação com a gestão adequada e sustentável dos resíduos, gerados durante o processo construtivo, buscando materializar e melhorar os dispostos previstos em ferramentas de políticas públicas como a Lei Nº 12.305. Segundo Terra (2023), o Building Information Modeling (BIM) está experimentando uma notável expansão global, e no Brasil já

está sendo adotado por diversas empresas. Dentro desse contexto, o BIM, em qualquer fase do ciclo de vida de uma estrutura - seja no projeto, execução, manutenção, demolição ou intervenções futuras - emerge como uma abordagem promissora para aprimorar a gestão de resíduos. Especialmente a partir do nível 2 de BIM colaborativo, essa tecnologia oferece oportunidades significativas para otimizar processos, contribuindo assim para uma indústria da construção mais sustentável e socialmente responsável.

O caminho para atingir uma gestão adequada dos resíduos na construção civil, deve seguir algumas etapas e munir-se de ferramentas e metodologias específicas para a aprimoração de processos. Para tanto, este trabalho tem como objetivo geral demonstrar como o uso do BIM pode auxiliar na identificação, classificação, rastreamento e destinação adequada dos resíduos gerados antes, durante e após o processo construtivo. Com base nisso, delinearam-se os objetivos específicos:

- a) Compreender as leis que regulamentam a gestão de resíduos na construção civil;
- b) Entender a aplicabilidade do BIM para a gestão de resíduos na construção civil;
- c) Desenvolver um “guia” orientativo que apresente os procedimentos básicos, iniciais, para a implementação da metodologia Building Information Modeling - BIM, com foco na otimização do gerenciamento de resíduos em projetos de construção civil.

Realizou-se uma revisão bibliográfica abrangente do tema, explorando recursos em literatura especializada, plataformas digitais, dissertações, teses e fontes eletrônicas. Tal abordagem permitiu a contextualização do estudo dentro de um arcabouço teórico robusto, fornecendo a base necessária para a análise dos dados coletados. Além disso, foi proposta uma pesquisa empírica, resultando na elaboração de um guia básico orientativo, interativo, destinado à introdução da aplicação das ferramentas e metodologias BIM em conjunto com os processos construtivos. Este guia tem como objetivo auxiliar e orientar organizações em suas fases iniciais de adoção e implementação das ferramentas e metodologias BIM, fornecendo um roteiro prático para o processo de adaptação e integração dessas tecnologias no contexto do gerenciamento de resíduos na construção civil.

Espera-se que os resultados deste estudo possam fornecer “insights” e

orientações para profissionais e empresas do setor interessados em adotar o BIM como uma ferramenta no gerenciamento de resíduos.

2. LEIS QUE REGULAMENTAM A GESTÃO DE RESÍDUOS NO BRASIL

Como destacado no capítulo anterior, a indústria da construção civil é uma fonte significativa de resíduos. O gerenciamento desses resíduos visa garantir uma gestão precisa ao longo da execução das obras e serviços de engenharia. Esta questão tem ganhado importância no contexto nacional, especialmente após a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei nº 12.305/2010. Esta legislação atribui responsabilidades tanto aos governantes quanto às corporações, e contribui para a regulamentação específica da construção civil, visando alcançar segurança, qualidade produtiva e ambiental nas obras, como será abordado adiante.

2.1 A Política Nacional de Resíduos Sólidos Brasileira

A PNRS, instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, trouxe ao território brasileiro uma série de inovações para a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos. Que traz objetivos e metas audaciosas, como por exemplo, a erradicação dos antigos lixões em todo país. Surge como um novo olhar na gestão pública e na qualidade do desenvolvimento do Brasil. Um aspecto importante da PNRS é não mencionar o termo lixo. Desta maneira, surge um novo modo de pronunciar o termo lixo, agora chamado de resíduo.

A PNRS representa a ruptura de paradigmas do Poder Público nas três esferas de poder, no setor produtivo e entre os cidadãos. Com esta ruptura surge um elo entre quem fornece e quem consome e quem tem a responsabilidade de agir de forma responsável no consumo e eliminação de resíduos (NETO et al, 2010, p.3).

A PNRS foi aprovada após mais de 20 anos de discussões no Congresso Nacional sendo considerada um marco importante para a questão ambiental, trazendo onze princípios conforme abaixo (BRASIL, 2010, p.3):

- I - A prevenção e a precaução
- II - O poluidor-pagador e o protetor-recebedor
- III - A visão sistêmica

IV - O desenvolvimento sustentável

V - A ecoeficiência

VI - Cooperação entre as esferas do poder público, setor empresarial

VII - Responsabilidade compartilhada

VIII - Reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável

IX - Respeito às diversidades locais e regionais

X - Direito da sociedade à informação e ao controle social

XI - Razoabilidade e a proporcionalidade

O princípio da prevenção defende a prevenção de danos previsíveis, enquanto o princípio de precaução alerta sobre riscos de danos incertos. Os Planos de resíduos sólidos terão que apresentar conteúdos definidos pela Lei 12.305 (Brasil, 2010), como por exemplo, analisar a situação atual dos resíduos e as metas de redução, reutilização e reciclagem com o objetivo de diminuir a quantidade de resíduos e garantir seu descarte adequado (NETO, et al, 2010, p.5).

A perspectiva de erradicar os antes chamados de lixões, não só abraça a responsabilidade ambiental, mas também visa promover a inclusão social e a autonomia econômica dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. De acordo com a Lei 12.305 (BRASIL, 2010, p.), é estipulado um prazo máximo de quatro anos para estabelecer a disposição final dos resíduos de forma ambientalmente adequada.

Os Planos municipais de gestão de resíduos sólidos devem ter metas claras para a coleta seletiva e priorizar a participação de catadores de materiais recicláveis de baixa renda, organizados em cooperativas, para obter recursos do governo federal. Com esse princípio, tem surgido um novo conceito na gestão dos resíduos sólidos, pois é responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e dos consumidores (NETO et al, 2010).

O controle social, que é a participação da sociedade na administração pública, é mais um dos princípios que direcionam a PNRS e deve ser realizada no Plano Diretor, garantido a participação efetiva da sociedade com objetivo de acompanhar e fiscalizar as ações de Governo, a fim de resolver os problemas e assegurar a manutenção dos serviços de atendimento ao cidadão. O princípio busca

melhorar o desempenho da sociedade nas políticas públicas de resíduos sólidos Secretaria de Estado de Controle e Transparência - SECONT (2009).

Entre os objetivos da Lei 12.305, a “proteção da saúde pública e da qualidade ambiental”, art. 7º, inciso I, Brasil (2010) e a ordem de prioridade na gestão e manuseio sólidos é baseada em uma abordagem hierárquica, onde são estabelecidas etapas prioritárias a serem seguidas (NETO et al, 2010, p.5). Essa abordagem visa minimizar a geração de resíduos, promover a reciclagem e reutilização, e, por fim, destinar corretamente os resíduos que não podem ser reciclados.

As prioridades na gestão de resíduos sólidos delineadas neste capítulo oferecem uma abordagem abrangente para lidar com os desafios ambientais e sociais associados à produção e descarte de resíduos. Começando pela prevenção e redução da geração de resíduos por meio de práticas de produção mais limpas, redução do uso de materiais descartáveis e conscientização da população sobre a importância de reduzir o consumo, passando pela reutilização dos resíduos, identificando materiais com valor útil para reforma, reparo ou doação, até a reciclagem, que transforma materiais em novos produtos, contribuindo para a conservação de recursos naturais e a redução da poluição.

A recuperação de energia dos resíduos, através de técnicas como a incineração controlada, representa outra etapa importante na gestão eficiente dos resíduos, aproveitando o calor gerado para produzir energia elétrica ou térmica. Por fim, a disposição final adequada dos resíduos que não podem ser reduzidos, reutilizados, reciclados ou recuperados energeticamente é crucial para evitar impactos adversos ao meio ambiente e à saúde pública, através do encaminhamento para aterros sanitários devidamente regulamentados.

A implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) desempenha um papel crucial na promoção de mudanças de hábitos e atitudes em toda a sociedade brasileira, reconhecendo a complexidade do problema dos resíduos sólidos e a importância da prevenção e redução na geração de resíduos. A legislação estabelece claramente as responsabilidades dos geradores de resíduos e promove a responsabilidade compartilhada ao longo de toda a cadeia de produção e descarte.

Ao reconhecer os catadores de materiais recicláveis como atores

fundamentais na gestão de resíduos, a PNRS estimula sua participação em iniciativas de coleta seletiva e destinação de resíduos, promovendo a inclusão social e econômica desses grupos. Além disso, a PNRS vai além das abordagens convencionais de gestão de resíduos, exigindo uma mudança de paradigma por parte das empresas, governos e cidadãos, com ênfase em programas de coleta seletiva e logística reversa.

Como resultado, a PNRS estabelece os princípios, objetivos e diretrizes essenciais para uma gestão de resíduos mais sustentável e eficaz no Brasil, representando um avanço significativo na regulamentação e implementação de políticas públicas nessa área crucial para o bem-estar social e ambiental.

2.1.1 ABNT NBR 15575-1:2024 Edificações habitacionais — Desempenho

A PNRS, instituída pela Lei Federal no. 12.305/2010 é a base legal para a gestão de resíduos sólidos no Brasil como já posto isso. Ela estabelece princípios como a responsabilidade compartilhada, a coleta seletiva, a logística reversa e a hierarquia na gestão dos resíduos, priorizando a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e a disposição final ambientalmente adequada.

Por sua vez, vale destacar nesse contexto entre tantos dispositivos regulamentadores a Norma NBR 15575 - Desempenho de Edificações Habitacionais, desenvolvida pela ABNT, que estabelece critérios de desempenho para edificações habitacionais.

A Norma Brasileira NBR 15575 - Desempenho de Edificações Habitacionais, desenvolvida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - (ABNT), ABNT (2013), representa um conjunto de diretrizes e critérios estabelecidos para o desempenho de edificações habitacionais no Brasil. Onde seu principal objetivo é assegurar a qualidade, segurança, conforto e durabilidade das construções ao longo do tempo, fornecendo parâmetros claros e específicos para a concepção, execução e avaliação de edifícios residenciais.

No escopo da NBR 15575, são abordados diversos aspectos essenciais relacionados ao desempenho das edificações. Isso inclui critérios de resistência estrutural, estanqueidade, isolamento acústico, conforto térmico, durabilidade e outros

fatores que influenciam diretamente na habitabilidade e na qualidade de vida dos ocupantes.

As diretrizes estabelecidas pela norma são fundamentadas em princípios de excelência técnica, segurança estrutural, eficiência energética, conforto ambiental e sustentabilidade. Ela visa promover uma abordagem integrada e holística na concepção e execução de projetos habitacionais, considerando não apenas aspectos técnicos e normativos, mas também preocupações sociais, econômicas e ambientais.

Além disso, a NBR 15575 estabelece princípios de responsabilidade compartilhada entre os diversos agentes envolvidos no processo construtivo, desde os projetistas e construtores até os fornecedores de materiais e os usuários finais das edificações. Esses princípios visam garantir a qualidade e a segurança das construções, bem como promover a transparência, a responsabilidade e a sustentabilidade em todas as etapas do ciclo de vida das edificações.

A Norma NBR 15575 destaca-se como um instrumento fundamental no contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) devido à sua abordagem abrangente e específica para o setor da construção civil. Enquanto a PNRS estabelece diretrizes gerais para a gestão integrada e sustentável dos resíduos sólidos em todo o país, a NBR 15575 - Desempenho de Edificações Habitacionais, fornece critérios específicos de desempenho para edificações habitacionais. Esses critérios incluem aspectos relacionados à redução da geração de resíduos, à seleção de materiais sustentáveis, à eficiência energética e à durabilidade das construções. É válido destacar a norma de desempenho em relação às ferramentas e princípios da PNRS, reconhecendo sua importância na promoção da sustentabilidade no setor da construção civil, que contribui para a melhoria da qualidade das construções e para a redução do impacto ambiental associado à geração e gestão de resíduos sólidos.

É relevante destacar o GUIA ORIENTATIVO PARA ATENDIMENTO À NORMA ABNT NBR 15575/2013, desenvolvido pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) para auxiliar no atendimento à norma, Desempenho de Edificações Habitacionais (CEBIC, 2013). Este guia oferece orientações práticas e valiosas para garantir o cumprimento dos requisitos estabelecidos pela norma, tornando-se uma ferramenta essencial para o setor da construção civil. A integração das contribuições existentes, como as do guia desenvolvido pela CBIC com as

ferramentas BIM para gestão de resíduos da construção civil, pode otimizar a gestão ao longo do ciclo de vida das edificações, promovendo a conformidade com a NBR 15575 e contribuindo para a sustentabilidade do setor. Essa sinergia entre o guia orientativo da CBIC, a NBR 15575 e os princípios da PNRS demonstra a importância de alinhar as legislações e normas técnicas e práticas, das iniciativas público/privada da indústria da construção civil com as diretrizes de gestão de resíduos, visando aprimorar a qualidade das construções e reduzir o impacto ambiental associado à geração e gestão de resíduos sólidos.

