

**DANIEL ALEXANDRE DA SILVA**

**Aplicação do BIM na gestão de resíduos sólidos da Construção Civil**

**Daniel Alexandre da Silva**

**Aplicação do BIM na gestão de resíduos sólidos da Construção Civil**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Isabel Cristina de Barros Trannin

S586a Silva, Daniel Alexandre da  
Aplicação do BIM na gestão de resíduos sólidos da construção civil /  
Daniel Alexandre da Silva – Guaratinguetá, 2022.  
162 f : il.  
Bibliografia: f. 120-127

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual  
Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2022.  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Isabel Cristina de Barros Trannin


1. Construção civil. 2. Canteiro de obras. 3. Gerenciamento de  
resíduos. I. Título

CDU 69

**DANIEL ALEXANDRE DA SILVA**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
“GRADUADO ENGENHARIA CIVIL”

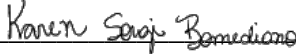
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM NOME DO CURSO

  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Isabel Cristina de Barros Trannin  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Isabel Cristina de Barros Trannin  
Orientadora/UNESP-FEG

  
Prof. Dr. Rogerio Pinto Mota  
UNESP-FEG

  
Prof<sup>ª</sup> Me. Karen Sorgi Bomediano  
UNESP-FEG

Março de 2022

*Dedico este Trabalho de Graduação aos meus pais, pelo sustento e auxílio constantes, e a todos os professores que estiveram presentes em minha vida, por colaborarem para o meu desenvolvimento pessoal, acadêmico e profissional.*

## **AGRADECIMENTOS**

A princípio, registro minha gratidão incondicional aos meus pais e familiares que são os responsáveis pelo meu crescimento pessoal e profissional. Agradeço a minha mãe, Veralucia, por sempre me ensinar a ser um indivíduo íntegro e por me acompanhar em todos os desafios que encontro em minha trajetória. Agradeço a meu pai, Marcelino, por sempre me apoiar em minhas decisões e por ser um alicerce fundamental para o meu crescimento.

Agradeço a todos os professores da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG-UNESP), em especial aqueles que pertencem ao Departamento de Engenharia Civil (DEC), pelo auxílio em minha formação acadêmica e por me proporcionarem uma evolução pessoal inquestionável. Destaco a importância da professora Dr<sup>a</sup> Isabel Cristina de Barros Trannin, a quem agradeço o imprescindível apoio na última etapa de minha graduação.

Agradeço a todos aqueles com quem tive a oportunidade de partilhar momentos importantes para minha vida. Afinal, não poderia alcançar tantas conquistas sem o auxílio daqueles que estiveram ao meu lado.

Por fim, exponho toda a minha gratidão ao meu amado Deus por ter me concedido o dom da vida e por ser uma presença acolhedora. Agradeço pelo amparo, pelas bênçãos, pelo seu amor e por sua inquestionável misericórdia. Ao meu Senhor, dedico todas as conquistas que me permitiu alcançar e as alegrias que pude vivenciar.

*“Comovo-me em excesso, por natureza e por  
ofício. Acho medonho alguém viver sem  
paixões.”*

Graciliano Ramos (1892 – 1953)

## RESUMO

A indústria da Construção Civil possui uma extensa cadeia produtiva, que contribui significativamente para a economia nacional e pode ser responsabilizada por uma porção relevante dos resíduos sólidos gerados pelas atividades antrópicas. Entende-se que a associação entre a quantidade excessiva de resíduos gerados e a gestão inadequada dos processos construtivos pode fomentar impactos ambientais, sociais, econômicos e à saúde pública. Dessa forma, a implantação de métodos de gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição (RCD) é considerada uma prática relevante nos canteiros de obra. Para que essa gestão possa ser aderida ao fluxo de trabalho do setor de forma ágil e efetiva, este trabalho de graduação tem como objetivo a elaboração de um método de inserção dos conceitos de gestão de resíduos da construção à metodologia da Modelagem da Informação da Construção (BIM), utilizando a ferramenta *Revit*. Com base nessa premissa foram desenvolvidos arquivos compartilháveis (*templates*) com as configurações de tabelas para a quantificação da geração de resíduos prevista para protótipos digitais de edificações. Após a elaboração desses modelos, foi desenvolvido um projeto genérico de uma edificação para que pudesse ser validada a usabilidade do método proposto. Ao ser realizada a construção virtual de uma edificação, pôde ser elaborado um plano preliminar de gerenciamento de resíduos e uma análise da geração durante a modelagem do projeto. Como se almejou a divulgação dos materiais elaborados, foi confeccionado um manual prático que orientasse os prováveis usuários na aplicação dos modelos e em sua edição para diferentes contextos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem da construção. Gerenciamento de materiais. Canteiro de obras. *Revit*. Sustentabilidade.



## ABSTRACT

The Civil Construction industry has an extensive production chain, which contributes significantly to the national economy and can be held responsible for a relevant portion of the solid waste generated by human activities. Evidently, the association between this excessive amount of waste and an inadequate management of construction processes can cause environmental, social, economic and health impacts. Therefore, the implementation of a construction and demolition waste management processes is considered a relevant practice at construction sites. So that this management can be adhered to the sector's workflow in an agile and effective way, this document presents a method of inserting the concepts of construction waste management into the Building Information Modeling (BIM) methodology – which occurred on *Revit* (software). Based on this premise, shareable files (templates) were developed with a table configuration to quantify the expected waste for digital building prototypes. After the elaboration of these models, a generic project of a building was developed so that the usability of the proposed method could be validated. When the virtual construction of a building was carried out, a preliminar waste management plan and an analysis of the waste generation during the project modeling could be realized. Since the aim was to share the materials produced, a practical manual was created to guide potential users in the use and edit of the models according to the context in which they are applied.

**KEYWORDS:** Construction modeling. Material management. Construction site. Revit. Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resíduos da Construção Civil e demolição e RSU nos anos de 2010 e 2019.....	20
Figura 2 – Evolução da participação da Construção Civil no PIB brasileiro (2000-2020) ..	23
Figura 3 – Distribuição da geração de resíduos entre os agentes da Construção Civil .....	25
Figura 4 – Composição média dos resíduos da Construção Civil em obras brasileiras .....	27
Figura 5 – Composição média dos RCDs.....	28
Figura 6 – Caracterização da composição do entulho gerado em obras do Brasil .....	28
Figura 7 – Ocorrência de perdas de materiais em diferentes fases de um empreendimento	32
Figura 8 – Fluxograma de materiais no canteiro de obras.....	34
Figura 9 – Processo construtivo tradicional .....	35
Figura 10 – Alteração do uso de materiais a partir da otimização de processos .....	37
Figura 11 – Modelo de aplicação do gerenciamento de resíduos da construção pelos agentes envolvidos.....	44
Figura 12 – Interação entre os agentes envolvidos no sistema de gerenciamento de RCD .	47
Figura 13 – Hierarquia dos métodos de gestão de RCD .....	49
Figura 14 – Exemplo de criação de tabela no <i>software Revit</i> .....	72
Figura 15 – Fluxograma da metodologia adotada neste trabalho .....	75
Figura 16 – Implantação de parâmetros de perdas aos objetos BIM.....	78
Figura 17 – Interface de controle dos índices de perdas para cada categoria.....	78
Figura 18 – Interface de previsão da geração de resíduos da construção .....	79
Figura 19 – Parâmetros de perdas para a categoria de pisos .....	83
Figura 20 – Parâmetros de perdas para a categoria de paredes .....	84
Figura 21 – Parâmetros de perdas para as categorias referentes à cobertura .....	85
Figura 22 – Parâmetros de perdas para a categoria referente às instalações hidrossanitárias .....	85
Figura 23 – Parâmetros de perdas para a categoria referente às instalações elétricas.....	85
Figura 24 – Composição das paredes considerada no modelo desenvolvido.....	87
Figura 25 – Parâmetros dimensionais para os blocos ou tijolos.....	87
Figura 26 – Configuração para previsão da geração de resíduos de blocos ou tijolos .....	89
Figura 27 – Configuração para previsão da geração de resíduos do assentamento de blocos .....	89
Figura 28 – Configuração para previsão da geração de resíduos do revestimento de paredes .....	90

Figura 29 – Configuração para previsão da geração de resíduos de argamassa de assentamento para paredes.....	90
Figura 30 – Configuração para previsão da geração de resíduos de peças cerâmicas de parede .....	90
Figura 31 – Configuração para previsão da geração de resíduos de tinta na pintura de paredes .....	91
Figura 32 – Composição dos pisos utilizada no modelo desenvolvido.....	91
Figura 33 – Configuração para previsão da geração de resíduos da argamassa para contrapiso .....	92
Figura 34 – Configuração para previsão da geração de resíduos da argamassa colante .....	92
Figura 35 – Configuração para previsão da geração de resíduos de peças cerâmicas do piso .....	92
Figura 36 – Composição da cobertura utilizada no modelo desenvolvido.....	93
Figura 37 – Configuração para previsão da geração de resíduos da estrutura de madeira...	95
Figura 38 – Configuração para previsão da geração de resíduos das telhas.....	96
Figura 39 – Configuração para previsão da geração de resíduos das tubulações.....	97
Figura 40 – Configuração para previsão da geração de resíduos de eletrodutos.....	98
Figura 41 – Configuração para previsão da geração de resíduos de condutores .....	98
Figura 42 – Planilha para especificação de materiais.....	99
Figura 43 – Planilha para armazenamento dos dados advindos do <i>software Revit</i> .....	100
Figura 44 – Procedimento de conversão de dimensões de cabos flexíveis .....	100
Figura 45 – Procedimento de conversão de dimensões de telhas.....	100
Figura 46 – Procedimento de conversão de dimensões de tubos .....	101
Figura 47 – Procedimento de conversão de dimensões de eletrodutos .....	101
Figura 48 – Planilha para análise geral da geração de resíduos .....	102
Figura 49 – Planilha para análise dos resíduos conforme a classe .....	102
Figura 50 – Planilha para análise dos resíduos conforme o elemento construtivo.....	102
Figura 51 – Planilha para análise dos resíduos conforme o material .....	103
Figura 52 – Representação do projeto arquitetônico .....	104
Figura 53 – Representação do projeto de instalações de água fria e esgoto.....	104
Figura 54 – Representação do projeto de instalações elétricas .....	104
Figura 55 – Composição dos resíduos conforme a classe .....	108
Figura 56 – Porcentagem de perda calculada para cada material da construção.....	108
Figura 57 – Comparação entre a composição de resíduos prevista e a obtida .....	110

Figura 58 – Porcentagem de uso e desperdício dos materiais em cada serviço .....	111
Figura 59 – Porcentagem de perdas para cada elemento construtivo.....	111
Figura 60 – Quantificação dos totais de materiais consumidos e perdidos .....	112
Figura 61 – Caracterização e quantificação dos resíduos da construção previstos .....	114
Figura 62 – Definição das técnicas de acondicionamento inicial e final dos resíduos da construção.....	115
Figura 63 – Definição das destinações dos resíduos da construção .....	116
Figura 1B – Modelo para gerenciamento de resíduos da construção (página 1).....	130
Figura 2B – Modelo para gerenciamento de resíduos da construção (página 2).....	131
Figura 3B – Modelo para gerenciamento de resíduos da construção (página 3).....	132
Figura 1C – Estimativa da geração de resíduos da construção dos pisos.....	133
Figura 2C – Estimativa da geração de resíduos da construção das paredes .....	133
Figura 3C – Estimativa da geração de resíduos da construção do telhado.....	135
Figura 4C – Estimativa da geração de resíduos da construção das instalações hidrossanitárias .....	136
Figura 5C – Estimativa da geração de resíduos da construção das instalações elétricas ...	137

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos RCDs pela Resolução CONAMA n° 307/2002 e Resoluções complementares .....	30
Quadro 2 – Análise qualitativa da geração de resíduos no processo construtivo .....	33
Quadro 3 – Natureza das perdas na Construção Civil .....	37
Quadro 4 – Avaliação do desperdício em variadas etapas construtivas .....	38
Quadro 5 – Problemas associados à geração de resíduos da construção e demolição .....	40
Quadro 6 – Critérios para definição de grandes geradores de resíduos sólidos .....	42
Quadro 7 – Agentes envolvidos na gestão de RCD e suas responsabilidades .....	45
Quadro 8 – Agentes que atuam indiretamente no núcleo do sistema de gestão de RCD .....	46
Quadro 9 – Descrição dos dispositivos de acondicionamento de resíduos .....	50
Quadro 10 – Acondicionamento adequado para cada tipo de RCD .....	51
Quadro 11 – Descrição dos possíveis destinatários dos resíduos da construção .....	53
Quadro 12 – Destinação de cada classe de RCD conforme Resolução CONAMA n° 307/2002 .....	53
Quadro 13 – Índices de perdas nos processos construtivos, segundo Skoyles (1976) .....	56
Quadro 14 – Índices de perdas nos processos construtivos, segundo Pinto (1989) .....	58
Quadro 15 – Expectativa usual de perdas de materiais nos processos construtivos .....	58
Quadro 16 – Índices de perdas nos processos construtivos, segundo Soibelman (1993) .....	60
Quadro 17 – Índices de perdas nos processos construtivos, segundo Agopyan <i>et al.</i> (1998b) .....	63
Quadro 18 – Índices de perdas teóricas nos processos construtivos, segundo Formoso <i>et al.</i> (1998) .....	64
Quadro 19 – Índices de geração de entulho nos processos construtivos, segundo Andrade <i>et al.</i> (2001) .....	66
Quadro 20 – Índices de perdas nos processos construtivos, segundo Souza (2005b) .....	67
Quadro 21 – Índices de perdas médios considerados na elaboração do método .....	76
Quadro 22 – Composição de resíduos característica de cada categoria .....	80
Quadro 23 – Características de edificação de padrão simples, segundo IBAPE/SP (2017) .....	81
Quadro 1A – Índices de perdas para os materiais da construção .....	128

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Especificação inicial dos materiais da construção .....	106
Tabela 2 – Quantificação dos materiais e estimativa da geração de resíduos .....	107
Tabela 3 – Análise da geração de resíduos da construção por material .....	109
Tabela 4 – Análise da geração de resíduos da construção por elemento construtivo.....	111

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
ABRELPE	Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AMLURB	Autoridade Municipal de Limpeza Urbana
ATT	Área de Transbordo e Triagem
BIM	<i>Building Information Modeling</i> (Modelagem da Informação da Construção)
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CE	Ceará (estado)
CIC	Câmara da Indústria da Construção
CRAS	Centro de Referência de Assistência Social
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EPS	Poliestireno expandido
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBAPE/SP	Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo
IBEAS	Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional de Normalização)
MEP	<i>Mechanical, electrical and plumbing</i> (Mecânica, elétrica e hidráulica)
MG	Minas Gerais (estado)
NBR	Norma Brasileira Registrada
PBQP-h	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do <i>Habitat</i>
PGRC	Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PVC	Policloreto de Vinila
RCC	Resíduos da construção civil
RCD	Resíduos da construção e demolição

