



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ALANA NATÁLIA SALES VASCONCELOS**

**A INFLUÊNCIA DA TECNOLOGIA BIM NA GERAÇÃO MINIMIZADA E GESTÃO  
DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

**FORTALEZA**

**2016**

**ALANA NATÁLIA SALES VASCONCELOS**

**A INFLUÊNCIA DA TECNOLOGIA BIM NA GERAÇÃO MINIMIZADA E GESTÃO  
DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.**

**Orientador: Prof. M.Sc. Ivan José Ary Júnior**

**FORTALEZA**

**2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- V45i Vasconcelos, Alana Natália Sales.  
A influência da tecnologia BIM na geração minimizada e gestão de resíduos sólidos da indústria de construção civil / Alana Natália Sales Vasconcelos. – 2016.  
63 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2016.  
Orientação: Prof. Me. Ivan José Ary Júnior.
1. Building Information Modeling. 2. minimização de resíduos. 3. sustentabilidade. I. Título.  
CDD 620
-

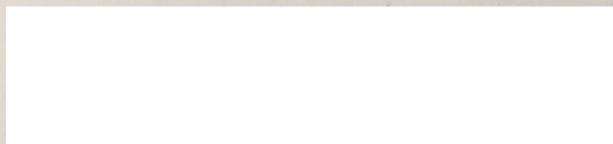
ALANA NATÁLIA SALES VASCONCELOS

A INFLUÊNCIA DA TECNOLOGIA BIM NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
DA INDÚSTRIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 14 / 12 / 2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. Ivan José Ary Júnior, M.Sc. (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)



Cely Martins Santos de Alencar, D.Sc.  
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho



Antonio Paulo de Hollanda Cavalcante, D.Sc.  
Universidade de Brasília

## AGRADECIMENTOS

A Deus, minha rocha e fortaleza, aquele que me conduz segundo a sua vontade e me tem sustentado até aqui, cujos propósitos são os mais excelentes, em Ti eu confio.

À minha família.

A meus pais, por me ensinarem com tanto amor desde cedo a importância da educação, por todo esforço, apoio e incentivo em todos os momentos. Pai, obrigada por ser a minha inspiração, o senhor sempre será o meu engenheiro! Mãe, obrigada por ser o meu exemplo de dedicação e cuidado.

A minhas irmãs por todo companheirismo e carinho. Aline e Alessandra, obrigada por serem meus exemplos de determinação.

Ao meu namorado, por toda torcida e pelas palavras de ânimo e carinho.

Esta conquista não é apenas minha, mas de todos nós.

Aos amigos e companheiros de curso, em especial, Amanda Sampaio e Alex Macêdo, tão presentes e especiais nestes anos de estudo.

Aos professores Ivan Ary, pela valiosa orientação, Cely Martins e Antonio Paulo, pela disponibilidade e gentileza em participar deste importante momento da minha vida acadêmica.

“Ora, àquele que é poderoso para fazer tudo muito mais abundantemente além daquilo que pedimos ou pensamos, segundo o poder que em nós opera, a esse glória na igreja, por Jesus Cristo, em todas as gerações, para todo o sempre. Amém.”

Efésios 3:20,21

## RESUMO

Uma importante, e muitas vezes negligenciada, característica da modelagem computacional na construção civil é o seu potencial em atuar como redutor de desperdícios. Os softwares que trabalham segundo a metodologia *Building Information Modeling* (BIM) permitem a geração de um grande volume de informações, que podem ser utilizadas pelos profissionais envolvidos no projeto para o gerenciamento de resíduos. O presente trabalho trata inicialmente de uma pesquisa descritiva acerca da percepção entre profissionais e estudantes do setor sobre o uso do BIM para auxiliar na minimização de perdas. O público pesquisado respondeu a um questionário de forma empírica e amostral, e demonstrou que os benefícios sustentáveis não representam a maior vantagem esperada com a implantação da tecnologia, porém admitiu sua influência positiva para reduzir desperdícios por diminuir a ocorrência de erros, especialmente devido à detecção precoce de incompatibilidades. Opiniões internacionais de especialistas na área confirmaram a relevância da modelagem virtual como uma ferramenta adicional às propostas atuais de combate à geração de resíduos. O trabalho traz ainda, como pesquisa exploratória, um estudo de caso acerca das causas e da recorrência de erros detectados por um software BIM em um edifício residencial durante o processo de compatibilização de projetos. A classificação dos erros, segundo sua causa, baseou-se em um modelo proposto em artigo científico sul-coreano desenvolvido pela Universidade de Yonsei. No estudo de caso, verificou-se a maior ocorrência de erros por design ilógico, 55% do total, seguidos por 22% de erros por discrepância entre desenhos e 23% por omissão de itens. Os problemas ocorreram especialmente devido a interferências envolvendo instalações. Os ganhos em planejamento e acompanhamento das atividades ao longo das etapas construtivas com a tecnologia BIM interferem na produção de resíduos, possibilitando taxas menores de desperdício. Assim, conforme as respostas obtidas entre o público pesquisado, as metas de reduzir, reutilizar e reciclar materiais podem ser bastante influenciadas de acordo com a revisão de projetos, detecção de incompatibilidades relacionadas à ocorrência de retrabalho e desperdícios futuros, quantitativos mais precisos e simulações feitas em BIM. Porém, a disseminação do emprego da tecnologia envolve especialmente questões sociais, de adequação e mudança de práticas de metodologia construtiva entre os profissionais do setor.

**Palavras-chave:** Building Information Modeling (BIM), minimização de resíduos, sustentabilidade.

## ABSTRACT

An important, and often neglected, feature of computational modeling in the civil construction is its potential to act as a waste reducer. Software that work according to the Building Information Modeling (BIM) methodology allow for the generation of a large volume of information that can be used by professionals involved on the project for waste management. This undergraduate thesis initially deals with a descriptive survey about the students and professionals' perception about using BIM to help minimize losses. A sampled survey was done empirically. Among the surveyed public, the sustainable benefits do not represent the greatest advantage expected with the implementation of the technology. However, its positive influence is admitted to reduce wastes by reducing the occurrence of errors, especially due to the early detection of incompatibilities. International opinions confirm the relevance of virtual modeling as an additional tool to current proposals to combat waste generation. This thesis also brings, as an exploratory research, a case study about the causes and recurrence of errors detected by a BIM software. The errors were detected during the project compatibilization process in a residential building. The classification of errors according to their cause was based on a model proposed in a scientific paper developed by Yonsei University. The present study verified the greater occurrence of errors by illogical design, 55% of the total, followed by 22% of errors due to discrepancy between drawings and 23% due to omission of items. The problems occurred especially due to interferences involving facilities. The gains in planning and monitoring activities along the construction stages with BIM technology interfere in the production of waste, allowing lower rates of waste. The goals of reducing, reusing and recycling materials can be greatly influenced by project review, detection of incompatibilities related to the occurrence of rework and future waste, more precise quantitative and simulations made in BIM. However, the dissemination of this technology specially involves social issues, adequacy and change of constructive methodology practices among professionals.

**Key-words:** Building Information Modeling (BIM), waste minimization, sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Perdas e fases da obra .....	17
Figura 2 – Total de RCD coletado Brasil e Regiões (t x1000/ano).....	18
Figura 3 – PNRS e o PMGIRS da cidade de Fortaleza .....	19
Figura 4 – Hierarquia da Gestão de Resíduos .....	22
Figura 5 – Utilização do BIM por regiões .....	24
Figura 6 – Aplicações da tecnologia BIM .....	26
Figura 7 – Envolvimento com BIM segundo o tamanho da empresa .....	27
Figura 8 – Cadeia BIM, fase construtiva e gestão de resíduos .....	28
Figura 9 – Relação BIM a gestão de resíduos .....	29
Figura 10 – Curva de MacLeamy .....	31
Figura 11 – Causas de retrabalho .....	31
Figura 12 – Domínios dos processos x Domínio do produto .....	32
Figura 13 – Exemplo de representação de interferência entre eletroduto e .....	36
Figura 14 – Guia de Leitura de Relatório de Modelagem BIM.....	37
Figura 15 – Representação de erro por design ilógico .....	38
Figura 16 – Representação de erro por discrepância entre desenhos .....	39
Figura 17 – Representação de erro por omissão de item.....	40
Figura 18 – Distribuição percentual dos participantes .....	41
Figura 19 – Conhecimento dos participantes acerca do BIM .....	42
Figura 20 – Efeito benéfico do BIM para o planejamento construtivo .....	42
Figura 21 – Efeito Benéfico do BIM para planejamento executivo .....	43
Figura 22 – Efeito benéfico do BIM para a execução de um empreendimento .....	43
Figura 23 – Atividades mais influenciadas pelo BIM na fase executiva .....	44
Figura 24 – Causas de desperdícios anteriores à execução em campo .....	44
Figura 25 – Principais causas de desperdício anteriores à execução em campo .....	45
Figura 26 – Principais causas de desperdício no canteiro .....	45
Figura 27 – Causas de desperdício no canteiro de obras .....	46
Figura 28 – Propostas tradicionais para a minimização de resíduos .....	46
Figura 29 – O BIM pode contribuir para a redução de desperdícios na obra? .....	47
Figura 30 – O BIM pode contribuir para a redução de desperdícios em uma obra? .....	48
Figura 31 – Ferramentas BIM para a redução de desperdícios na construção .....	48
Figura 32 – Ferramentas BIM para a minimização de resíduos .....	49

Figura 33 – Aplicações BIM para a minimização de resíduos .....	49
Figura 34 – Maior efeito benéfico do BIM.....	50
Figura 35 – Incompatibilidades Encontradas .....	53
Figura 36 – Natureza das interferências .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Normas Técnicas Brasileiras relacionadas aos RCD .....	21
Tabela 2 – Categorias de perguntas .....	34
Tabela 3 – Descrição dos participantes da pesquisa.....	41
Tabela 4 – Número de erros por categoria .....	52
Tabela 5 – Descrição de erros por categoria .....	53
Tabela 6 – Descrição de erros individuais por categoria .....	54
Tabela 7 – Número de interferências por categoria de erro .....	55
Tabela 8 – Erros detectados nos estudos de caso brasileiro e sul-coreano.....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
BIM	<i>Building Information Modeling</i> (Modelagem de Informação da Construção)
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Projeto Assistido por Computador)
CONENX	Seminário Internacional sobre Construção Enxuta
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
WRAP	<i>Waste &amp; Resources Action Programme</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Considerações Iniciais</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2</b>	<b>Problema e Questões de Pesquisa</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>15</b>
<i>1.3.1</i>	<i>Objetivo Geral</i> .....	<i>15</i>
<i>1.3.1</i>	<i>Objetivos Específicos</i> .....	<i>15</i>
<b>1.4</b>	<b>Estrutura do trabalho</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Desperdícios na Engenharia Civil</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Resíduos de Construção e Demolição e a Legislação Brasileira</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>Propostas de Redução de Desperdícios</b> .....	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>Adoção e Potencialidades do BIM</b> .....	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>33</b>
<b>3.1</b>	<b>Questionário</b> .....	<b>33</b>
<b>3.2</b>	<b>Estudo de Caso</b> .....	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Questionário</b> .....	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Opiniões Internacionais sobre o tema</b> .....	<b>50</b>
<b>4.3</b>	<b>Estudo de Caso</b> .....	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>59</b>
	<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO</b> .....	<b>62</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

As questões ambientais são, desde os últimos anos, bastante discutidas em âmbito mundial. A necessidade de avaliar os impactos gerados com as atividades desenvolvidas pela sociedade é unânime e atinge os mais diversos setores. Na indústria da construção civil, existe hoje uma crescente preocupação na busca por padrões construtivos mais sustentáveis. O setor contribui de forma significativa para a geração de resíduos, especialmente nos centros urbanos.

No Brasil, já existem legislações a fim de regular a gestão de resíduos de construção e demolição (RCD), como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida em 2010, e a exigência do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) para processos de licenciamento de obras. A sigla PGRSCC refere-se especificamente ao Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil.

O Estatuto das Cidades, Lei Federal de 2001, abordou a importância de preservar o meio ambiente natural e construído, destacando a necessidade da adoção de políticas, por parte dos municípios, ligadas ao seu Plano Diretor.

Uma dessas políticas é a que trata da gestão dos resíduos sólidos. Conforme o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, todos os grandes geradores deverão elaborar e implementar um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, que deverá, no município de Fortaleza, ser apresentado e aprovado na Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA).

A busca por metodologias construtivas sustentáveis e economicamente viáveis envolve a otimização de materiais e a redução de desperdícios, desde o início do planejamento até o término da execução e gestão de um empreendimento. Desta forma, novas tecnologias têm sido absorvidas pelo setor de construção como ferramentas auxiliares de projeto.

Nesse contexto, conforme exposto por Eastman *et al.* (2014), a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) surge na indústria de construção civil como uma opção promissora. Segundo Menezes (2011), a plataforma BIM é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração de um modelo virtual preciso, o qual conta com informações úteis à orçamentação e à previsão das fases da obra, entre outras atividades.

Assim, o BIM pode ser definido como uma tecnologia capaz de integrar informações em plataformas virtuais de dados, propiciando a interoperabilidade entre os profissionais envolvidos no projeto e uma concepção mais dinâmica deste.

Estudos nacionais e internacionais tem abordado o problema da geração de resíduos na indústria da construção e proposto alternativas mitigadoras, como o consumo consciente, a utilização de elementos pré-fabricados, o reuso e a reciclagem de materiais, bem como a adoção de filosofias de gestão inovadoras, como a construção enxuta.

Como discutido por Rajendran e Gomez (2012), o uso do BIM permite a identificação mais precisa de incompatibilidades de projeto, geração automática de quantitativos de materiais, adequações simultâneas a alterações em todas as pranchas envolvidas no modelo, simulação de disposição de canteiros e de etapas construtivas, permitindo a análise virtual de diferentes cenários antes mesmo do início da fase de execução em campo. Essas análises são fundamentais para o estabelecimento de cronogramas de serviço, que irão impactar diretamente a duração e o custo da obra como um todo.

Scheer e Carvalho (2015) destacam que as informações produzidas pela modelagem virtual podem contribuir para a tomada de decisões de projetistas e construtores ao longo de todas as etapas construtivas da obra, proporcionando um conhecimento integrado capaz de auxiliar gestores a minimizar os resíduos sólidos gerados no processo de construção.

Com uma melhor previsão sobre o trabalho a ser realizado, os materiais a serem empregados e a coordenação das equipes de funcionários, é possível atingir um maior nível de eficiência na execução das atividades.

A solução antecipada de erros, especialmente aqueles que seriam percebidos somente em estágios avançados da obra, a localização precisa de furações e passagens de instalações, bem como a possibilidade do uso de materiais pré-fabricados são exemplos de como o gerenciamento de resíduos pode ser influenciado pela tecnologia BIM. Dessa forma, pode-se impedir o retrabalho em campo proporcionando ganhos de tempo e recursos.

Aliar o BIM à minimização de desperdícios de projetos é um desafio mesmo em países onde a modelagem virtual já é empregada com maior frequência, sendo uma tarefa ainda mais árdua no Brasil, onde ainda há predominância de projetos que utilizam o chamado desenho assistido por computador, em duas dimensões<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>A Universidade Federal do Ceará (UFC) atualmente passa por um processo de mudança nesse sentido, incentivando a pesquisa e a aplicação da modelagem virtual entre seus alunos.

Existe ainda uma certa resistência por parte de empresas e profissionais em investir na compra de softwares e no treinamento de profissionais. Mas o uso crescente do BIM é certamente uma tendência, o que pode ser comprovado pelos numerosos trabalhos de pesquisa acerca da tecnologia que estão sendo desenvolvidos em todo o mundo.

## **1.2 Problema e Questões de Pesquisa**

As atividades da indústria da construção civil desempenham um importante papel para o desenvolvimento econômico do país, sendo responsáveis pela movimentação de uma extensa cadeia produtiva. No entanto, o setor também é conhecido por desperdiçar boa parte dos materiais de que se utiliza, o que contribui para que os chamados resíduos sólidos de construção e demolição (RCD) constituam considerável parcela dos resíduos sólidos produzidos e coletados nas cidades.

O desperdício de materiais produzido pela indústria da construção civil está relacionado a prejuízos sociais, ambientais e econômicos, justificando o incentivo a práticas comprometidas com a preservação do ambiente no planejamento e na execução de obras.

A extração de informações detalhadas de projeto, bem como a possibilidade de diversas análises e simulações através da modelagem virtual indicam um potencial ainda pouco explorado dos modelos BIM como parte de um método construtivo capaz de otimizar a utilização de insumos, diminuir e gerir corretamente os resíduos sólidos produzidos pelo setor.

Nesse sentido, as questões de pesquisa que motivaram o presente trabalho estão expressas a seguir.

- a) Se a indústria de construção gera grandes quantidades de resíduos, identificar a fonte de desperdícios é importante. Quais os principais pontos de produção de resíduos sólidos na construção civil?
- b) Que práticas de redução de desperdícios existem no setor e são mais difundidas atualmente?
- c) Como a modelagem da informação da construção pode auxiliar na redução de desperdícios em uma obra?
- d) Como a análise virtual, proporcionada pela metodologia BIM, poderia apresentar vantagens em relação às metodologias construtivas tradicionais no que se refere à geração de resíduos sólidos?