2.2 LEGISLAÇÕES ESPECÍFICAS

Na construção civil, a gestão dos resíduos teve suas diretrizes, critérios e procedimentos principais estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama nº 307 (CONAMA, 2002). Para Nagalli (2014, p. 11) “o Conama é responsável por regulamentar questões relacionadas ao meio ambiente, de acordo com a legislação brasileira”.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é um órgão consultivo e deliberativo vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, criado pela Lei nº 6.938/1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). O CONAMA desempenha um papel fundamental na formulação e implementação de políticas ambientais no Brasil, visando promover a proteção, preservação e conservação do meio ambiente, bem como a melhoria da qualidade ambiental.

O principal objetivo do CONAMA é fornecer diretrizes para a Política Nacional do Meio Ambiente, além de estabelecer normas e critérios para diversas questões ambientais, como licenciamento ambiental, padrões de qualidade ambiental, controle da poluição, gestão de resíduos sólidos, entre outros. Suas decisões são tomadas por meio de resoluções, que têm força normativa e devem ser seguidas pelos órgãos ambientais estaduais e municipais.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente e suas resoluções estabelecem padrões e diretrizes que devem ser seguidos pelos órgãos ambientais estaduais e municipais, fornecendo um referencial normativo para a formulação de políticas e regulamentações em nível local, determinando “resíduos da construção civil” como provenientes de reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os

resultantes da preparação e da escavação de terrenos (NAGALLI, 2014, p.11), tais como: blocos cerâmicos, tijolos, concreto, gessos, telhas, vidros, plásticos, tubulações, fiações elétricas, madeiras, tintas, colas e etc.

2.3 IDENTIFICAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS

De acordo com a (CONAMA, 2002, p.95), sobre resíduos da construção civil, eles são definidos como, resíduos provenientes da construção, reforma, reparação e demolição de obras civis e de construção, bem como resíduos da preparação e escavação do solo, por exemplo, tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solo, rocha, metal, resina, cola, tinta, madeira e compensado, forro, argamassa, reboco, telhas, pavimento asfáltico, vidro, plástico, canos, fios, etc., comumente conhecidos como entulhos de construção, calcário ou estilhaços”. Sobre a classificação dos resíduos sólidos da construção divide os resíduos em quatro classes, mostradas no **Quadro 1** logo abaixo :

Quadro 1 – Classificação dos RCDs pela Resolução CONAMA N° 307/2002 e Resoluções complementares.

Classe	Descrição
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis na forma de agregados. Podem ser provenientes dos processos de construção, demolição, reformas e reparos de obras, como também da fabricação e demolição de peças pré-fabricadas. Entre as fontes desses resíduos, constam obras de infraestrutura, pavimentação e edificações.
B	Resíduos recicláveis para outras destinações. (Definição modificada pela Resolução n° 469/2015 do CONAMA)
C	Resíduos para os quais não há tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a recuperação ou reciclagem. (Definição modificada pela Resolução n° 431/2011 do CONAMA)
D	Resíduos perigosos, contaminados ou prejudiciais à saúde. Podem ser originados do processo de construção, como também da demolição, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais ou de edificações análogas. (Definição modificada pela Resolução n° 348/2004 do CONAMA)

Fonte: CONAMA (2002).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002) também estão sub classificados denominados Resíduos da Construção e Demolição (RCD). O conceito de RCD é todo resíduo originário de reformas, construções, reparos e demolições de obras da construção civil. Além do Conselho Nacional do Meio Ambiente, o (Conama 2002, p.97), “[...] Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito da Resolução n° 307/2002, da seguinte forma[...]”, representado na **Figura 7:**

Figura 7: Classificação dos Resíduos Da Construção Civil

<p>Classe A - Trituráveis</p> <p>Tijolo, Telhas, Areia, e outros.</p> 	<p>Classe B - Recicláveis</p> <p>Papel, Plástico, Madeira, e outros.</p> 
<p>Classe C - Não Recicláveis</p> <p>Gesso, Isopor, e outros.</p> 	<p>Classe D - Resíduos Perigosos</p> <p>Tinta, Verniz, Solventes, e outros.</p> 

Fonte: Projeta Sustentável

A classificação dos resíduos da construção civil geralmente segue critérios baseados na sua origem, composição e potencial de reutilização ou reciclagem. Essa classificação facilita o manejo adequado dos resíduos e contribui para a implementação de medidas de redução, reutilização e reciclagem. Quanto à destinação, os resíduos da construção civil podem seguir diferentes caminhos, dependendo das suas características e do contexto local. Uma opção comum é a reciclagem, onde os materiais são separados, processados e transformados em novos produtos ou utilizados como matéria-prima na construção civil ou em outras indústrias.

Dentre as legislações, que regem as destinações e tratamentos dos resíduos sólidos da indústria da construção civil já citadas, podem ser destacadas outras que

também contribuem para garantir a parametrização, fiscalização, e apoio adequado às legislações de âmbito federal, estadual e municipal do gerenciamento do Resíduo da Construção Civil (RCC), tendo como destaque as NBRs (ABNT, 2015), são elas:

- NBR 10004/04 Classificação dos resíduos sólidos.
- NBR 10005/04 Lixiviação de resíduos sólidos.
- NBR 10006/04 Solubilização dos resíduos sólidos.
- NBR 10007/04 Amostragem de resíduos sólidos.
- NBR 11174/90 Armazenamento do resíduo classe II não inertes e III inertes.
- NBR 13221/10 Transporte dos resíduos sólidos.
- NBR 13463/95 Coleta dos resíduos sólidos.
- NBR 15112/04 Resíduos da construção civil e resíduos volumosos.
- NBR 15113/04 Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros.
- NBR 15114/04 Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem.
- NBR 15115/04 Agregados reciclados de RCC - pavimentação.
- NBR 15116/04 Agregados reciclados de RCC - pavimentação e concreto sem função estrutural.

A norma técnica NBR 15112 ABNT (2004) - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação: Determina como resíduos volumosos material que não se removê pela coleta pública municipal, como móveis e equipamentos domésticos inutilizados, embalagens grandes, madeiras e objetos não originários de processos industriais.[...]

“[...] Esses resíduos demandam tratamento especial já que seus geradores usualmente não possuem qualquer influência sobre o processo de associação que acontece entre os resíduos [...]” (NAGALLI, 2014, p.11).

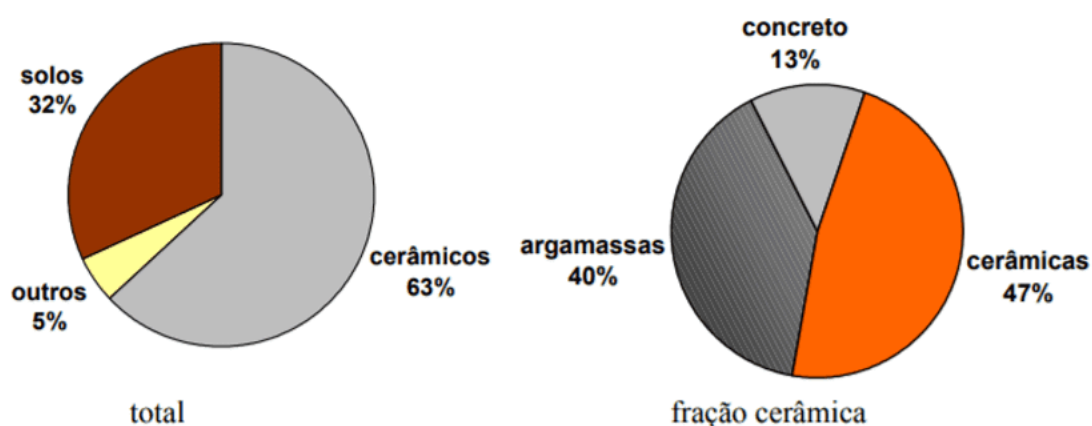
A norma técnica NBR 15113 ABNT (2004) estabelece os parâmetros essenciais para o planejamento, implementação e gestão de aterros destinados aos resíduos provenientes da construção civil, categorizados como classe A. Seu propósito primordial é promover a segregação adequada dos materiais, viabilizando tanto sua potencial reutilização quanto sua disposição controlada, com o intuito de

preservar a área para possíveis usos futuros.

A norma técnica ABNT NBR 15114, promulgada em 30 de julho de 2004, delinea diretrizes específicas para o planejamento, implementação e condução de instalações destinadas à reciclagem de resíduos oriundos da construção civil. Seu escopo principal é estabelecer os parâmetros mínimos necessários para a operação de áreas dedicadas à reciclagem de resíduos sólidos classificados como classe A, conforme definido pela norma.

As NBR 15115, ABNT (2004) e NBR 15116, ABNT (2004) são importantes por estabelecer critérios para a produção de agregados com qualidade, incentivando que materiais tidos como resíduos retornem à cadeia produtiva na forma de matéria-prima e deixem de causar impactos ambientais. Aliás, cabe as evidências que este ainda é o maior apelo para a reciclagem dos RCD 's, tendo em vista que a abundância de recursos naturais em nosso país e a pouca variação de preço entre o produto reciclado e comumente utilizado não tornam essa mudança economicamente atrativa. (IK Wiens, J Hamada, 2006, p.4)

Figura 5: Composição média dos resíduos e RCDs da construção civil



Fonte: Lima (2020)

Os gráficos acima apresentam a composição média total dos resíduos da construção civil e a fração da cerâmica dentro dos resíduos da construção civil. De acordo com os dados da composição média total dos resíduos, 63% dos resíduos são compostos por materiais cerâmicos, 32% por solos e 5% por outros materiais não especificados. Isso indica que a maior parte dos resíduos é constituída por

materiais cerâmicos, seguidos pelos solos, enquanto uma pequena parte é composta por outros materiais. Já a fração da cerâmica dos resíduos da construção, mostra que 47% são provenientes da cerâmicas, 40% são argamassas e 13% são concreto. Isso indica a distribuição interna dos resíduos cerâmicos, demonstrando que a cerâmica em si é a maior parte, seguida por argamassas e, por fim, pelo concreto.

Essas informações são importantes para o planejamento e implementação de estratégias de gestão de resíduos na construção civil, pois ajudam a identificar os materiais predominantes e a proporção de cada um deles, orientando assim as práticas de reciclagem, reutilização e disposição final adequada.

No contexto da gestão de resíduos, a presença de partículas de pó, fragmentos de argamassa de cal e gesso representa um desafio significativo. Esses resíduos, provenientes da indústria da construção civil, demolições e sobras de obras, são uma fonte constante de preocupação devido às suas ramificações ambientais e de saúde pública. Os materiais de construção, divididos em categorias de matéria-prima primária e secundária, exigem uma abordagem cuidadosa em sua gestão.

As matérias-primas primárias incluem recursos naturais como minerais e vegetais, demandando processamento antes de sua aplicação na construção. Por outro lado, as matérias-primas secundárias são aquelas que foram recuperadas ou têm potencial para reutilização, passando por processos de separação, coleta, classificação e tratamento para viabilizar sua reintegração no ciclo produtivo.

A distinção entre matéria-prima e resíduo está intimamente ligada ao propósito destinado a cada material. Um subproduto em um contexto pode ser uma valiosa matéria-prima em outro, destacando a importância de considerar a aplicação final ao lidar com esses materiais. A conformidade com as normas legais durante o transporte e manejo desses resíduos é crucial para garantir uma gestão responsável e sustentável.

Apesar dos esforços, estratégias eficazes de reutilização, reciclagem e aproveitamento de resíduos na construção civil continuam sendo um desafio. A falta de definições precisas e a especialização da mão de obra representam obstáculos significativos nesse sentido. É imperativo promover uma compreensão mais

profunda desses conceitos e investir na capacitação dos profissionais envolvidos para avançar na gestão eficiente dos resíduos na construção.

Ao longo do tempo, as normas técnicas na construção civil evoluem para atender às demandas do mercado e às preocupações ambientais crescentes. O Plano Salvador 500, lançado pela prefeitura de Salvador, exemplifica esse compromisso, visando uma gestão eficaz dos resíduos da construção civil. Através da integração de diversas entidades e da implementação de sistemas de classificação e gestão, como estabelecido pelo Decreto Municipal nº. 11.664/97, a cidade busca garantir uma abordagem sustentável para o tratamento e disposição final desses resíduos, alinhada às melhores práticas e normativas vigentes.