RS	Rio Grande do Sul (estado)
RSU	Resíduos sólidos urbanos
SindusCon	Sindicato da Indústria da Construção Civil
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SMA	Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo
SP	São Paulo (estado)
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
USP	Universidade de São Paulo
VF	Vistoria final
VI	Vistoria inicial



## LISTA DE SÍMBOLOS

$IP$	Índice de perdas
$C_{ref}$	Quantidade teoricamente necessária para um determinado material
$C_{real}$	Quantidade realmente utilizada de um determinado material
$IP_{entulho}$	Índice de geração de entulho
$IP_{global}$	Índice de perda global
$P_{entulho}$	Porcentagem de entulho
$P$	Quantidade de entulho prevista
$A_{par}$	Área do plano das paredes modeladas no <i>software</i>
$V_{par}$	Volume das paredes modeladas no <i>software</i>
$b_3$	Largura do bloco/tijolo que compõe a alvenaria
$b_2$	Altura do bloco/tijolo que compõe a alvenaria
$b_1$	Comprimento do bloco/tijolo que compõe a alvenaria
$e_h$	Espessura das juntas horizontais da alvenaria
$e_v$	Espessura das juntas verticais da alvenaria
$n'_{blocos}$	Quantidade de blocos/tijolos para cada 1,0 m <sup>2</sup> de área do plano das paredes
$V'_{arg}$	Volume de argamassa para cada 1,0 m <sup>2</sup> de área do plano das paredes
$V_{arg}$	Volume total de argamassa consumida para construção das paredes
$n_{blocos}$	Quantidade total de blocos/tijolos necessária para a construção das paredes
$V_{blocos}$	Parcela do volume das paredes que se refere aos blocos/tijolos
$A_{plano}$	Área do plano de aplicação da camada de argamassa do revestimento
$V_{arg,rev}$	Volume da camada de argamassa do revestimento de paredes
$V_{cer}$	Volume da camada de peças cerâmicas aplicadas em paredes
$V_{tin}$	Volume da película de tinta aplicada em paredes
$IP_{ext}$	Índice de perdas para aplicação em ambiente externo
$IP_{int}$	Índice de perdas para aplicação em ambiente interno
$P_{ext}$	Quantidade de resíduos para aplicação do material em ambiente externo
$P_{int}$	Quantidade de resíduos para aplicação do material em ambiente interno
$A_{piso}$	Área do plano dos pisos modelados no <i>software</i>
$V_{cam}$	Volume de cada camada que compõe o piso
$n_{peças}$	Quantidade de peças prevista para o telhado modelado no <i>software</i>
$c_{unit}$	Comprimento unitário das peças modeladas para o telhado
$c_{tot}$	Comprimento total de madeira prevista para o telhado modelado no <i>software</i>
$l_{mad}$	Largura da seção transversal das peças de madeira do telhado

$h_{\text{mad}}$	Altura da seção transversal das peças de madeira do telhado
$V_{\text{mad}}$	Volume total de madeira requerida para o telhado modelado no <i>software</i>
$n_{\text{corte}}$	Quantidade de peças a serem cortadas para atender à estrutura do telhado
$c_{\text{corte}}$	Comprimento individual de cada peça cortada para a estrutura do telhado
$c_{\text{sob}}$	Comprimento total de sobra de madeira
$V_{\text{sob}}$	Volume total de sobra de madeira
$P_{\text{tot}}$	Quantidade prevista de resíduos acrescida de sobras de material
$n_{\text{te}}$	Quantidade de capas/canais previstas pela modelagem das telhas no <i>software</i>
$l'_{\text{te}}$	Largura individual da capa/canal modelada no <i>software</i>
$c_{\text{te}}$	Comprimento do plano do telhado modelado no <i>software</i>
$l_{\text{te}}$	Largura do plano do telhado modelado no <i>software</i>
$A_{\text{te}}$	Área do plano de inserção das telhas no <i>software</i>
$V_{\text{te}}$	Volume total das telhas modeladas no <i>software</i>
$A_{\text{proj}}$	Área do telhado projetado
$l_{\text{com}}$	Largura comercial de uma telha
$c_{\text{com}}$	Comprimento comercial de uma telha
$n_{\text{com}}$	Quantidade de telhas definida de acordo com as dimensões comerciais
$n_{\text{est}}$	Quantidade de telhas estimada para a área de telhado projetada
$A_{\text{com}}$	Área de telha de acordo com suas dimensões comerciais
$A_{\text{adq}}$	Área de telha a ser adquirida conforme as dimensões comerciais definidas
$A_{\text{sob}}$	Área de sobra de telhas
$c_{\text{tub}}$	Comprimento de tubulação hidrossanitária
$c_{\text{ele}}$	Comprimento de eletrodutos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	22
2.1	OBJETIVO GERAL.....	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	22
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	23
3.1	DESPERDÍCIO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	23
3.2	RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – RCD .....	26
<b>3.2.1</b>	<b>Conceituação</b> .....	26
<b>3.2.2</b>	<b>Classificação dos resíduos da Construção Civil e Demolição</b> .....	29
<b>3.2.3</b>	<b>Geração de RCD nos processos construtivos</b> .....	31
3.2.3.1	Perdas de materiais na cadeia produtiva.....	32
3.2.3.2	Causas da geração de resíduos da construção .....	35
3.2.3.3	Consequências da geração de resíduos da construção.....	39
3.2.3.4	Caracterização dos geradores .....	41
<b>3.2.4</b>	<b>Gestão de resíduos da Construção Civil</b> .....	42
3.2.4.1	Atribuição de responsabilidades na gestão de RCD.....	45
3.2.4.2	Projeto de Gerenciamento de RCD .....	47
3.2.4.3	Caracterização e triagem dos resíduos da construção .....	49
3.2.4.4	Acondicionamento dos resíduos no canteiro de obras.....	50
3.2.4.5	Transporte e destinação de resíduos da construção .....	52
3.3	MÉTODOS DE PREVISÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS .....	54
<b>3.3.1</b>	<b>Proposta de Skoyles (1976)</b> .....	56
<b>3.3.2</b>	<b>Proposta de Pinto (1989)</b> .....	57
<b>3.3.3</b>	<b>Proposta de Soibelman (1993)</b> .....	59
<b>3.3.4</b>	<b>Proposta de Agopyan <i>et al.</i> (1998b)</b> .....	61
<b>3.3.5</b>	<b>Proposta de Formoso <i>et al.</i> (1998)</b> .....	64
<b>3.3.6</b>	<b>Proposta de Andrade <i>et al.</i> (2001)</b> .....	65
<b>3.3.7</b>	<b>Proposta de Souza (2005b)</b> .....	66
3.4	MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO.....	68
<b>3.4.1</b>	<b>Conceituação</b> .....	68
<b>3.4.2</b>	<b>Principais funcionalidades</b> .....	69
<b>3.4.3</b>	<b>Extração de quantitativos dos projetos</b> .....	70

3.4.4	<b>Ferramentas computacionais adequadas à metodologia</b> .....	71
3.4.5	<b>Aplicação da metodologia BIM na gestão de resíduos da construção</b> .....	73
4	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	75
4.1	MATERIAL .....	75
4.2	METODOLOGIA.....	75
4.2.1	<b>Desenvolvimento do modelo de gestão de resíduos da construção</b> .....	76
4.2.2	<b>Elaboração de um projeto modelo</b> .....	81
4.2.3	<b>Elaboração de um documento orientador</b> .....	82
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	83
5.1	MODELO DE QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS EM OBRAS..	83
5.1.1	<b>Interface de controle dos índices de perdas</b> .....	83
5.1.2	<b>Interface de previsão da geração de resíduos</b> .....	86
5.1.2.1	Resíduos gerados na construção de paredes .....	86
5.1.2.2	Resíduos gerados na construção de pisos .....	91
5.1.2.3	Resíduos gerados na construção de telhados .....	93
5.1.2.4	Resíduos gerados na instalação de tubulações hidrossanitárias .....	96
5.1.2.5	Resíduos gerados na instalação de sistemas elétricos .....	97
5.1.3	<b>Planilha complementar para análise da geração de resíduos</b> .....	98
5.2	VALIDAÇÃO DO MODELO DE PREVISÃO.....	103
5.2.1	<b>Modelagem da edificação</b> .....	103
5.2.2	<b>Extração de dados do modelo de previsão da geração de resíduos</b> .....	105
5.2.3	<b>Análise das informações obtidas</b> .....	105
5.3	ELABORAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS .....	113
6	<b>CONCLUSÕES</b> .....	118
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	120
	<b>APÊNDICE A – Índices de perdas obtidos a partir da pesquisa bibliográfica realizada</b> .....	128
	<b>APÊNDICE B – Modelo para elaboração do plano de gerenciamento de resíduos da construção</b> .....	130
	<b>APÊNDICE C – Geração de resíduos quantificada no <i>software Revit</i></b> .....	133
	<b>APÊNDICE D – Projeto arquitetônico</b> .....	138
	<b>APÊNDICE E – Projeto hidrossanitário</b> .....	141
	<b>APÊNDICE F – Projeto elétrico</b> .....	144
	<b>APÊNDICE G – Manual prático para utilização do método proposto</b> .....	146

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Decreto nº 9.983/2019, o uso do *Building Information Modeling* (BIM) passou a ser obrigatório nos projetos de construções públicas brasileiras a partir de 2021 (BRASIL, 2019). O atual estágio do processo de modernização do setor da Construção Civil corresponde à implementação gradual da metodologia BIM no contexto nacional, o que foi oficializado pelo Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020 (BRASIL, 2020; FETTERMANN, 2020). Desde janeiro de 2021, esse documento impôs o uso da Modelagem da Informação da Construção na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizados pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal (BRASIL, 2020).

O Decreto 10.306/2020 define duas fases para implementação integral da metodologia BIM. A primeira fase – em vigor desde 2021 – aborda o desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, referentes a construções novas, ampliações ou reabilitações. O processo de elaboração dos projetos envolveria a modelagem da estrutura, hidráulica, aquecimento, ventilação, ar-condicionado e da parte elétrica. Além da confecção dos protótipos digitais, a utilização da metodologia BIM abrangeria a detecção de interferências, a extração de quantitativos e a geração de documentação gráfica (BRASIL, 2020).

A segunda fase – prevista para ser iniciada a partir de janeiro de 2024 – corresponde ao avanço do processo de implantação da metodologia. Nesse estágio, o BIM deverá ser utilizado na execução direta ou indireta de projetos e na gestão de obras. Por fim, a última fase – a ser iniciada em janeiro de 2028 – será marcada pela obrigatoriedade da tecnologia no gerenciamento e na manutenção do empreendimento após a sua construção, cujos projetos e obras tenham sido desenvolvidos ou executados com aplicação do BIM (BRASIL, 2020).

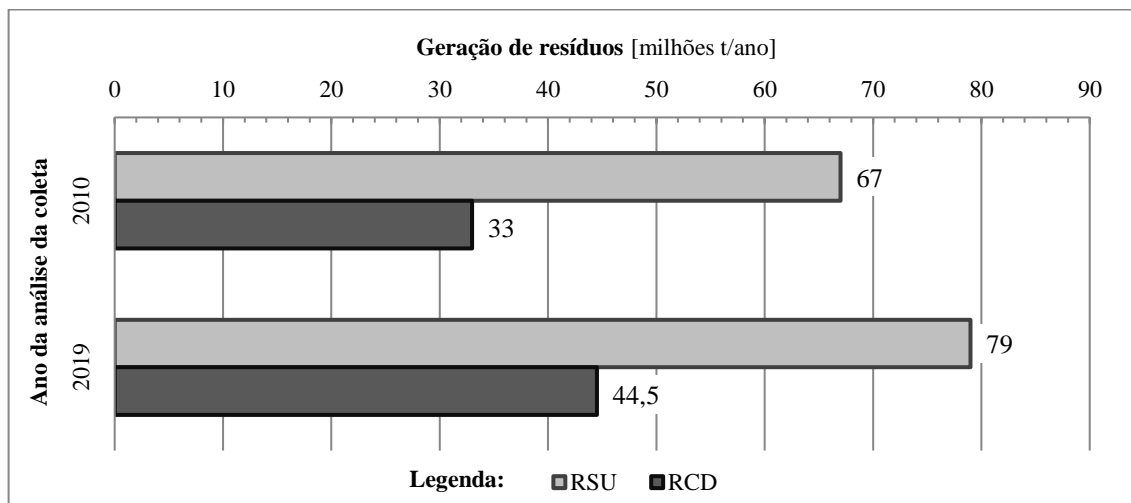
A existência desse decreto é um sinal claro de que as atualizações dos meios tradicionais de se fazer engenharia civil já são realidade no setor. Com o surgimento do conceito BIM, a possibilidade de modelar a construção de edificações em um ambiente virtual permitiu aos engenheiros prever a construção em todas as suas etapas e, dessa forma, criar planos para evitar problemas durante o processo construtivo. Essa metodologia, atrelada às novas tecnologias de gestão de informação, desenvolve-se de tal forma que as novas expectativas e exigências do mercado nacional – como a sustentabilidade, as certificações ambientais e o conforto – fossem atendidas (CAMPESTRINI *et al.*, 2015).

Diante dessa demanda, a gestão de resíduos da construção civil e demolição (RCD) pode ser incorporada aos modelos de informação da construção a fim de ser estimada a geração de resíduos nos canteiros de obras e antecipadas as decisões a respeito de sua destinação. Assim,

seria possível reduzir as tomadas de decisão no canteiro de obra – sendo considerado que essas já ocorreriam desde a concepção do projeto (CARVALHO; SCHEER, 2015).

Essa atualização dos modelos de gestão de resíduos a partir da incorporação de novas tecnologias, tornou-se pertinente ao ser considerada a amplitude dos impactos causados pelos processos de construção e demolição. Essa influência da indústria da Construção Civil no meio em que atua é evidenciada pelos altos volumes de resíduos gerados e, conseqüentemente, pela elevada demanda de recursos naturais (CARVALHO; SCHEER, 2015). O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, elaborado pela Abrelpe (2020), apontou um aumento na geração de RCD de 33,0 para 44,5 milhões de toneladas de 2010 para 2019, o equivalente a 49,3% e 56,3%, respectivamente, dos resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados (Figura 1).

Figura 1 – Resíduos da Construção Civil e demolição e RSU nos anos de 2010 e 2019



Fonte: Abrelpe (2020).

O cenário exposto pela Abrelpe (2020) indica a necessidade do uso de novos métodos e ferramentas – de apoio estratégico e gerencial – para que a significativa quantidade de resíduos gerados seja destinada adequadamente e para auxiliar no atendimento aos critérios de sustentabilidade (CIC, 2008; CARVALHO; SCHEER, 2015).