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo Geral***

Verificar como a aplicação da tecnologia BIM na indústria da construção civil pode ser útil na geração minimizada de resíduos durante o planejamento e a execução de novos empreendimentos.

### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- a) Identificar as principais causas apontadas para a geração de resíduos sólidos da construção civil;
- b) Identificar práticas atualmente propostas para a redução de resíduos de construção;
- c) Identificar as principais ferramentas BIM para minimizar a produção de resíduos de construção;
- d) Realizar estudo de caso com aplicação de plataforma BIM para a detecção de incompatibilidades que evitem retrabalho e desperdícios.

## **1.4 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho está organizado em 5 capítulos, cujos conteúdos estão descritos a seguir:

Capítulo 1: inclui uma introdução ao tema, considerações iniciais, problema e questões de pesquisa e os objetivos, geral e específicos, propostos no trabalho.

Capítulo 2: apresenta uma revisão bibliográfica acerca de temas abordados no trabalho, como: desperdícios na construção civil, legislação brasileira sobre resíduos de construção e demolição, propostas de redução de desperdícios, bem como adoção e potencialidades do BIM.

Capítulo 3: apresenta a metodologia do trabalho, incluindo: elaboração e aplicação de questionário e formulação de estudo de caso.

Capítulo 4: apresenta resultados e discussões.

Capítulo 5: aponta os principais pontos que puderam ser concluídos a partir dos dados obtidos e analisados neste trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Desperdícios na Engenharia Civil

O sucesso na construção de novos empreendimentos é uma das principais metas na Engenharia Civil. Muitas questões estão envolvidas na classificação de uma obra como bem-sucedida. Do ponto de vista de construtores e engenheiros, é preciso aliar características que garantam a segurança e a funcionalidade do empreendimento sem negligenciar fatores importantes de custo.

Executar uma obra eficientemente exige esforços de planejamento e programação que vão desde os materiais utilizados, projetos de infraestrutura e instalações, técnicas construtivas empregadas e gerenciamento de equipes em campo. Assim, a ausência de um método eficaz para a integração das informações referentes às diversas etapas envolvidas em uma obra pode comprometer significativamente o andamento de um projeto, resultando em perdas de tempo e de recursos.

Aliado à questão econômica, a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente, através do uso consciente dos recursos naturais, constitui um forte agente motivador para a elaboração de projetos e execução de obras racionalizadas e cada vez mais sustentáveis.

Nesse contexto, um importante ponto a ser considerado em uma obra de engenharia diz respeito ao gerenciamento de projetos capaz de evitar desperdícios. A produção de grandes quantidades de resíduos em uma obra, em geral, pode ser associada a prejuízos econômicos, em termos de materiais, mão de obra e atraso de cronograma; a prejuízos ambientais, devido ao uso desnecessário de recursos naturais e à problemática de destinação adequada do material a ser descartado; bem como a prejuízos sociais, quando existe a disposição inadequada de resíduos, ocupando espaços públicos e podendo contribuir até mesmo para a disseminação de doenças.

De acordo com o CONAMA, os resíduos da indústria de construção compreendem materiais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações e fiação elétrica.

O chamado entulho é gerado nas diversas etapas construtivas, desde a concepção de um novo empreendimento até sua utilização e eventual demolição. A Figura 1 caracteriza

as perdas de acordo com as fases de concepção, execução e utilização citadas por AGOPYAN *et al.* (2003).

Figura 1 – Perdas e fases da obra

FASES	CONCEPÇÃO	EXECUÇÃO	UTILIZAÇÃO
Caracterização da perda	Diferença entre a quantidade de material previsto num projeto otimizado e a realmente necessária de acordo com o projeto idealizado	Diferença entre a quantidade prevista no projeto idealizado e a quantidade efetivamente consumida	Diferença entre a quantidade de material prevista para manutenção e a quantidade efetivamente consumida num certo período
Parcela de perdas	Material incorporado	Material incorporado e entulho	Material incorporado e entulho

Fonte: AGOPYAN *et al.* (Coletânea Habitare, 2003)

Gerenciamento de resíduos é definido pelo CONAMA como o sistema de gestão que busca a redução, a reutilização ou a reciclagem de resíduos, o que inclui planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos.

É interessante notar que, de acordo com TESSARO *et al.* (2012), a produção de entulho é diretamente proporcional ao desenvolvimento socioeconômico, apontando que o crescimento dos grandes centros e os processos de urbanização são fatores que afetam diretamente a geração de resíduos.

De acordo com dados do IBGE, a taxa de urbanização brasileira já superava oitenta e quatro por cento em 2010, o que corrobora a ideia de que a gestão de resíduos sólidos oriundos da indústria da construção merece, de fato, uma atenção especial no país como um todo.

Mariano (2008) destaca como fontes de resíduos da construção civil construções, reformas, demolições, obras viárias e escavações, ressaltando ainda a importância de identificar as origens desses resíduos para a tarefa de caracterizá-los e quantificá-los em volume.

Diversos autores já pesquisaram acerca das causas de desperdício de materiais de construção. Conforme mencionado por Faniran e Caban (1998 apud Liu *et al.*, 2011), os

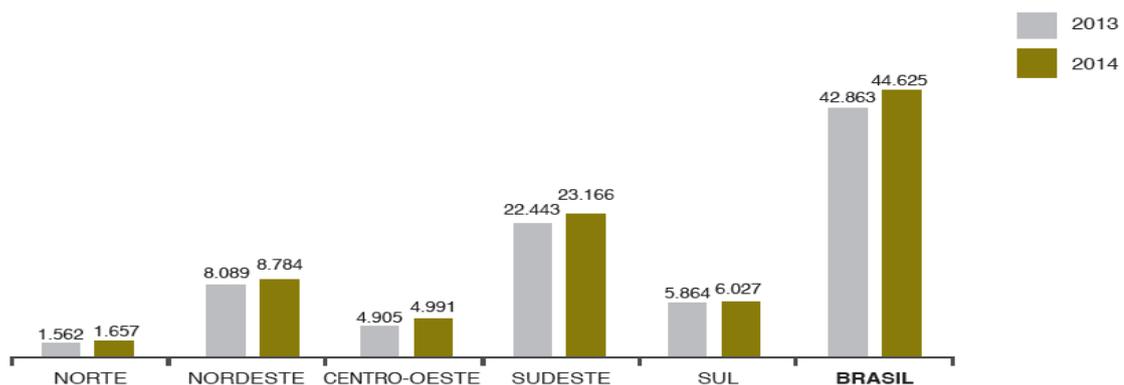
motivos para esse desperdício podem estar relacionados a problemas como alterações inesperadas de projeto ou a erros de projeto e detalhamento.

O manuseio inadequado de materiais, o transporte destes ao longo da cadeia produtiva e o uso embalagens não reutilizáveis também constituem fontes de desperdício no canteiro de obras.

## 2.2 Resíduos de Construção e Demolição (RCD) e a Legislação Brasileira

Segundo pesquisa divulgada no Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil do ano de 2014, em todo o país são coletadas mais de 122 mil toneladas de resíduos de construção e demolição por dia. A região nordeste foi a segunda maior coletora de RCD entre as regiões brasileiras, registrando quase nove milhões de toneladas coletadas, como exposto na Figura 2.

Figura 2 – Total de RCD coletado Brasil e Regiões (t x1000/ano)



Fonte: Pesquisa ABRELPE

A pesquisa foi realizada pela Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) e leva em conta dados registrados pelos municípios acerca de coletas realizadas pelo serviço público, desconsiderando as coletas em obras particulares, de responsabilidade dos proprietários. Desse modo, pode-se inferir que a quantidade de resíduos sólidos gerados é, na realidade, bastante superior ao valor citado anteriormente.

Atualmente já existe no Brasil uma preocupação acerca do assunto, expressa em legislações que regulam a gestão de RCD. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, propõe a prevenção e a redução na geração de resíduos por meio da prática de hábitos de consumo sustentável, aumento da reciclagem, reutilização dos resíduos sólidos (material que tem valor econômico e pode ser

reciclado ou reaproveitado) e destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (material que não pode ser reciclado ou reutilizado).

Em Fortaleza, a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, em 2006, foi um importante passo em direção a um melhor gerenciamento dos RCD. Em 2012, foi lançado o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), para atender à PNRS de forma integrada ao planejamento municipal de saneamento básico, Figura 3.

Figura 3 – PNRS e o PMGIRS da cidade de Fortaleza



Fonte: SANETAL, 2012.

O relatório diagnóstico do PMGIRS de Fortaleza, apresentado em 2012, trata de pontos importantes como a implantação de unidades de triagem e reciclagem dos RCD, pontos de entrega para pequenos volumes e sua destinação final em áreas de transbordo.

A PNRS institui a elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) por parte dos geradores de resíduos. Em Fortaleza, a Lei Municipal Nº 8.408, de 24 de dezembro de 1999, exige a apresentação do PGRS aprovado pelo órgão competente para os empreendimentos considerados grandes geradores de resíduos sólidos. No caso da construção civil, são considerados grandes geradores de resíduos aqueles que produzem um volume igual ou superior a 50 litros por dia, sendo responsáveis pelo custeio dos serviços de coleta, separação, armazenamento, transporte, tratamento e destinação final ambientalmente adequada de resíduos sólidos ou disposição final ambientalmente adequada de rejeitos.

Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) devem classificar os resíduos gerados em obras de construção, demolição e reformas, conhecidos como entulhos de obras, conforme está estabelecido pela Resolução CONAMA nº307/2002. Esta resolução propõe diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, definindo quatro classes para este tipo de resíduo:

- a) Classe A: resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados, a exemplo de agregados;
- b) Classe B: resíduos que podem ser reciclados com diferentes destinos, a exemplo de madeiras, metais e vidros;
- c) Classe C: resíduos que não podem ser reciclados;
- d) Classe D: resíduos perigosos, a exemplo de tintas e solventes, bem como resíduos de construção e demolição contaminados provenientes de clínicas radiológicas ou instalações industriais.

Um caso interessante refere-se ao material gesso, que teve sua classificação alterada em 2011, pela Resolução CONAMA nº431, de Classe C para a Classe B. No entanto, este ainda necessita ser depositado em recipiente próprio, não sendo permitida sua mistura com outros resíduos classe B, ou de classes diferentes.

Percebe-se, portanto, que o PGRCC funciona como um importante indicador para subsidiar um empreendimento quanto aos aspectos referentes à coleta, correta segregação e destinação ambientalmente adequada de resíduos. Uma vez que o PGRS auxilia os construtores a identificar pontos de geração de cada tipo de resíduo, a verificação quanto a possíveis desperdícios no processo produtivo é facilitada, o que pode contribuir para a redução da geração de resíduos e a possibilidade de reutilização de resíduos segregados adequadamente.

No entanto, ainda que os PGRSs tentem quantificar os volumes de resíduos gerados em uma obra, essa estimativa é feita de forma limitada, devido à imprecisão dos dados considerados, uma vez que está geralmente baseada na literatura, ou dados de mercado, considerando métodos baseados na área construída, nos componentes de um edifício, na entrada e saída de estoques de materiais, na quantificação de outras construções ou nas formas físicas do *layout*.

Ainda que os geradores de resíduos da construção civil sejam dispensados da exigência de aprovação do PGRCC, de acordo com o Código de Obras e Posturas do Município de Fortaleza, Lei 5.530, art. 19, estes devem se responsabilizar pelas etapas de transporte externo e destinação final dos resíduos gerados.

A Tabela 1 relaciona outras normas técnicas brasileiras vigentes relacionadas a áreas de manejo de resíduos e ao uso de agregados reciclados na construção civil.

Tabela 1 – Normas Técnicas Brasileiras relacionadas aos RCD

	<b>Normas</b>	<b>Título</b>
<b>Áreas de manejo</b>	NBR 15.112	Resíduos de Construção Civil e resíduos volumosos. Áreas de Transbordo e Triagem. Diretrizes para projeto, implantação e operação.
	NBR 15.113	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes. Aterros. Diretrizes para projeto, implantação e operação.
	NBR 15.114	Resíduos sólidos da construção civil. Áreas de Reciclagem. Diretrizes para projeto, implantação e operação.
<b>Uso de agregados reciclados</b>	NBR 15.115	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Execução de camadas de pavimentação. Procedimentos.
	NBR 15.116	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Requisitos.

Fonte: Ministério das Cidades/ Secretaria de Saneamento Ambiental

### 2.3 Propostas de Redução de Desperdícios

Atualmente, existem diferentes propostas para a adoção de práticas capazes de reduzir a quantidade de resíduos produzida pela indústria da construção ao redor do mundo. Crittenden e Kolaczowski (1995 apud Keys, Baldwin e Austin, 2000) consideram qualquer técnica que tenha por objetivo reduzir ou evitar o desperdício na sua fonte, ou ainda que

permitam a reutilização de materiais, como partes integrantes do processo de minimização de resíduos.

Keys, Baldwin e Austin (2000) citam a chamada hierarquia da gestão de resíduos, Figura 4, acerca das condições mais próximas ao desenvolvimento sustentável, apontando as práticas de prevenção à geração de resíduos como as ideais, seguidas de modelos que proporcionem a redução, reutilização e recuperação de materiais antes do descarte final nos aterros.

Figura 4 – Hierarquia da Gestão de Resíduos



Fonte: Traduzido de Keys, Baldwin e Austin, 2000.

Sobre a disposição final de RCD:

Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. (Nova redação dada pela Resolução 448/12)

Aterros caracterizados como áreas de disposição de resíduos da construção civil Classe A e de resíduos inertes no solo tem suas diretrizes reguladas pela NBR 15113. O objetivo destes aterros é permitir o uso futuro dos materiais segregados e/ou a futura utilização da área, aplicando para isso princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública ou ao meio ambiente.

A política dos três R's – Reduzir, Reutilizar e Reciclar – é hoje bastante difundida em diversos setores, inclusive na construção, e, segundo o Ministério do Meio Ambiente, representa um caminho para a solução dos problemas relacionados com o lixo. Fatores associados a estes princípios, como o ideal de prevenção e não-geração de resíduos, somados

à adoção de padrões de consumo sustentável, que visem poupar os recursos naturais e conter o desperdício, podem ser empregados tanto no desenvolvimento de projetos quanto no canteiro de obras e ser responsáveis por ganhos consideráveis na execução de um novo empreendimento.

Baseada no conceito de “*Designing-out-waste*”, a *Waste & Resources Action Programme (WRAP)* estabeleceu cinco princípios para a minimização do desperdício de materiais na indústria da construção que visam auxiliar os processos de gestão de resíduos. Os princípios propostos incluem:

- a) Projeto para reuso e reciclagem;
- b) Projeto para construção *off site* (uso de pré-fabricados);
- c) Projeto para a otimização de materiais;
- d) Projeto para a aquisição eficiente de produtos;
- e) Projeto para flexibilidade e demolição.

Segundo Capello (2006), mesmo depois da criação de legislações que contemplaram a correta gestão de resíduos, o percentual de material reciclado da indústria da construção civil era bastante pequeno e não ultrapassava 5% dos resíduos produzidos anualmente.

Atualmente os conceitos de construção enxuta e construção verde tem ganhado destaque na indústria de arquitetura, engenharia e construção, contribuindo para um maior controle de materiais e das práticas construtivas. Dantas filho, Cândido e Barros Neto (2016) destacam a inter-relação entre construção verde, construção enxuta e BIM para o setor da construção civil.

## **2.4 Adoção e potencialidades do BIM**

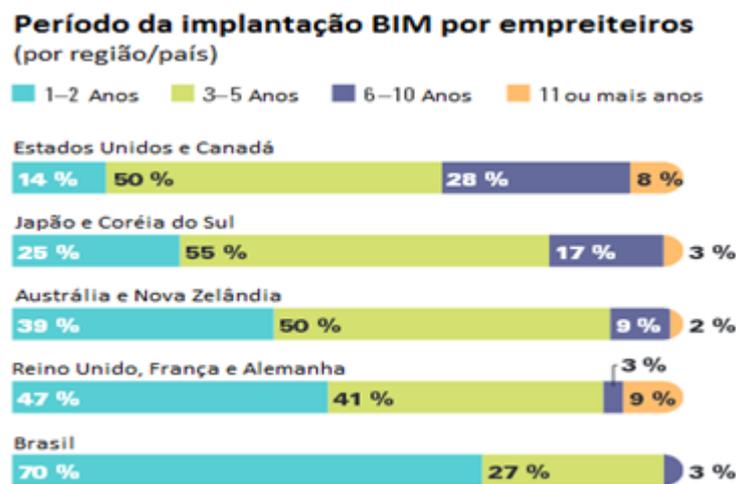
De acordo com Thomaz (2001), apesar de muitas vezes ser vista como um setor com pouca capacidade de absorver novas tecnologias, a engenharia civil tem incorporado, ao longo dos últimos anos, importantes inovações em seus materiais e processos construtivos. Os avanços tecnológicos surgem como peças chave na execução de obras cada vez mais rápidas e complexas.

Segundo dados expostos no Building Innovation 2014 acerca o uso internacional do BIM, em países como Reino Unido, Estados Unidos e Canadá essa tecnologia não

constitui propriamente uma novidade, tendo sido implantada há mais de onze anos em alguns casos, enquanto em outros países, como o Brasil, o processo de implantação em geral ainda está no início. A maioria das empresas nacionais vê o BIM como uma inovação. Entre aquelas que já incorporam a modelagem virtual ao seu processo construtivo, as mudanças têm sido adotadas majoritariamente há um tempo inferior a cinco anos.