O sistema desenvolvido pela cidade de Salvador, conforme exemplificado, organiza a gestão dos resíduos em duas categorias principais: gerência de destino final e serviços especiais. Esse modelo classifica os resíduos em sete categorias distintas, com base na fonte geradora e no seu destino final.

Essas categorias são definidas conforme os seguintes critérios:

III – Postos de Descarga de Entulho (PDE) – são áreas designadas e preparadas para receber entulho, com limites de recepção por transportador de até 2m³, com o propósito de transferi-lo para a Base de Descarga de Entulho (BDE).

IV – Base de Descarga de Entulho (BDE) - é uma área específica preparada para receber entulho, sem limite de recepção por transportador.

Essas definições, estabelecidas em Salvador (1997), visam aprimorar a eficiência e organização no manejo dos resíduos da construção civil na cidade.

Conforme mencionado na seção 7.3.5.4, que aborda a Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos no Plano Salvador 500 (Salvador, 2015), "[...] a quantidade de resíduos sólidos recolhidos, extraída de informações do SNIS. Não há registros disponíveis para o ano de 2004." Em 2013, a coleta de Resíduos Domiciliares Orgânicos (RDO) e Resíduos de Pequenos Estabelecimentos (RPU) em Salvador ultrapassou 900.000 toneladas anuais [...]

São instrumentos e mecanismos desenvolvidos Ministério Do Meio Ambiente - MMA, e estipulados pelas leis, como a Lei nº 9.605 que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências (Brasil, 1998) substituída pela Lei nº 12.305 -

Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em seu art. 8º (Brasil, 2010). Essas leis apresentam um conjunto de ferramentas essenciais para alcançar os objetivos da política que envolvem a definição de ações e responsabilidades municipais na colaboração para o tratamento e gerenciamento de resíduos sólidos. Isso pode ocorrer por meio da implementação de Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, conforme estabelecido na legislação de Salvador, em especial pela Lei nº 9069/2016 (Salvador, 2016), que trata do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Salvador - PDDU 2016, além do Decreto nº 28.560/2017 (Salvador, 2017), que aborda a Comissão Normativa da Legislação Urbanística - CNLU. Essas normativas têm como objetivo classificar, com base na fonte e destino final, todos os tipos de resíduos gerados no município, determinando a abordagem adequada para manuseio, coleta, transporte e descarte desses resíduos em locais apropriados.

3. INTEGRAÇÃO ESTRATÉGICA DE IA, ACV E BIM PARA UMA GESTÃO EFICIENTE DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O Capítulo 3 aborda a integração estratégica de Inteligência Artificial (IA), Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e Building Information Modeling (BIM) na gestão de resíduos na construção civil. Discutimos a evolução do BIM, desde sua introdução até sua implementação moderna, e como ele, junto com a IA e a ACV, otimiza o gerenciamento de resíduos, reduzindo desperdícios e promovendo a reciclagem. Abordamos as estratégias eficazes de implementação do BIM, como padrões de dados consistentes e treinamento contínuo, e destacamos ferramentas de software essenciais como Autodesk Revit, ArchiCAD e MicroStation. Este capítulo evidencia como essas tecnologias integradas proporcionam eficiência operacional, sustentabilidade e economias significativas no setor da construção civil.

3.1 A Evolução Tecnológica na Construção Civil: Do CAD ao BIM

A corrida por uma indústria avançada e tecnológica na área da construção civil avança com o surgimento do advento dos computadores nos anos de 1962, um dos pioneiros na área e relevante contribuidor, foi o informático Norte Americano Ivan Edward Sutherland, também criador do Sketchpad, em 1963, que é uma aplicação gráfica inovadora para aquela época e recebendo entre suas contribuições está o sistema CAD (Computer Aided Design) sistema que veio para revolucionar a forma de desenhar projetos, antes feitos a mão, agora as linhas surgiam em uma pequena tela a partir de cliques de um mouse, dando formas, com a possibilidade de correções e inserção de novas linhas, (Ferraro, Norimar, 2020).

Logo após a disseminação, consolidação do sistema CAD, mas ainda em um processo não tão rápido devido computadores com pouca memória de armazenamento, baixos níveis gráficos e processadores ineficientes e longe de ser aderido facilmente pelos profissionais da época, surgem as concepções dos modelos 3D. Só então na década de 70 com a evolução dos computadores surge o conceito hoje disseminado e denominado BIM: “A primeira alusão a um modelo foi feita por Charles Eastman, na década de 1970. Ele utilizou o termo Building Description System em seu trabalho, descrevendo um modelo tridimensional (protótipo), que conteria não apenas informações geométricas de um objeto a ser

construído, mas também, materiais etc.” (Ferraro, Norimar 2020. p.11).

Além da revolução tecnológica promovida por esses softwares, a introdução do BIM transformou fundamentalmente os processos econômicos na construção civil. A modelagem de informações de construção, através do BIM, permitiu uma redução significativa de custos ao minimizar a necessidade de retrabalhos e otimizar o uso de materiais e recursos. A precisão na coordenação de projetos resulta em uma gestão de tempo e de custos mais eficiente, com menos erros de construção e desperdícios. Estudos indicam que a implementação do BIM pode levar a economias de custos de até 22%, destacando-se como um fator crucial para projetos dentro do orçamento e prazos estipulados (PROCHNOW e SAVI, 2022). Esta economia é alcançada por meio da detecção precoce de problemas, planejamento aprimorado, e uma colaboração mais estreita entre todas as partes interessadas do projeto.

Neste cenário emergente, a implementação do Building Information Modeling (BIM) introduziu uma mudança paradigmática nos processos de planejamento e execução de projetos de construção (SOUSA JÚNIOR, et al., 2022). Ao contrário do CAD, que se limitava principalmente à representação gráfica, o BIM incorporou uma abordagem multidimensional, integrando não apenas dados geométricos, mas também informações temporais, de custos, de sustentabilidade e de manutenção (CHECCUCCI, 2014). Este avanço significativo permitiu aos profissionais envolvidos na construção civil uma compreensão mais profunda e um controle mais efetivo sobre o ciclo de vida completo dos projetos.

3.1.2 Implementação da Inteligência Artificial no Desenvolvimento do Sistema BIM para o Gerenciamento de Resíduos na Construção Civil

A metodologia BIM permite a criação de modelos virtuais tridimensionais que representam todas as características físicas e funcionais de uma construção. A Inteligência Artificial - IA pode ser empregada para enriquecer esses modelos com dados relacionados aos resíduos, incluindo informações sobre os tipos de materiais utilizados em cada componente da estrutura, suas quantidades e propriedades. Isso possibilita uma visualização abrangente do ciclo de vida dos materiais, desde sua aquisição até seu descarte, facilitando o planejamento e a tomada de decisões relacionadas ao gerenciamento de resíduos.

Dentro do campo da IA, diversas técnicas têm sido exploradas para aprimorar

a gestão de resíduos na construção civil:

- IA Generativa: Esta técnica permite a criação de conteúdo original, como texto, imagens, vídeo, áudio ou código de software, em resposta a um prompt ou solicitação do usuário. No contexto da construção civil, pode ser aplicada para gerar informações detalhadas sobre os materiais utilizados em componentes de estruturas e suas propriedades.
- Aprendizado de Máquina (Machine Learning): Esta abordagem utiliza bases de dados para extrair informações e conhecimento. Algoritmos de aprendizado de máquina podem ser treinados para reconhecer padrões em dados relacionados a resíduos, como tipos de materiais e quantidades.
- Redes Neurais Artificiais (ANNs): Modeladas com base no funcionamento do cérebro humano, as ANNs podem ser usadas para classificar e analisar dados de resíduos, identificando materiais específicos em uma estrutura.
- Processamento de Linguagem Natural (NLP): Esta técnica permite que as máquinas compreendam e processem a linguagem humana. Pode ser aplicada para extrair informações de documentos, relatórios ou descrições relacionadas a resíduos.
- Redes Bayesianas: Estas redes modelam relações probabilísticas entre variáveis e podem ser úteis para avaliar riscos associados a diferentes materiais, auxiliando na tomada de decisões informadas sobre gerenciamento de resíduos.

A IA pode ser utilizada para analisar os dados do modelo BIM e prever com precisão o volume e o tipo de resíduos que serão gerados ao longo do ciclo de vida do projeto. Algoritmos de aprendizado de máquina podem identificar padrões e correlações entre diferentes variáveis, como o tipo de construção, os materiais utilizados e as práticas de construção, permitindo uma previsão mais precisa das necessidades de gerenciamento de resíduos. Isso possibilita a implementação de estratégias proativas para minimizar o desperdício e maximizar a reciclagem e reutilização de materiais (RECICLO, 2024).

A IA pode contribuir para simular diferentes cenários e estratégias de gerenciamento de resíduos, permitindo avaliar sua eficácia e impacto antes da implementação no mundo real. Por meio de simulações computacionais, é possível

identificar as melhores práticas para coleta, triagem, transporte e disposição de resíduos, levando em consideração fatores como custo, eficiência e impacto ambiental. Isso possibilita a tomada de decisões mais informadas e a implementação de medidas mais eficazes no gerenciamento de resíduos.

A IA pode viabilizar o monitoramento em tempo real do fluxo de resíduos durante a execução do projeto. Sensores inteligentes e sistemas de visão computacional podem ser integrados ao modelo BIM para monitorar o transporte, a movimentação e o descarte de resíduos em tempo real. Isso permite uma detecção rápida de eventuais problemas ou desvios no processo de gerenciamento de resíduos, possibilitando uma intervenção imediata para corrigir o problema e evitar impactos negativos ao meio ambiente.

Por fim, a IA pode ser utilizada para otimizar continuamente o sistema de gerenciamento de resíduos ao longo do ciclo de vida do projeto. Algoritmos de aprendizado de máquina podem analisar dados em tempo real e identificar oportunidades de melhoria e otimização no processo de gerenciamento de resíduos. Isso permite uma adaptação dinâmica às mudanças nas condições e requisitos do projeto, garantindo uma abordagem sempre atualizada e eficaz para o gerenciamento de resíduos.

Em resumo, a integração da IA ao sistema BIM oferece um enorme potencial para otimizar o gerenciamento de resíduos na construção civil. Ao aproveitar o poder da IA para enriquecer modelos BIM com dados relacionados aos resíduos, prever suas necessidades futuras, simular diferentes estratégias de gerenciamento, monitorar o fluxo de resíduos em tempo real e otimizar continuamente o processo, podemos construir um sistema eficiente e sustentável de gerenciamento de resíduos que promova a redução do desperdício, a reciclagem e a reutilização de materiais, e contribua para a construção de um futuro mais sustentável e responsável.

3.1.3 Integrando BIM e ACV: Avanços na Gestão Sustentável da Construção

A integração entre Building Information Modeling (BIM) e Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) na indústria da construção civil representa um avanço significativo na gestão sustentável de projetos, desde a concepção até o descarte final dos produtos. Para compreender essa integração, é essencial contextualizar os conceitos-chave e as etapas envolvidas na ACV, conforme delineado na dissertação.

Inicialmente, a ACV é uma ferramenta crucial para avaliar o impacto ambiental de um produto ou processo ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a extração de matérias-primas até o seu descarte final. Este estudo quantifica não apenas o impacto do produto final, mas também considera todos os elementos participantes do processo, incluindo energia consumida, materiais utilizados e resíduos produzidos. A ACV é composta por etapas distintas, como definição de objetivo, inventário, análise de impacto e análise de melhoria, cada uma crucial para compreender e quantificar o impacto ambiental de um empreendimento.

Na construção civil, a aplicação da ACV abrange desde a fabricação dos materiais construtivos até a demolição e reciclagem dos materiais, considerando todas as etapas intermediárias, como transporte, obra, vida operacional e manutenção. A conscientização do impacto ambiental durante todas essas fases é essencial para uma gestão sustentável de projetos na construção civil.

A integração entre BIM e ACV permite uma abordagem mais holística e eficiente na gestão de projetos de construção civil. O BIM fornece um modelo digital detalhado que abrange todas as informações relevantes de um projeto, desde a geometria dos elementos até as propriedades dos materiais. Ao integrar dados de ACV ao modelo BIM, os profissionais podem avaliar o impacto ambiental de diferentes alternativas de projeto em tempo real, facilitando a tomada de decisões sustentáveis desde as fases iniciais do projeto até sua conclusão (JULIANNA CRIPPA, 2019).

Portanto, a integração entre BIM e ACV na construção civil representa uma abordagem inovadora para otimizar o gerenciamento de resíduos e promover a sustentabilidade em projetos de construção (JULIANNA CRIPPA, 2019).