Além de atuar como uma resposta aos crescentes índices de geração de resíduos, a utilização da metodologia BIM colabora para o desenvolvimento e operacionalização dos planos de gestão dos RCD, os quais devem contemplar as etapas de caracterização (identificação e quantificação), segregação, acondicionamento, transporte e destinação final (SINDUSCON-CE, 2011; CARVALHO; SCHEER, 2015). Portanto, essa nova abordagem permite a observância às obrigações impostas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) ao facilitar a confecção de um Plano de Gerenciamento de RCD relacionado

diretamente à elaboração dos projetos arquitetônicos e complementares (BRASIL, 2010; CARVALHO; SCHEER, 2015; MATEUS, 2019).

A partir da percepção dos possíveis resultados da adoção do BIM, constata-se que a modelagem virtual implantada na gestão dos resíduos tem um evidente potencial para a minimização dos desperdícios em obra. Essa otimização dos processos – promovida pela modernização do planejamento e controle das técnicas construtivas – atua no aprimoramento da previsão da geração de RCD, no detalhamento de projetos, na avaliação prévia de incompatibilidades das propostas e no plano de acompanhamento das atividades. Dessa forma, a antecipação das situações a serem enfrentadas na execução da obra permite que os projetistas proponham soluções adequadas para a destinação dos resíduos gerados (GNECCO, 2018). A aplicação de ferramentas adequadas à metodologia BIM fornece uma análise acurada das etapas de projeto e obra, de tal forma que a eficiência do processo construtivo e os critérios de sustentabilidade sejam garantidos (VASCONCELOS, 2016).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um método de utilização do conceito BIM, através do *software Revit*, para quantificação da geração de resíduos sólidos da construção civil ainda na etapa de projeto e demonstrar sua aplicação em um projeto modelo a partir da elaboração de um plano de gestão de resíduos.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um modelo aplicado à quantificação dos RCD no *software Revit*.
- Elaborar um projeto modelo para averiguar a qualidade das previsões.
- Desenvolver um plano preliminar de gestão dos resíduos para o projeto modelo.
- Preparar um manual prático de utilização do modelo desenvolvido (*template*) para a gestão de resíduos em canteiros de obras desde a concepção do projeto.

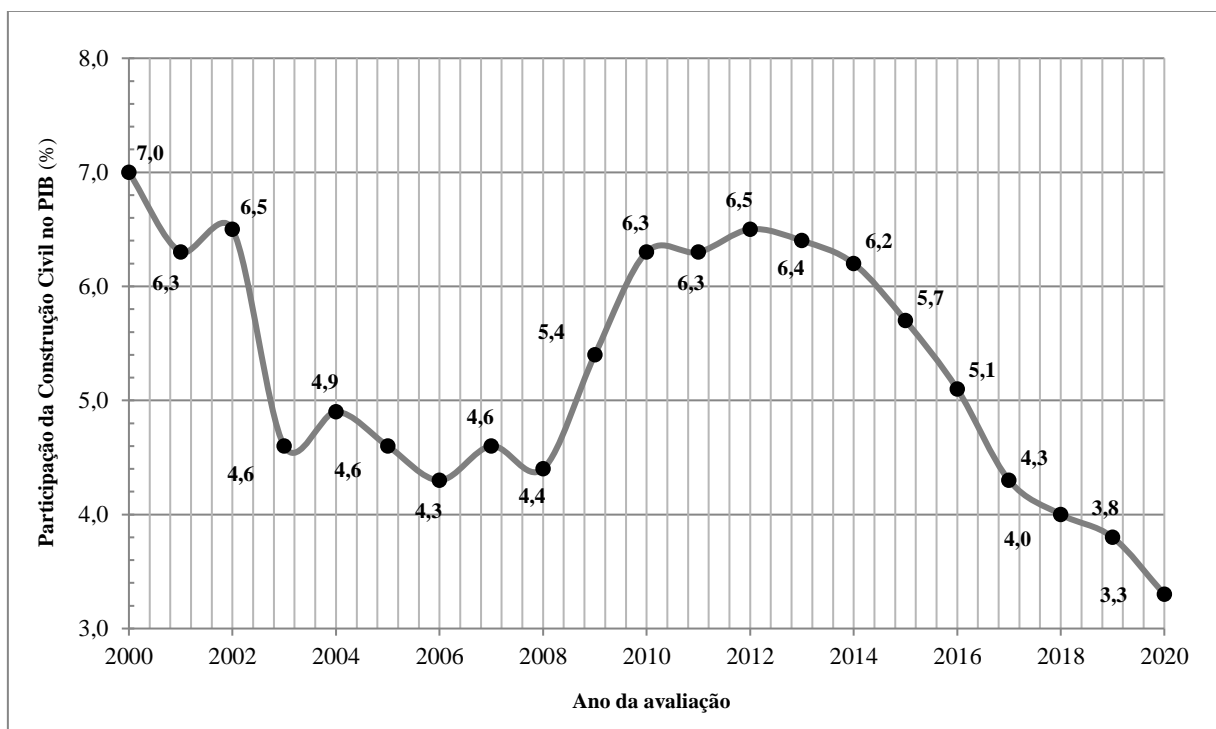


### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 DESPERDÍCIO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A Construção Civil, por sua natureza e características, agrega processos de controle e transformação do meio em que atua (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2008). No contexto nacional, essa indústria tem uma crescente relevância em aspectos econômicos e sociais. Dados fornecidos pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) indicam que a Construção Civil se destaca entre os setores da economia brasileira, com uma participação média de 5,4% no Produto Interno Bruto (PIB) do país entre os anos de 2000 e 2018, conforme evolução ilustrada na Figura 2 (SOUZA *et al.*, 2004; CBIC, 2021b).

Figura 2 – Evolução da participação da Construção Civil no PIB brasileiro (2000 – 2020)



Fonte: CBIC (2021b).

Além dessa evidente influência na economia nacional, é notável a importância social do setor na geração de empregos. Por envolver uma diversidade significativa de processos, a indústria da Construção Civil exige um grande contingente de mão de obra – representando cerca de 7,5% da população ocupada total, segundo dados do CBIC (2021a) para os anos de 2000 a 2018 (SOUZA *et al.*, 2004). Dados disponibilizados pelo Cadastro Geral de Empregados

e Desempregados (CAGED), para o mês de agosto de 2020, indicaram como o setor da construção contrapôs-se aos altos índices de desemprego identificados nesse período. Constatou-se que, das 249.388 vagas de trabalho geradas no território nacional, 50.789 vagas (20,4% do total) foram destinadas à Construção Civil (LOTURCO, 2020).

Em contraposição aos benefícios socioeconômicos, as ações do setor da Construção Civil têm sido responsáveis por um consumo considerável de recursos naturais – com notável quantidade e diversidade de materiais empregados nos processos construtivos (SOUZA *et al.*, 2004; DIAS, 2013). A respeito dessa demanda, o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) identificou que cerca de 75% dos recursos naturais extraídos são consumidos pela indústria da Construção Civil (CBCS, 2007).

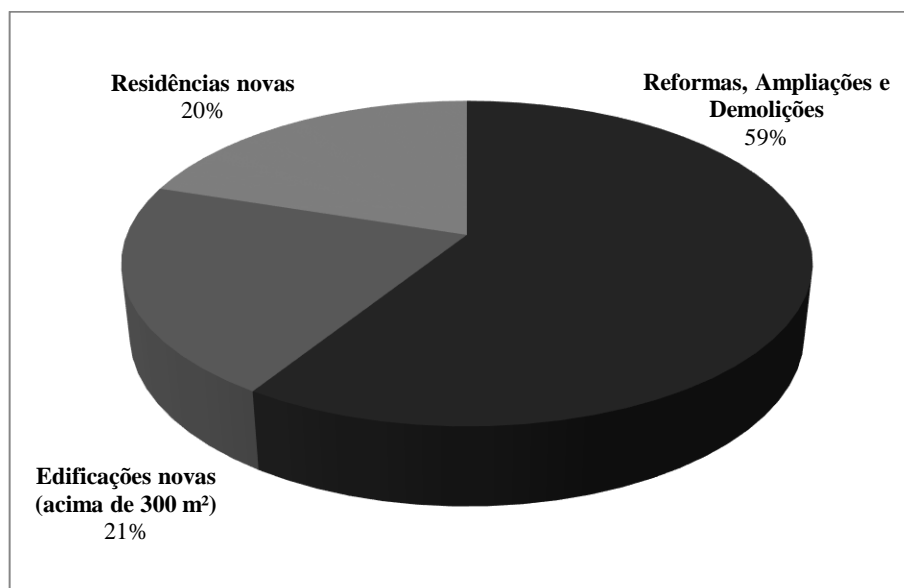
Além do expressivo volume de recursos naturais consumido pela construção, a elevada quantidade de resíduos gerados tem preocupado os órgãos ambientais e as políticas públicas (SOUZA *et al.*, 2004; DIAS, 2013). O volume de resíduos proveniente das atividades produtivas tem alcançado valores significativos, para os quais não há meio de ocultação nem desconsideração da importância no contexto urbano (MORAES, 1997). Em adição à elevada quantidade, Dias (2013) evidencia que a problemática da geração de RCD é devida à relativa periculosidade e aos inconvenientes causados pela deposição irregular, o que ocorre em grande parte dos municípios brasileiros.

Essa geração de resíduos, associada às perdas dos processos produtivos e à formação de entulho no canteiro de obras, pode ser considerada um indício do desperdício atrelado aos processos produtivos e administrativos. Em vista desse conceito, entende-se que o desperdício pode ser associado a atividades que consomem recursos, mas não agregam valor ao produto. (MORAES, 1997; YAZIGI, 2006).

Souza *et al.* (1998) afirmam que as empresas de Construção Civil são consideradas desperdiçadoras de recursos naturais pelo uso extensivo e pela geração de entulhos, o que se tornou visível nos ambientes urbanos. A deposição irregular dos RCD verificada em diversas localidades urbanas do país resultou em problemas de mobilidade, pela obstrução de vias e passeios públicos; de estética, pela degradação da paisagem; e de infraestrutura, pela ocupação de sistemas de drenagem e pelo assoreamento de corpos d'água das cidades. Em adição a esses transtornos, a questão ambiental também é afetada pelo exercício da atividade do setor da Construção Civil. Os RCDs possuem certo potencial de contaminação e, quando não dispostos adequadamente, podem causar impactos significativos no meio ambiente (SOUZA *et al.*, 2004; DIAS, 2013). A amplitude destes impactos negativos no meio foi constatada por Nagalli (2014), que identificou os RCDs como um dos principais agentes da contaminação ambiental.

Ao ser identificada a significância da geração de resíduos na cadeia produtiva da Construção Civil, é pertinente a análise dos principais responsáveis pelos desperdícios do setor. De acordo com a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2008), podem ser elencados três agentes geradores de resíduos da construção: executores de modificações em edificações (reformas, ampliações e demolições); construtores de edificações novas, com áreas superiores a 300 m<sup>2</sup> e função específica; construtores de residências novas, independentemente de seu porte e formalidade (formais ou geradas da autoconstrução). Mesmo que sejam relevantes geradores, Pinto e González (2005) indicam que o volume de resíduos atribuído a cada agente auxilia na distinção entre eles. De acordo com a proporção ilustrada na Figura 3, é evidente a difusão da geração de resíduos entre os agentes, sendo detectada uma concentração na execução de reformas e demolições – responsável por cerca de 59% dos resíduos contabilizados.

Figura 3 – Distribuição da geração de resíduos entre os agentes da Construção Civil



Fonte: Adaptado de Pinto e González (2005).

Em adição a essa análise da cadeia produtiva, o Sinduscon-SP (2012) constatou que os pequenos geradores – referentes a pequenas obras, reformas e demolições – são responsáveis por cerca de 70% dos resíduos gerados pelo setor da Construção Civil. A respeito da natureza desses eventos, admitiu-se que grande parte poderia ser considerada como informal por ser realizada pelos próprios usuários das edificações. Por sua vez, a construção formal teria uma participação aproximada de apenas 30% no volume total de resíduos gerados (PINTO, 2005).

## 3.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – RCD

O desperdício do setor da Construção Civil – no que se refere ao uso de recursos – causa uma expressiva quantidade de perdas, que ocorrem na forma de RCD (GROHMANN, 1998). No contexto em que as empresas da Construção Civil atuam, essas perdas têm sido consideradas intrínsecas ao processo construtivo e, dessa forma, são assimiladas à cultura do setor. Assim, são variados os casos de associação do desperdício a uma consequência inevitável da ação da indústria da construção. Em contraposição a essa concepção, a recorrente aceitação das perdas não impede o surgimento de programas de melhoria da qualidade para que sejam mitigadas as perdas do processo construtivo (MATTOS, 2006).

Em vista dessa possibilidade de criar métodos e tecnologias que permitam a redução do desperdício na Construção Civil, reconhece-se a necessidade da preparação do setor em consonância com a legislação pertinente. Torna-se imprescindível que sejam conhecidos os principais conceitos acerca da gestão de resíduos, os quais devem nortear os profissionais do setor na execução de construções mais sustentáveis e enxutas – a partir da otimização dos processos e, conseqüentemente, da eliminação de desperdícios (SINDUSCON-CE, 2011; KUREK *et al.*, 2013).

### 3.2.1 Conceituação

De modo geral, a norma técnica NBR 10.004:2004 (ABNT, 2004) define que resíduos sólidos são resultantes da atividade doméstica, comercial, industrial, agrícola e de outros serviços, sendo admissível sua geração nos estados semissólido e sólido. Em complemento a essa definição, a Lei nº 12.305/2010 – que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – trouxe uma generalização da origem dos resíduos sólidos ao admitir que esses sejam gerados das atividades humanas na sociedade, como também admite que a destinação final dos resíduos possa ser feita no estado sólido, semissólido, gasoso (contido em recipientes) ou líquido (BRASIL, 2010). Mesmo que não sejam pormenorizados os resíduos advindos do setor da Construção Civil, entende-se que os RCDs estão subentendidos na redação desta definição normativa (SINDUSCON-CE, 2011).

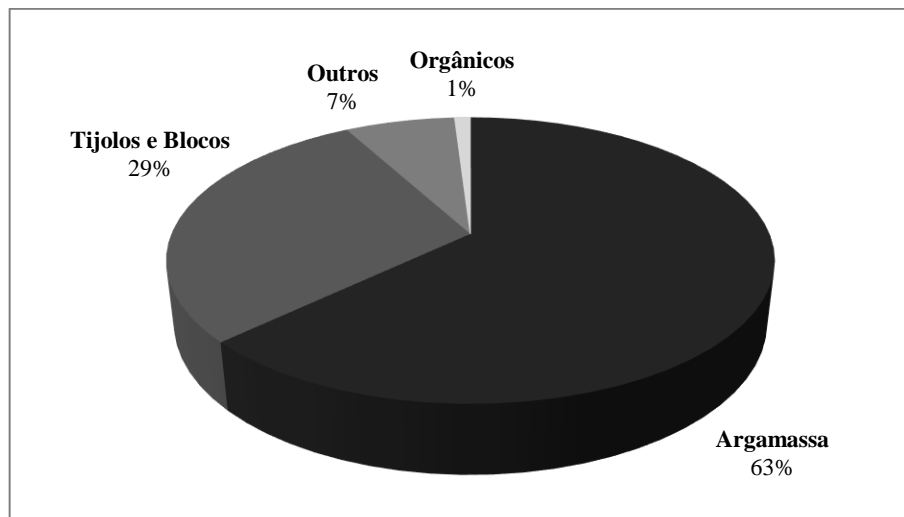
Para a compreensão completa do conceito de RCD, recorre-se às diretrizes da Resolução nº 307/2002 do CONAMA. Esse documento define os resíduos da construção como aqueles provenientes de obras de construção civil, independente das atividades desenvolvidas – construção, reparo, reforma ou demolição (CONAMA, 2002). Dessa forma, os RCDs podem

ser originados de diversos materiais e encontrados em variadas formas, tais como: blocos cerâmicos; concreto; solo; rochas; madeira; tinta; argamassa; telhas; vidro; tubulações; resina; metais; entre outras (SINDUSCON-CE, 2011).