A Figura 5 a seguir relaciona países e regiões ao período em que empreiteiros vem implantando o BIM em suas atividades.

Figura 5 – Tempo de utilização do BIM por regiões



Fonte: McGraw Hill Construction via Building Innovation 2014 (Traduzido pela Autora)

Com muitas vantagens em relação aos modelos de desenvolvimento de projetos mais utilizados atualmente, o BIM supera a ideia de simples modelagem em três dimensões ao agregar características não geométricas aos elementos criados e trabalhar com um banco de dados integrado.

Como citado por Liu (2014), diversas pesquisas já foram realizadas explorando o desperdício na construção e a tecnologia BIM separadamente, sem considerar a relação entre os temas. É importante notar, no entanto, que a otimização dos materiais utilizados em uma obra pode ser substancialmente melhorada com a utilização de dados mais precisos de quantitativos de materiais e de compatibilidade de projetos, o que pode ser proporcionado pelo uso da modelagem.

A utilização de ferramentas de softwares BIM é extremamente útil para tomadas de decisão em diferentes etapas construtivas reduzindo erros, e consequentemente desperdícios, bem como para o monitoramento de desempenho da sustentabilidade do empreendimento. Scheer e Carvalho (2015) definem a ferramenta BIM como decisiva para a

melhor gestão de RCD e tomadas de decisão nos canteiros de obras pela quantificação mais precisa com uso da modelagem computacional.

Eastman et al. (2014) citam como uma aplicação importante o emprego do BIM para o levantamento de quantitativos. Nesse sentido, desperdícios causados por materiais não utilizados em campo podem ser reduzidos, permitindo um melhor planejamento para a aquisição precisa destes. Os quantitativos produzidos ainda estão relacionados a aspectos financeiros da obra. Assim, os custos para adquirir os materiais necessários podem ser analisados de acordo com o orçamento total, facilitando a tomada de decisões e a destinação adequada dos recursos.

Todas as etapas de uma construção contribuem direta ou indiretamente para a geração de alguma forma de resíduo. Porém, a intensidade dessa produção de desperdícios varia e depende das decisões tomadas pelas equipes de projeto e execução, considerando o projeto desde suas fases iniciais. Análises das fontes de desperdício indicam ainda que uma considerável quantidade de resíduos sólidos é decorrente de fatores relacionados ao fluxo das atividades em campo, como transporte de materiais e sua estocagem e manipulação.

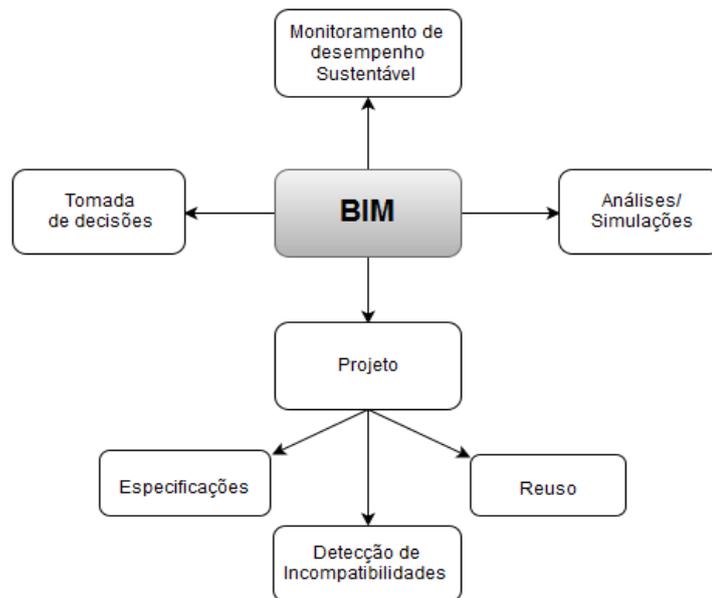
De acordo com Liu et al. (2011) existe um consenso na literatura de que uma significativa parte do desperdício se deve a estágios anteriores à construção. A fase de projeto é uma das principais fontes onde o desperdício de materiais de construção pode ser evitado. A utilização do BIM na fase de projetos oferece muitos dados relevantes para a gestão dos resíduos de forma efetiva nas demais etapas, conforme Scheer e Carvalho (2015).

Uma característica chave do BIM é a utilização de objetos paramétricos. Segundo Eastman *et al* (2014), o conceito básico da modelagem paramétrica é o de que os objetos apresentam geometria e propriedades modificáveis. Características podem ser definidas e controladas a nível individual ou coletivo, alterando os próprios parâmetros de um elemento ou suas relações contextuais. Assim, podem ser realizadas modificações no projeto que estarão sujeitas a regras de verificação e atualização de detalhes simultaneamente, contribuindo grandemente na produtividade, criando e editando geometrias, bem como delimitando precisamente os espaços criados.

As informações contidas no modelo digital de um empreendimento construído em software BIM são objetos tridimensionais inseridos ou criados que se ajustam automaticamente a outros objetos quando há alterações no modelo, diferentemente das linhas e formas que compõem muitos arquivos de *Computer Aided Design (CAD)*, conforme o exposto por AZEVEDO (2009).

Como outras importantes aplicações da tecnologia BIM, Liu et al.(2011) citam a melhor visualização do projeto, permitindo tomadas de decisão facilitadas, redução e monitoramento de custos e riscos, melhores performances de construções sustentáveis e respostas rápidas a problemas detectados considerando informações gráficas e não gráficas de forma a garantir maior eficiência na construção. As possíveis aplicações do BIM são amplas, conforme esquematizado na Figura 6 a seguir.

Figura 6 – Aplicações da tecnologia BIM



Fonte: Adaptado e traduzido de Liu et al. (2011)

A interoperabilidade é mais uma vantagem proporcionada pelo emprego do BIM destacada por Azevedo (2009), característica que permite o compartilhamento de diversas informações da obra entre os profissionais envolvidos na execução do empreendimento.

Segundo Eastman *et al* (2014), a interoperabilidade refere-se à necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que diferentes especialistas contribuam para o trabalho através do intercâmbio de arquivos. Dessa forma é possível eliminar a necessidade de replicar a entrada de dados que já foram gerados e facilitar os fluxos de trabalho.

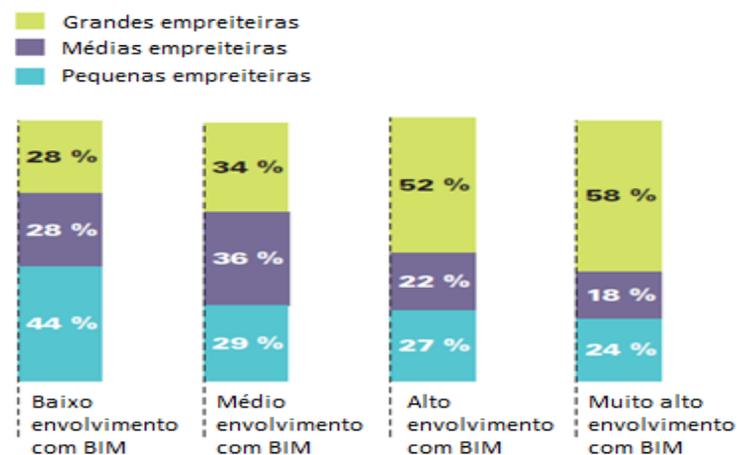
Azevedo (2009) discute ainda sobre a necessidade de enfrentar a crescente complexidade dos projetos de edifícios e os prazos mais curtos de execução, citando as limitações das tecnologias usualmente utilizadas para a gestão do processo de construção como um todo.

Conforme exposto por Liu (2014), os esforços atuais para a redução de desperdícios concentram-se nos resíduos já produzidos no canteiro de obras, enquanto o BIM pode contribuir com medidas redutoras desde a concepção do projeto.

A tecnologia de construção virtual pode auxiliar proprietários, construtores e gestores de obras a melhorar a previsibilidade do projeto, reduzir riscos e otimizar o planejamento especialmente no que se refere a projetos grandes e complexos (VICO SOFTWARE, 2016).

A Figura 7, apresentada durante o Building Innovation 2014, representa a relação entre o tamanho das empresas pesquisadas e o nível de utilização do BIM. Pode-se perceber que o nível de envolvimento com a modelagem é maior entre empresas de grande porte, revelando um maior interesse pela implantação do BIM para benefícios em grandes projetos.

Figura 7 – Envolvimento com BIM segundo o tamanho da empresa



Fonte: McGraw Hill Construction via Building Innovation 2014 (Traduzido pela Autora)

Segundo Liu (2014), o BIM tem sido usado para colaborar com o processo de design de construção sustentável, permitindo análises como as de eficiência energética e redução na emissão de carbono. Porém a tecnologia não é usada com frequência especificamente para a minimização de desperdícios.

O potencial do BIM para a minimização do desperdício na construção reside especialmente nas informações extraídas do projeto desde suas fases iniciais, que permitem a coordenação mais eficiente de materiais e funcionários nas diferentes etapas da obra.

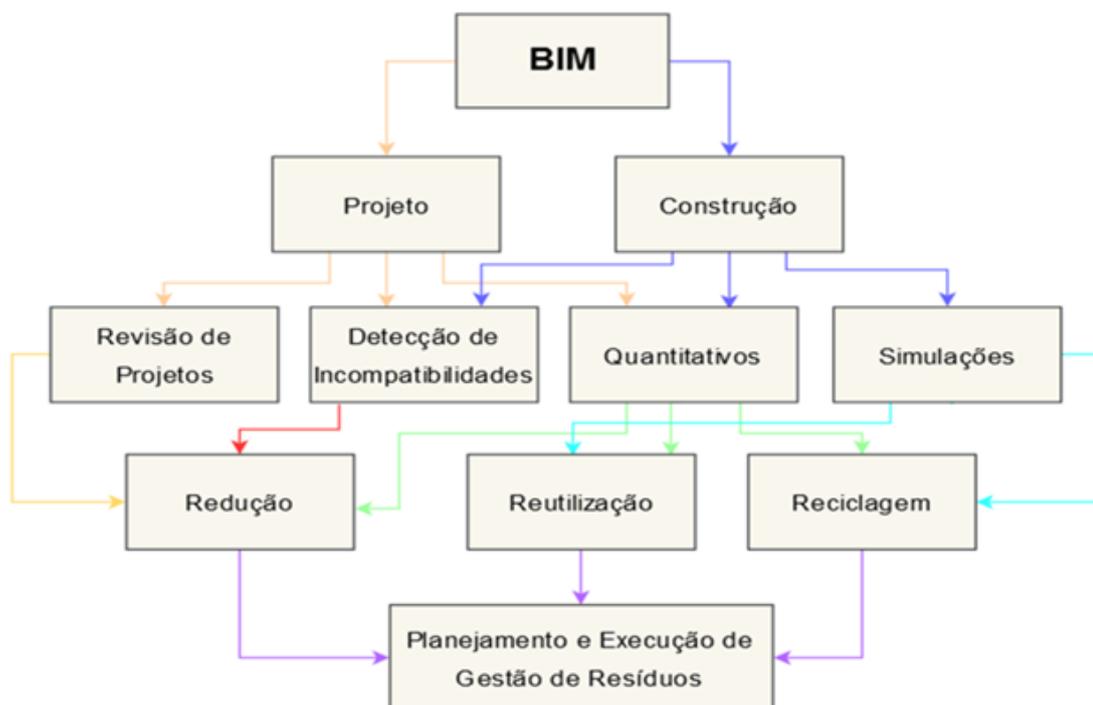
Estudos recentes confirmam a capacidade de sistemas BIM em reduzir o volume de resíduos de construção e demolição. Liu et al.(2011) destacam a importância de se explorar o BIM como ferramenta de minimização de resíduos, criando métodos práticos para isso.

Rajendran e Gomez (2012) citam que apesar da existência de diversas publicações sobre o gerenciamento de resíduos físicos na obra e sobre reciclagem de materiais, pouca atenção é dada ao potencial de auxílio redutor da construção virtual.

Segundo Innes (2004 apud Osmani et al., 2006) cerca de trinta por cento do material desperdiçado em campo estaria relacionado a erros de projeto. Os problemas na fase de projeto, que podem ocorrer devido a questões como falta de detalhamentos, especificações insuficientes e coordenação deficiente entre equipes responsáveis por disciplinas diferentes, poderiam ser mais facilmente solucionados com a adoção de softwares que trabalham segundo a filosofia de modelagem virtual.

Cheng, Won e Das (2015) elencam como os cinco principais pontos do BIM para a redução de resíduos: a revisão e compatibilização de projetos, os quantitativos gerados, as simulações 4D, o planejamento do canteiro de obras, e a pré-fabricação digital. Os autores estabeleceram uma representação esquemática, Figura 8, para ligações entre a tecnologia de modelagem, as diferentes etapas/procedimentos da metodologia construtiva e o planejamento/execução da gestão de resíduos para um novo empreendimento.

Figura 8 – Cadeia BIM, fase construtiva e gestão de resíduos

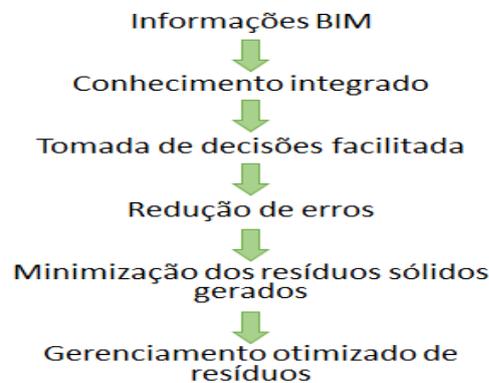


Fonte: Adaptado e traduzido de Cheng, Won e Das (2015).

A compatibilização de projetos usando BIM, especialmente em empreendimentos de maior complexidade, ocorre de forma facilitada, permitindo a identificação mais precisa dos materiais e seus quantitativos, impedindo erros futuros. Dessa forma, o combate ao desperdício pode ser ainda mais eficaz, evitando retrabalho e fazendo com que boa parte dos resíduos que seriam gerados para as adequações necessárias seja sequer produzida e fornecendo dados para o planejamento melhorado da gestão deste material.

A Figura 9 mostra uma representação esquemática da relação entre informações obtidas com auxílio da modelagem e o gerenciamento dos resíduos produzidos.

Figura 9 – Relação BIM a gestão de resíduos



Fonte: Elaborada pela autora

Segundo Eastman *et al.* (2014) existem duas maneiras para identificação de interferências durante a modelagem. A primeira delas utiliza ferramentas de projeto BIM para encontrar interferências, enquanto na segunda a detecção ocorre quando são utilizadas ferramentas que realizem a integração dos projetos em BIM. Quando o construtor é responsável pela integração de projetos, os cuidados no manuseio dos arquivos devem ser ainda maiores do que quando os arquivos são apenas importados para então serem visualizados conjuntamente.

De acordo com Ricotta (2016), algumas vezes, para a solução de representações erradas entre interfaces de projeto é mais vantajoso remodelar completamente aquilo que já foi feito a fazer somente as adaptações necessárias. O autor destaca que o problema não é tão grave entre as disciplinas de estrutura e arquitetura porque a parametrização dos elementos facilita modificações, porém a disciplina de instalações exige um retrabalho muito mais dependente da qualidade do processo executado anteriormente e da maturidade dos profissionais envolvidos na compatibilização, o que influenciará grandemente o tempo e o custo das soluções propostas.

Won, Cheng e Lee (2016) quantificaram o volume de resíduos que deixou de ser produzido devido ao emprego da tecnologia BIM em dois empreendimentos sul coreanos. Dados acerca de erros identificados precocemente e suas possíveis implicações em retrabalhos em campo foram usados como material de pesquisa. Os autores destacaram especialmente a identificação de incompatibilidades e a revisão de projetos como os principais responsáveis pela redução de desperdícios proporcionada pela construção virtual.

No citado trabalho, com base em erros que dificilmente seriam identificados sem o BIM e suas possíveis implicações em retrabalhos no campo, foi estimada uma redução de 15% no volume de resíduos gerado em um grande edifício residencial sul-coreano devido ao emprego da tecnologia de modelagem virtual, especialmente no que se refere ao material concreto. Considerando as taxas locais de operação e disposição final dos resíduos, a estimativa de economia financeira no estudo de caso foi superior a 23 mil dólares.

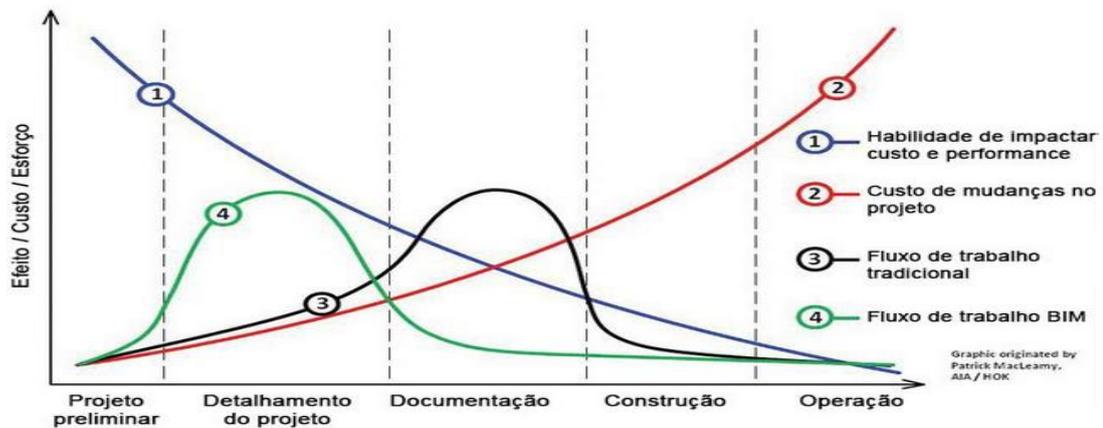
O termo “virtual waste” foi utilizado por Liu (2011) para descrever o desperdício estimado na fase de projeto. A expressão se opõe ao chamado “actual waste”, resíduo físico realmente produzido em campo. A análise virtual representa um interessante recurso para a eliminação e/ou redução do desperdício em sua origem, permitindo a adoção de metas para a geração de resíduos no que se refere à quantidade produzida e gestão adequada.