A utilização do BIM como plataforma central nesse processo oferece uma representação digital detalhada e paramétrica da construção, permitindo uma análise abrangente das características e componentes do projeto.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) oferece uma estrutura metodológica normatizada internacionalmente para avaliar os impactos ambientais ao longo de todas as etapas do ciclo de vida de uma construção.

A integração entre BIM e ACV busca reduzir o tempo e o esforço necessários para realizar análises de sustentabilidade. Isso é alcançado através de diferentes níveis de integração, desde a geração de relatórios até a integração bidirecional entre as ferramentas BIM e ACV. A utilização de ferramentas de ETL (Extract,

Transform, Load) e a aplicação de Declarações Ambientais de Produtos (DAPs) em modelagens BIM são algumas das soluções propostas para facilitar essa integração

No entanto, apesar do potencial da integração entre BIM e ACV, existem desafios a serem superados. Conforme mencionado por, esses desafios incluem a falta de interoperabilidade entre software BIM e ferramentas de ACV, bem como a dificuldade e demora na obtenção de informações necessárias para a ACV. Além disso, a falta de padronização nas bases de dados de ACV e o desinteresse de alguns stakeholders da indústria da construção em considerar impactos ambientais também representam obstáculos para uma integração eficaz (ALINE ARAÚJO, 2018).

Em conclusão, a integração entre BIM e ACV representa uma abordagem promissora para a gestão sustentável de projetos de construção, permitindo uma análise abrangente dos impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. No entanto, é necessário superar desafios técnicos e culturais para alcançar uma integração eficaz e amplamente adotada (ALINE ARAÚJO, 2018).

3.2 Estratégias Eficientes de Implementação do BIM na Construção Civil

A metodologia de implementação do BIM se destaca por promover uma colaboração sem precedentes entre arquitetos, engenheiros, construtores e clientes, graças à sua natureza interoperável. Processos e estratégias de implementação eficazes do BIM envolvem a adoção de padrões de dados consistentes, treinamento contínuo das equipes e a aplicação de práticas de gestão de projeto que enfatizam a revisão iterativa e a análise de desempenho (LIMA, 2022). Tais práticas não apenas melhoram o planejamento e a execução dos projetos, mas também maximizam a eficiência operacional e reduzem os riscos de sobreposição de trabalho e erros, resultando em economias significativas de tempo e custo.

Neste panorama inovador, emergiram diversas ferramentas de software BIM, cada uma com características únicas para atender às demandas específicas dos profissionais da construção civil. Além do amplamente reconhecido Autodesk Revit, que facilita a modelagem de informações da construção em um ambiente colaborativo, temos o ArchiCAD, desenvolvido pela Graphisoft, que se destaca por

sua interatividade e eficiência na modelagem arquitetônica (TORRES, 2020). A Bentley Systems oferece o MicroStation, conhecido por sua robustez em projetos de infraestrutura e engenharia. O SketchUp, complementado por plugins BIM, proporciona uma plataforma amigável e acessível para a visualização e modelagem de conceitos iniciais (VICTOR et al., 2018). Estes softwares representam apenas a ponta do iceberg no arsenal de ferramentas disponíveis para os profissionais, cada um trazendo suas contribuições para a evolução da construção digital e o avanço em direção à eficiência, sustentabilidade e economia no setor.

Segundo (Ferraro, Norimar 2020. p.11), saíram na frente e foram os pioneiros no desenvolvimento de ferramentas tecnológicas de modelagem, com conceito BIM, os países da união Soviética e Estados Unidos da América, tendo como pioneiros dois principais programadores criando o Revit Archicad, que se tornou o software BIM mais conhecido mundialmente na atualidade.

A utilização da tecnologia BIM na construção traz grandes vantagens, que poupam tempo e dinheiro. O BIM permite um melhor planejamento dos processos construtivos, reduzindo tempos e economizando recursos (Eastman; Teicholz; Sacks; Liston, 2014, p. 205). O conceito de BIM tem sido proposto por diversos autores desde a década de 1970. A primeira proposta da metodologia BIM tinha uma ideia bem mais modesta e limitada do que a proposta de metodologia BIM praticada hoje.

Um exemplo da aplicação prática do BIM na economia de custos e na melhoria da eficiência operacional é o projeto da expansão do Hospital Saint Joseph, nos Estados Unidos, onde o uso do BIM contribuiu para a gestão eficiente dos recursos e a minimização do impacto ambiental (SACKS, et al., 2021). A modelagem detalhada das informações do edifício permitiu uma análise precisa dos materiais necessários, evitando desperdícios e promovendo práticas de construção sustentáveis. A utilização do BIM neste projeto não apenas otimizou o uso de materiais e recursos, mas também garantiu a conclusão do projeto dentro do prazo e do orçamento estabelecidos, demonstrando sua capacidade de impulsionar a eficiência operacional em projetos de grande escala.

O BIM representa uma abordagem que utiliza informações de projetos tridimensionais e inteligentes, permitindo uma gestão mais eficiente e integrada do ciclo de vida das construções. Prevê-se que o BIM conduza a indústria da

construção em direção a um processo "Baseado em Modelos nD", gradualmente substituindo o modelo tradicional "Baseado em 2D". Neste contexto, o termo "Model Based" descreve a prática de construir virtualmente os edifícios antes da execução física, também conhecida como Virtual Design and Construction (VDC).

O Guia dos Empreiteiros para BIM - Edição 01 da Associated General Contractors of America (uma associação comercial da indústria de construção dos Estados Unidos) destaca o BIM como uma proposta transformadora que evolui a modelagem do 2D para o 3D. Essa transição permite uma visualização mais detalhada e precisa dos projetos de construção, contribuindo para uma execução mais eficiente e econômica das obras.

Há uma infinidade de empresas de construção, desde grandes companhias que operam em muitos países e oferecem uma grande gama de serviços, a pequenas empresas compostas por proprietários individuais, que trabalham em um empreendimento por vez e oferecem um serviço altamente especializado (Eastman; Teicholz; Sacks; Liston, 2014, p.207). Nos dias atuais o conceito BIM possui diversas concepções, desde a modelagem 3D a armazenagem, compatibilidade e fluxo de dados voltados a apresentar e prever resultados para elaboração, execução e utilização de projetos e estruturas. Felizmente, essa metodologia está começando a mudar, à medida que os construtores vão reconhecendo o valor do BIM para a administração da construção. (Eastman; Teicholz; Sacks; Liston, 2014, p.210). É importante ressaltar que o conceito já caminha bem firmemente pelas vertentes econômicas, sendo capaz de trazer ganho, competitividade e conseqüentemente lucro para o setor construtivo que embarca nessa ampla nave de ferramentas facilitadoras de processos e procedimentos.

Leusin, Sérgio; GEN, 2018 aponta que a compatibilização, no entanto, nada mais é que corrigir erros ou inconsistências de projeto, ou seja, retrabalho. (Eastman; Teicholz; Sacks; Liston, 2014, p.210) “[...] ao usar ferramentas BIM, os arquitetos estão potencialmente aptos a fornecer modelos que os construtores podem usar para efetuar suas estimativas, coordenação, planejamento da construção, fabricação, provisionamento e outras funções. [...]”. O BIM é a base para um sistema integrado de concepção, produção e uso na construção, ou seja, é o caminho para o setor alcançar patamares de produtividade mais elevados e, por extensão, rentabilidade, que sejam comparáveis aos demais setores da economia. Nesta ótica temos fatores externos à construção que direcionam para a adoção

desta inovação.

O Mercado brasileiro já está a um tempo usufruindo e apostando na melhoria do mercado da construção civil partindo da concepção da utilização da linguagem BIM. Existem projetos de lei que preveem a obrigatoriedade de uso em obras a partir de determinado porte, e em junho de 2017 foi implantado o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling (BIM), com o objetivo de propor, no âmbito do Governo Federal a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM e que integra as ações dos diversos órgãos ali envolvidos, entre estes: Casa Civil da Presidência da República; Ministério da Defesa; Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços; Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; Ministério das Cidades; e Secretaria Geral da Presidência da República.

O governo federal incentiva o mercado da construção civil no Brasil com a criação da Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021 apontando que o uso do BIM na administração pública será adotado preferencialmente nas licitações de obras e serviços de engenharia e arquitetura. O Decreto nº 10.306, de 02 de abril de 2020 que estabelece o uso da BIM (Building Information Modeling) para a execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia e do ESTRATÉGIA BIM BR - Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – BIM, criado em junho de 2017, que é uma ferramenta formada por uma série de tecnologias e processos possibilitando aos construtores ou criadores de empreendimentos a criação de modelos digitais e colaborativos entre se.

Como objeto mais palpável do conceito BIM temos os softwares de modelagem 3D, sendo o mais utilizado o software Revit da empresa Autodesk:

[...] O Autodesk Revit é um software de BIM da empresa norte-americana Autodesk, que apresenta a união das disciplinas de arquitetura, engenharia e construção num ambiente de modelagem unificado com compartilhamento de trabalho em nuvem, permitindo detalhamento dos componentes e visualização 3D [...] (Bianca; Choice; Leticia; Pablo; Renata, (2021) apud Archanjo, (2018).

Porém existem muitos outros como os TEKLA BIMSIGHT®, NAVISWORKS®, Solibri®, amplamente utilizado para gerenciar, gerar modelos matemáticos, compatibilizar e apresentar os dados e os modelos 3Ds a partir de alimentação prévia de projetos estruturais, hidráulicos, arquitetônicos, ou seja ele qual for de empreendimentos ou obra de arte desenvolvida pelo construtor.

[...] Este por sua vez é um software com conceito BIM para análise de projeto, a fim de melhorar a coordenação de modelagem, além de identificar e solucionar conflitos entre as disciplinas antes do início da construção [...] Bianca; Choice; Leticia; Pablo; Renata, (2021) apud Farias, (2020).

O potencial da utilização de modelagem BIM no gerenciamento de resíduos da construção civil é perceptível e está sendo defendida neste trabalho pelo fato de que por exemplo do software Revit pode ter o controle dos processos existentes no ciclo de vida de uma edificação, desde o desenvolvimento do projeto ao fim de seu ciclo de vida e posteriormente, conseqüente demolição onde são gerados os resíduos sólidos, exatamente pela forma que seu sistema é desenvolvido sendo capaz de armazenar e transmitir toda e qualquer tipo de característica envolvida em qualquer parte do processo de construção da edificação. Essa é a característica que vai além de ser apenas um modelo tridimensional e podendo conter em seu banco de dados características específicas dos componentes e materiais utilizados na construção da edificação, tornando o Revit por exemplo em uma ferramenta capaz de ser, segundo Bianca; Choice; Leticia; Pablo; Renata, (2021) apud Lobanova, (2017); Martins, (2018) “[...] um provedor de dados para os colaboradores do projeto, facilitando a interoperabilidade e a comunicação entre as partes [...]” ferramenta útil e necessária no gerenciamento dos resíduos gerados pela demolição desta edificação, por conta dos processos e das pessoas envolvidas para que a destinação adequada dos resíduos gerados tenha o final adequado.

[...] nota-se a importância da aplicabilidade do conceito, visto que, ele consegue atuar em todo ciclo de vida do projeto e pode ser aplicado em qualquer tipo de empreendimento, se comportando como um grande facilitador e visando à Sustentabilidade. Além disso, atualmente um profissional que possui conhecimento na linguagem BIM será valorizado pelo seu grande potencial em implantar este conceito que faz total diferença nas empresas [...]. (Bianca; Choice; Leticia; Pablo; Renata, 2021 apud GARIBALDI, 2020)

O Building Information Modeling (BIM) pode desempenhar um papel significativo na gestão dos resíduos de construção e demolição (RCD), pois permite a execução não apenas da perspectiva 3D, mas também trabalha com informações de todas as perspectivas, conforme indicado por Gnecco (2018, Apud Morlin, 2019). Isso reflete em projetos e construções mais sustentáveis, ao minimizar desperdícios, otimizar o tempo de construção e permitir a destinação correta dos resíduos.

Além das perspectivas 3D, 4D e nD, que representam diferentes níveis dimensionais de modelagem no BIM, os Softwares BIM também podem conter informações não gráficas em qualquer nível dimensional. Isso enriquece o processo de gerenciamento de resíduos da construção civil (RCC), ao permitir a inclusão de dados como tipo, peso e volume dos materiais componentes da edificação. Os chamados Level of Information (LOD) do BIM determinam a confiabilidade do conteúdo que deve ser inserido nos elementos específicos do modelo durante o desenvolvimento do projeto.

Para facilitar a integração entre o banco de dados e os softwares, podem ser utilizados plugins, como descrito por TecnoBlog (2022). Esses plugins são pequenos programas capazes de adicionar funções específicas aos softwares BIM, permitindo a transferência otimizada de dados para o banco de dados do software.