Reconhece-se que a diversidade de materiais utilizados pelo setor da Construção Civil está associada às características do local de intervenção e do processo construtivo adotado. Entre os principais aspectos que interferem no uso de recursos e na geração de resíduos, destacam-se a geologia, a disponibilidade de materiais, o desenvolvimento tecnológico e econômico da região, a estação do ano, a eficiência dos programas de qualidade e as técnicas construtivas empregadas (SINDUSCON-CE, 2011; BAPTISTA JÚNIOR; ROMANEL, 2013; NAGALLI, 2014).

Ao analisar a composição dos resíduos gerados pela ação da Construção Civil, notam-se as tendências nacionais no consumo de materiais e implicações dos sistemas construtivos tradicionalmente adotados (NAGALLI, 2014; PENNA *et al.*, 2019). Blumenschein (2007) compilou a literatura acerca da quantificação dos materiais descartados como RCD a fim de ser compreendido, de forma generalizada, como são compostos os resíduos gerados nas obras brasileiras (Figura 4).

Figura 4 – Composição média dos resíduos da Construção Civil em obras brasileiras



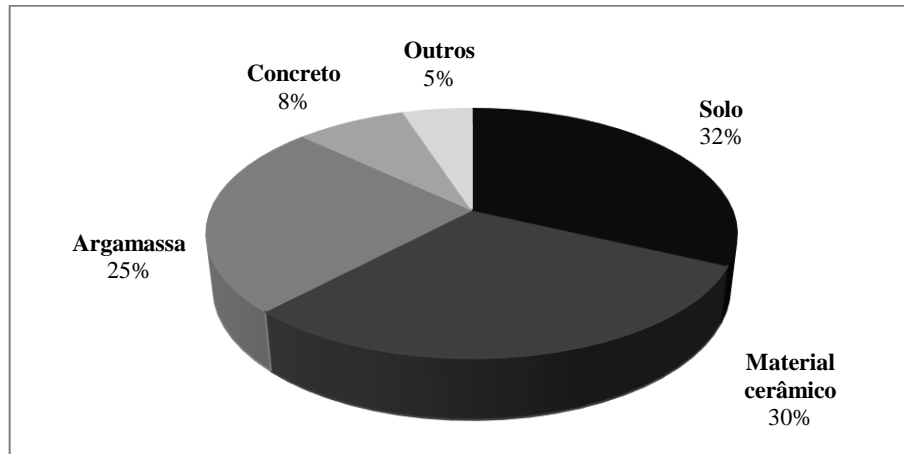
Fonte: Adaptado de Blumenschein (2007).

Uma pesquisa realizada por Menezes *et al.* (2011 *apud* SMA, 2014)<sup>1</sup> permitiu uma atualização dos dados apresentados anteriormente (Figura 4). Considerando os processos

<sup>1</sup> MENEZES, M. S.; PONTES, F. V. M.; AFONSO, J. C. Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição. *Revista de química industrial*, Rio de Janeiro, ed. 733, p. 17-21, 2011.

construtivos que ocorrem no território nacional, a composição dos materiais que compõem os resíduos de obras e demolições foram expostos, em porcentagens médias, na Figura 5.

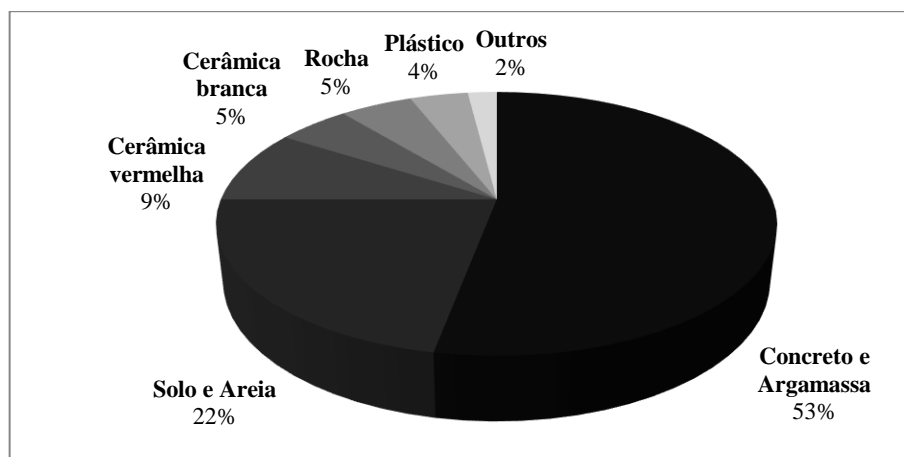
Figura 5 – Composição média dos RCDs



Fonte: Adaptado de Menezes *et al.* (2011 *apud* SMA, 2014).

Mesmo que as Figura 4 e 5 revelem uma separação evidente entre diferentes tipos de materiais, os RCDs são comumente encontrados na forma de entulho – que pode ser definido como um conglomerado heterogêneo de resíduos da construção e demolição. Entende-se que essa forma de disposição de resíduos está associada à ausência de zelo no gerenciamento de resíduos, por ser resultado do desprezo às etapas de segregação e classificação nos canteiros de obras (NAGALLI, 2014). Ao analisar as variações composicionais dos RCDs gerados em diversas obras, Hernandez e Vilar (2004) definiram percentuais de participação de alguns materiais entre os RCDs dispostos na forma de entulho (Figura 6).

Figura 6 – Caracterização da composição do entulho gerado em obras do Brasil



Fonte: Adaptado de Hernandez e Vilar (2004).

A análise das composições de resíduos expostas (Figuras 4 a 6) permite a identificação do sistema construtivo comumente adotado no Brasil – caracterizado, genericamente, pela adoção de estruturas em concreto armado, com vedações verticais de blocos cerâmicos e revestimentos argamassados. A principal evidência desses aspectos construtivos é a participação expressiva do concreto e da argamassa, o que não é observado em países onde imperam outros sistemas construtivos, como o *Wood Frame* e o *Steel Frame*. Ainda, admite-se que a quantidade significativa de solo está relacionada com as sobras das atividades de terraplenagem (NAGALLI, 2014).

### 3.2.2 Classificação dos resíduos da Construção Civil e Demolição

Os resíduos sólidos podem ser classificados de várias formas, que variam conforme os critérios utilizados. Uma proposta amplamente utilizada para a categorização dos resíduos é definida pela norma técnica NBR 10004 – Resíduos sólidos – Classificação (ABNT, 2004), sendo estabelecido um procedimento de classificação baseado na origem, constituintes e características dos materiais quanto ao grau de periculosidade. Os principais critérios adotados por essa norma são a inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. A partir das características consideradas pela norma NBR 10004 (ABNT, 2004), classificam-se os resíduos em três classes: Classe I – Perigosos; Classe IIA – Não perigosos, não inertes ou Classe IIB – Não perigosos/inertes.

De forma geral, admite-se que parte significativa dos resíduos da construção civil é composta por materiais classificados como inertes, Classe IIB, conforme a NBR 10004 (ABNT, 2004). No entanto, não pode ser negligenciada a presença de resíduos não inertes (Classe IIA) e perigosos (Classe I), como as tintas, solventes e óleos (SINDUSCON-CE, 2011).

Na tentativa de elaborar um sistema de classificação específico para os resíduos da construção civil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) optou por desenvolver uma proposta adequada ao contexto da construção e demolição que não confrontasse as diretrizes da norma NBR 10004 (ABNT, 2004). Dessa forma, foi confeccionada uma legislação que pudesse estabelecer os critérios para a gestão dos resíduos da construção civil e um método de análise condizente com sua composição heterogênea (NAGALLI, 2014; MATEUS; SOUZA JR., 2019).

Ao reconhecer a diversidade de componentes dos resíduos da construção e demolição, a Resolução do CONAMA n° 307/2002 estabeleceu uma classificação que possibilitasse a identificação e a separação dos resíduos, ainda no local de geração. Entende-se que essa

diferenciação entre elementos, durante a fase de construção, colabora para a gestão eficiente dos resíduos por simplificar a segregação de materiais e por orientar a destinação (MATEUS; SOUZA JR., 2019). Contudo, essa classificação não substitui uma avaliação individual de cada componente, o que é pertinente para a correta separação e destinação de cada resíduo. Afinal, a interação entre os materiais durante os processos construtivos pode alterar suas características e, conseqüentemente, interferir na alternativa de destinação adequada – o que pode ocorrer, por exemplo, com os materiais considerados recicláveis que entram em contato com elementos perigosos ou com outro que inviabilize o tratamento (NAGALLI, 2014).

A Resolução do CONAMA nº 307/2002 define quatro classes de RCD, nomeadas como A, B, C e D. Conforme apresentado no Quadro 1, essa classificação baseia-se nas características físicas e químicas dos materiais para que possam ser catalogados conforme seu potencial de re inserção nos processos construtivos – por meio da reutilização ou da reciclagem (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2008; SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE CURITIBA, 2015).

Quadro 1 – Classificação dos RCDs pela Resolução CONAMA nº 307/2002 e Resoluções complementares

Classe	Descrição
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis na forma de agregados. Podem ser provenientes dos processos de construção, demolição, reformas e reparos de obras, como também da fabricação e demolição de peças pré-fabricadas. Entre as fontes desses resíduos, constam obras de infraestrutura, pavimentação e edificações.
B	Resíduos recicláveis para outras destinações. <i>(Definição modificada pela Resolução nº 469/2015 do CONAMA)</i>
C	Resíduos para os quais não há tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a recuperação ou reciclagem. <i>(Definição modificada pela Resolução nº 431/2011 do CONAMA)</i>
D	Resíduos perigosos, contaminados ou prejudiciais à saúde. Podem ser originados do processo construção, como também da demolição, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais ou de edificações análogas. <i>(Definição modificada pela Resolução nº 348/2004 do CONAMA)</i>

Fonte: CONAMA (2002).

A partir dessa classificação, pode ser planejada a destinação adequada que cada classe de RCD. No entanto, no que se refere ao planejamento de ações ambientais e à padronização da nomenclatura de resíduos perante órgãos gestores, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) desenvolveu um modelo próprio de categorização dos resíduos sólidos. Destaca-se que o objetivo do estabelecimento desse padrão foi a



facilitação do intercâmbio de informações e da compilação de dados pelo Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR). Os critérios norteadores desse processo de classificação foram apresentados na Instrução Normativa n° 13, de 18 de dezembro de 2012, e compõem a Lista Brasileira de Resíduos Sólidos (IBAMA, 2012; NAGALLI, 2014).

Com base na Lista Brasileira de Resíduos Sólidos, um resíduo pode ser classificado a partir de sua localização em meio às especificações que constam na lista presente na Instrução Normativa n° 13. Ao ser identificada a descrição que melhor representa o resíduo analisado, esse material pode ser catalogado através da atribuição de um código de seis dígitos – com os dois primeiros referentes ao capítulo, os dois seguintes referentes ao subcapítulo e os dois últimos dígitos representantes do tópico em que se encontra a descrição do resíduo (IBAMA, 2012; NAGALLI, 2014). Na redação da própria Instrução Normativa, o Ibama (2012) considera que essa codificação dos resíduos propicia uma linguagem padronizada na discussão sobre o assunto e, dessa forma, facilita os processos de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos – o que contempla as etapas de monitoramento, controle e fiscalização.

### **3.2.3 Geração de RCD nos processos construtivos**

O processo construtivo pode ser definido como uma sequência de operações para que uma edificação seja confeccionada, sendo compreendidos serviços executados desde a tomada de decisão em construir até a ocupação. As etapas comumente associadas a esse procedimento são: concepção, planejamento; projeto; gerenciamento; execução do projeto; construção e comercialização. Durante estas etapas, os suprimentos são agrupados e organizados de tal forma que um edifício possa ser produzido (BLUMENSCHHEIN, 2007).

Ao admitir que a produção de uma edificação envolve uma significativa quantidade de agentes, como proprietários, construtores, engenheiros, arquitetos, fornecedores e profissionais da construção e processos, entende-se que o sucesso do empreendimento depende do desempenho de cada participante e das relações entre esses durante o processo construtivo. Em grande parte das obras, os fatores que possibilitam as perdas e a geração de resíduos, desperdícios, atrasos e altos custos surgem de problemas nas interações entre os agentes envolvidos na construção e falhas no intercâmbio de informações (BLUMENSCHHEIN, 2007).

Nesse contexto, os resíduos da construção e demolição correspondem às sobras do processo construtivo, que são geradas no canteiro de obras. Admite-se que essa geração de resíduos está ligada intrinsecamente à qualidade da obra, sendo avaliado que a falta de qualidade propicia um aumento exacerbado no desperdício de recursos, considerado o principal

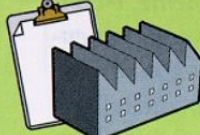

responsável pela geração de resíduos no canteiro (BLUMENSCHHEIN, 2007; SINDUSCON-CE, 2011).

### 3.2.3.1 Perdas de materiais na cadeia produtiva

Os RCDs podem ser definidos como uma das formas de ocorrência do consumo excessivo de materiais nos canteiros de obra. Ao analisar a cadeia produtiva do setor da Construção Civil, identificam-se três naturezas diferentes para o consumo excedente de suprimentos: furto ou extravio, relacionado a problemas no controle de recebimento de materiais; incorporação de materiais em excesso, referente ao consumo demasiado de material sem necessidade; entulho, parcela visível das perdas de materiais que ocorre na forma de resíduos (AGOPYAN *et al.*, 1998b; MORAES, 1998; PALIARI; SOUZA, 1999; SOUZA *et al.*, 2004).

Nos processos construtivos, os RCDs são gerados em diferentes etapas dos empreendimentos. De modo generalista, Souza *et al.* (1998) definiram três fases principais etapas que compõem o desenvolvimento de uma obra: concepção, execução e utilização. Entende-se que cada uma dessas fases tem uma influência diferente sobre a geração de resíduos e o uso excessivo de materiais (Figura 7).

Figura 7 – Ocorrência de perdas de materiais em diferentes fases de um empreendimento

	CONCEPÇÃO	EXECUÇÃO	UTILIZAÇÃO
<b>FASES</b>			
<b>PERDA</b>	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 de tempo
<b>NATUREZA DAS PERDAS</b>	Material incorporado	Material incorporado e entulho	Material incorporado e entulho

Fonte: Souza *et al.* (1998).