Liu (2014) sugere que fabricantes e fornecedores desenvolvam seus próprios bancos de dados modelados, de forma a permitir um processo em três dimensões para especificações de materiais a serem usados diretamente no BIM, favorecendo a coordenação das atividades construtivas.

A implantação da metodologia de construção virtual exige investimentos na compra de softwares e qualificação profissional, o que representa um fator limitante para a abordagem da tecnologia para muitos profissionais. Entretanto, algumas empresas já começam a requerer conhecimentos de BIM como um fator decisivo para a contratação de serviços.

Uma abordagem interessante acerca da modelagem virtual em comparação às práticas construtivas convencionais é a chamada curva de MacLeamy, Figura 10. A representação relaciona os fluxos de trabalho com método tradicional e com o uso do BIM. Nesta curva, quatro linhas são utilizadas para representar o fluxo de trabalho tradicional, o fluxo de trabalho em BIM, a capacidade da equipe de impactar no custo e desempenho ao longo da vida do projeto, e, por fim, o custo das mudanças no projeto.

Figura 10 – Curva de MacLeamy



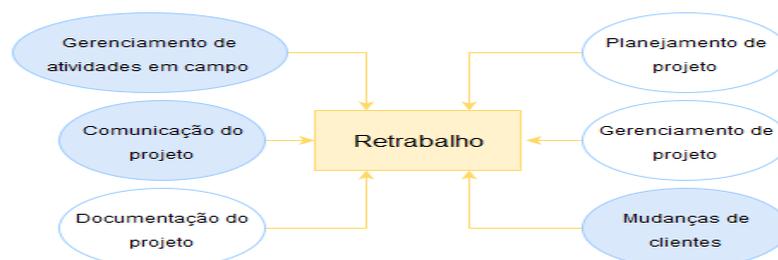
Fonte: Patrick MacLeamy, via Engenhaeriaeetc.

É possível perceber que o avanço do projeto é acompanhado pelo aumento no custo para alterações, e pela redução da habilidade da equipe de impactar no custo e desempenho do projeto executado.

Pelo método tradicional baseado em projetos 2D, um maior trabalho é realizado durante a documentação do projeto, enquanto com o uso do BIM isso ocorre na fase de detalhamento. A justificativa para isso é que no BIM o modelo tridimensional permite que grande parte da documentação seja extraída automaticamente da representação virtual, diminuindo custos e erros. Dessa forma, torna-se possível realizar modificações de forma mais versátil e a um custo reduzido.

De acordo com Love *et al.* (2009), o retrabalho tem sido apontado como a principal causa de atrasos de cronogramas e da elevação de custos nas obras. Utilizando a metodologia de caminhos e analisando diferentes construções, os autores concluíram que problemas no gerenciamento das atividades em campo, na comunicação do projeto e mudanças dirigidas por clientes contribuem especialmente para a ocorrência de retrabalho, conforme Figura 11.

Figura 11 – Causas de retrabalho

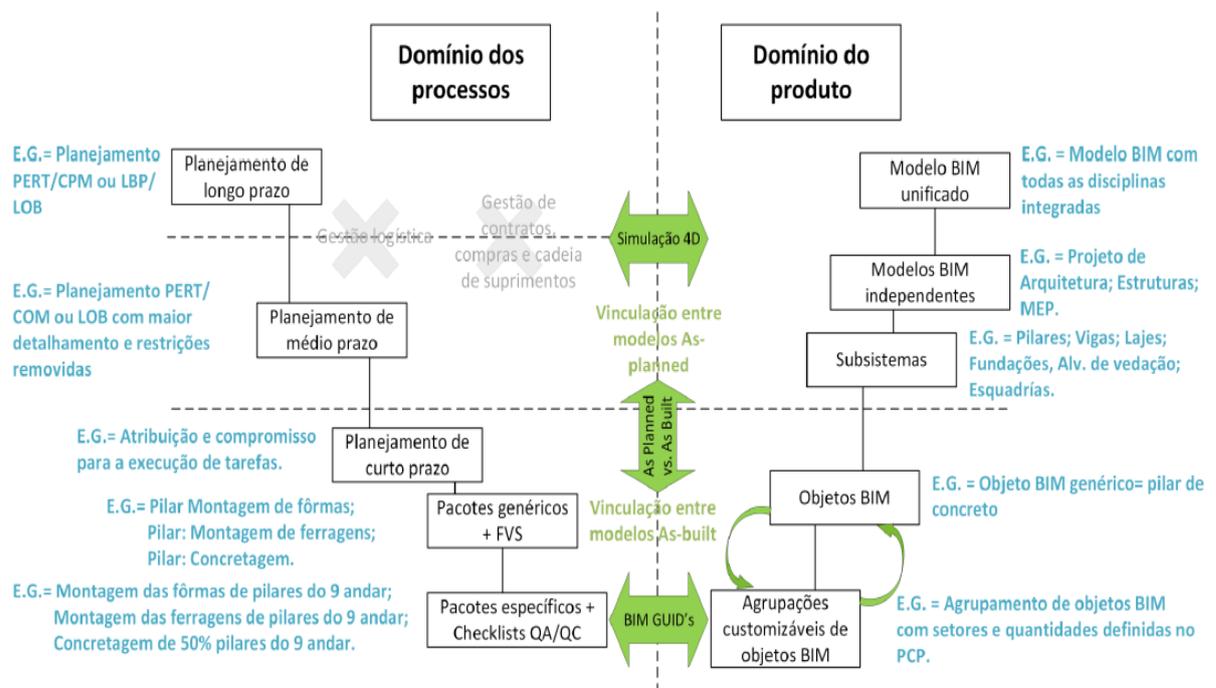


Fonte: Traduzido e adaptado de Love *et al.* (2009).

A ocorrência de retrabalho pode ser relacionada à ocorrência de desperdícios em campo, uma vez que serão empregados mais materiais, tempo e recursos na correção de erros. Esta é uma importante área na qual o BIM poderia contribuir, através de uma maior quantidade e qualidade de informações obtidas desde a concepção do projeto e pelo acompanhamento dinâmico das etapas construtivas.

Conforme apresentado por Formoso (2016), Figura 12, existe uma integração entre os processos construtivos e o produto produzido em BIM desde atividades específicas até planejamentos de longo prazo.

Figura 12 – Domínios dos processos x Domínio do produto



Fonte: FORMOSO, C. T. (CONENX 2016).

### 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada no presente trabalho baseou-se especialmente em duas diferentes propostas: incluiu a elaboração e aplicação de um questionário, bem como a realização de um estudo de caso. Coletou-se ainda a opinião de dois profissionais norte-americanos com experiência na aplicação da modelagem computacional sobre a relação entre a tecnologia e a redução de desperdícios.

A distribuição do questionário ocorreu durante o VII Seminário Internacional sobre Construção Enxuta (CONENX 2016), com o tema “Lean, BIM e Green: a integração de conceitos e práticas”. Enquanto o estudo de caso considerou as incompatibilidades de projeto encontradas na modelagem em software BIM de um edifício residencial realizada por uma empresa de consultoria em Lean e BIM de Fortaleza.

#### 3.1 Questionário

O questionário foi elaborado para obtenção de um diagnóstico sobre as percepções dos participantes sobre principais causas de desperdício, práticas de redução de resíduos e a aplicação da modelagem computacional.

As perguntas de pesquisa foram elaboradas com base em quatro publicações, as quais se utilizaram de questionários para análises de temas semelhantes ao proposto neste estudo. Foram escolhidas duas fontes internacionais, a primeira delas foi o trabalho de Osmani, Glass e Price (2006) em seu artigo sobre as atitudes de arquitetos e construtores para a minimização de resíduos, enquanto a segunda foi a tese de doutorado apresentada por Liu (2014) sobre a minimização de resíduos auxiliada pelo BIM. Como fontes nacionais, utilizou-se a pesquisa da Editora Pini sobre o uso do BIM entre arquitetos e engenheiros, realizada em 2013, e o artigo de Dantas Filho *et al.*, publicado em 2015, sobre a adoção do BIM em empresas de arquitetura, engenharia e construção de Fortaleza.

A pesquisa foi dividida em cinco categorias: 1) informações preliminares, 2) benefícios BIM, 3) causas de desperdício, 4) práticas de minimização de desperdícios, e 5) BIM x desperdício. Buscou-se inicialmente identificar a atuação dos participantes e o emprego ou não da tecnologia BIM em suas atividades. As questões seguintes abordam as percepções do público pesquisado acerca de temáticas ligadas ao desperdício do setor da construção e à sua relação com a tecnologia BIM, na tentativa de diagnosticar o cenário atual sobre a preocupação com a geração de resíduos e a incorporação da modelagem virtual.

Tendo em vista o aspecto de que um questionário muito longo causa cansaço e desinteresse entre os respondentes, enquanto um muito curto pode não oferecer informações suficientes, optou-se pela elaboração de 10 questões, estas foram ordenadas de acordo com suas categorias temáticas, conforme expresso na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Categorias de perguntas

<b>Tema</b>	<b>Número de Questões</b>
Informações Preliminares	2
Benefícios BIM	2
Causas de desperdício	2
Práticas de minimização de desperdícios	1
BIM X desperdício	3

Fonte: Elaborada pela autora

À exceção das perguntas preliminares, sobre a profissão e a familiaridade dos pesquisados com a proposta BIM, as demais perguntas buscaram identificar o grau de importância atribuído aos benefícios esperados com a implantação da tecnologia, bem como aos fatores que contribuem para desperdícios e às atitudes redutoras do mesmo, tanto as propostas tradicionalmente quanto aquelas que consideram o uso do BIM. O grau de importância variou em ordem crescente e na escala de 1 a 5.

A distribuição do questionário aconteceu nos dias 6 e 7 de outubro durante o CONENX 2016. O tema deste seminário, “Lean, BIM e Green: a integração de conceitos e práticas”, proporcionou a reunião de um público interessado em novas metodologias construtivas e aplicação do BIM. Assim, participaram da pesquisa profissionais e estudantes de graduação e pós-graduação envolvidos na indústria da construção civil. Optou-se por distribuir o questionário após duas palestras sobre BIM, a fim de estabelecer uma conexão entre os dados expostos pelos palestrantes e as respostas escolhidas na pesquisa.

Uma vez que a situação idealizada da eficiência total de materiais e métodos é dificilmente alcançada, a identificação das causas de desperdícios na construção foi uma das questões abordadas pela pesquisa, tendo em vista seu papel essencial na tentativa de minimizar a produção de resíduos.

Na elaboração das perguntas, foram elencadas as causas mais recorrentes citadas na literatura sobre o desperdício na indústria da construção, bem como os potenciais benefícios do BIM em geral. A pesquisa tentou identificar as aspirações do mercado ao adotar a tecnologia, indicando os benefícios esperados segundo uma hierarquia de prioridades.

Com base nas respostas dos questionários, espera-se identificar as práticas de combate ao desperdício que estão sendo mais utilizadas atualmente, considerando a crescente preocupação com a sustentabilidade e com o uso inteligente de materiais.

Espera-se ainda verificar se já existe uma visão entre o público pesquisado acerca do potencial do BIM como influenciador na minimização de resíduos na cadeia construtiva, desde seus projetos iniciais até sua execução em campo. O modelo do questionário utilizado neste trabalho está representado no Apêndice A.

### **3.2 Estudo de caso**

O estudo de caso buscou relacionar a redução de resíduos proporcionada pelo BIM à identificação de incompatibilidades capaz de evitar a necessidade de correção de falhas futuras.

Os dados utilizados no presente trabalho foram obtidos através de uma empresa localizada na cidade de Fortaleza, responsável por realizar a modelagem BIM, utilizando os softwares Revit e Navisworks, da empresa AUTODESK. A empresa presta serviço para diferentes construtoras e incorporadoras no país e forneceu os relatórios de incompatibilidade de projetos de um dos seus empreendimentos. O projeto modelado consistiu em um edifício residencial de 21 pavimentos e foi escolhido aleatoriamente.

Durante a modelagem foi realizada uma análise extensa incluindo onze disciplinas envolvidas na execução do novo edifício, a saber: arquitetura, estrutura, sanitária, hidráulica, elétrica, incêndio, gás, ar condicionado, telefone, águas pluviais e TV. A modelagem foi feita antes da execução em campo. Ainda na fase de projetos para compatibilização dos mesmos.

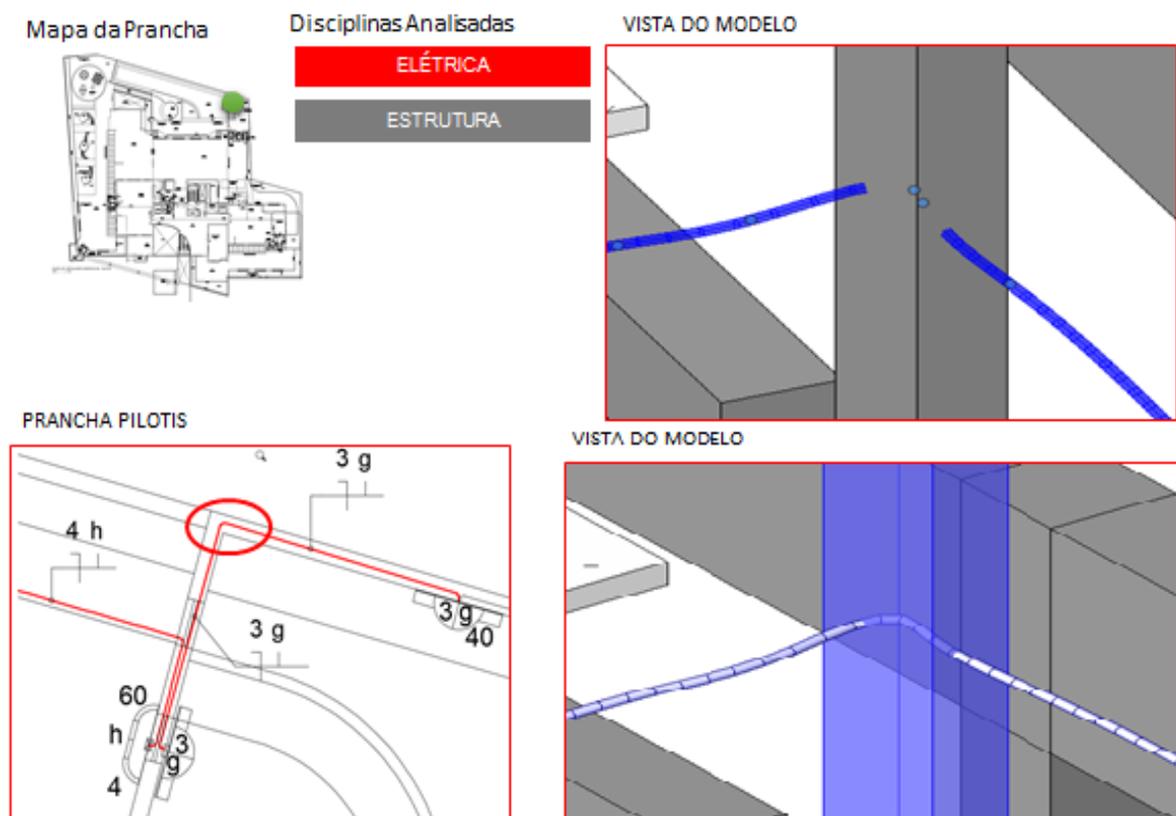
Na empresa os projetos são recebidos em AUTOCAD e é feita a modelagem no Revit, com os elementos parametrizados. Primeiro modela-se a estrutura, seguida pela arquitetura, então é realizada uma compatibilização preliminar da arquitetura com a estrutura, para que haja finalmente a modelagem das instalações e a compatibilização final. As compatibilizações são feitas no software Navisworks.

Foram disponibilizados nove relatórios de interferências em formato Power Point. Cada *slide* descrevia uma inconsistência encontrada na modelagem indicando as disciplinas envolvidas, as pranchas utilizadas e o pavimento correspondente. Em algumas situações existiam ainda observações da empresa referentes aos ajustes necessários e orientações promovidas pelo próprio cliente após reunião para a discussão dos erros encontrados.

A empresa classifica as incompatibilidades encontradas ao longo do processo em três níveis distintos: inconsistência verde, quando é feita uma sugestão de solução a ser confirmada pelo cliente; inconsistência laranja, quando existe uma pendência localizada a ser resolvida pelo cliente; e inconsistência vermelha, quando existe uma pendência a ser resolvida pelo cliente que inviabiliza a continuação dos trabalhos, provocando a suspensão da modelagem. Os níveis das inconsistências, no entanto, não foram considerados nesta análise.