Softwares como o Revit possibilitam a instalação de plugins para extrair dados necessários para estimar o volume de RCD que a execução de um projeto poderá gerar. Existem vários tipos de plugins disponíveis, sendo alguns mais comumente utilizados para softwares BIM, como o Onbox App, Lumion LiveSync, Room Finishing, CADtoEarth e o pyRevit.

Um exemplo prático é o desenvolvimento de um plugin em linguagem computacional "C#" para o software Autodesk Revit, conforme descrito por Barros; Hochleitner (2017). Esse plugin calcula as quantidades totais de resíduos e o número de caçambas necessárias para a remoção de resíduos inertes e não inertes, com base em estudos empíricos e apresentados por meio de formulários e índices.

Então, Santos; Almeida; Ferreira; Costa (2017) acreditam que o BIM pode fornecer uma plataforma poderosa de colaboração para todas as partes interessadas trabalharem em uma gestão eficaz dos resíduos de construção, com troca transparente de informações e interoperabilidade de software.

Para Chang, Won e Das (2015), o planejamento do canteiro baseado em um modelo 4D e a estimativa gráfica podem calcular a quantidade, localização e tempo esperado, de acordo com o cronograma das atividades de construção, para os resíduos serem reutilizados, reciclados e armazenado no local a partir de um cronograma de construção.

Dentre as ferramentas e metodologias de utilização da tecnologia BIM no gerenciamento de resíduos da construção civil destacam-se algumas ferramentas,

entre elas, um software de uso específico na área de gestão, orçamentos de obra, planejamento de atividades, acompanhamento de serviços e controle financeiro, amplamente utilizado para gestão de projetos, chamado ARQUIMEDES. O ARQUIMEDES, foi desenvolvido primeiramente como uma ferramenta com foco em gestão de orçamentos de obras e segundo a empresa desenvolvedora a CYP o software ARQUIMEDES:

[...] é uma ferramenta de gestão de projetos de construção para todos os tipos de orçamentos de projeto, medições, autos, criação de múltiplos documentos técnicos associados ao projeto, bem como o planejamento e controle da obra durante o processo de construção [...] CYPE (2023).

O ARQUIMEDES é um software de gestão de projetos, desenvolvido pela CYPE Ingenieros que interage com o Revit através de módulos que simultaneamente com o Revit vai criar através das Categorias, Famílias, Tipos, Elementos, parâmetros de sistema e de utilizador no Revit para criação de uma série de informações e dados para criação de planilhas orçamentárias, Fichas técnicas, memórias gráficas de materiais, medição, diagramas, planos de trabalhos entre outros facilitadores para gestão de um projeto. O software permite através de importações receber os artigos do Gerador de preços do Gerador de preços de reabilitação ou do Gerador de preços como preços compostos, custo de manutenção decenal, caderno de encargos ou resíduos gerados, através dos códigos que o utilizador tenha pela sua licença.

Figura 9: Interface do software Arquimedes.

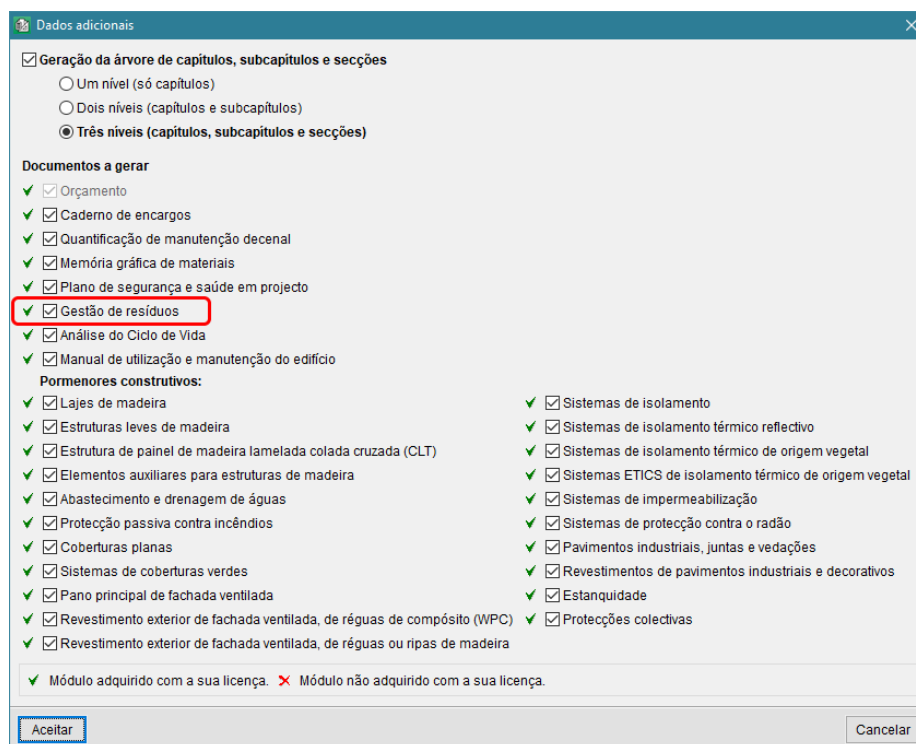
Código	Doc.	Co.	GR	Ud	Resumo	Quant	Preço	Valor
01520					ABRIGOS TEMPORÁRIOS PARA CANTEIROS			
01520.8.1.1				m²	ABRIGO PROVISÓRIO de madeira executado na obra para alojamento e depósito de materiais e ferramentas		236.643459116	
03310.8.1.2				m³	CONCRETO estrutural virado em obra, controle "A", consistência para vibração, brita 1, fck 13,5 MPa	0,070000000	284,052614400	19,886483008
03110.3.1.4				m2	Chapa compensada resinada (espessura: 12,00 mm)	1,180000000	10,965000000	12,932800000
05060.3.20.6				kg	Prego 15 x 15 com cabeça (comprimento: 34,5 mm / diâmetro da cabeça: 2,4 mm)	0,200000000	5,870000000	1,174000000
05060.3.20.6				kg	Prego 18 x 27 com cabeça (diâmetro da cabeça: 3,4 mm / comprimento: 62,1 mm)	0,800000000	5,050000000	4,040000000
06062.3.2.1				m	Pontalete 3a. construção (seção transversal: 3x3 / tipo de madeira: cedro)	4,380000000	2,050000000	8,969500000
06062.3.2.1				m2	Tábua 1 x 6" (espessura: 25 mm / largura: 150 mm)	2,110000000	13,160000000	27,767600000
06062.3.2.2				m	Viga (largura: 60,00 mm / altura: 100,00 mm / tipo de madeira: peroba)	1,370000000	17,340000000	23,755800000
07320.3.11.7				m2	Telha de fibrocimento ondulada - tipo vogatex e fibrotex (espessura: 4 mm / largura útil: 450 mm / largura nominal: 506 mm / vão livre: 450 mm)	1,190000000	6,070000000	7,223300000
07320.3.3.2				un	Cumeeira para telha de fibrocimento - articulada inferior para telha tipo vogatex e fibrotex	0,250000000	5,280000000	1,315000000
01270.0.18.1				h	Carpinteiro	6,700000000	4,170000000	27,939000000
01270.0.40.1				h	Padreiro	0,400000000	4,170000000	1,668000000
01270.0.45.1				h	Servente	7,920000000	3,490000000	27,540800000
01270.0.1.1				h	Ajudante	0,021420000	3,490000000	0,074755800
01270%				%	Encargos Sociais	126,000000000	57,322555800	72,226420308
01520.8.1.2				m²	ABRIGO PROVISÓRIO de madeira executado na obra com dois pavimentos para alojamento e depósito de materiais e ferramentas		437,931243008	
01520.8.2.1				un	ABRIGO PROVISÓRIO metálico tipo container constituído por um conjunto de dois módulos podendo ser acoplados pela lateral, fundo		608,540600000	
01544					ANDAIMES, BANDEIAS E PLATAFORMAS DE OBRA			

Fonte: Multiplus Software técnicos, 2023.

O CYPE Ingenieros, através do software ARQUIMEDES, recentemente lançou um módulo Gestão de Resíduos que segundo o desenvolvedor é capaz de ser alimentado através de importação os elementos/componentes que vão compor o gerador de preços como mostra nas figuras **Figura 10**, **Figura 11** e **Figura 12**:

[...] utilizando o Gerador de preços o Gerador de preços de reabilitação ou o Gerador de preços para espaços urbanos) e os Geradores de orçamentos, geram automaticamente o Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição do orçamento para obras públicas e o Registo de dados de RCD para obras particulares, de acordo com os respetivos modelos disponibilizados pela Agência portuguesa do Ambiente (APA), cumprindo o estabelecido no novo Regime Geral de Gestão de Resíduos aprovado no anexo I do novo Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, alterado pela Lei n.º52/2021, de 10 de agosto [...] CYPE Ingenieros.

Figura 10: Janela de Dados Adicionais do Arquimedes



Fonte: Site da CYPE, 2024.

O software Arquimedes da CYPE Ingenieros através do módulo de gestão de resíduos faz uma abordagem integrada para lidar com a gestão de resíduos de construção e demolição em projetos de construção, dando a o usuário a capacidade

de importar todos os dados necessários para que o programa gere como retorno informações contendo o volume a densidade, custo, entre outros dados cruciais para tomada de decisões quanto o controle e destinação dos resíduos gerados durante e depois da execução da obra.

Figura 11: Janela de Tabela de Composições

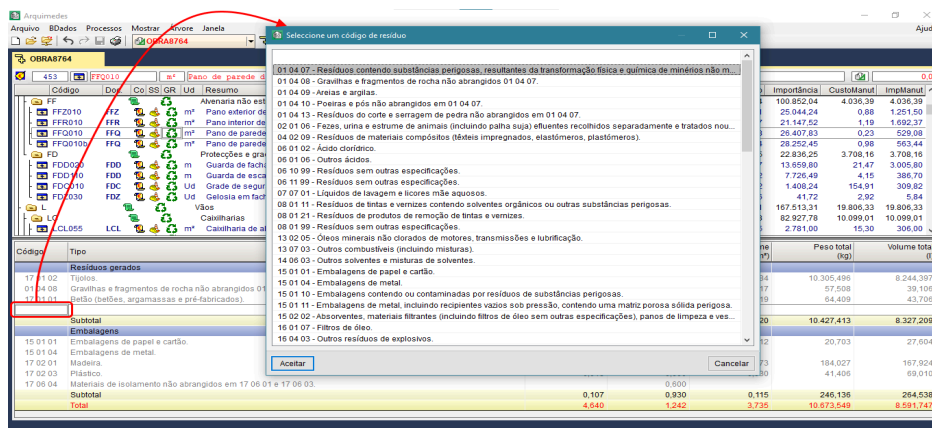
Código	Doc	Ci	SS	GR	Ud	Resumo	Quant	Custo	Importância	CustoManut	ImpManut
453	FFQ010	m²				Pano de parede divisória interior, de alvenaria de tijolo cerâmico para revestir.	0,00				
FF						Alvenaria não estrutural	1,000	100.852,04	100.852,04	4.038,39	4.038,39
FFZ010	FFZ	m²				Pano exterior de fachada dupla, de alvenaria de tijolo cerâmico para revestir.	1.422,160	17,81	25.944,24	0,88	1.251,50
FFR010	FFR	m²				Pano interior de fachada dupla, de alvenaria de tijolo cerâmico para revestir.	1.422,160	14,87	21.147,62	1,19	1.692,37
FFQ010	FFQ	m²				Pano de parede divisória interior, de alvenaria de tijolo cerâmico para revestir.	2.300,334	11,48	28.407,83	0,23	529,08
FFQ010b	FFQ	m²				Pano de parede divisória interior, de alvenaria de tijolo cerâmico para revestir.	574,938	49,14	28.252,45	0,98	563,44
FD						Proteções e gradeamentos	1,000	22.836,25	22.836,25	3.708,16	3.708,16
FDD020	FDD	m				Guarda de fachada, de alumínio	140,000	97,57	13.659,80	21,47	3.005,80
FDD110	FDD	m				Guarda de escada, de alumínio	93,180	82,92	7.726,49	4,15	386,70
FDC010	FDC	Ud				Grade de segurança metálica.	2,000	704,12	1.408,24	154,91	309,82
FDZ030	FDZ	Ud				Galosia em fachada, de alvenaria de peças pré-fabricadas de betão, de lâminas fixas.	2,000	29,86	41,72	2,92	5,84
L						Vãos	1,000	167.513,31	167.513,31	19.808,33	19.808,33
LC						Cavilharias	1,000	82.927,78	82.927,78	10.099,01	10.099,01
LCL055	LCL	m²				Cavilharias de alumínio em paredes de hall de entrada do edifício.	20,000	139,05	2.781,00	15,30	306,00

Código	Tipo	Peso (kg/m³)	Densidade aparente (t/m³)	Volume (m³)	Peso total (kg)	Volume total (t)
Resíduos gerados						
17 01 02	Tijolos	4.480	1,250	3,584	10.305,496	8.244,397
01 04 08	Gravilhas e fragmentos de rocha não abrangidos 01 04 07.	0,025	1,500	0,017	57,508	39,105
17 01 01	Betão (betões, argamassas e pré-fabricados).	0,028	1,500	0,019	64,409	43,705
	Subtotal	4,533	1,252	3,620	10.427,413	8.327,209
Embalagens						
15 01 01	Embalagens de papel e cartão.	0,009	0,750	0,012	20,703	27,604
15 01 04	Embalagens de metal.		0,500			
17 02 01	Madeira.	0,080	1,100	0,073	184,027	167,924
17 02 03	Plástico.	0,018	0,600	0,030	41,406	69,010
17 06 04	Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03.		0,600			
	Subtotal	0,107	0,930	0,115	246,136	264,538
	Total	4,640	1,242	3,735	10.673,549	8.591,747

Fonte: Site da CYPE, 2024

Ele elabora o Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição, baseado em regulamentos específicos, como o Decreto-Lei n.º 102-D/2020 em Portugal, podendo também conter informações dos tipos e classes que esses resíduos componentes da estrutura fazem parte, levando em conta possíveis danos às pessoas e ao meio ambiente, sendo um facilitador para a destinação correta desses resíduos.