Ao ser compreendido que a geração de resíduos pode ocorrer em todas as etapas do processo construtivo, Nagalli (2014) propôs uma distinção das fases que compõem a execução

de uma obra a fim de possibilitar uma análise qualitativa dos resíduos que resultam das atividades de construção e demolição (Quadro 2). Dessa forma, poderia ser evidenciada a vasta variedade de resíduos encontrados nos canteiros de obra.

Entende-se que a geração de resíduos pode ocorrer durante toda a operação de uma obra, sendo diferenciada a intensidade e forma de ocorrência de acordo com o tipo de material que compõe o resíduo e com o serviço executado. Afinal, cada insumo sofre um processamento diferente para que possa ser incorporado à construção. De modo generalista, essa transformação dos materiais no canteiro de obras segue um procedimento delimitado pelo recebimento dos suprimentos – inserção e inspeção dos materiais no canteiro – e o processamento final – adequação ao uso (FORMOSO *et al.*, 1998; SOUZA *et al.*, 2004).

Quadro 2 – Análise qualitativa da geração de resíduos no processo construtivo

(continua)

<b>Etapa do processo construtivo</b>	<b>Serviço</b>	<b>Resíduos gerados</b>
Mobilização, instalação de canteiro e serviços preliminares	Montagem e desmontagem de barracões, estandes de vendas e fechamento do canteiro	Sobras de madeira, plástico, cerâmica e gesso
	Montagem das instalações elétricas e hidráulicas	Sobras de fios elétricos, cabos de rede e tubos
	Atividades administrativas	Papéis e plásticos
	Vivência no canteiro	Resíduos do tipo domiciliar
	Recebimento de materiais	Embalagens (papelão e papel), elementos para transporte (paletes) e restos de materiais (como cimento, pastilhas cerâmicas e pisos cerâmicos)
Escavação e terraplenagem	Movimentação de solos e rochas	Solos e rochas
	Escoramento	Estruturas metálicas, sobras de madeira ou concreto
Fundações e infraestrutura	Escavação	Solos e rochas
	Confecção de formas	Madeira
	Confecção dos elementos de fundação	Restos de concreto, aço e brita <i>Observação: os resíduos podem variar conforme o tipo de fundação selecionado.</i>
Superestrutura	Confecção de formas	Madeira <i>Observação: as formas tradicionais de madeira podem ser substituídas por formas metálicas ou de plástico, como um meio de reduzir o volume de resíduos gerados em obra.</i>
	Construção da estrutura	Sobras de concreto, cimento, agregados graúdos, agregados miúdos, água e de aditivos. <i>Observação: para estruturas que não estiverem de acordo com os modelos tradicionais (concreto armado), os resíduos gerados variam.</i>
	Escoramento	Madeira e pinos metálicos <i>Observação: caso opte-se por utilizar escoras metálicas, a geração de resíduos é reduzida.</i>
	Impermeabilização	Produtos químicos

Quadro 2 – Análise qualitativa da geração de resíduos no processo construtivo

(conclusão)

Etapa do processo construtivo	Serviço	Resíduos gerados
Vedação vertical e revestimentos	Assentamento da alvenaria	Sobras e pedaços de blocos e excedente de argamassa
	Execução do revestimento	Recortes de pisos, sobras de pastilhas e azulejos cerâmicos, excedente de argamassa, recortes de placas de gesso acartonado e vidros.
	Acabamento	Restos de tintas, panos, rolos, pincéis, latas de tintas, vernizes e ceras.
Instalações prediais	Instalações hidrossanitárias, elétrica e de gás	Tubos, condutores (fios elétricos), eletrodutos, louças quebradas, sobras de isolantes térmicos, fitas vedantes, fitas isolantes, barras e trilhos metálicos, pregos e parafusos.
Complementos	Inserção das esquadrias	Restos de argamassa para fixação das esquadrias (assentamento e chumbamento)
	Serviços de serralheria	Recortes de peças metálicas, resquícios de graxas e lubrificantes, lixas, esmeris, sobras de argamassa (utilizada no chumbamento).
	Vidraçaria	Recortes e quebras de vidro
	Limpeza da obra	Panos de limpeza, elementos retirados do local, embalagens de produtos de limpeza e instrumento de limpeza

Fonte: Nagalli (2014).

Dessa forma, o fluxo de materiais é composto por atividades de conversão – voltadas para o processamento – e atividades de fluxo – que envolvem os serviços complementares, como inspeção, movimentação e armazenamento de materiais. Essa compreensão acerca da presença dos materiais no canteiro de obras pode ser observada no fluxograma da Figura 8 (FORMOSO *et al.*, 1998; SOUZA *et al.*, 2004).

Figura 8 – Fluxograma de materiais no canteiro de obras



Fonte: Souza *et al.* (2004).

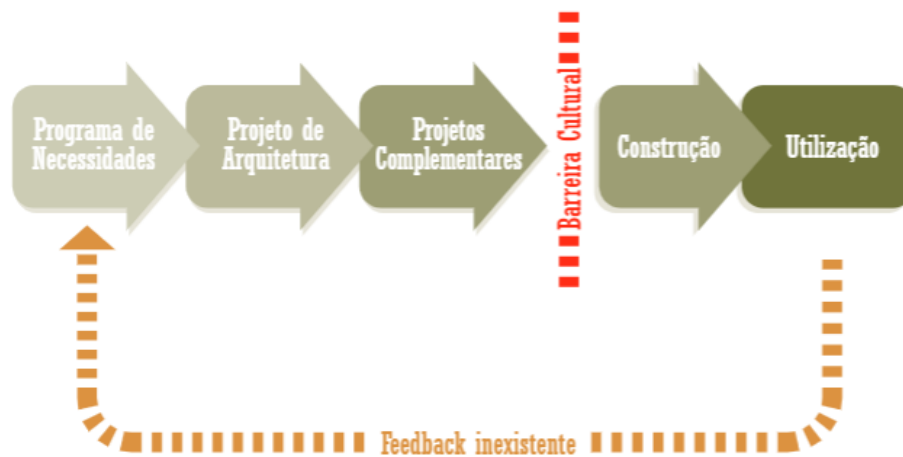
Ao analisar a agregação dos materiais nos processos construtivos, nota-se que o aprimoramento da eficiência da construção e a redução do volume de resíduos gerados requerem uma revisão das atividades de fluxo e conversão, como também a eliminação de etapas através de incorporação de inovações tecnológicas. Assim, a renovação do fluxo de materiais no canteiro de obras pode colaborar para a minimização do desperdício de recursos, restando apenas as atividades essenciais para o agregamento de valor ao produto (FORMOSO *et al.*, 1998).

### 3.2.3.2 Causas da geração de resíduos da construção

Ao ser compreendido que os resíduos da construção e demolição provêm de diversas etapas do processo de construção, evidencia-se a necessidade de avaliar as origens dos desperdícios e os fatores envolvidos (GROHMANN, 1998; SOUZA *et al.*, 2004). Dessa forma, uma análise do processo de produção permitiria a identificação dos aspectos construtivos que potencializam as perdas e geração de resíduos (BLUMENSCHNEIN, 2007).

Segundo Blumenschein (2007), o processo de construção tradicional, admitido como uma produção linear, está ligado intrinsecamente a problemas de comunicação entre os agentes envolvidos. Conforme a representação esquemática desse processo (Figura 9), nota-se que as fases de planejamento e execução atuam de forma desintegrada, o que restringe a troca de informações técnicas e o aprendizado contínuo durante as atividades produtivas. As principais consequências dessa descontinuidade do fluxo de serviços são: falta de informações nos documentos técnicos; problemas no planejamento e coordenação da obra; falhas no monitoramento das atividades; incompatibilidade entre projetos; linguagem técnica de difícil interpretação; falta de apoio nas tomadas de decisão.

Figura 9 – Processo construtivo tradicional



Fonte: Blumenschein (2007).

Além das características próprias do processo construtivo, a qualidade de sua condução também está relacionada com a geração de resíduos. Como se trata de uma produção complexa, a construção exige o atendimento aos planejamentos e procedimentos técnicos a fim de ser garantida a qualidade do processo. Para que essa qualidade seja gerenciada de forma adequada, existem certificações do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do *Habitat* (PBQP-

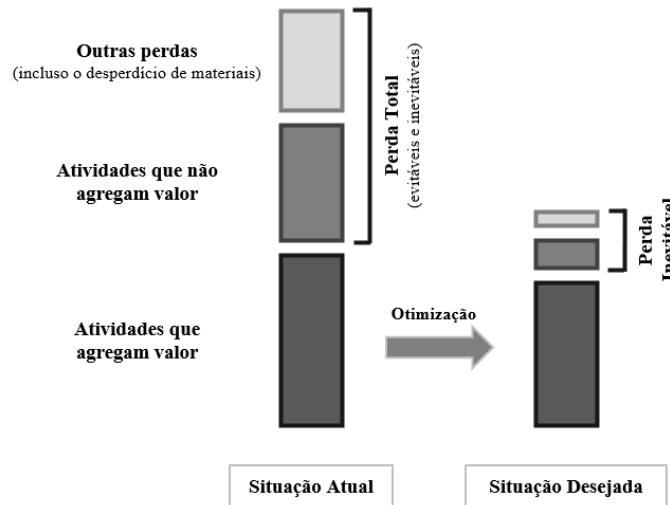
H) e de sistemas de qualidade baseados nas diretrizes da ISO 9001 (SANT'ANA, 2017). Contudo, existe uma baixa adesão aos sistemas de qualidade em processos de construção de pequeno porte – que podem ser representados pela produção de pequenas edificações e reformas, como também pela autoconstrução. Nesses casos, não há certificação de qualidade e, conseqüentemente, pode ocorrer uma geração exacerbada de resíduos da construção e demolição. Assim, admite-se que o controle de qualidade na construção pode ser considerado um fator determinante do percentual de desperdício, sendo evidente uma relação entre qualidade dos processos e geração de resíduos (YAZIGI, 2009).

Um aspecto que agrava os problemas causados pela baixa qualidade dos processos construtivos é a alta frequência em que essa situação é observada. Em resposta ao crescimento da população nas áreas urbanas, o setor da Construção Civil intensificou sua atuação no processo de urbanização. Portanto, considera-se que a expansão do número de edificações construídas está atrelada à alta demanda pelo desenvolvimento da infraestrutura das cidades e ao significativo *déficit* habitacional (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2008; VIANA, 2009). Nesse contexto, entende-se como a construção artesanal, reconhecida como um método construtivo de baixa produtividade e geradora de volumes consideráveis de resíduos, adquiriu uma participação expressiva no setor nacional da construção (PONTES, 2007).

Uma análise mais aprofundada das naturezas e causas das perdas na construção de edificações foi realizada por Formoso *et al.* (1998), que identificaram dois tipos de perdas a serem considerados: perdas evitáveis e inevitáveis. As perdas evitáveis são resultado de processos de baixa qualidade em que os suprimentos são aplicados de modo inadequado, enquanto as perdas inevitáveis – denominadas como perdas naturais – são entendidas como um nível aceitável de desperdício para o qual o investimento de redução torna-se inviável, sendo considerado um valor gasto superior à economia gerada. Com base nessa diferenciação entre as perdas, pode ser compreendido que o processo de otimização da construção pode aumentar a eficiência das atividades que agregam valor, ao mesmo tempo que é minimizada a quantidade de recursos utilizados em atividades que não agregam valor e reduzidas as perdas até níveis mínimos (perda natural).

Em adição a essa constatação, Yazigi (2009) verificou que grande parte das perdas é evitável mediante revisão das estratégias adotadas, o que não exige alterações significativas nos processos construtivos. De acordo com esses apontamentos, o aprimoramento do uso de materiais pôde ser representado na Figura 10.

Figura 10 – Alteração do uso de materiais a partir da otimização de processos



Fonte: Adaptado de Formoso *et al.* (1998).

Diante dessa concepção básica acerca das perdas na construção, podem ser avaliadas suas causas no contexto do canteiro de obras. A partir de uma revisão da literatura específica, Formoso *et al.* (1998) consideraram nove naturezas para as perdas da Construção Civil: superprodução, substituição, espera, transporte, processamento, estoques, movimento, produtos defeituosos e outros (Quadro 3).

Quadro 3 – Natureza das perdas na Construção Civil

Natureza da perda	Descrição
Superprodução	Perdas que ocorrem pela produção excedente – em quantidades maiores que o necessário
Substituição	Perdas pela utilização de um recurso com características de desempenho superiores ao previsto em projeto
Espera	Perdas pela falta de sincronização das atividades e por problemas do nivelamento do fluxo de materiais
Transporte	Perdas pelo manuseio inadequado dos materiais durante o deslocamento no canteiro de obras
Processamento	Perdas pela execução inadequada dos serviços ou pela falta de padronização das atividades
Estoques (Armazenamento)	Perdas pelo armazenamento inadequado (que não respeita as recomendações dos fabricantes ou as boas práticas propostas para o setor) e pelo gerenciamento impróprio do estoque
Movimento	Perda pelo movimento desnecessário de materiais
Elaboração de produtos defeituosos	Perda pela fabricação de elementos que não atendem aos critérios de qualidade e às especificações do projeto
Outras	Perdas alheias aos processos construtivos – como acidentes e roubo de materiais.

Fonte: Adaptado de Formoso *et al.* (1998).

Em adição às causas relatadas anteriormente, podem ser consideradas as naturezas de perdas observadas por Skoyles e Skoyles (1987 *apud* AGOPYAN *et al.*, 1998b)<sup>2</sup> para o processo construtivo. Em relação ao transporte, a perda de material pode ocorrer durante o deslocamento ou no descarregamento. Ainda, o processamento de materiais que envolve corte ou fracionamento estaria associado à geração de resíduos. Nos casos em que esses cortes não forem otimizados, pode ser gerada uma quantidade significativa de sobra de material, para a qual, geralmente, não há forma de reaproveitamento. Da mesma forma, o fracionamento de materiais sem planejamento prévio e acondicionamento inadequado das porções colaboram para a sobra de suprimentos.

Ao correlacionar essas causas (Quadro 3) e a geração de resíduos por etapa do processo construtivo (Quadro 2), é possível identificar as possíveis problemáticas de cada fase da construção. Yazigi (2009) propôs uma análise das principais etapas construtivas a fim de serem definidas as prováveis naturezas das perdas de materiais e a porcentagem de desperdício conforme o nível de controle do processo (Quadro 4).

Quadro 4 – Avaliação do desperdício em variadas etapas construtivas

Etapa construtiva	Possíveis origens de desperdício	Desperdício (%)		
		Controle		
		Ruim	Bom	Rigorouso
Infraestrutura e Superestrutura	Má execução. <i>Exemplos: abertura de formas; desnivelamento; corte de aço</i>	8,00	5,00	3,00
Vedação	Má qualidade do material ou da execução	30,00	20,00	10,00
Forros	Incompatibilidade de dimensões. <i>Exemplo: diferença entre vãos e módulos dos materiais)</i>	20,00	10,00	5,00
Revestimento de tetos e paredes	Absorção de falhas executivas de etapas anteriores (Vedação)	31,50	21,00	10,50
	Podem ocorrer problemas executivos na preparação das superfícies (42% da etapa) ou na aplicação dos revestimentos (58% da etapa)			
Pisos internos	Absorção de falhas executivas de etapas anteriores (Revestimentos de pisos)	26,25	17,50	8,75

Fonte: Adaptado de Yazigi (2009).