O emprego de imagens em duas e em três dimensões, obtidas pelo software Revit, aliado à representação de mapas de localização de *clash*, forneceram uma descrição mais completa das interferências, conforme mostrado na Figura 13.

Figura 13 – Exemplo de representação de interferência entre eletroduto e pilar

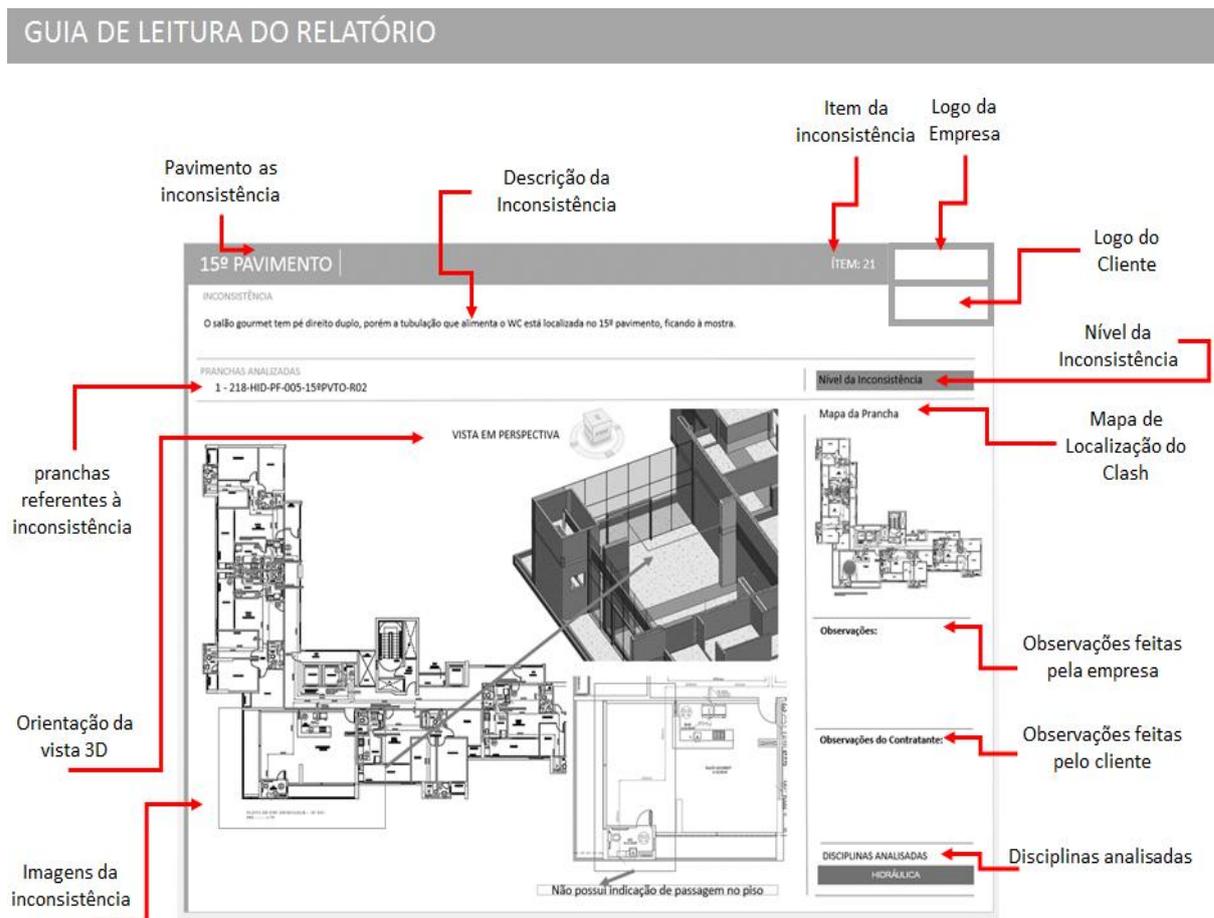


Fonte: Empresa responsável pela modelagem virtual

Considerando o consenso na literatura de que parte do desperdício de materiais de construção pode ser evitada através da detecção precoce de incompatibilidades proporcionada pelo BIM, será verificada a quantidade e os tipos de interferências construtivas identificadas nesse projeto.

Os slides utilizados para a contabilização das incompatibilidades neste trabalho foram elaborados segundo um padrão estabelecido pela empresa. Assim, a compreensão dos dados e a apresentação dos mesmos aos clientes durante as reuniões para a discussão dos problemas encontrados ocorrem de forma facilitada. O guia de leitura do relatório, expresso na Figura 14, orienta os envolvidos e interessados no processo de modelagem na visualização mais rápida dos erros.

Figura 14 – Guia de Leitura de Relatório de Modelagem BIM



Fonte: Empresa responsável pela modelagem virtual

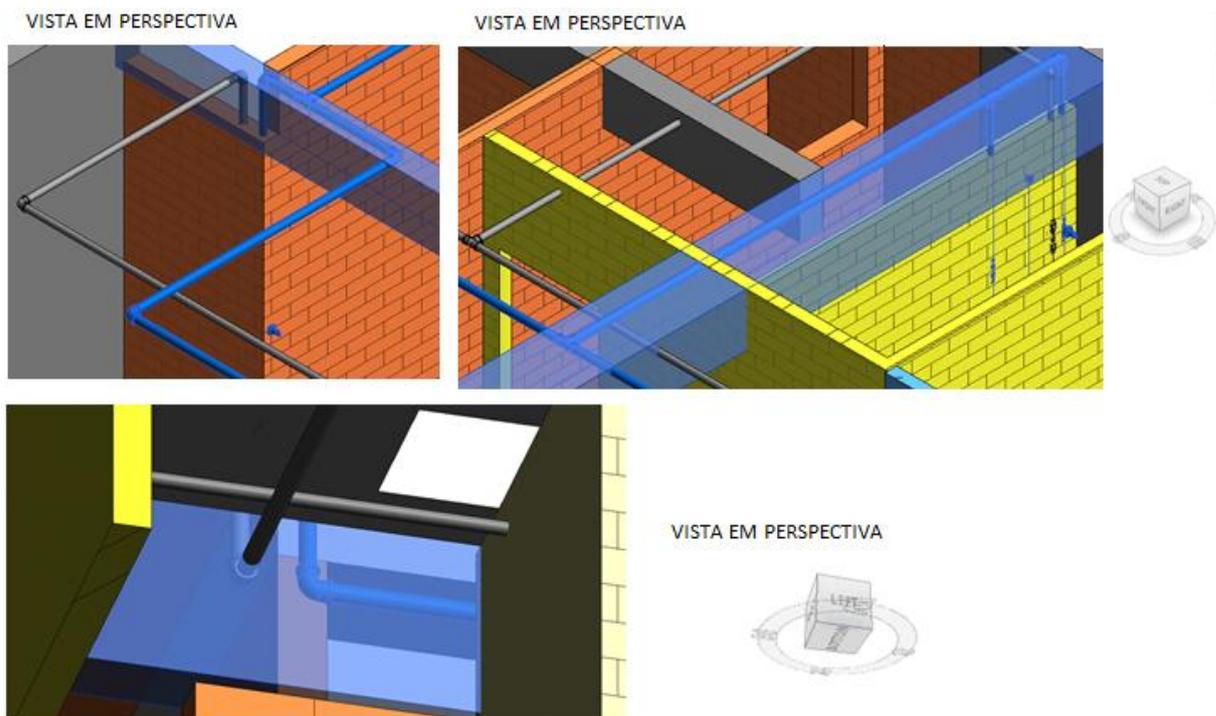
Conforme Lee, Park e Won (2012), diversos estudos apontam a relação entre problemas nos projetos e a ocorrência de retrabalhos em campo. Assim, um grande número de inconsistências aumenta as chances da necessidade de retrabalhos, levando a atrasos no cronograma, a maiores custos com funcionários e materiais, e conseqüentemente a maiores desperdícios.

Os erros detectados pela modelagem BIM neste estudo de caso, de acordo com suas características individuais, serão classificados adotando-se o modelo proposto por Lee, Park e Won (2012) em três categorias distintas como:

- i) Erros de design ilógico;
- ii) Erros de discrepância entre desenhos;
- iii) Erros de omissão de itens.

O erro por design ilógico ocorre por interferências entre elementos do projeto, podendo ser exemplificado por interferências entre tubulações e vigas identificadas durante o processo de compatibilização para projetos de estrutura, arquitetura e hidráulica, Figura 15. Na representação, há várias interferências entre tubulações e vigas da laje da cobertura.

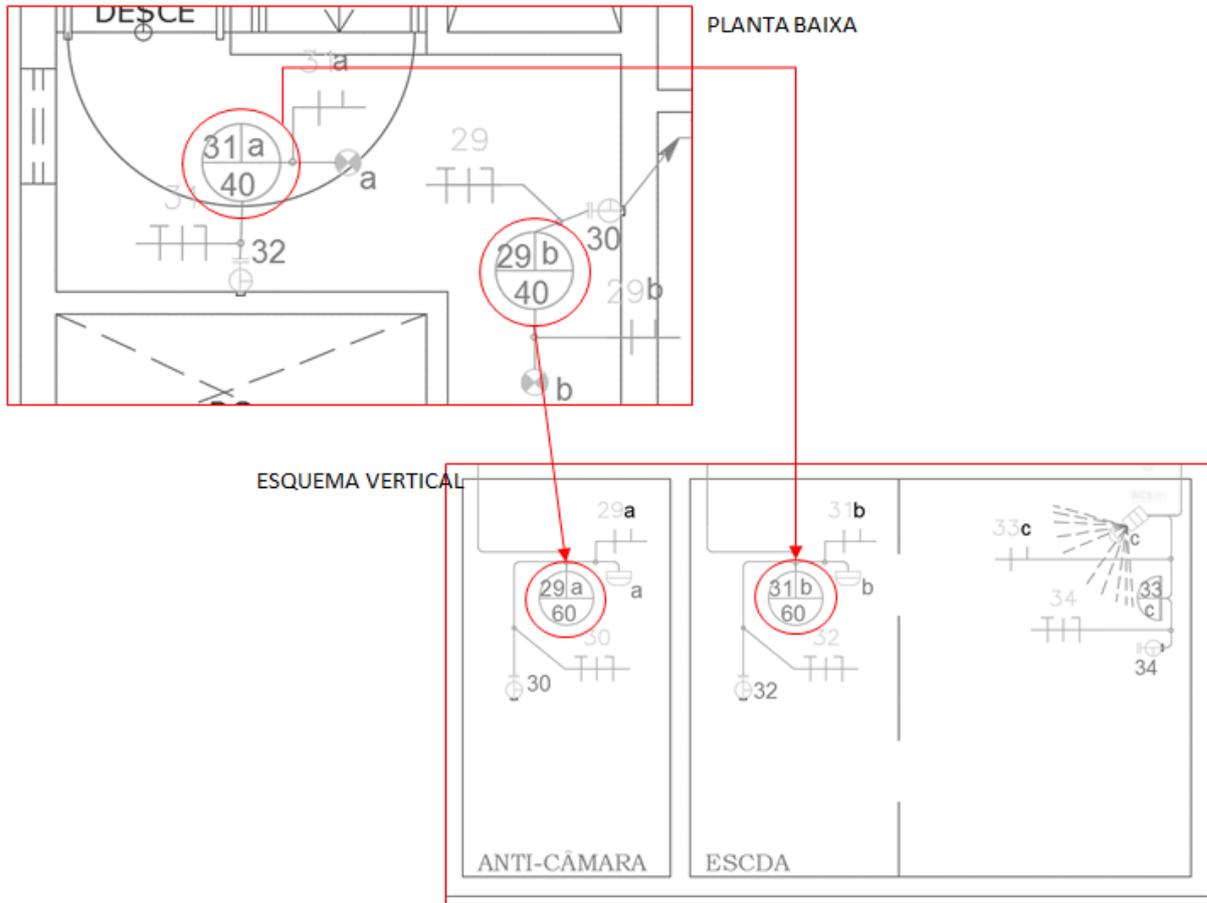
Figura 15 – Representação de erro por design ilógico (Erro tipo 1)



Fonte: Empresa responsável pela modelagem virtual

O erro por discrepância entre desenhos ocorre por divergências acerca da representação de um mesmo elemento em projetos diferentes, podendo ser exemplificado pelas indicações do esquema vertical da escada que não condizem com as representações dos detalhes que estão em planta baixa, Figura 16.

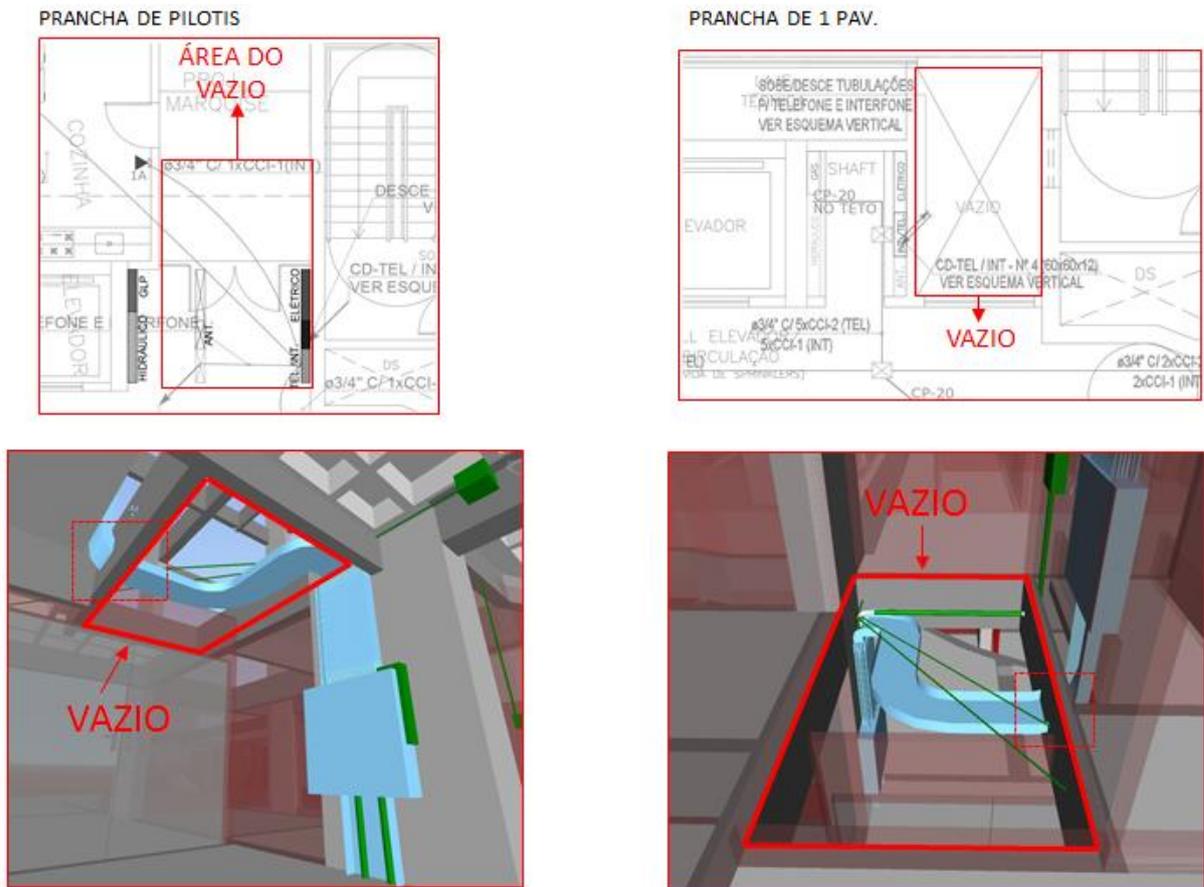
Figura 16 – Representação de erro por discrepância entre desenhos (Erro tipo 2)



Fonte: Empresa responsável pela modelagem virtual

O erro por omissão de itens caracteriza-se quando não são disponibilizadas informações suficientes para a correta execução no canteiro. Como exemplo de erro por omissão de item, tem-se a inconsistência mostrada na Figura 17, onde uma calha, prevista pelo projeto elétrico, e eletrodutos de telefone passam por um vazio. O problema foi causado pela omissão nos projetos de arquitetura e estrutura da representação da laje no local.

Figura 17 – Representação de erro por omissão de item (Erro tipo 3)



Fonte: Empresa responsável pela modelagem virtual

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Questionário

De acordo com a organização do CONENX 2016, houve cerca de 150 participantes inscritos. Foram distribuídos ao todo 116 questionários durante o primeiro dia do evento, dos quais 56 foram recebidos preenchidos. A taxa de resposta foi de 48% e contou com a participação de 21 profissionais graduados e 35 estudantes, conforme a Tabela 3 a seguir.