Figura 12: Janela de Seleção de Códigos de resíduos



Fonte: Site da CYPE, 2024.

Seguindo alguns critérios para automaticamente gerar um Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição e do orçamento para obras públicas e o Registo de dados de RCD para obras particulares a partir de artigos e informações alimentadas por interação externa de um usuário (humano) seguindo um passo a passo:

Utilização de Índices Específicos:

- Reconhecimento da limitação dos índices baseados apenas na superfície de construção.
- Consideração das particularidades de cada obra, como o tipo de materiais de construção utilizados (por exemplo, divisórias em placas de gesso cartonado versus alvenarias de tijolo).

Composição de Resíduos nos Geradores de Preços:

- Os Geradores de Preços, incluindo o Gerador de Preços, o Gerador de Preços de Reabilitação e o Gerador de Preços para Espaços Urbanos, incorporam uma composição dos resíduos gerados em cada artigo.
- Classificação e descrição dos resíduos de acordo com a Decisão 2014/955/UE.

Automatização do Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos:

- O módulo de Gestão de Resíduos permite que os Geradores de Orçamentos e o Arquimedes gerem automaticamente o Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição para obras públicas.
- Leva em consideração os trabalhos específicos da obra, personalizando o plano conforme necessário.
- Conforme o Decreto-Lei n.º 102-D/2020 e o modelo disponibilizado pela Agência Portuguesa do Ambiente.

Aplicação em Obras Privadas:

- Em obras privadas, o Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição é substituído pelo Registo de Dados de RCD, conforme indicado pelo Decreto-Lei n.º 102-D/2020.

Seleção Simplificada de Artigos:

- A partir do Arquimedes, os usuários podem selecionar facilmente os artigos apropriados para seu orçamento usando os Geradores de Preços.
- Incorporação de toda a informação relevante, incluindo preços compostos, custo de manutenção decenal, caderno de encargos e informações sobre resíduos gerados.

Automatização na Geração de Orçamentos:

- Os Geradores de Orçamentos selecionam automaticamente os artigos apropriados com base nos parâmetros definidos pelo usuário nos Geradores de Preços.
- Inclusão automática de toda a informação necessária, garantindo eficiência e consistência nos processos de orçamentação.

Em resumo, o módulo de gestão de resíduos do Arquimedes simplifica e automatiza o processo de gestão de resíduos em projetos de construção, proporcionando conformidade regulamentar e eficiência na geração de orçamentos. O utilizador, para obras públicas, apenas necessita de introduzir os dados relativos às entidades responsáveis pela gestão de resíduos, à entidade responsável pela obra, os dados gerais da obra, a inserção geográfica e caracterizar sumariamente a obra, levando em consideração as especificidades e legislações aplicáveis locais.

4 GUIA ORIENTATIVO E INSTRUÇÕES BÁSICAS INICIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA BIM

Neste capítulo será apresentado um guia orientativo básico para a implementação inicial do Building Information Modeling (BIM) na gestão de resíduos da construção civil. Considerando os desafios ambientais e normativos do setor, o guia fornece diretrizes práticas para a adoção das ferramentas BIM, abordando aspectos técnicos, culturais e de capacitação necessários para a integração eficaz dessa metodologia. Desenvolvido com a plataforma Canva, o guia destaca a importância de uma análise criteriosa das necessidades da empresa, a seleção adequada das ferramentas BIM, a implementação gradual através de projetos-piloto, e a conformidade com regulamentações ambientais vigentes. Este capítulo visa ajudar as organizações a darem os primeiros passos na utilização do BIM para promover práticas construtivas mais sustentáveis e eficientes.

4.1 Elaboração do Guia Simplificado Orientativo Para a Implementação Inicial e Básica das Ferramentas BIM, Visando Auxiliar na Melhor Gestão de Resíduos da Construção Civil

Como destacado nos capítulos anteriores deste trabalho, a gestão eficiente de resíduos representa um desafio crítico para a sustentabilidade ambiental e econômica da indústria da construção. Nesse sentido, a adoção do Building Information Modeling (BIM) surge como uma abordagem inovadora e promissora, proporcionando uma visão abrangente e integrada dos processos construtivos. Com o objetivo de abordar os principais aspectos envolvidos na implementação do BIM no gerenciamento de resíduos na construção civil brasileira, considerando não apenas os aspectos técnicos das ferramentas BIM, mas também os desafios normativos e ambientais específicos do contexto atual. Foi desenvolvido um guia orientativo básico e simplificado, de acordo com demonstrado no **Apêndice 01**. O guia instrutivo visa auxiliar as organizações nos primeiros passos na adoção e implementação das ferramentas e metodologias BIM, fornecendo orientações práticas para o processo de adaptação e incorporação dessas tecnologias no contexto do gerenciamento de resíduos da construção civil.

O guia orientativo básico simplificado criado pela equipe foi desenvolvido através da plataforma online Canva. O Canva é uma plataforma online de design gráfico, que oferece uma ampla variedade de ferramentas e recursos, online para criação de conteúdos gráficos, designs simples. Desenvolvido para criação de conteúdos em layouts para redes sociais, banners, convites, revistas, entre outros. Onde oferece integração com várias outras plataformas e ferramentas, como o Google Drive, Dropbox e redes sociais, facilitando a importação e exportação de arquivos e a colaboração com outros usuários.

De acordo com o Guia Simplificado Orientativo para a Implementação Inicial e Básica das Ferramentas BIM visando Auxiliar na Gestão de Resíduos da Construção Civil: antes de adotar o uso de qualquer ferramenta ou metodologia BIM, uma análise criteriosa das necessidades específicas da empresa se faz necessária. Além dos aspectos técnicos, é fundamental considerar a cultura organizacional, a capacidade de investimento e a disponibilidade de recursos humanos qualificados. Uma abordagem multidisciplinar, envolvendo profissionais das áreas de engenharia, arquitetura, gestão ambiental e tecnologia da informação, pode proporcionar uma visão mais abrangente e integrada das demandas e potenciais benefícios da implementação do BIM no gerenciamento de resíduos.

Outro ponto a se considerar é que a seleção das ferramentas BIM adequadas é um passo crucial no processo de implementação. Além das considerações técnicas, como funcionalidades, interoperabilidade e escalabilidade, é importante avaliar a reputação do fornecedor, a qualidade do suporte técnico e a disponibilidade de recursos de capacitação. Além disso, a compatibilidade das ferramentas escolhidas com os padrões e protocolos BIM adotados pelo mercado brasileiro deve ser cuidadosamente avaliada, a fim de garantir a integração eficiente com outros sistemas e processos utilizados no contexto local.

Também é prevista uma abordagem gradual com a intenção de mitigar os riscos e maximizar os benefícios da adoção do BIM no gerenciamento de resíduos. A implementação por etapas, iniciando com projetos-piloto ou de menor escala, permite identificar e corrigir eventuais falhas ou deficiências antes da expansão para projetos mais complexos. Além disso, a oferta de treinamento e capacitação contínua para os profissionais envolvidos é essencial para garantir a eficácia e a aceitação da nova tecnologia.

E assim com a integração das ferramentas BIM com outros sistemas e processos utilizados na empresa será fundamental para maximizar a eficiência e a produtividade do gerenciamento de resíduos. Isso inclui sistemas de gestão de projetos, softwares de orçamentação e planejamento, sistemas de gestão ambiental e plataformas de colaboração. A interoperabilidade entre os diferentes sistemas e a capacidade de troca de dados de forma transparente e eficiente são aspectos essenciais a serem considerados na fase de seleção e implementação das ferramentas BIM.

Outro ponto, e não menos importante desenvolvido no manual é a conformidade com as normativas e regulamentações ambientais vigentes é um requisito legal e ético para todas as atividades relacionadas ao gerenciamento de resíduos na construção civil. Além disso, a obtenção das licenças ambientais pertinentes é indispensável para garantir a legalidade e a responsabilidade ambiental das operações. Nesse sentido, é fundamental que as empresas estejam atualizadas em relação às legislações ambientais aplicáveis e adotem práticas de gestão ambiental responsáveis e sustentáveis em todas as etapas do ciclo de vida dos projetos.

A implementação do BIM no gerenciamento de resíduos na construção civil brasileira representa uma oportunidade significativa para aprimorar a eficiência, a qualidade e a sustentabilidade das práticas construtivas. Ao adotar uma abordagem estratégica e multidisciplinar, considerando não apenas os aspectos técnicos, mas também os desafios normativos e ambientais específicos do contexto nacional, as empresas podem maximizar os benefícios do BIM e contribuir para a construção de um futuro mais sustentável e resiliente. Este capítulo oferece uma visão abrangente e integrada dos principais aspectos envolvidos na implementação do BIM no gerenciamento de resíduos, servindo como um guia prático e informativo para profissionais e empresas interessados em explorar o potencial dessa tecnologia inovadora.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa trouxe a importância da implementação do Building Information Modeling (BIM) no gerenciamento de resíduos na construção civil, destacando sua relevância para a promoção da sustentabilidade ambiental e eficiência econômica do setor. Para isso foram discutidos os principais aspectos envolvidos na adoção desta tecnologia, desde a avaliação das necessidades específicas das empresas, a exigência evolutiva das indústrias até a conformidade com as legislações, normativas e licenças ambientais vigentes.

É evidente que a implementação bem-sucedida das ferramentas e metodologia BIM no gerenciamento de resíduos oriundos da construção civil, requer um esforço conjunto de diversos atores, incluindo profissionais da construção, gestores, legisladores e fornecedores de tecnologia. Nesse sentido, a disponibilidade de orientações claras e recursos adequados desempenha um papel crucial no apoio às organizações que desejam adotar e integrar o BIM em suas práticas de gestão de resíduos. Para isso, a pesquisa teve a pretensão de apresentar guia orientativo de instruções básicas iniciais para implantação da metodologia BIM.

No entanto, é importante reconhecer que este trabalho representa apenas um primeiro passo na direção de fornecer esclarecimentos e orientações para a implementação do BIM no gerenciamento de resíduos na construção civil. Há uma necessidade urgente de mais pesquisas, estudos e iniciativas práticas que fomentem e incentivem a adoção do Building Information Modeling, além de produzir fontes adequadas para orientar os profissionais e organizações interessadas nessa transição.

Portanto, provocamos a comunidade acadêmica, os órgãos reguladores e empresas a investirem em pesquisas que visem aprofundar o entendimento sobre o papel do BIM na gestão de resíduos e a desenvolver recursos práticos e acessíveis para aqueles que buscam implementar essa tecnologia em suas operações. Somente através de um esforço colaborativo e contínuo poderemos aproveitar plenamente o potencial do BIM para promover uma construção mais sustentável, eficiente e responsável

6 REFERÊNCIAS

ABNT. **GUIA DE NORMAS PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS**. Disponível em:

<https://portalsustentabilidade.com/2023/06/05/abnt-lanca-norma-para-gerenciamento-de-residuos/>. Acesso em: 01 de mai. De 2023.

ANGULO, Sérgio Cirelli; TEIXEIRA, Cláudia Echevengúá; CASTRO, Alessandra Lorenzetti de; NOGUEIRA, Thais Passos; **Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação**. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/txmPSM6GMyNLpShXRgrzc5J/?format=pdf>: Acesso em: 18 de jun. de 2023.