Em adição ao levantamento das causas da geração de resíduos nas principais etapas construtivas, o Quadro 4 evidencia a influência do controle de qualidade na extensão do desperdício na construção, o que é verificado na porcentagem de desperdício decrescente

<sup>2</sup> SKOYLES, E. R; SKOYLES, J. R. *Waste prevention on site*. Londres: Mitchell, 1987.



conforme o controle torna-se mais rigoroso. Dessa forma, nota-se que as deficiências na organização dos processos e no controle das atividades também são causadores de perdas. As falhas comumente associadas a esse quesito envolvem a área administrativa, responsável pela gestão e organização da construção, e os agentes de produção, responsáveis pelo gerenciamento inadequado e pela qualidade inadequada obtida pelas técnicas adotadas. Por fim, identifica-se que o aprimoramento da qualidade da gestão e produção, de um nível ruim para rigoroso, pode propiciar uma redução da porcentagem provável de desperdício de 10% para 5%, em média (YAZIGI, 2009).

A respeito desses inconvenientes no gerenciamento da obra, Pontes (2007) identificou como a administração negligente pode interferir na geração de resíduos da construção. Pela análise das experiências relatadas na literatura, foram averiguadas as seguintes causas para ocorrência de resíduos: modificações dos projetos; comandos passados de forma incorreta; excesso ou ausência de ordens; transmissão de informações erradas; falhas no fornecimento; substituições de materiais por outros não equivalentes; falta de controle de materiais; aquisição de materiais de baixa qualidade; falhas no gerenciamento de resíduos (PONTES, 2007; VIANA, 2009).

Além dessas perdas relacionadas com falhas do processo produtivo e com os desperdícios de materiais, considera-se que a geração de resíduos extrapola o período de execução da obra. No período de utilização da edificação, as manutenções e reformas também podem gerar resíduos. Além disso, a obsolescência de um edifício também pode ser considerada uma causa de geração de resíduos. Portanto, quando um edifício atinge o final de sua vida útil, sua estrutura torna-se resíduo de demolição (BIDONE, 2001; SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2008).

### 3.2.3.3 Consequências da geração de resíduos da construção

Conforme relatado anteriormente, a geração de resíduos da construção e demolição pode causar problemas que transpõem o ambiente do canteiro de obras. Mesmo que a Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2020) aponte a baixa periculosidade de porção significativa dos resíduos da Construção Civil, o impacto desses elementos no meio ocorre devido ao grande volume gerado. Além disso, o manejo e a destinação inadequados dos resíduos são responsáveis por interferências ambientais relevantes. Essa problemática surgiu da imperícia dos geradores no cuidado com os resíduos e do descompromisso na formulação e

aplicação de políticas públicas, que devem nortear os fluxos dos resíduos até sua destinação adequada (PINTO, 2005; VIANA, 2009).

Como forma de compreender a amplitude dos efeitos dos resíduos da Construção Civil no ambiente urbano, foram compilados os problemas comumente associados à gestão inadequada dos RCD (Quadro 5) de acordo com os apontamentos de Pinto (2005), Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2008) e João Pessoa (2007 *apud* VIANA, 2009)<sup>3</sup>. Conforme as considerações expostas por esses autores, torna-se evidente que a geração de RCD está associada a uma série de problemas ambientais, financeiros e sociais. Essas consequências têm sido notadas em médias e grandes cidades brasileiras, o que revela como a geração de resíduos ocorre de forma difusa (JOÃO PESSOA, 2007 *apud* VIANA, 2009; SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2020).

Quadro 5 – Problemas associados à geração de resíduos da construção e demolição

(continua)

Natureza dos problemas		Descrição dos problemas
Ambientais	Problemas causados pela destinação inadequada dos resíduos da construção e pela falta do tratamento adequado. Admite-se que os problemas causados por essas atitudes interferem no meio ambiente.	Degradação, por assoreamento, de corpos d'água (como rios, lagos, riachos, córregos e mananciais)
		Desvios de rios e riachos pela obstrução do escoamento, o que pode causar alagamentos e cheias
		Poluição do ar (desprendimento de poeira na atmosfera)
		Deslizamento de barreiras e encostas
		Degradação das áreas de proteção permanente e áreas de mananciais
		Destruição da fauna e flora
Trânsito	Problemas causados pela destinação inadequada dos resíduos da construção, o que ocorre ao depositá-los em locais com outras funções no contexto urbano. Admite-se que esses problemas interferem na circulação de pessoas e veículos, prejudicando a segurança dos trajetos.	Prejuízo à circulação de veículos e pessoas pela ocupação de vias e logradouros públicos pelos resíduos
		Acidentes de transeuntes pela deposição de resíduos em local inadequado, disposto de forma incorreta e sem a devida sinalização
		Degradação da paisagem urbana
Drenagem urbana	Problemas causados pela destinação inadequada dos resíduos, junto ao sistema de drenagem urbana ou sem contenções que impeçam de ser deslocada para as redes de drenagem.	Obstrução das redes de drenagem pelo acúmulo de resíduos, o que pode causar alagamentos
		Acúmulo de resíduos nos sistemas de drenagem (como sarjetas, galerias e piscinões)
		Assoreamentos e obstruções em canais abertos
Saúde humana	Problemas causados pelo acúmulo de resíduos da construção em locais inadequados, sem a devida contenção. Geralmente, ocorrem pela disposição clandestina desses resíduos junto aos resíduos domésticos, em áreas abertas (o que possibilita o acúmulo de água).	Liberação de poeira – causador de doenças pulmonares (como gripes e pneumonias) e alérgicas (como alergias e rinites)
		Criação de um local propício para a proliferação de doenças, o que ocorre pela formação de um <i>habitat</i> de vetores (como escorpiões, insetos e roedores)
		Interferência no bem-estar da população

<sup>3</sup> JOÃO PESSOA (PB). **Plano integrado de gerenciamento dos resíduos da construção e demolição da cidade de João Pessoa**. João Pessoa: Prefeitura de João Pessoa, 2007.

Quadro 5 – Problemas associados à geração de resíduos da construção e demolição

(conclusão)

Natureza dos problemas		Descrição dos problemas
Econômicos	Problemas causados pela destinação inadequada dos resíduos da construção, o que envolve falhas nas etapas de separação e disposição final dos componentes. As situações relatadas podem causar prejuízos econômicos para os municípios.	Aumento do custo da limpeza pública, por ser necessário coletar os resíduos dispostos de forma inadequada. Esse valor pode ser aumentado significativamente no caso de ser necessário o uso de equipamentos específicos (máquinas pesadas)
		Aumento do custo de fiscalização da geração de resíduos da construção nos municípios
		Gastos excessivos para correção dos danos causados. Nesses casos, o poder público e sociedade arcam com os custos das ações corretivas.
		Caso os resíduos da construção sejam destinados aos aterros sanitários sem a devida separação e seleção, o custo de operação cresce e a vida útil do aterro é diminuída
		Redução do fluxo de turistas pela agressão estética do acúmulo de resíduos nos logradouros públicos
		A destinação inadequada de resíduos da construção pode estar associada ao desperdício de materiais que poderiam ser reciclados e, dessa forma, utilizados na confecção de novos materiais para novas construções

Fonte: Pinto (2005); Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2008); João Pessoa (2007 *apud* VIANA, 2009).

Segundo Pinto (2005), o poder público dos municípios tende a atuar na resolução das problemáticas expostas anteriormente por meio de medidas paliativas. Frequentemente, são realizadas ações pontuais, como a execução de serviços de coleta e a tomada da responsabilidade pela destinação dos resíduos – ao assumir os custos pelo transporte e disposição final. Além de não propiciar uma remoção completa dos resíduos, essa estratégia não desencoraja a disposição irregular em locais inapropriados.

### 3.2.3.4 Caracterização dos geradores

De acordo com Pinto e González (2005) e Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2020), a geração de RCD ocorre de forma difusa e resulta em variados volumes de resíduos. Portanto, o gerenciamento deve estar em consonância com cada gerador. Diante dessas constatações, nota-se a necessidade de aplicação de métodos eficientes de gestão dos resíduos – por meio dos quais os geradores possam controlar adequadamente seu próprio fluxo de resíduos, desde a segregação até a recuperação ou destinação.

Com o propósito de estabelecer diretrizes adequadas para movimentação e destinação dos resíduos da construção, foi definida uma classificação conforme a massa ou volume médio de resíduos gerados em determinado período – sendo considerado, geralmente, um dia de

construção. Assim, são identificados pequenos e grandes geradores. A diferenciação entre essas categorias ocorre conforme critérios desenvolvidos pela prefeitura do município em que o gerador está inserido e são definidas nos Planos Municipais de Gestão de Resíduos da Construção Civil (SMA; SINDUSCON-SP, 2014).

No município de São Paulo, a interpretação acerca da expressividade do volume de resíduos gerados é orientada pelas diretrizes do Decreto Municipal nº 58.701, de 4 de abril de 2019. Segundo essa referência normativa, a geração de resíduos da construção pode ser caracterizada pela massa de resíduos gerado diariamente e, em vista disso, o gerador pode ser classificado como grande ou pequeno (SÃO PAULO, 2019; AMLURB, 2020b). Esse Decreto estabelece que a geração superior à 50 kg de resíduos por dia corresponde a um índice caracterizador de um grande gerador, enquanto a geração diária inferior a 50 kg de resíduos define um pequeno gerador (SÃO PAULO, 2019). Os critérios utilizados para a classificação de grandes geradores de resíduos sólidos no município de São Paulo são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Critérios para definição de grandes geradores de resíduos sólidos

Fonte dos resíduos	Tipo de resíduo	Geração diária mínima
Proprietários, titulares ou possuidores de estabelecimentos institucionais, de prestação de serviços, industriais e comerciais, entre outros geradores.	Classe II (NBR 10004:2004)	200 L
Proprietários, titulares ou possuidores de estabelecimentos institucionais, de prestação de serviços, industriais e comerciais, entre outros geradores.	Inertes (materiais de construção e solo)	50 kg
Condomínios de edifícios não-residenciais ou de uso misto, cujas unidades autônomas são consideradas geradoras de resíduos.	Classe II (NBR 10004:2004)	1000 L

Fonte: São Paulo (2019).

Destaca-se que a caracterização dos geradores de resíduos interfere na forma como suas responsabilidades de gestão são implementadas, bem como na aplicação das políticas que constam no Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PINTO; GONZÁLEZ, 2005).

### 3.2.4 Gestão de resíduos da Construção Civil

Reconhecida a amplitude dos impactos negativos causados pela destinação inadequada – relacionados a graves problemas ambientais – e o expressivo volume dos resíduos da construção, averigua-se a necessidade da implantação de políticas públicas que incentivem e orientem o gerenciamento desses resíduos. Entende-se que a resolução das problemáticas

apresentadas anteriormente requer um planejamento que envolva à geração, transporte e destinação dos resíduos (PINTO; GONZÁLEZ, 2005).

Diante da necessidade de tornar os processos construtivos mais sustentáveis (em aspectos ambientais e econômicos), nota-se a pertinência da busca constante por soluções duradouras, eficientes e adequadas ao contexto em que forem aplicadas. Em vista dessa oportunidade de aprimoramento, a Resolução nº 307/2002 do CONAMA propõe o desenvolvimento e aplicação de políticas adequadas ao contexto de cada região. As políticas admitidas seriam estruturadas a fim de que fosse criado um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – o qual atuaria como orientador para os agentes envolvidos no fluxo dos resíduos da construção e demolição (CONAMA, 2002; PINTO; GONZÁLEZ, 2005).

O Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil requer a integração entre os agentes que atuam na geração, no manejo e na destinação dos resíduos da construção e demolição, sendo imprescindível a participação do poder público municipal. Esse exerce sua autoridade através da confecção de um Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção, o qual corresponde a um conjunto de diretrizes técnicas desenvolvidas para disciplinar o exercício das atribuições de pequenos geradores e dos transportadores. Para que as propostas que constam no Programa sejam efetivas, é necessário que os procedimentos estabelecidos estejam de acordo com os critérios adotados para o sistema de limpeza urbana municipal (PINTO; GONZÁLEZ, 2005). Portanto, identifica-se a atuação fundamental do poder público na regulação e fiscalização da gestão dos resíduos da Construção Civil, por parte dos pequenos e grandes geradores (SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2020).

Em adição às proposições que constam nos Programas Municipais de Gerenciamento de Resíduos da Construção, os grandes geradores – públicos e privados – estabelecem diretrizes que possam orientar suas ações perante os volumes de resíduos gerados. Dessa forma, esses agentes desenvolvem Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, os quais podem ser compreendidos como uma declaração de compromisso para a execução correta dos serviços relacionados à gestão dos resíduos. Nesse documento, os responsáveis técnicos pela construção definem os procedimentos técnicos a serem adotados para o manejo e destinação adequada dos resíduos gerados (PINTO; GONZÁLEZ, 2005; VIANA, 2009).

Em relação às ações dos agentes envolvidos, averigua-se que a ordem de grandeza do volume de resíduos gerado influencia no sistema de gestão adotado para a destinação adequada desses materiais. Assim, a diferenciação entre pequenos e grandes geradores é requerida para a implantação das redes de serviço necessários para que cada um desses agentes possa cumprir

seu compromisso com a execução do manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos gerados (PINTO; GONZÁLEZ, 2005).

Os pequenos geradores têm sua gestão de resíduos contemplada pelo Programa Municipal de Gerenciamento, sendo estabelecida uma intrínseca relação com o serviço público de coleta – representado por uma rede de pontos de entrega voluntária dos resíduos, denominados Ecopontos (AMLURB, 2020b). Para os grandes geradores, é necessário considerar a ação de agentes privados, regulamentados pelo poder público municipal, na coleta e destinação dos resíduos. De acordo com os critérios do Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil e com as decisões das autoridades locais, o fluxo de grandes volumes de resíduos pode ocorrer através de transportadoras cadastradas e deve ser direcionado às áreas de recepção licenciadas (para tratamento ou disposição final). Ainda, destaca-se que esses procedimentos e as atitudes dos grandes geradores estarão subjugados pelas diretrizes do Projeto de Gerenciamento de Resíduos (AMLURB, 2020a).

A partir das concepções apresentadas sobre o gerenciamento de resíduos da Construção Civil, nota-se a dissociação das redes de serviço voltadas para o atendimento aos pequenos geradores e aquelas destinadas aos grandes geradores, como pode ser observado na Figura 11 (PINTO; GONZÁLEZ, 2005).

Figura 11 – Modelo de aplicação do gerenciamento de resíduos da construção pelos agentes envolvidos



Fonte: Pinto e González (2005).