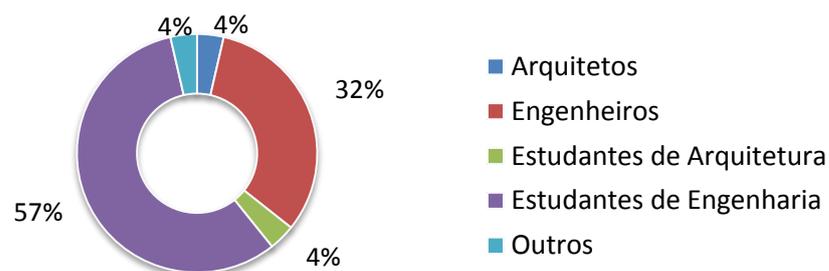
Tabela 3 – Descrição dos participantes da pesquisa

<b>Profissionais</b>	
Arquitetos	2
Engenheiros	18
Técnico em Edificações	1
<b>Estudantes</b>	
Arquitetura	2
Engenharia	32
Gestão Ambiental	1
<b>Total de participantes</b>	<b>56</b>

Fonte: Elaborada pela autora

As informações preliminares apontaram que 89% dos pesquisados foi formado por estudantes de engenharia e por engenheiros, havendo ainda a participação de arquitetos, um técnico de edificações, estudantes do curso de arquitetura e um de gestão ambiental. O público identificado, cuja distribuição percentual é mostrada na Figura 18, correspondeu ao esperado, tendo em vista o tema do evento, “Lean, BIM e Green: a integração de conceitos e práticas”.

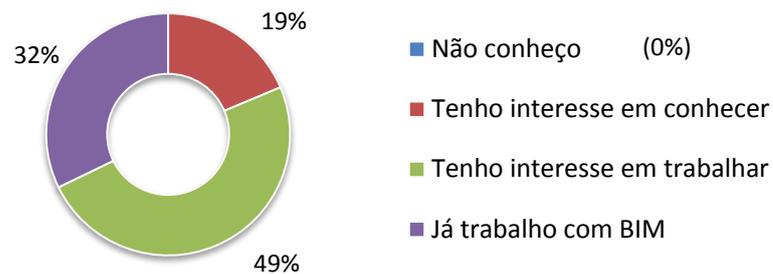
Figura 18 – Distribuição percentual dos participantes



Fonte: Elaborada pela autora

Para identificar sua familiaridade com relação à tecnologia BIM, os participantes deveriam escolher uma das quatro opções sobre o tema: “não conheço”, “tenho interesse em conhecer”, “tenho interesse em trabalhar com essa tecnologia”, e “já trabalho com BIM”. Todos os pesquisados revelaram já ter conhecimento do assunto. A distribuição percentual das respostas está expressa na Figura 19.

Figura 19 - Conhecimento dos participantes acerca do BIM

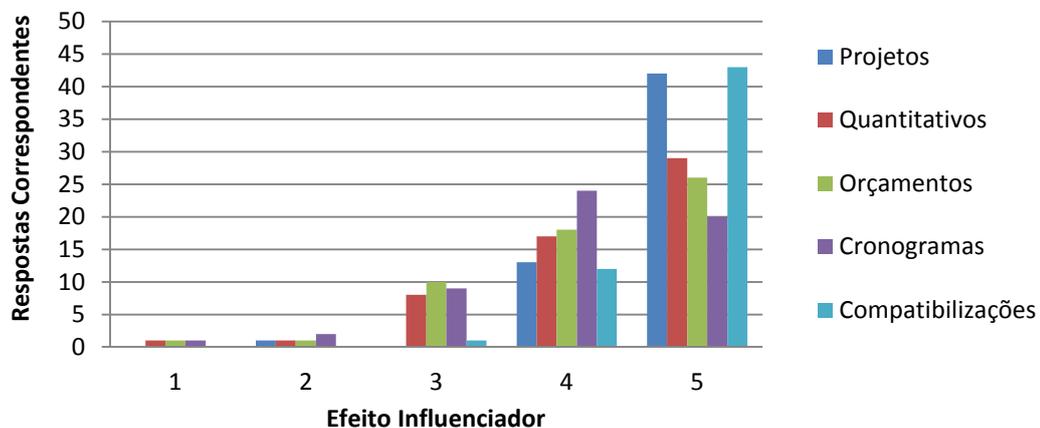


Fonte: Elaborada pela autora

Mais de 50% dos profissionais e 26% dos estudantes afirmaram já trabalhar com o processo de modelagem de informação da construção, enquanto o restante expressou interesse de fazer uso da filosofia no futuro.

Quando perguntados sobre o efeito positivo do BIM em aspectos do planejamento construtivo de um novo empreendimento, a maioria das pessoas destacou os benefícios do processo para a elaboração de projetos e as compatibilizações destes, seguido pela geração de quantitativos, de orçamentos e, por último, cronogramas, Figura 20.

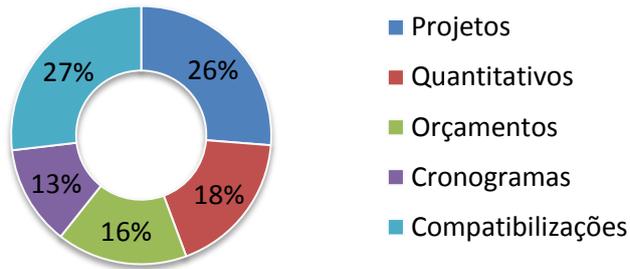
Figura 20 – Efeito benéfico do BIM para o planejamento construtivo



Fonte: Elaborada pela autora

Quando analisadas apenas as atribuições de efeito máximo (5), a contribuição benéfica do BIM foi atribuída especialmente às compatibilizações (27%) e ao desenvolvimento de projetos (26%), conforme Figura 21. Indicando uma maior expectativa por vantagens nesses dois quesitos tanto por parte dos profissionais como dos estudantes.

Figura 21 – Efeito Benéfico do BIM para planejamento executivo

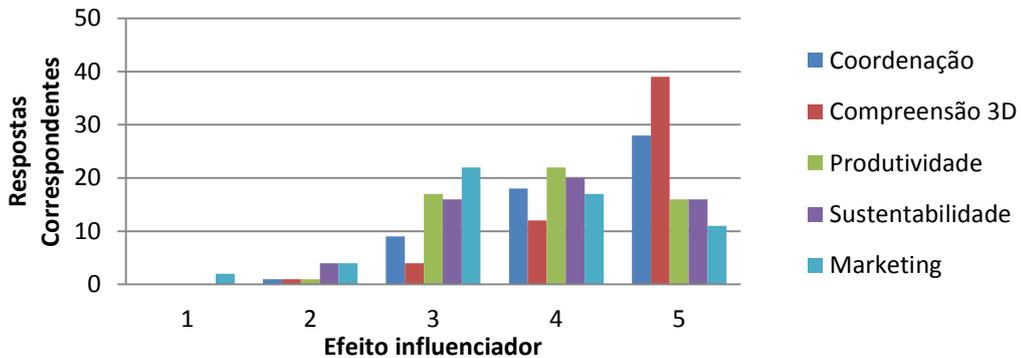


Fonte: Elaborada pela autora

Quando perguntados sobre os efeitos positivos do BIM para aspectos executivos de novos empreendimentos, o destaque entre os respondentes foi para a melhor compreensão 3D, seguido pela melhor coordenação de atividades, que apresentaram os maiores picos de respostas na categoria de efeito máximo (5). A interferência em questões de produtividade e sustentabilidade é vista de forma mais equilibrada, com respostas variando quase igualmente entre os valores 3 e 5. O marketing do empreendimento seria o aspecto menos influenciado pelo uso do BIM segundo os pesquisados.

A Figura 22 reproduz as a classificação considerada pelos participantes sobre os benefícios da modelagem durante a fase de execução.

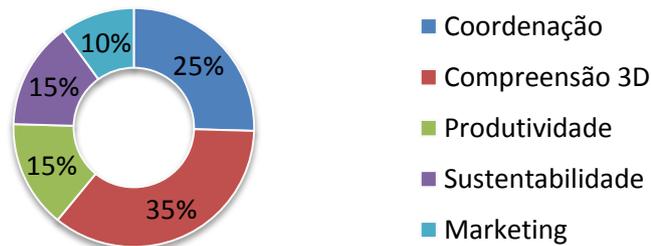
Figura 22 – Efeito benéfico do BIM para a execução de um empreendimento



Fonte: Elaborada pela autora

Quando analisadas apenas as atribuições de efeito máximo (5), a contribuição benéfica do BIM foi relacionada especialmente à compreensão 3D (35%) e à coordenação de projetos (25%), conforme Figura 23. Aspectos referentes à produtividade e à sustentabilidade da obra corresponderam a iguais 15% das respostas, enquanto o marketing foi citado como um setor bastante influenciado pelo BIM para 10% dos participantes.

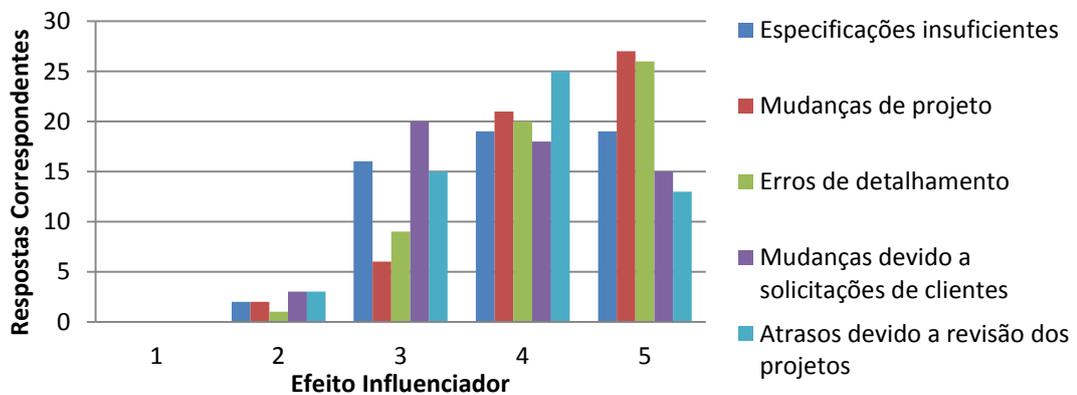
Figura 23 – Atividades mais influenciadas pelo BIM na fase executiva



Fonte: Elaborada pela autora

As causas de geração de resíduos são diversas e ocorrem ao longo de toda a cadeia construtiva, incluindo o planejamento inicial. Com relação a fatores anteriores à execução em campo responsáveis por contribuir para geração de desperdícios, destacaram-se cinco: especificações insuficientes, mudanças de projeto, erros de detalhamento, mudanças devido a solicitações de clientes e atrasos devido à revisão de projetos. A influência dessas questões para o desperdício de materiais foi classificada na escala de efeito crescente de 1 a 5 pelos participantes da pesquisa, conforme a Figura 24.

Figura 24 – Causas de desperdícios anteriores à execução em campo

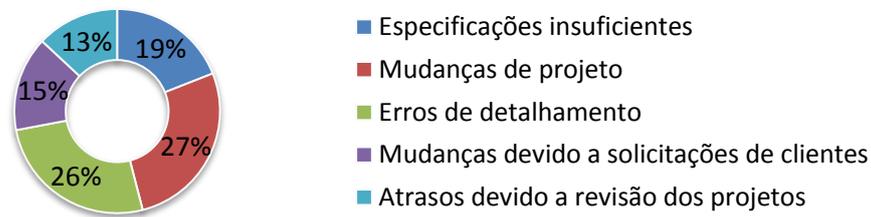


Fonte: Elaborada pela autora

Mudanças de projeto e erros de detalhamento foram apontados pelos participantes da pesquisa como os principais contribuintes para a geração de resíduos, seguidos por especificações insuficientes, mudanças solicitadas por clientes e, por fim, atrasos com a revisão de projetos.

Quando analisadas apenas as atribuições de efeito máximo (5), as causas de desperdício foram atribuídas especialmente a mudanças de projeto (27%) e a erros de detalhamento (26%), conforme Figura 25.

Figura 25 – Principais causas de desperdício anteriores à execução em campo

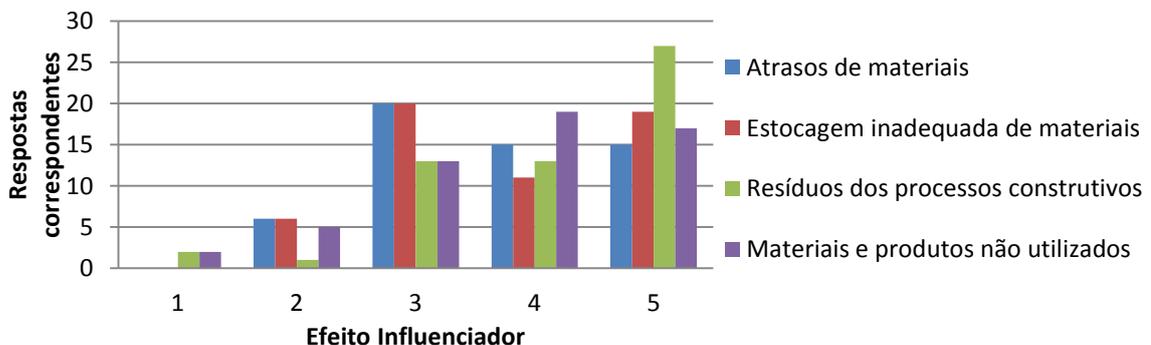


Fonte: Elaborada pela autora

Com relação aos aspectos relacionados ao desperdício no canteiro de obras, os participantes classificaram a influência de quatro aspectos: atrasos de materiais, estocagem inadequada de materiais, resíduos gerados nos processos construtivos e materiais/produtos não utilizados.

A principal causa da geração de resíduos no canteiro de obras foi atribuída à natureza dos processos construtivos, que concentrou o maior número de respostas com maior potencial de influência especialmente entre participantes graduados, Figura 26.

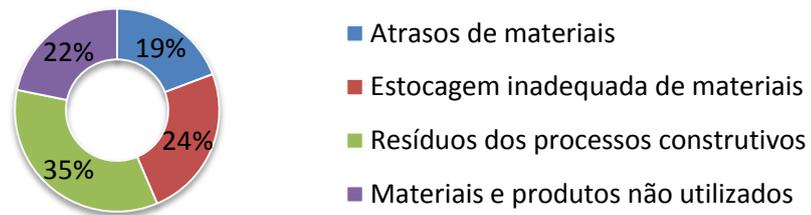
Figura 26 – Principais causas de desperdício no canteiro



Fonte: Elaborada pela autora

Quando analisadas apenas as atribuições de efeito máximo (5), as causas de desperdício no canteiro foram atribuídas especialmente aos processos construtivos com um percentual de 35%. A estocagem inadequada de materiais correspondeu a 24%, enquanto o efeito atribuído à não-utilização de produtos foi de 22% e aos atrasos de materiais foi de 19%, conforme Figura 27.

Figura 27 – Causas de desperdício no canteiro de obras

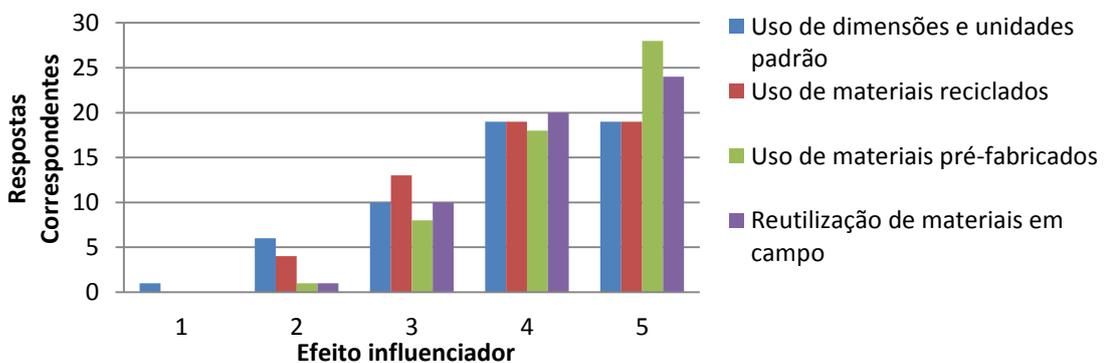


Fonte: Elaborada pela autora

É interessante ressaltar, no entanto, que o resultado geral obtido para as duas causas menos influenciadoras de desperdício foi diferente entre as categorias do público pesquisado. Para os profissionais os atrasos de materiais são mais responsáveis por gerar resíduos do que a não utilização de materiais em campo.

O questionário abordou ainda ações de combate ao desperdício que são adotadas atualmente. A classificação das propostas redutoras foi feita de acordo com o efeito de positivo do uso de dimensões e unidades padrão, materiais reciclados, pré-fabricados e reutilizados variando progressivamente na escala de 1 a 5. A avaliação feita pelos participantes está expressa na Figura 28.

Figura 28 – Propostas tradicionais para a minimização de resíduos



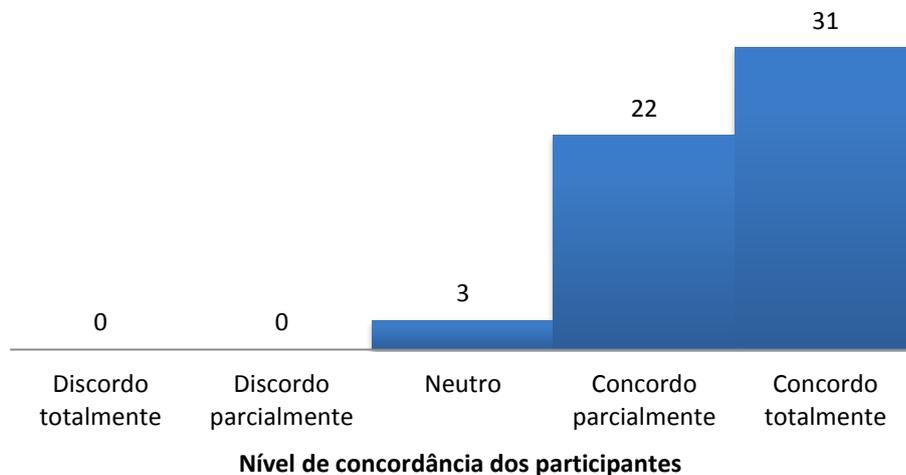
Fonte: Elaborada pela autora

O uso de materiais pré-fabricados destacou-se como a proposta mais eficiente para evitar a geração de resíduos, seguida pela reutilização dos materiais em campo, pelo uso de materiais reciclados e, por fim, pelo uso de dimensões e unidades padrão.