ARAUJO, Aline Medeiros Ferreira de. **Avaliação De Ciclo De Vida Energético Em Edificações A Partir De Modelagem Bim E Simulação Termo Energética: Aplicação Utilizando Revit E Energyplus**. Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Área de Concentração Ambiente Construído e Gestão, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/79571>: Acesso em: 10 de mai. de 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004: Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARROS, Brunno Pereira; HOCHLEITNER, Hugo Demay; **Criação de um plug-in aliado a tecnologia BIM para quantificação de resíduos de construção em uma habitação unifamiliar**. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/8082>: Acesso em: 18 de jun. de 2023.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos**; Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 15 maio 2023.

CARVALHO, Henrique José Silva de; SCHEER, Sérgio; **A UTILIZAÇÃO DE MODELOS BIM NA GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO** Disponível em:

<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east1.amazonaws.com/engineeringproceedings/tic2015/022.pdf>> Acesso em: 14 de mai. 2023

CHECCUCCI, Érica de Sousa. **Ensino-aprendizagem de BIM nos cursos de graduação em engenharia civil e o papel da expressão gráfica neste contexto.** 2014. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/15295/1/TESE%20-final%20-%2017_4.pdf. Acesso: 18 fev. 2024.

CONAMA; **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002.** Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002_Res_CONAMA_307.pdf. Acesso em: 02 de nov. de 2023.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil: CONAMA, 2002.** Disponível: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307.>> Acesso em: 13 Maio. 2023.

CONAMA, 2002, p.95; **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002.** Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=305#:~:text=Estabelece%20diretrizes%2C%20crit%C3%A9rios%20e%20procedimentos,dos%20res%C3%ADduos%20da%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil.&text=Considerando%20que%20a%20gest%C3%A3o%20integrada,Art> Acesso em 01 de Maio de 2024.

CONAMA 2002, p.97; **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002.** Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=305#:~:text=Estabelece%20diretrizes%2C%20crit%C3%A9rios%20e%20procedimentos,dos%20res%C3%ADduos%20da%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil.&text=Considerando%20que%20a%20gest%C3%A3o%20integrada,Art> Acesso em 01 de Maio de 2024.

CORESAB; **ABNT LANÇA NORMA PARA GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS;** Disponível em: <

<https://coresab.com.br/2023/06/06/abnt-lanca-norma-para-gerenciamento-de-residuos/>> Acesso em: 06 de nov. de 2023.

DEMAJOROVIC, Jacques; Brasil Migliano, João Ernesto. **Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas implicações na cadeia da logística reversa de microcomputadores no Brasil. Gestão & Regionalidade**, v. 29, n. 87, p. 64-80, setembro-dezembro, 2013. Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, Brasil.

CRIPPA, Julianna. **Integração Bim-Acv Como Apoio À Tomada De Decisão Na Fase De Concepção De Projeto**. Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Área de Concentração Ambiente Construído e Gestão, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2019. Disponível em:
<<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/62546>> Acesso em: 09 de Maio de 2024.

EASTMAN, TEICHOLZ, SACKS, LISTON. **Manual de Bim: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores** (1ª edição) ; Bookman, 2013.

EASTMAN, TEICHOLZ, SACKS, LISTON. **Manual de Bim: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores** (1ª edição) ; Bookman, 2013.

ECO RESPONSE. **Como a Inteligência Artificial pode contribuir com o meio ambiente;** disponível em:
<<https://www.ecoresponse.com.br/blog/noticia-interna/como-a-inteligencia-artificial-pode-contribuir-com-o-meio-ambiente-371>> Acesso em: 10 de Maio de 2024.

GARIBALDI, Bárbara Cristina Blank; **LOD BIM (LEVEL OF DEVELOPMENT): TUDO QUE VOCÊ PRECISA SABER SOBRE O ASSUNTO;** Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/lo-d-bim/>. Acesso em: 18 de novembro de 2023.

GNECCO, Veronica Martins; MATTANA, Leticia; FOSSATI, Michele. **Minimização De Resíduos Da Construção Em Obras Públicas Por Meio Do Processo BIM.** MIX Sustentável, [S.I.], v. 7, n. 3, p. 141-152, ago. 2021. ISSN 24473073. Disponível em: <[http://www.nexos/ufsc.br/index.php/mixsustentavel](http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel)>: Acesso em: 18 de jun.

de 2023.

GOV; **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**; Disponível em: <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/residuos/politica-nacional-de-residuos-solidos-pnrs>> Acesso em: 26 de out. de 2023.

Guia dos Empreiteiros para BIM, (Edição 01); Grupo Associated General Contractors of America

Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE do Brasil – SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO – SRHU/MMA.

IBEC; **14 APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL**; Disponível em: <<https://ibecensino.org.br/nao-perca-14-aplicacoes-da-tecnologia-bim-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 18 de nov. de 2023.

IBIAPINA; OLIVEIRA; LEOCADIO. **As Políticas Públicas e os Resíduos Sólidos Urbanos Na Alemanha e no Brasil.** Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11800/1/ppp_n60_Artigo2_as_politicas_publicas.pdf> Acesso em: 02 de nov. de 2023.

LAFATE; **11 PRINCIPAIS NORMAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA CONHECER E COLOCAR EM PRÁTICA.** Disponível em: <<https://www.lafaetelocacao.com.br/artigos/normas-da-construcao-civil/>> Acesso em: 06 de novembro de 2023.

LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Presidência Da República. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 19 de out. de 2023.

LEUSIN, Sérgio R. **Gerenciamento e Coordenação de Projetos BIM**; Grupo GEN, 2018.

LIMA, Maria Júlia Menezes Firmino. **Estruturação do programa de necessidade para a implantação do Ágil-Bim na gestão pública com base na Metodologia VFT.** 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

LIMA, Rafael Souza. ALVES, Abel Santos. LIMA, Livia Ramos. **Utilização de agregados reciclados na construção civil**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 11, Vol. 24, pp. 58-70. Novembro de 2020. ISSN: 2448-0959.

Módulo do ARQUIMEDES; Disponível em:
<https://multiplus.com/software/arquimedes/modulos-e-recursos/orcamento-planejamento-medicao.html>. Acesso em 08 de jan. 2024

NAGALLI, André. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil**, (Edição 01); Grupo Oficina de Textos, 2014.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. *E-book*. Disponível em:
<https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 03 nov. 2023.

NETO; Elias, ROCHA, Márcia Santos da. 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: Princípios, Objetivos e a Educação Ambiental como um dos instrumentos**. Disponível em:
https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Edicao_06_Elias_netto.pdf. Acesso em: 19 de out. de 2023.

ORGUEL. **7 formas de utilizar a Inteligência Artificial na construção civil; disponível em:**
<<https://orguel.com.br/7-formas-de-utilizar-a-inteligencia-artificial-na-construcao-civil>> Acesso em: 10 de Maio de 2024.

PROCHNOW, Hilbert Takashi Oku; SAVI, Olindo. **UTILIZAÇÃO DE VBA PARA ORÇAMENTO EM MODELOS BIM DE INFRAESTRUTURA VIÁRIA–ESTUDO DE CASO**. Revista Técnico-Científica, 2022.

RECICLO. **Inteligência Artificial na Gestão de Resíduos;** Disponível em:
<<https://gruporeciclo.com/inteligencia-artificial-na-gestao-de-residuos>> Acesso em: 10 de Maio de 2024.

SACKS, Rafael et al. **Manual de BIM-: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção Para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. Bookman Editora, 2021. Disponível em:

https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/49816/1/Acoesorientadasgestao_Sou saJunior_2022.pdf. Acesso: 18 fev. 2024.

SACKS, Rafael, e outros. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**, (3ª edição); Grupo A, 2021.

SALVADOR; **Aprova o regulamento das feiras livres do município do salvador e dá outras providencias**. Acesso: 06 de Maio 2024.

SANTOS, Mirian; ALMEIDA, Lidiane, FERREIRA; Emerson de Andrade Marques; COSTA, Dayane Bastos; **USO DO BIM PARA SUPORTE AO PROCESSO DE GESTÃO DE RESÍDUOS EM OBRAS DE EDIFICAÇÕES**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324018289_USO_DO_BIM_PARA_SUPORTE_AO_PROCESSO_DE_GESTAO_DE_RESIDUOS_EM_OBRAS_DE_EDIFICACOES. Acesso em: 18 de jun. de 2023.

SINDUSCONPR; **GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL** Cartilha da SMMA "Plano de Gerenciamento de Resíduos do Município de Curitiba" nov/2004. Disponível em: <https://sindusconpr.com.br/gerenciamento-de-residuos-da-construcao-civil-1960-p>. Acesso em: 17 de jun.

SOUSA JÚNIOR, Washington Luiz de et al. **Ações orientadas para gestão de processos de projeto para a implantação do BIM na DINFRA da Universidade Federal do Cariri. 2022**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/49816/1/Acoesorientadasgestao_Sou saJunior_2022.pdf. Acesso: 18 fev. 2024.

TORRES, Yohelmis Infante. **Desenvolvimento de um modelo de informação da construção histórica: Edifício Jorge Machado Moreira**. Trabalho Final de Graduação (Graduação em Arquitetura e Urbanismo)-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/18344/1/YITorres.pdf>. Acesso: 18 fev. 2024.

VICTOR, Mário Jorge Rodrigues et al. **Desenvolvimento de um modelo BIM: estudo prévio de uma torre habitacional em Odivelas. 2018.** Dissertação de Mestrado. Disponível em: <https://recil.ensinolusofona.pt/bitstream/10437/9023/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o-mario.pdf>. Acesso: 18 fev. 2024.

WIENS, Karina Ivy; HAMADA, Jorge. **Gerenciamento de resíduos da construção civil – uma introdução à legislação e implantação.** XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 2006. Disponível em: https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/374.pdf. Acesso em: 21 mar.

APÊNDICE 01:

Guia Orientativo

1º Passo para Implantação Das Ferramentas
BIM
Na Gestão Dos Resíduos da Construção Civil



01.

EQUIPE TÉCNICA

Magno Chagas De Oliveira
Rafael Oliveira Do Nascimento
Michel Sousa Rodrigues

Orientador

Tiago Pereira Muniz

Salvador
2024

02. Introdução

Bem-vindo ao nosso manual orientativo para introdução e utilização de ferramentas BIM no gerenciamento de resíduos na construção civil.



Este guia foi projetado para ajudá-lo nos primeiros passos na escolha dos melhores processos e ferramentas na implantação do BIM de forma eficaz em sua organização, considerando as normativas vigentes no Brasil e as questões relacionadas às licenças ambientais.

Vamos começar!

Guia Orientativo - 1º Passo para Implantação Das Ferramentas
BIM Na Gestão Dos Resíduos da Construção Civil

03. Conceitos Básicos

O que é BIM?

- Building Information Modeling (BIM) é uma ferramenta de modelagem e planejamento digital na construção civil, que permite a criação de um modelo digital representativo das características físicas e funcionais de um edifício.
- Benefícios: Precisão, redução de custos, maior eficiência na gestão de resíduos e melhor comunicação entre as partes envolvidas.

Inteligências Artificiais (IA) na Construção Civil

Aplicações: Previsão e minimização de resíduos, otimização de processos de construção, e melhoria na tomada de decisões.

Ferramentas: Machine Learning, análise preditiva, visão computacional.

04. Planejamento Inicial

Análise de Viabilidade

- Avaliação preliminar do projeto, identificando os recursos necessários e os possíveis desafios.
- Ferramentas: Análise SWOT, estudos de viabilidade econômica e ambiental.



Definição de Objetivos

Estabelecimento de metas claras e mensuráveis para a gestão de resíduos, como a redução de desperdícios, a maximização da reciclagem e a conformidade ambiental.

Utilização de metodologias como SMART (Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound) para definição de objetivos.


05. Planejamento Inicial

Equipe Multidisciplinar

Perfis necessários: Engenheiros, arquitetos, especialistas em sustentabilidade, gestores de projetos, entre outros.

Importância de incluir membros com experiência em gestão de mudanças e treinamento.



Dica: Realize uma análise SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) para identificar os pontos fortes, fraquezas, oportunidades e ameaças relacionadas à implementação do BIM no gerenciamento de resíduos. Outra ferramenta útil é a análise PESTEL (Political, Economic, Social, Technological, Environmental, Legal), que pode ajudar a identificar fatores externos que podem impactar a implementação. Utilize os resultados dessas análises para desenvolver uma estratégia de implementação robusta. 