Em adição à atribuição de responsabilidades e exigências apresentadas na Figura 11, é necessário que as ações dos agentes envolvidos com o gerenciamento de resíduos – como o poder público e os geradores – avaliem as condições a que estarão expostos a fim de que as propostas de atuação sejam eficientes. Assim, torna-se pertinente o diagnóstico das seguintes características: potencial de geração de resíduos; prováveis impactos econômicos e ambientais na região; características dos geradores e dos transportadores de resíduos; fluxo de resíduos na malha urbana (PINTO; GONZÁLEZ, 2005).

#### 3.2.4.1 Atribuição de responsabilidades na gestão de RCD

Para que o gerenciamento de RCD possa conduzir aos resultados almejados, é necessário que sejam reconhecidos os agentes envolvidos nos processos construtivos – os quais contemplam a manipulação (movimentação e destinação) dos resíduos gerados. Para cada um desses agentes, devem ser atribuídas responsabilidades próprias que estejam em consonância com os planos de gestão de resíduos (NAGALLI, 2014).

Como forma de evidenciar os responsáveis pelo gerenciamento de RCD e suas atribuições, recorreu-se aos apontamentos de Júnior (2005) e Viana (2009) para que fosse obtida uma delimitação adequada das responsabilidades dos agentes apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 – Agentes envolvidos na gestão de RCD e suas responsabilidades

Agentes	Responsabilidades
Gerador de resíduos (pessoas físicas ou jurídicas que realizam atividades ou empreendimento das quais provém resíduos da construção civil, conforme definições do Resolução n° 307/2002 do CONAMA)	Gerenciar os resíduos da construção através da adoção de técnicas e processos de manejo adequados. Entende-se que essa responsabilidade se estende desde a geração dos resíduos até a destinação final, a qual deve ser compatível com os requisitos ambientais, econômicos e sanitários.
Prestador de serviços (como os transportadores)	Cumprir e fazer cumprir as diretrizes normativas pertinentes, as quais tem por função disciplinar as operações que compõem o gerenciamento de resíduos da construção
Cedente da área para recebimento de inertes	Cumprir e fazer cumprir as diretrizes normativas pertinentes, as quais tem por função disciplinar os procedimentos em aterros de inertes. Ainda, deve ser garantido o controle ambiental.
Poder público	Normalizar, controlar e fiscalizar a execução adequada dos processos que constam no Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil. Ainda, é necessário que sejam planejadas soluções e adotadas medidas para estruturação de redes de áreas de recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes de resíduos (para futura destinação em áreas de beneficiamento).

Fonte: Júnior (2005); Viana (2009).

Além dos agentes que atuam diretamente no núcleo do sistema de gestão (apresentados no Quadro 7), existem outros entes que colaboram para a eficiência dos processos de gerenciamento dos resíduos da Construção Civil. Na maioria dos casos, as entidades complementares fornecem suporte técnico e financeiro aos agentes declarados anteriormente ou fiscalizam a manipulação dos resíduos da construção (NAGALLI, 2014). Nagalli (2014) identificou esses agentes acessórios, os quais atuam indiretamente no núcleo do sistema de gestão de RCD (Quadro 8).

A partir da identificação dos agentes que atuam no núcleo do sistema de gestão (Quadro 7) e dos acessórios (Quadro 8), reconhece-se a inevitável interação entre esses – a qual ocorre de acordo com o fluxograma da Figura 12. Para que essa relação entre os agentes propicie um gerenciamento eficiente dos resíduos da construção, é necessário que seja desenvolvido um sistema de comunicação e documentação das atividades. Ainda, admite-se que esses requisitos podem ser atendidos de forma eficaz através de tecnologias de comunicação, que podem colaborar para a automação dos processos e com o fluxo de informações (NAGALLI, 2014).

Quadro 8 – Agentes que atuam indiretamente no núcleo do sistema de gestão de RCD

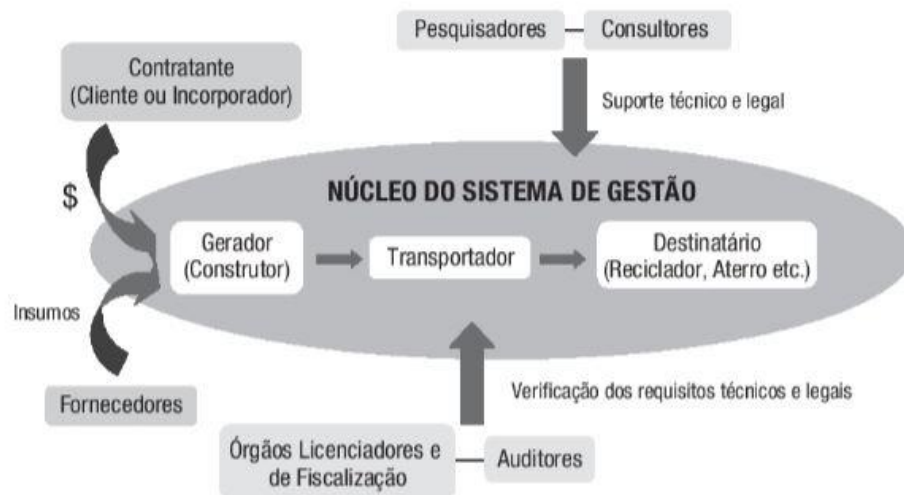
<b>Agentes</b>	<b>Responsabilidades</b>
Agentes licenciadores e fiscalizadores (órgãos públicos, órgãos ambientais, agentes da prefeitura, conselhos regionais, investidores e entidades responsáveis)	Averiguar o cumprimento das exigências (legais e técnicas) para a execução adequada das atividades dos agentes envolvidos na gestão de resíduos – geradores, transportadores e destinatários (Cedente da área para recebimento de inertes).
Fornecedores (pessoas físicas ou jurídicas que fornecem produtos e serviços aos geradores)	Colaborar para a execução da Logística Reversa (principalmente das embalagens).
Clientes (pessoas físicas ou jurídicas interessadas em adquirir o produto dos processos construtivos)	Escolher prestadores de serviços (geradores) que adotem técnicas construtivas adequadas. Assim, esses agentes não serão solidários a práticas incoerentes com as diretrizes que constam na legislação vigente. Ainda, os clientes podem tornar-se geradores e fiscalizadores em obras menores – como reformas e pequenas alterações.
Consultores	Orientar os agentes (geradores, transportadores e destinatários) no cumprimento das exigências legais e técnicas para a execução adequada das atividades. Como também, apontar oportunidades de melhoria nos processos de gestão e planejar ações corretivas, quando necessário.
Auditores	Averiguar, de forma independente, o cumprimento das exigências legais e técnicas para a execução adequada das atividades dos agentes envolvidos na gestão de resíduos. A pedido de uma das partes, as irregularidades são apontadas.
Pesquisadores (pessoas vinculadas a institutos ou universidades, com subsídios técnicos e práticos para estudar a gestão de resíduos)	Investigar os processos e materiais envolvidos na gestão de resíduos da construção e demolição a fim de serem aprimoradas as técnicas adotadas.

Fonte: Nagalli (2014).



De acordo com Nagalli (2014), a interação entre todos os agentes envolvidos no sistema de gerenciamento de resíduos da construção pode ser representada pelo fluxograma da Figura 12.

Figura 12 – Interação entre os agentes envolvidos no sistema de gerenciamento de RCD



Fonte: Nagalli (2014).

#### 3.2.4.2 Projeto de Gerenciamento de RCD

O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRC) corresponde a um documento confeccionado pelos grandes geradores com o objetivo de estabelecer os procedimentos a serem adotados para o correto manejo e destinação dos resíduos gerados, conforme definições da Resolução nº 307/2002 do CONAMA. Dessa forma, podem ser estruturadas as ações voltadas para o correto gerenciamento a fim de serem economizados os suprimentos (recursos naturais) e preservar o meio ambiente, como também possibilitar benefícios sociais e econômicos (JÚNIOR, 2005; NAGALLI, 2014).

O planejamento adequado, confeccionado durante a concepção do projeto, permite a seleção de materiais e técnicas construtivas que propiciem a geração mínima de resíduos e sua gestão correta. Essa antecipação do desenvolvimento de soluções para os resíduos da construção conduz a uma participação precoce dos agentes envolvidos e a uma aplicação prévia das estratégias concebidas, o que impede o surgimento de problemas crônicos na condução do empreendimento (NAGALLI, 2014).

A partir da conceituação do PGRC, define-se que esse documento pode ser um instrumento para o diagnóstico e determinação de alternativas viáveis para a gestão de RCD,

sendo contempladas todas as atividades compreendidas entre a geração e a destinação. Ao considerar o conceito de viabilidade para as alternativas a serem adotadas, admite-se que a prioridade das estratégias deve ser evitar a geração de resíduos, o que é proposto no Art. 4º da Resolução nº 307/2002 do CONAMA. Como essa eliminação completa torna-se impraticável nos processos construtivos, a prevenção contra a geração excessiva de resíduos é considerada o modo mais eficiente de atender a prescrição normativa. As estratégias de prevenção podem ser baseadas em uma abordagem qualitativa ou em uma quantitativa (CONAMA, 2002; NAGALLI, 2014).

Uma abordagem focada na prevenção qualitativa tem como objetivo a promoção da redução da geração de resíduos e da possibilitação da reutilização ou reciclagem. Essa estratégia é implementada na escolha de materiais que sejam duráveis, de fácil substituição ou reutilização, recicláveis e incapazes de gerar passivos ambientais. Por outro lado, pode ser implementada uma prevenção quantitativa, que estabelece como finalidade a redução da quantidade de resíduos gerados. Para isso, busca-se contratar uma mão de obra devidamente treinada e adotar sistemas construtivos mais limpos (relacionados à menor quantidade de perdas na produção), como processos industrializados e uso de elementos pré-fabricados (NAGALLI, 2014).

Ao analisar essa variedade de possibilidades para a concepção do gerenciamento dos resíduos da construção, considera-se que a legislação pertinente – a Resolução nº 307/2002 do CONAMA – estabelece uma hierarquização dos objetivos a serem almejados. A não geração de resíduos será a principal meta durante os processos construtivos, por ser a forma de causar o menor nível possível de impacto ambiental. Quando esse objetivo for considerado inalcançável, poderiam ser adotadas medidas que, mesmo estando relacionadas a um impacto ambiental mais relevante, permitam uma abordagem mais viável e ambientalmente adequada. Assim, admitem-se as opções para a gestão de resíduos, elencadas em ordem crescente de risco de impacto ambiental: redução, reutilização, reciclagem e outras destinações (como coprocessamento e aproveitamento de biomassa). Caso nenhuma dessas opções for válida, recorre-se à eliminação – disposição final de acordo com a tipologia dos resíduos (Figura 13) (NAGALLI, 2014; SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE CURITIBA, 2015).

Figura 13 – Hierarquia dos métodos de gestão de RCD



Fonte: Nagalli (2014); Brasil (2010).

Ao serem definidas as abordagens adequadas ao contexto do PGRC, devem ser estabelecidas estratégias que contemplem os serviços de manejo e destinação dos resíduos. Como forma de compreender a movimentação de resíduos, são definidas e descritas (nos tópicos a seguir) as etapas que devem constar no Projeto – caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação (PINTO; GONZÁLEZ, 2005).

#### 3.2.4.3 Caracterização e triagem dos resíduos da construção

A etapa de triagem e caracterização consiste na preparação dos resíduos da construção de acordo com suas características e a destinação adequada, como forma de garantir a eficácia da gestão dos resíduos. Nesse momento, ocorre a separação dos resíduos da construção pelos próprios geradores, de acordo com os critérios da Resolução CONAMA n° 307/2002 e as padronizações julgadas convenientes ao processo. De acordo com Nagalli (2014), Campos e Neto (2015) e Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Curitiba (2015), o método de classificação agrega a tipologia dos resíduos, o destino e o tipo de tratamento aplicado. Contudo, subclassificações podem ser adotadas a critério dos responsáveis pela geração – em razão da área a que o resíduo será encaminhado ou dos processos associados.

Durante os processos no canteiro de obras, deve ser confeccionada uma sinalização adequada que permita a identificação da classificação adotada. Também é necessário que sejam quantificados os volumes de cada tipologia de resíduos da construção como forma de complementar a separação (NAGALLI, 2014). A partir da qualificação e quantificação dos resíduos descartados, é possível coletar os dados necessários para a melhoria contínua da gestão de resíduos, permitindo identificar os tipos mais recorrentes e as técnicas consideradas como foco do desperdício (PINTO, 2005).

### 3.2.4.4 Acondicionamento dos resíduos no canteiro de obras

Para que os resíduos da construção sejam devidamente preservados nas condições adequadas às destinações ou ao tratamento, é necessário que o acondicionamento final desses elementos ocorra por meio de acessórios fixos ou móveis com características, quantidade, dimensões e posicionamento coerentes com o contexto do canteiro de obras. A definição da forma como os resíduos podem ser acondicionados está relacionada diretamente com os seguintes fatores: características dos resíduos (tipologias encontradas); volumes de resíduos gerados; modo como ocorrerá a coleta; controle do uso; condições de preservação; segurança dos usuários (PINTO, 2005). Em relação aos dispositivos que podem compor o sistema de acondicionamento, foram elencados os possíveis acessórios no Quadro 9.

Quadro 9 – Descrição dos dispositivos de acondicionamento de resíduos

Dispositivo	Descrição
Bombonas	Recipiente plástico com tampa removível em umas extremidades. São confeccionados em variadas capacidades (50, 100 e 200 L) para armazenar substâncias líquidas. Após a devida lavagem, o recipiente pode receber sacos simples (para resíduos destinados à coleta pública, como os orgânicos) ou de rafia (para os resíduos da construção) para a coleta de resíduos. Ainda, recomenda-se a inserção de adesivos de sinalização para orientação do acondicionamento.
<i>Big Bags</i>	Recipiente (sacos de rafia reforçado) com dimensões 0,9 x 0,9 x 1,2 m. Possui saia e fita para fechamento. Enquanto a extremidade superior permanece aberta pelas 4 alças sustentadas pelo suporte, a parte inferior é fechada (sem válvula de escape). O suporte do saco pode ser confeccionado em madeira ou ser metálico. Em geral, é admitida uma capacidade de 1,0 m <sup>3</sup> .
Baias	Recipiente composto por placas ou chapas que contém a área de acondicionamento. Pode ser construído a partir de peças de madeira ou metálicas. Pelas suas características e processo de construção, pode ser considerado uma estrutura adaptável à necessidade de armazenamento, à área disponível no canteiro de obra e às propriedades dos tipos de resíduos.
Abrigos	Área coberta, com limitações laterais, destinada exclusivamente ao acondicionamento dos resíduos da construção. A região deve ser ventilada e ter acesso restrito. Nesse local, os dispositivos são instalados e organizados para acolher os resíduos gerados.
Caixas <i>roll on/roll off</i>	Caixa estacionária com portas metálicas. Esse recipiente é confeccionado para armazenar grandes volumes de resíduos (geralmente, a capacidade varia de 25 a 40 m <sup>3</sup> de material). Ainda, possui dispositivo para içamento, o que pode ser feito por caminhões com equipamentos compatíveis.
Caçambas estacionárias	Recipiente metálico (confeccionado por chapas metálicas reforçadas) com capacidade variada, entre 3 e 5 m <sup>3</sup> . Caso seja instalado na via pública, deve ser garantida a cobertura.
Caçambas basculantes	Recipiente acoplados em caminhões. O carregamento deve ocorrer a partir de pás mecânicas, as quais elevam os resíduos até o recipiente.