Mais uma vez, no entanto, houve uma divergência de opinião entre o público pesquisado. O resultado geral, citado anteriormente, refletiu a classificação da maioria dos estudantes. Para profissionais, o uso de dimensões padrão corresponde ao segundo meio mais eficiente para se evitar desperdícios, enquanto reutilização de materiais em campo e uso de materiais reciclados aparecem em terceiro e quarto lugares, respectivamente.

Após as questões acerca das potencialidades do BIM, causas de desperdício e propostas de minimização deste, os participantes responderam à seguinte questão: “Você acredita que o BIM contribui ou pode contribuir para a redução de desperdícios em uma obra?”. As opções de resposta variavam segundo grau de concordância em: discordo totalmente, discordo parcialmente, neutro, concordo parcialmente e concordo totalmente, Figura 29.

Figura 29 – O BIM pode contribuir para a redução de desperdícios na obra?

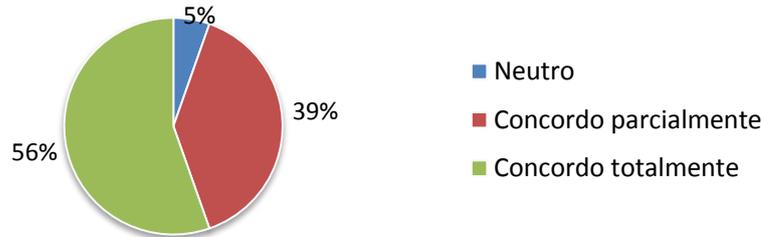


Fonte: Elaborada pela autora

A maioria dos participantes da pesquisa mostrou-se favorável à ideia de que o BIM pode ser útil para a minimização de desperdícios. Não houve discordância por parte de nenhum dos respondentes e três pessoas optaram pela neutralidade na resposta, entre elas dois estudantes e um graduado.

A distribuição percentual das respostas fornecidas à questão está expressa na Figura 30. Ao todo 56% do público pesquisado tem total confiança no papel do BIM como um agente minimizador de resíduos.

Figura 30 – O BIM pode contribuir para a redução de desperdícios em uma obra?

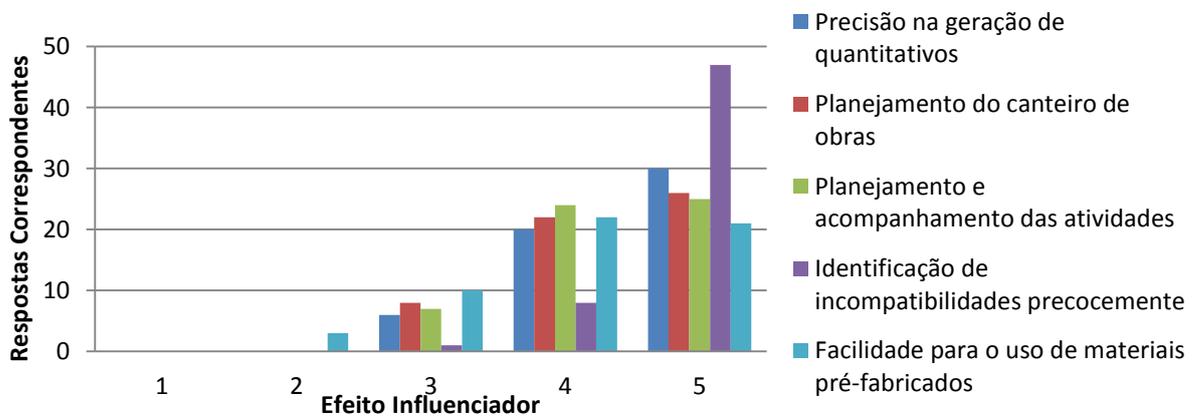


Fonte: Elaborada pela autora

Com relação às ferramentas BIM de redução de desperdícios na construção, os participantes classificaram a influência de cinco aspectos: precisão na geração de quantitativos, planejamento do canteiro de obras, planejamento e acompanhamento de atividades, identificação de incompatibilidades precocemente, e facilidade para o uso de materiais pré-fabricados.

A identificação de incompatibilidades de forma precoce foi considerada a principal ferramenta BIM para minimizar resíduos, enquanto a facilidade gerada para o uso de pré-moldados foi a menos efetiva segundo os pesquisados, Figura 31.

Figura 31 - Ferramentas BIM para a redução de desperdícios na construção

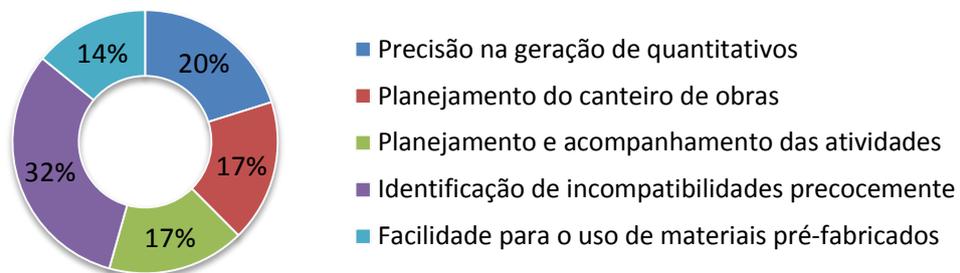


Fonte: Elaborada pela autora

Apesar de o uso de pré-fabricados ter sido considerado como a ferramenta menos efetiva entre os itens propostos, sua efetividade já foi explorada na literatura, representando uma economia na produção de resíduos de cerca de 52% em obra residencial de Hong Kong, JAILLON (2009).

Quando analisadas apenas as atribuições de efeito máximo (5), as ferramentas BIM foram classificadas segundo sua efetividade na ordem: precisão de quantitativos (20%), planejamento do canteiro (17%), planejamento e acompanhamento de atividades (17%), identificação precoce de incompatibilidades (32%), e facilidade para o uso de materiais pré-fabricados (14%), conforme Figura 32.

Figura 32 - Ferramentas BIM para a minimização de resíduos

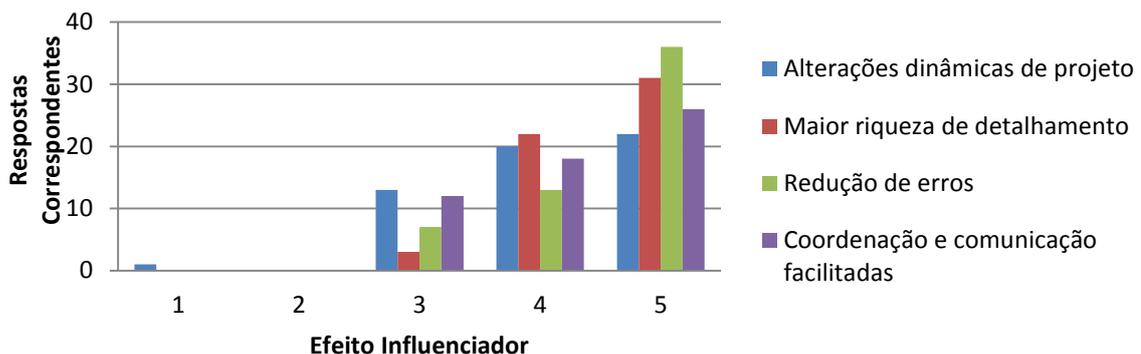


Fonte: Elaborada pela autora

Com relação às aplicações BIM a fim de reduzir desperdícios na construção, os participantes classificaram a influência de quatro fatores: alterações dinâmicas de projeto, maior riqueza de detalhamento, redução de erros, e coordenação/comunicação facilitada.

A aplicação do BIM de forma mais efetiva apontada foi relativa à redução de erros, seguida pela maior riqueza de detalhes, pela coordenação/comunicação mais fácil, e então pelas alterações dinâmicas de projeto, Figura 33.

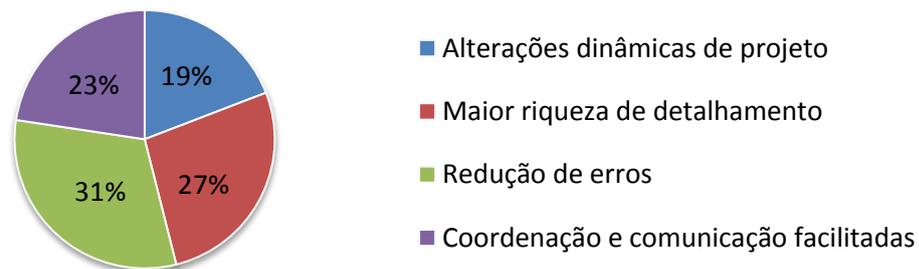
Figura 33 - Aplicações BIM para a minimização de resíduos



Fonte: Elaborada pela autora

Quando analisadas apenas as atribuições de efeito máximo (5), os maiores efeitos benéficos do BIM foram atribuídos à redução de erros, com um percentual de 31%. A maior riqueza de detalhamento correspondeu a 27%, enquanto o efeito atribuído à coordenação e comunicação facilitadas foi de 23% e às alterações dinâmicas de projeto foi de 19%, conforme a Figura 34.

Figura 34 - Maior efeito benéfico do BIM



Fonte: Elaborada pela autora

É importante ressaltar que uma desvantagem apresentada pelo uso do questionário foi a de limitar as respostas possíveis. Apesar de terem sido elencadas as respostas mais recorrentes observadas na literatura, o público pesquisado não pôde contribuir com suas próprias ideias e opiniões nesse sentido, estando limitado às opções fornecidas na pesquisa.

#### 4.2 Opiniões internacionais sobre o tema

Tendo em vista a relevância do tema de acordo com uma visão externa, dois profissionais norte-americanos experientes na utilização do BIM responderam à seguinte pergunta:

"A indústria da construção é responsável pela geração de grandes quantidades de resíduos. Hoje, os principais esforços mitigadores nesse sentido referem-se ao desperdício real, que já foi produzido em campo (como reuso e reciclagem de materiais). Como o senhor avalia o potencial do BIM como agente redutor de desperdício, quando adotado desde as fases de projeto de um novo empreendimento, atuando na identificação precoce de erros e redução do retrabalho em campo?"

O conteúdo original das respostas está expresso a seguir.

When viewed as a whole, the emergence of virtual design through to construction leveraging tools and processes such as building information modeling, the industry has seen a large scale reduction in waste throughout the design and construction. Mostly in terms of better coordinated materials and information such as construction documents. Large volumes of drawings do not have to be printed, reviewed and revised on many projects during the design phase and managing design information virtually has become the standard operating procedure for more than 80% of design firms in the US. Much of the design information gets coordinated and resolved, many buildings see better design conditions and when modeling is leveraged to the highest degree, materials are prefabricated and fit in place without rework or waste.

Aaron Wright

Professor Adjunto na Universidade de Auburn, Alabama-EUA  
Fundador do “The Construction Channel” – Birmingham, Alabama-EUA

I love the way you have articulated this question. You are absolutely correct that BIM is an agent for reducing identifying issues and reducing waste....but it is not the solution alone! Disrupting a traditional process and incentive striation like the design to construction handoff requires a balance between the right enabling technology (BIM) and a direct incentive (contract delivery method) to continuously improve the ‘standard’ process. This is not unlike how Uber has been able to disrupt the Taxi service. The enabling technology was't new (the smartphone App), but yet it took several years for uber to cross the adoption tipping point which was not a factor of technology progress but instead social progress. And the same way that Uber is more advanced and reliable in San Francisco than it is in London, you will find that the value of BIM is a direct reflection of the skill sets and incentives of the people who utilize it.

Nathan Wood

Fundador e diretor da SpectrumAEC, Denver, Colorado-EUA

Aaron Wright, professor da disciplina BIM na Universidade de Auburn, cita que a redução de desperdícios proveniente da modelagem virtual pode ser percebida considerando-se o processo construtivo como um todo. Wright destaca a coordenação de materiais e a documentação como pontos importantes afetados positivamente nesse sentido pela tecnologia, que também evita a impressão de pranchas em papel, especialmente para os 80% das firmas de projeto norte-americanas que já fazem da análise virtual um procedimento padrão de operação. O professor refere-se ainda à maior facilidade para o uso de materiais pré-fabricados, os quais contribuem para reduzir retrabalhos e perdas.

Nathan Wood, um dos palestrantes durante o evento CONENX 2016, faz uma interessante comparação entre o BIM e Uber, destacando o caráter social da questão. Assim como o surgimento do aplicativo não anulou a existência dos taxis, o advento da modelagem virtual não invalida o modelo construtivo tradicional, mas surge como uma nova ferramenta de auxílio a engenheiros, arquitetos, construtores e contratantes. Ainda que uma nova tecnologia seja desenvolvida, sua utilização não ocorre de maneira imediata, é necessário que

os profissionais do ramo aceitem a ideia de inovar suas práticas, se adequando progressivamente a uma nova metodologia construtiva e incentivando sua aplicação. Wood destaca ainda que os efeitos benéficos do BIM são percebidos mais efetivamente quando existe um maior domínio de suas práticas entre os profissionais que o estão utilizando.

### 4.3 Estudo de Caso

Neste estudo de caso buscou-se relacionar a geração de resíduos sólidos ao retrabalho futuro provocado por erros de projeto. Assim, a identificação de erros reduz o desperdício. Foram analisados relatórios de inconsistências detectadas no processo de compatibilização de projetos em software BIM (Navisworks) após a modelagem virtual de um edifício residencial em Revit. Ao todo foram identificados 172 erros, entre estrutura, arquitetura e/ou instalações.

Conforme o proposto por Lee, Park e Won (2012), as incompatibilidades foram categorizadas em erros de design ilógico, erros por discrepância entre desenhos e erros por omissão de itens. A Tabela 4 mostra a quantidade de detecções segundo sua categoria.

Tabela 4 – Número de erros por categoria

<b>Número de incompatibilidades detectadas</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>
<b>1</b> Erro de design ilógico	95
<b>2</b> Erro por discrepância entre desenhos	37
<b>3</b> Erro por omissão de itens	40
<b>Total</b>	172

Fonte: Elaborada pela autora

A maior parte das inconsistências, 95, referiu-se ao erro tipo 1, que incluiu choques entre elementos de diferentes projetos. Foram detectadas 37 ocorrências devido ao erro tipo 2, boa parte delas aconteceu na sobreposição de plantas pela utilização errônea de arquivos antigos, cujas alterações de projeto não haviam sido consideradas. O erro tipo 3 foi observado em 40 ocorrências, caracterizando-se pelo fornecimento de informações insuficientes à execução correta em campo.

A Tabela 5 expõe os tipos de erros detectados pela modelagem, sua descrição segundo disciplinas envolvidas, sua recorrência e a percentagem que representam em relação ao total de inconsistências.

Tabela 5 – Descrição de erros por categoria

Descrição	Erro1		Erro2		Erro3	
	Núm.	% do Erro	Núm.	% do Erro	Núm.	% do Erro
Projetos Envolvidos						
Estrutura, arquitetura e instalações	25	26%	1	3%	10	25%
Estrutura e instalações	41	43%	1	3%	5	13%
Arquitetura e instalações	7	7%	3	8%	0	0%
Instalações	22	23%	32	86%	25	63%
<b>Total</b>	<b>95</b>	<b>100%</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>	<b>40</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborada pela autora

Quando analisados percentualmente, os erros de design ilógico corresponderam a 55% do total, especialmente devido a interferências entre elementos estruturais e instalações hidráulicas, como vigas e tubulações. Os erros por discrepância entre desenhos foram responsáveis por 22% das detecções, enquanto as omissões de itens, por 23%. As distribuições percentuais das categorias estão representadas na Figura 35.

Figura 35 - Incompatibilidades Encontradas



Fonte: Elaborada pela autora

Quando considerada a recorrência de um mesmo erro em pontos diferentes no mesmo pavimento e em mais de um pavimento, a quantidade de inconsistências teve um aumento de 128%, especialmente devido às considerações locais de cada interferência entre elementos estruturais e instalações elétricas e hidráulicas, Tabela 6.