06. Escolha das Ferramentas BIM

Existem diversas ferramentas BIM disponíveis no mercado, cada uma com suas próprias características e funcionalidades. Algumas das principais ferramentas incluem:

AUTODESK

- **Autodesk Revit:** Ideal para modelagem de informações de construção e análise de dados.
- **Navisworks:** Ótimo para coordenação de projetos e detecção de conflitos.

Tekla.

Trimble Tekla Structures: Especializado em modelagem de estruturas.

SOLIBRI

Solibri Model Checker: Excelente para verificação de qualidade e conformidade.



Arquimedes (CYPE Ingenieros): Software desenvolvido para quantificação de materiais, estimativas de custos e planejamento de obras.

07. Escolha das Ferramentas BIM

BIM 360

- **Elaboração do PGRS:** O BIM 360 permite a integração de dados de projeto e construção para elaborar um PGRS detalhado. Ele ajuda a identificar e quantificar os resíduos gerados em cada fase do projeto, facilitando a definição de estratégias de redução, reutilização e reciclagem.
- **Monitoramento e Relatórios:** A ferramenta oferece funcionalidades para monitorar em tempo real a geração de resíduos e o cumprimento das metas estabelecidas no PGRS. Relatórios detalhados podem ser gerados para garantir a conformidade com as normas e regulamentos.
- **Colaboração e Comunicação:** Com BIM 360, todas as partes interessadas podem acessar e compartilhar informações sobre a gestão de resíduos, garantindo uma comunicação eficaz e decisões informadas. Isso inclui a visualização de modelos 3D, documentação e feedback em tempo real.



Guia Orientativo - 1º Passo para Implantação Das Ferramentas
BIM Na Gestão Dos Resíduos da Construção Civil

08. Escolha das Ferramentas BIM

Arquimedes

- **Quantificação e Estimativa de Resíduos:** O Arquimedes permite a quantificação precisa dos materiais utilizados no projeto, ajudando a prever a quantidade de resíduos que será gerada. Isso é fundamental para a elaboração do PGRS.
- **Planejamento e Controle:** A ferramenta oferece funcionalidades para planejamento detalhado e controle de custos, permitindo uma gestão eficiente dos recursos e dos resíduos gerados. Ela pode integrar-se com outras ferramentas BIM para fornecer uma visão completa do ciclo de vida do projeto.
- **Análise e Relatórios:** Arquimedes gera relatórios detalhados sobre a quantidade e o tipo de resíduos gerados, auxiliando na definição de estratégias de gerenciamento, como reciclagem, reutilização e descarte adequado. Esses relatórios são essenciais para garantir a conformidade com as normas ambientais e para ajustar o PGRS conforme necessário.



Guia Orientativo - 1º Passo para Implantação Das Ferramentas
BIM Na Gestão Dos Resíduos da Construção Civil

09. Escolha das Ferramentas BIM

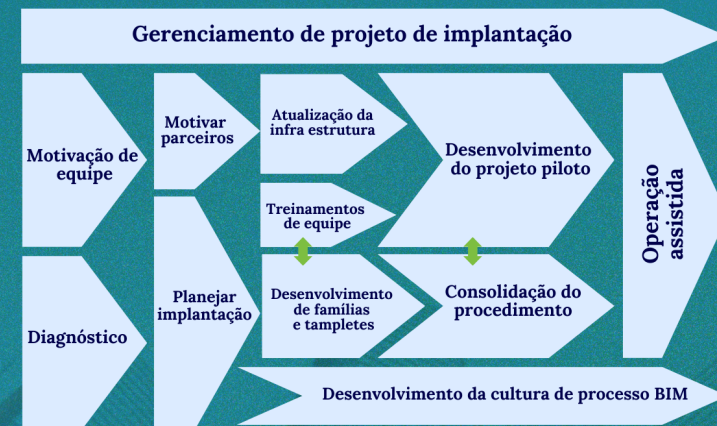
Dica: Faça uma pesquisa detalhada sobre as diferentes ferramentas BIM disponíveis, consulte cases de sucesso e avaliações de usuários e escolha aquela que melhor atenda às necessidades da sua organização e dos projetos em que você trabalha. Considere as especificidades de cada ferramenta e como elas podem se integrar ao seu fluxo de trabalho para o gerenciamento de resíduos na construção civil.



Guia Orientativo - 1º Passo para Implantação Das Ferramentas BIM Na Gestão Dos Resíduos da Construção Civil

10. Implementação Gradativa

Não tente implementar todas as ferramentas BIM de uma só vez. Comece com uma abordagem gradual, implementando uma ferramenta de cada vez e fornecendo treinamento adequado para a equipe. Isso garantirá uma transição suave e eficaz para o uso do BIM na equipe.



Dica: Designe um grupo de pilotos para testar as ferramentas BIM antes de implementá-las em toda a organização. Isso permitirá identificar e resolver quaisquer problemas ou desafios antes da implantação completa.

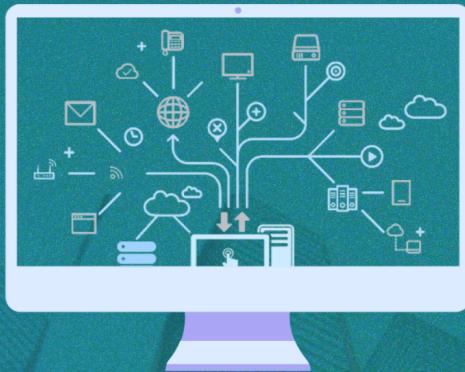


Guia Orientativo - 1º Passo para Implantação Das Ferramentas BIM Na Gestão Dos Resíduos da Construção Civil

11. Integração com Outros Sistemas

Certifique-se de que as ferramentas BIM escolhidas se integram facilmente com outros sistemas e software utilizados pela sua organização, como sistemas de gestão de resíduos e software de análise de sustentabilidade.

Verifique as capacidades de interoperabilidade e a compatibilidade de dados entre os diferentes sistemas usados.



Dica: Consulte os fornecedores e desenvolvedores das ferramentas BIM para obter informações sobre integração e compatibilidade com outros sistemas.



12. Monitoramento e Avaliação

Indicadores de Desempenho (KPIs)

- Definição de KPIs específicos para a gestão de resíduos, como taxa de reciclagem, quantidade de resíduos desviados de aterros, e custos de gerenciamento de resíduos.
- Métodos de monitoramento e coleta de dados, como sensores IoT e softwares de análise de dados.

Avaliação Contínua

- Estabeleça processos de auditoria e revisão regulares para avaliar o desempenho e identificar áreas para melhoria contínua.
- Utilize os dados coletados para ajustar estratégias e práticas, garantindo uma gestão de resíduos eficiente e sustentável.

Dica: Utilize dashboards de visualização de dados para facilitar o monitoramento contínuo dos KPIs e a tomada de decisões informadas. Ferramentas de BI (Business Intelligence) podem ser úteis para criar relatórios e análises detalhadas.



13. Normativas Vigentes e Licenças Ambientais

Certifique-se de estar em conformidade com as legislações locais e normativas vigentes no Brasil, como a Resolução **CONAMA 307/2002**, e obtenha as licenças ambientais necessárias para realizar atividades relacionadas ao gerenciamento de resíduos na construção civil. Isso garantirá que suas atividades sejam realizadas de forma legal e ambientalmente responsável.

Abaixo estão algumas das principais normas e licenças aplicáveis:

Normas Técnicas (NBRs)

NBR 15575 (Desempenho de Edificações Habitacionais): Define os requisitos de desempenho para edificações habitacionais, incluindo aspectos de durabilidade e sustentabilidade.

NBR 12235 (Resíduos Sólidos da Construção Civil): Estabelece diretrizes para o gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil, desde a geração até a destinação final.

NBR 15114 (Resíduos da Construção Civil - Áreas de Transbordo e Triagem): Define critérios para a implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil.

NBR 15112 (Resíduos Sólidos - Aterros de Pequeno Porte): Trata do gerenciamento de resíduos sólidos em aterros de pequeno porte, incluindo resíduos da construção civil.

14. Normativas Vigentes e Licenças Ambientais

Licenças Ambientais:

- **Licença Prévia (LP):** Avalia a viabilidade ambiental do projeto e estabelece os requisitos básicos e condições para sua implementação. Deve ser obtida na fase de planejamento.
- **Licença de Instalação (LI):** Autoriza a instalação do projeto conforme as especificações aprovadas na Licença Prévia. Necessária antes do início das obras.
- **Licença de Operação (LO):** Autoriza a operação do empreendimento após a verificação do cumprimento das exigências feitas nas licenças anteriores. Deve ser obtida antes do início das atividades operacionais.
- **Outras licenças específicas:** Dependendo do local e tipo de empreendimento, outras licenças específicas podem ser necessárias, como autorizações para corte de vegetação, manejo de fauna, ou utilização de recursos hídricos.



15. Normativas Vigentes e Licenças Ambientais

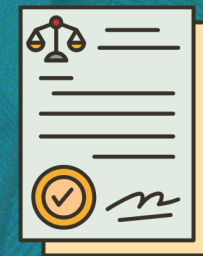
Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS)

O PGRS é um documento essencial para o gerenciamento adequado dos resíduos da construção civil, abrangendo:

- **Identificação dos Resíduos:** Classificação dos tipos de resíduos gerados, conforme a Resolução CONAMA 307/2002.
- **Segregação e Armazenamento:** Procedimentos para a separação e armazenamento temporário dos resíduos, garantindo que sejam tratados de forma segura e eficiente.
- **Transporte e Destinação Final:** Diretrizes para o transporte seguro e a destinação final adequada dos resíduos, promovendo a reciclagem e a reutilização sempre que possível.
- **Monitoramento e Controle:** Estabelecimento de métodos para monitorar a eficácia das práticas de gerenciamento de resíduos e para ajustar as estratégias conforme necessário.
- **Capacitação:** Programas de treinamento e conscientização para funcionários e colaboradores, garantindo que todos compreendam e sigam as diretrizes do PGRS.

16. Normativas Vigentes e Licenças Ambientais

Dica: Utilize ferramentas BIM, como Autodesk Revit e Arquimedes, para criar e gerenciar seu PGRS. Com o Autodesk Revit, você pode modelar e quantificar os materiais utilizados no projeto, ajudando a prever a geração de resíduos. Já o Arquimedes permite uma estimativa precisa dos custos associados ao gerenciamento de resíduos e a elaboração de relatórios detalhados. Ambas as ferramentas facilitam a identificação, segregação, armazenamento e transporte dos resíduos, assegurando a conformidade com as normas NBR e as exigências legais vigentes. Além disso, a integração dessas ferramentas com sistemas de monitoramento contínuo permite ajustes dinâmicos no PGRS, garantindo uma gestão eficiente e sustentável dos resíduos.



17. Casos de Sucesso e Boas Práticas

Estudos de Caso


Analise exemplos de empresas que implementaram BIM e IA com sucesso no gerenciamento de resíduos. Identifique as melhores práticas, desafios superados e resultados alcançados.

Utilize essas informações para adaptar e melhorar sua própria estratégia de implementação.

Boas Práticas

Estabeleça e documente boas práticas baseadas nas experiências práticas da sua equipe e nos estudos de caso analisados.

Compartilhe essas práticas internamente para garantir uma aplicação consistente e eficiente em todos os projetos.

Dica: Participe de webinars e conferências para aprender com as experiências de outras empresas no uso de BIM. Redes de networking e grupos de discussão também são excelentes recursos para troca de conhecimentos e experiências. 

18. Considerações

A escolha das melhores ferramentas e processos BIM é fundamental para o sucesso da implementação do BIM no gerenciamento de resíduos na construção civil. Ao seguir as dicas fornecidas neste manual, adaptando-as às necessidades específicas da sua organização e garantindo conformidade com as normativas vigentes e licenças ambientais, você estará no caminho certo para uma gestão de resíduos mais eficiente e sustentável.

Ressalte a importância da gestão de resíduos na construção civil e o papel crucial que o BIM e as IAs desempenham na melhoria desse processo.

Incentive a adoção das práticas sugeridas, destacando os benefícios a longo prazo em termos de sustentabilidade, conformidade legal e eficiência operacional.

Contato e Suporte

Forneça informações de contato para suporte adicional e consulte a especialistas, garantindo que os usuários do guia tenham acesso a recursos e ajuda quando necessário.

19. Considerações

Dica: Mantenha canais abertos para feedback contínuo da equipe sobre o uso das ferramentas BIM e esteja disposto a ajustar as estratégias conforme necessário. Crie um fórum ou uma plataforma interna onde os membros da equipe possam compartilhar experiências e soluções.



Este guia foi projetado para ajudá-lo nos primeiros passos na implementação das ferramentas BIM para auxiliar no gerenciamento da geração, controle e destino dos resíduos na construção civil de maneira eficaz e em conformidade com as regulamentações ambientais vigentes no Brasil.