Tabela 6 – Descrição de erros individuais por categoria

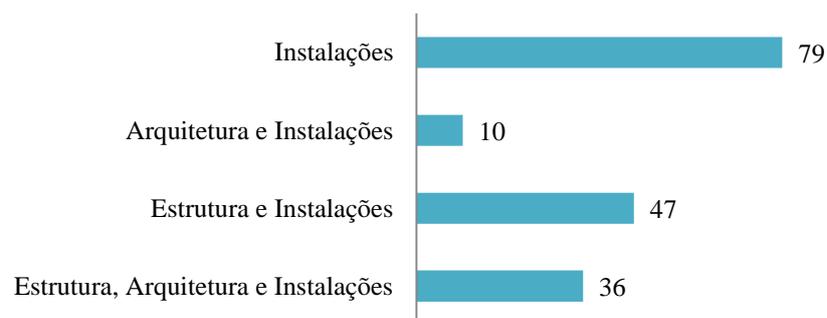
Número de incompatibilidades pontuais		
Tipo		Quantidade
1	Erro de design ilógico	291
2	Erro por discrepância entre desenhos	51
3	Erro por omissão de itens	51
<b>Total</b>		<b>393</b>

Fonte: Elaborada pela autora

Como citado na metodologia deste trabalho, a empresa que modelou o edifício realiza uma compatibilização preliminar entre os modelos de estrutura e arquitetura, para só então proceder à modelagem das instalações e à compatibilização final entre todas as disciplinas. Por isso, todas as inconsistências detectadas em seus relatórios incluíram instalações, que também foram responsáveis sozinhas por um grande número de erros.

A Figura 36 apresenta a quantidade de problemas encontrados considerando-se a natureza da inconsistência registrada e o número total de ocorrências, segundo as relações entre estrutura, arquitetura e instalações.

Figura 36 – Natureza das interferências



Fonte: Elaborada pela autora

De acordo com a Tabela 7, percebe-se que as instalações foram responsáveis por um elevado número de inconsistências, mesmo quando vistas isoladamente. Considerando-se as três categorias de erro adotadas, percebeu-se a elevada contribuição de questões referentes a problemas no posicionamento de encanamentos e tubulações para a ocorrência de erros por discrepâncias entre desenhos (Erro 2).

Tabela 7 – Número de interferências por categoria de erro

<b>Natureza das interferências</b>	<b>Erro 1</b>	<b>Erro 2</b>	<b>Erro 3</b>
Estrutura, Arquitetura e Instalações	25	1	10
Estrutura e Instalações	41	1	5
Arquitetura e Instalações	7	3	0
Instalações	22	32	25
<b>Total de erros</b>	<b>95</b>	<b>37</b>	<b>40</b>

Fonte: Elaborada pela autora

Parte dos erros identificados com a modelagem virtual certamente poderia ser detectada na compatibilização de projetos feita de forma tradicional, em particular a porção referente a design ilógico, pelo fato do choque entre elementos ser mais evidente durante análises de compatibilidade.

De acordo com Lee *et al.* (2012), a dificuldade de identificação dos erros sem o uso do BIM é maior nos casos de omissão de itens, seguidos pela discrepância entre desenhos, e por fim pelos casos de erro por design ilógico.

O BIM poderia atuar reduzindo as discrepâncias entre projetos por proporcionar a propagação automática de alterações de pranchas em todas as representações do modelo. Assim, problemas causados pelo uso de plantas desatualizadas entre equipes de profissionais diferentes seriam diminuídos.

Os modelos virtuais também seriam especialmente úteis reduzindo os erros de omissão, mais difíceis de serem detectados sem a tecnologia, antecipando a solução para questões que seriam levantadas apenas no futuro pelos funcionários já em campo, demandando mais tempo e recursos para as adaptações necessárias. Ainda neste contexto, a modelagem virtual contribui grandemente para o levantamento de informações sobre a obra, fornecendo um elevado nível de detalhes em suas representações.

Won, Cheng e Lee (2015) classificaram as incompatibilidades encontradas em um edifício sul-coreano com o auxílio do BIM conforme proposto por Lee *et al.* (2012), similarmente ao realizado no presente trabalho. Em seu estudo de caso, os autores contabilizaram um maior número de erros por discrepância entre desenhos, seguido por omissão de itens e, por fim, design ilógico.

A Tabela 8 apresenta uma comparação entre o percentual dos tipos de erros encontrados através da modelagem computacional nos estudos de caso brasileiro e sul-coreano.

Tabela 8 – Erros detectados nos estudos de caso brasileiro e sul-coreano

<b>Tipo de Erro</b>	<b>Estudo de caso</b>	<b>Estudo sul-coreano</b>
<b>1</b> Erro de design ilógico	55%	17%
<b>2</b> Erro por discrepância entre desenhos	22%	48%
<b>3</b> Erro por omissão de itens	23%	35%

Fonte: Elaborada pela autora

A diferença percebida entre os percentuais pode ser justificada pelas características distintas das edificações analisadas. Apesar de os dois empreendimentos serem edifícios residenciais, a escala entre eles era bem diferente. Enquanto um deles possuía apenas uma torre de 21 pavimentos, o outro era composto de duas torres com 51 pavimentos cada, dispondo de helipontos em seu topo.

Devido à sua maior complexidade, no edifício sul-coreano os erros por discrepância entre desenhos representaram um percentual expressivo de 48%, evidenciando a dificuldade de coordenação entre as equipes e seus diversos projetos. Um maior volume de erros por omissão de itens já era esperado, dado a grande área construída e a necessidade de um elevado nível de detalhamento. A grande repetição de pavimentos tipo possivelmente contribuiu para uma menor ocorrência percentual de erros por design ilógico, que responderam por apenas 17% do total.

É importante, portanto, considerar que a distribuição de erros por categoria, assim como a possibilidade de detecção destes sem o auxílio do BIM, depende substancialmente da natureza do empreendimento. Os efeitos da modelagem certamente seriam mais vantajosos para projetos grandes e complexos, nos quais a metodologia tradicional de compatibilizações é mais dificultosa, limitando o número de inconsistências identificadas.

## 5 CONCLUSÕES

Entre as principais causas de desperdício no canteiro de obras citadas na literatura estão resíduos dos processos construtivos, transporte e estocagem inadequada de materiais, resíduos de corte, materiais e produtos não-utilizados. No entanto, a geração de resíduos é influenciada desde as atividades de planejamento, por erros de detalhamento, especificações insuficientes, alterações de projeto, solicitações de mudanças feitas por clientes e atrasos devido a revisão de projetos.

Como práticas de combate ao problema mais difundidas atualmente estão o uso de unidades padrão e pré-fabricados, reuso e reciclagem de materiais e a aquisição mais eficiente e planejada de produtos.

A maior precisão na geração de quantitativos, no planejamento do canteiro e no acompanhamento das suas atividades, a identificação precoce e detalhada de incompatibilidades e a facilidade para uso de materiais pré-fabricados são ferramentas fundamentais do BIM que podem contribuir positivamente para minimizar desperdícios em uma obra.

O potencial da modelagem virtual para a gestão de resíduos pode ser explorado ao longo de todo o processo construtivo, seja na concepção ou na execução do empreendimento. Com a adoção do BIM, o intenso trabalho nas fases iniciais do projeto permite que sejam planejadas atividades e feitas alterações considerando-se soluções que levem a menores desperdícios, custos e prejuízos ao cronograma geral.

A pesquisa de opinião realizada neste trabalho revelou já existir entre o público participante um considerável número de profissionais e estudantes, 81% deles, que já faz uso da ferramenta BIM ou espera trabalhar com isso no futuro. Foi percebido que entre os pesquisados há uma visão clara do papel relevante da modelagem virtual para gerar menos desperdícios em uma obra, especialmente devido à redução de erros e à detecção precoce de incompatibilidades proporcionada por essa tecnologia.

Para o edifício residencial considerado no estudo de caso apresentado, o BIM foi capaz de identificar na fase de projeto cerca de 8 erros/andar, mas a taxa subiu para quase 19 erros/andar quando considerada a repetição dos problemas no mesmo e em outros pavimentos.

A análise evidenciou ainda a grande influência das instalações na ocorrência de inconsistências. Mais da metade dos problemas verificados durante a compatibilização em BIM, 55%, estava relacionada ao erro tipo 1 (design ilógico), enquanto os erros tipo 2

(discrepância entre desenhos) e 3 (omissão de itens) apresentaram percentuais de ocorrência semelhantes, 22% e 23% respectivamente.

Os benefícios da modelagem virtual em relação aos padrões construtivos tradicionais sofrem influência de fatores como natureza do empreendimento a ser construído, habilidade dos profissionais envolvidos no processo e de como é feita a integração e a troca de informações entre funcionários no escritório e em campo. A execução de obras complexas, dotadas de equipes experientes no domínio dos softwares para a modelagem, na extração e no compartilhamento de informações, permite maiores ganhos com o emprego da tecnologia.

O BIM pode ser visto como uma ferramenta inovadora para o processo de construção, mas é importante notar que, além de aspectos tecnológicos, sua discussão relaciona-se a aspectos sociais. A adoção da metodologia exige investimentos e mudanças culturais entre os profissionais da área para aceitarem trabalhar de uma maneira diferente da habitual. Por isso, sua implantação entre as empresas ocorre de modo progressivo e em ritmos diferentes dependendo do contexto no qual estão inseridas.

Como sugestões para trabalhos futuros, a metodologia de classificação de erros poderia ser aplicada a outros empreendimentos brasileiros, comparando-se os resultados entre obras residenciais e/ou comerciais e verificando-se os tipos de problema mais recorrentes.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014** Disponível em <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf> Acesso em 26 de agosto de 2016.
- AGOPYAN, V., SOUZA, U. E. L., PALIARI, J. C., ANDRADE, A. C. **Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra**. Coletânea Habitar – vol. 2 – Inovação, Gestão da qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na construção Habitacional, 2003.
- AZEVEDO, O. J. M. **Metodologia BIM – Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Reabilitação, Sustentabilidade e Materiais de Construção). Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2009.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA **RESOLUÇÃO N°307**, de 5 de julho de 2002. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307> Acesso em 10 de novembro de 2016.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Portal da Legislação Governo Federal**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em 05 de junho de 2015.
- CAPELLO, G. **Entulho vira matéria prima: agregados reciclados chegam aos canteiros das construtoras, adquiridos de empresas especializadas ou gerados na própria obra**. *Téchne*, São Paulo: Pini, ano 14, n. 112, p. 32-35, jul. 2006. Disponível em <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/112/artigo287081-1.aspx> Acesso em 26 de agosto de 2016.
- CARVALHO, H.; SCHEER, S. **A utilização de modelos BIM na gestão de resíduos de construção e demolição**. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais...Porto Alegre: ANTAC, 2015.
- CHENG, WON, e DAS. **Construction and demolition waste management using BIM technology**. Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, 28-31 July, Perth, Australia, 2015.
- DANTAS FILHO, J. B. P; CÂNDIDO, L. F; BARROS NETO, J. P. **Sinergia entre Construção Verde, Construção Enxuta e BIM para internacionalização da construção: uma revisão sistemática da literatura**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.
- EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM. Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Editora Bookman, Porto Alegre, 2014.

- ENGENHARIAEETC, **BIM: entendendo a curva de MacLeamy e como funciona basicamente o fluxo de trabalho em BIM**. Disponível em <https://engenhariaeetc.wordpress.com/2015/09/21/bim-entendendo-a-curva-de-macleamy-e-como-funciona-basicamente-o-fluxo-de-trabalho-em-bim/> Acesso em 20 de outubro de 2016.
- FORMOSO, C. T. **Integração do controle da qualidade e da produção: eliminando as causas fundamentais das perdas**. VII Seminário Internacional sobre Construção Enxuta, CONENX 2016.
- JAILLON, L., POON, C. S., CHIANG, Y. H. **Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong**. (2008)
- KEYS, A., BALDWIN, A.N. and AUSTIN, S.A. **Designing to encourage waste minimization in the construction industry**. Proceedings of CIBSE National Conference, CIBSE2000, Dublin, 2000.
- LEE, G., PARK, K.H., WON, J., **D3 city project – economic impact of BIM-assisted design validation**. Automat. Constr. 22, 577–586, 2012.
- LIU, Z. Doctoral Thesis. Submitted in partial fulfilment of the requirements for the award of Doctor of Philosophy of Loughborough University. **Building Information Modelling (BIM) aided waste minimisation framework**. Universidade de Loughborough, 2014.
- LIU, Z. et al. **The potential use of BIM to aid construction waste minimization**. In: International Conference CIB World Building Congress 2011, Sophia Antipolis, France, Anais..., Sophia Antipolis, 2011.
- LOVE, P. E. D., EDWARDS, D. J., SMITH J., WALKER D. H. **Divergence or Congruence? A Path Model of Rework for Building and Civil Engineering Projects** Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol. 23, No. 6, December 1, 2009.
- MARIANO, L. S. **Gerenciamento de resíduos da construção civil com reaproveitamento estrutural: estudo de caso de uma obra com 4.000m<sup>2</sup>** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Setor de Tecnologia, Universidade do Federal do Paraná, 2008.
- MCGRAW HILL CONSTRUCTION. **The business value of BIM for construction in major global markets: How contractors around the world are driving innovation with building information modelling**. SmartMarket Report, 2014.
- MENEZES, G. L. B. B. **Breve histórico de implantação da plataforma BIM**. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo PUC Minas, v.18, n.22, p-153-171. Belo Horizonte, 2011.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES/ SECRETARIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL **Propostas iniciais para diretrizes de licenciamento de áreas de manejo de áreas de manejo**. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/46\\_10112008103231.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/46_10112008103231.pdf) Acesso em 6 de novembro de 2016.

OSMANI, M., GLASS, J. and PRICE, A., 2006. **Architect and contractor attitudes to waste minimisation. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management**, 159, pp. 6572

RAJENDRAN, P., GOMEZ, C.P., 2012. **Implementing BIM for waste minimization in the construction industry: a literature review**. In: 2nd International Conference on Management, Malaysia, pp. 557–570.

RICOTTA, T. M. **Comparativo entre o processo tradicional e o processo em BIM para desenvolvimento de projetos de edificações**. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 2016.

SANETAL ENGENHARIA E CONSULTORIA **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza Estado do Ceará – Diagnóstico – Relatório I**. Março, 2012.

TESSARO, A. B., SÁ, J. S., SCREMIN, L. B. **Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 121-130, abr./jun. 2012.

THOMAZ, Ercio. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: IPT, EPUSP, PINI, 2001

VICO SOFTWARE, 2016 **Virtual Construction** Disponível em <http://www.vicosoftware.com/> Acesso em 7 de junho de 2016.

WON, J., CHENG, J. C. P., LEE, G. **Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea**. Waste Management (2016) **The Future of the Building Industry (3/5): The Effort Curve**. Disponível em <http://www.hok.com/thought-leadership/patrick-macleamy-on-the-future-of-the-building-industry/> Acesso em 20 de outubro de 2016.

WRAP, Waste & Resources Action Programme, Guide 2010. **Designing out Waste: a design team guide for buildings**. Disponível em: <<http://www.wrap.org.uk/content/designing-out-waste-design-team-guide-buildings-0>>. Acesso em 13 de março 2016.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO

Universidade Federal do Ceará  
 Questionário de Pesquisa – Trabalho de Conclusão de Curso  
**“A influência da tecnologia BIM na minimização de resíduos da Construção Civil”**

1. Qual a sua profissão?

- arquiteto                                       estudante de arquitetura                                       outro  
 engenheiro                                       estudante de engenharia

2. Qual a sua familiaridade com a tecnologia BIM?

- não conheço                                       tenho interesse em trabalhar  
 tenho interesse em aprender                                       já trabalho com BIM

3. Em sua opinião qual a relevância do BIM para:

	Nenhum efeito	0	1	2	3	4	5	Maior efeito
projetos								
quantitativos								
orçamentos								
cronogramas								
compatibilização								

4. Em sua opinião, qual o impacto positivo do BIM para:

	Nenhum efeito	0	1	2	3	4	5	Maior efeito
coordenação								
compreensão 3D								
produtividade								
sustentabilidade								
marketing								

5. Quais as causas de desperdício mais relevantes devido à fase de projeto?

	Nenhum efeito	0	1	2	3	4	5	Maior efeito
especificações insuficientes								
mudanças de projeto								
erros de detalhamento								
mudanças devido a solicitações de clientes								
atrasos devido a revisão dos projetos								

6. Quais as causas de desperdício mais relevantes no canteiro de obras?

- atrasos de materiais
- estocagem inadequada de materiais
- resíduos dos processos construtivos
- materiais e produtos não utilizados
- resíduo do corte de materiais

Nenhum efeito Maior efeito

0      1      2      3      4      5


7. Qual a relevância das seguintes práticas para a minimização de resíduos?

- uso de dimensões e unidades padrão
- uso de materiais reciclados
- uso de materiais pré-fabricados
- reutilização de materiais em campo
- nenhuma das anteriores

Nenhum efeito Maior efeito

0      1      2      3      4      5


8. Você acredita que o BIM contribui ou pode contribuir para a redução de desperdícios em sua empresa?

Discordo totalmente      Neutro      Concordo totalmente

1      2      3      4      5

--	--	--	--	--

9. Em sua concepção, como o BIM pode contribuir de forma mais relevante para a redução de desperdícios na construção de um novo empreendimento?

- precisão na geração de quantitativos
- planejamento do canteiro de obras
- planejamento e acompanhamento das atividades
- Identificação de incompatibilidades precocemente
- facilidade para o uso de materiais pré-fabricados

Nenhum efeito Maior efeito

0      1      2      3      4      5


10. Em sua concepção, quais os principais pontos de aplicação do BIM para a minimização de resíduos?

- alterações dinâmicas de projeto
- projeto de estruturas complexas facilitado
- maior riqueza de detalhamento
- redução de falhas de especificação
- coordenação e comunicação facilitada

Nenhum efeito Maior efeito

0      1      2      3      4      5