Fonte: Pinto (2005); Campos e Neto (2015).

Admite-se que esse sistema de acondicionamento é composto por dois estágios, inicial e final. O acondicionamento inicial configura-se como um posicionamento intermediário dos resíduos, próximo ao local de geração. Enquanto, o acondicionamento final recebe os resíduos dessas áreas ou diretamente do local de geração para preparação da coleta. Em vista da

diversidade de tipos de resíduos gerados no canteiro de obras, considera-se que é necessária a adequação das características do sistema de acondicionamento para as características de cada tipologia (PINTO, 2005; CAMPOS; NETO, 2015).

No Quadro 10, são apresentadas as recomendações de Pinto (2005) e Campos e Neto (2015) para os sistemas de acondicionamento adequados para cada tipo de resíduos da construção. Para que seja selecionado o local de implantação dos pontos de acondicionamento, é necessária a avaliação da facilidade do acesso interno (para disposição dos resíduos), do acesso externo (para carregamento dos resíduos e transporte) e da permanência do dispositivo no período da construção. Ainda, o posicionamento dos dispositivos deve almejar a facilitação da triagem – junto à sinalização dos acessórios – e a minimização da dispersão dos resíduos no canteiro de obras (PINTO, 2005; CAMPOS; NETO, 2015). Em relação à eficiência dos processos, o fluxo de resíduos – do local de geração ao acondicionamento final – deve ser desenvolvido de tal forma que a movimentação dos materiais ocorra nos menores percursos, o que propiciaria a otimização do uso da mão de obra e a redução dos custos de transporte interno (PINTO, 2005).

No caso de serem reutilizados dispositivos, é necessário que seja realizada a limpeza prévia dos recipientes e os efluentes gerados devem ser tratados. Por outro lado, a aquisição de dispositivos pode ocorrer a partir de fornecedores licenciados por órgãos de controle ambiental (PINTO, 2005).

Quadro 10 – Acondicionamento adequado para cada tipo de RCD

(continua)

Tipo de resíduo	Acondicionamento	
	Inicial	Final
Solos	Empilhamento manual ou mecanizado (recomendada a remoção imediata para acondicionamento final)	Caçamba estacionária ou basculante (separados dos demais resíduos)
Solos contaminados	Empilhamento mecanizado ou sacos (com uso de serragem para mitigação)	Bombona ou tambor (em abrigos) - para pequenos volumes - e caminhão basculante - para grandes volumes.
Concreto, argamassa, alvenaria e elementos cerâmicos	Empilhamento manual ou mecanizado (próximo ao local de geração)	Caçamba estacionária ou basculante
Madeira	Para fragmentos: Sacos, bombonas e baias Para peças maiores: Feixes, pilhas e baias.	Caçamba estacionária, baias ou caixa tipo <i>roll on/roll off</i>
Serragem	Sacos de ráfia (próximo ao local de geração)	Baias ou <i>big bags</i>
Metal	Para fragmentos: Sacos, bombonas e baias Para latas vazias: Baias Para recortes de armadura: Empilhamento	Caçamba estacionária, baias ou caixa tipo <i>roll on/roll off</i>

Quadro 10 – Acondicionamento adequado para cada tipo de RCD

(conclusão)

Tipo de resíduo	Acondicionamento	
	Inicial	Final
Papel e papelão	Bombonas (para pequenos volumes), fardos e <i>big bags</i> (para grandes volumes)	<i>Big Bags</i> , fardos ou soltos em abrigos
Plástico	Bombonas e <i>big bags</i>	<i>Big Bags</i> ou soltos em abrigos
Gesso e resíduos de <i>Drywall</i>	Sacos de rafia (próximo ao local de geração)	Caçamba estacionária ou caixa tipo <i>roll on/roll off</i> (admite-se separação dos resíduos de gesso dos resíduos de concreto e alvenaria)
EPS (Poliestireno expandido)	Sacos de rafia (pequenos pedaços) ou fardos (grandes placas)	Baia, <i>big bags</i> ou fardos
Amianto	<i>Big bags</i> (para fragmentos) ou empilhamento (para peças inteiras)	Caçamba basculante
Resíduos orgânicos	Sacos de rafia	Contentores de resíduos
Resíduos de limpeza de terreno (podas e vegetação)	Empilhamento manual (para pequenos volumes) ou mecanizado (para grandes volumes)	Caçamba estacionária, caçamba basculante ou caixa tipo <i>roll on/roll off</i>
Resíduos não recicláveis e não perigosos	Sacos de rafia	Baias
Resíduos perigosos	Sacos, sendo necessário o manuseio adequado imposto pelos fabricantes dos produtos (recomendada a remoção imediata para acondicionamento final)	Baias (uso restrito), bombona ou tambor (em abrigos)
Resíduos de geração indireta (uniforme, botas, trapos e panos)	<i>Big bags</i>	<i>Big bags</i>
Resíduos gerados por atividades secundárias (em refeitórios, sanitários e áreas de vivência)	Cestos com sacos plásticos (sistema de acondicionamento convencional)	Dispositivos para coleta convencional
Resíduos de ambulatórios	Dispositivos previstos pelas normas específicas	Dispositivos previstos pelas normas específicas

Fonte: Pinto (2005); Campos e Neto (2015).

### 3.2.4.5 Transporte e destinação de resíduos da construção

O serviço de coleta e transporte de resíduos da construção deve ocorrer de acordo com a legislação municipal vigente, sendo necessário que as empresas contratadas tenham a capacidade operacional adequada ao contexto da obra e um compromisso com a destinação correta dos resíduos – em conformidade com o contrato estabelecido com o gerador (CAMPOS; NETO, 2015). Os agentes envolvidos nesses procedimentos são denominados coletores de resíduos, os quais atuam na remoção dos resíduos em direção aos locais de destinação. As empresas responsáveis pelo transporte dos resíduos devem observar os critérios de qualificação, sendo necessária a regularização junto ao órgão municipal competente (PINTO, 2005).

Os destinatários dos resíduos devem ser empreendimentos licenciados por órgãos responsáveis e qualificados pelo gerador (CAMPOS; NETO, 2015). Como as áreas de destinação são variadas, foram descritas as possibilidades de destino para os resíduos no Quadro 11.

Quadro 11 – Descrição dos possíveis destinatários dos resíduos da construção

Área de destinação	Descrição
Pontos de entrega voluntária (Ecoponto)	Dispositivo municipal caracterizado como um espaço público, ou viabilizado para a administração pública, destinado a acolher pequenos volumes de resíduos (1 m <sup>3</sup> ).
Área de Transbordo e Triagem (ATT)	Estabelecimento público ou privado que recebe resíduos da construção e resíduos volumosos, os quais são removidos e coletados por agentes privados. Nesse local, ocorre triagem, armazenamento temporário, transformação e remoção, conforme as normas operacionais pertinentes.
Usina (ou Área) de reciclagem	Estabelecimento público ou privado onde ocorre o recebimento e a transformação dos resíduos em agregados. O processo de beneficiamento é realizado através de um sistema mecânico.
Aterros de resíduos da Construção Civil (inertes)	Estabelecimento público ou privado destinado à disposição de resíduos inertes da construção e demolição, sendo realizado o confinamento desses no solo. Assim, os resíduos são reservados sem que a área perca o potencial de uso futuro.
Aterros para resíduos industriais	Áreas licenciadas onde são recebidos os resíduos perigosos. O local é concebido de tal forma que não ocorra contaminação do ar, água e solo.
Aterros sanitários	Áreas licenciadas onde são recebidos os resíduos sólidos urbanos.
Outros agentes	Cooperativas de reciclagem, sucateiros (agentes que atuam na comercialização de resíduos recicláveis) e grupos de coleta seletiva.

Fonte: Campos e Neto (2015); Amlurb (2020b).

Ao reconhecer que todo empreendimento possui características singulares, a solução para a destinação dos resíduos é definida conforme as propriedades de cada tipologia – como pode ser observado no Quadro 12.

Quadro 12 – Destinação de cada classe de RCD conforme Resolução CONAMA n° 307/2002

Classe	Destinação adequada
A	Área de Transbordo e Triagem Aterro de Inertes Usina de Reciclagem
B	Área de Transbordo e Triagem Aterro Sanitário Usina de Reciclagem
C	Aterro Sanitário Aterro de Resíduos não Perigosos
D	Aterro de Resíduos Perigosos

Fonte: Campos e Neto (2015); Abrecon (2017).

Os processos de destinação de resíduos da construção devem privilegiar a valorização dos resíduos, sendo almejado o aproveitamento desses como agregados a partir de técnicas de reciclagem. Também é recomendável que a logística adotada favoreça a disposição concentrada – em menor variedade de locais – e áreas de destinação mais próximas do gerador, como forma de reduzir os custos e as emissões de poluentes nos processos de remoção (transporte) dos resíduos (PINTO, 2005; CAMPOS; NETO, 2015).

### 3.3 MÉTODOS DE PREVISÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS

A geração minimizada dos resíduos – almejada pela gestão de resíduos da construção e demolição – não é obtida a partir de mudanças restritas ao processo construtivo. A gestão eficiente do desperdício deve propor ações no âmbito produtivo e administrativo. Dessa forma, atrelada a uma execução condizente com as técnicas adequadas, a concepção do projeto da construção deve contemplar estratégias que mitiguem as perdas (MORAES, 1997; CAMPOS; NETO, 2015).

Ainda na etapa de confecção de projetos, a geração de resíduos pode ser estimada a partir de indicadores, os quais representam quantitativamente o desperdício de material que cause a formação de volumes de resíduo (VIANA, 2009; CAMPOS; NETO, 2015). Conceitualmente, os indicadores de perda correspondem à relação entre o desempenho dos processos no canteiro de obras e a situação referencial, prevista nos projetos. A definição desse parâmetro pode ocorrer de forma abrangente ou específica, sendo denominada como global ou parcial, respectivamente. Os indicadores globais consideram a integralidade do processo construtivo, o que indica a consideração do desperdício de materiais durante todo o fluxo do material estudado. Os indicadores parciais são confeccionados ao discretizar o fluxograma do uso de materiais em etapas (ou serviços) e definir a perda ocorrida em cada uma dessas (AGOPYAN *et al.*, 2003).

De acordo com Agopyan *et al.* (2003), os valores para os índices de perdas (IP) podem ser obtidos a partir da razão entre a quantidade de resíduos gerada e a quantidade total de material prevista para um determinado serviço ou para toda a construção ( $C_{ref}$ ). Entende-se que os resíduos são quantificados a partir da diferença entre a quantidade realmente utilizada ( $C_{real}$ ) e a quantidade teoricamente necessária de um determinado material ( $C_{ref}$ ). Portanto, os índices de perdas podem ser calculados a partir da formulação apresentada na Equação (1).

$$IP = \frac{C_{real} - C_{ref}}{C_{ref}} \quad (1)$$



Para estudos iniciais, os indicadores podem ser utilizados na estimativa da geração de RCD. Contudo, é importante considerar que os índices estabelecidos na literatura e em estudos específicos variam de acordo com as características do empreendimento, o método construtivo adotado, a função planejada para a edificação, o padrão do acabamento, a capacidade técnica da equipe executora e com os aspectos gerenciais (PALIARI, 1999; SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE CURITIBA, 2015). Assim, como forma de garantir a maior acurácia das estimativas, é necessário avaliar as condições envolvidas na determinação dos indicadores selecionados a fim de que sejam as mais próximas do planejado no projeto (SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE CURITIBA, 2015).

Uma análise superficial dos índices de perdas propostos em diversas pesquisas permite a identificação da possibilidade de reduzir significativamente a geração de RCD. Essa constatação tem como base a comparação entre os índices de perda de um mesmo material em diferentes canteiros de obras, sendo averiguado que variadas versões do mesmo processo construtivo podem gerar quantidades de resíduos diferentes (PALIARI, 1999). Dessa forma, uma porção relevante das perdas na construção podem ser evitadas.

Para a proposta deste trabalho de graduação, foram considerados sete estudos – sendo seis nacionais e um britânico – que definiram os indicadores de perdas globais para o processamento de cada material utilizado na Construção Civil. Em ordem cronológica de publicação, foram selecionados os estudos desenvolvidos pelos seguintes autores: Skoyles (1976); Pinto (1989); Soibelman (1993); Agopyan *et al.* (1998); Formoso *et al.* (1998); Andrade *et al.* (2001); Souza (2005).

A seleção desses estudos teve como fundamento a relevância para a indústria da Construção Civil e a colaboração para o desenvolvimento do tema no contexto nacional. Entre as pesquisas internacionais, recorreu-se ao estudo de Skoyles (1976) – de elevada significância para trabalhos com temáticas similares – como forma de avaliar as considerações que se tornaram base para as principais pesquisas brasileiras e de outros países. Os trabalhos nacionais foram representados pelo pioneirismo de Pinto (1989) e os demais estudos reconhecidos pela renovação da metodologia ou pela quantidade expressiva de amostras.

Os métodos adotados por cada autor e os resultados obtidos foram descritos a seguir e o resumo dos índices de perdas obtidos em cada estudo está apresentado no Apêndice A.

### 3.3.1 Proposta de Skoyles (1976)

Os estudos de Skoyles (1976) concentraram-se na avaliação do uso de materiais da construção nos canteiros de obras do Reino Unido, na busca pela definição de índices de perdas característicos da construção de edificações tradicionais. Durante as análises iniciais, foram coletados dados de 114 canteiros de obras conforme os modelos de aquisição de informações (série de planilhas confeccionadas pelo autor). A determinação da perda direta, associada à geração de entulho, ocorreu a partir das seguintes informações: quantidade total e especificações dos materiais recebidos no canteiro de obras; quantidade de materiais nos estoques; quantidade de serviços, representada pela quantidade de materiais que realmente foi incorporada à edificação. Também foram mensuradas as perdas indiretas, que podem ser associadas a perdas financeiras e físicas pela substituição, negligência e uso excedente de materiais (SKOYLES, 1976 *apud* PALIARI, 1999)<sup>4</sup>.

Ao final do período de análise, foi utilizado o procedimento de cálculo proposto pelo autor para a definição dos índices de perdas diretas para cada um dos materiais consumidos na amostra de canteiros de obras. Os resultados obtidos no estudo de Skoyles (1976) foram apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 – Índices de perdas nos processos construtivos, segundo Skoyles (1976)

<b>Materiais</b>	<b>Índice de perdas [%]</b>
Concreto em infraestrutura	8,0
Concreto em superestrutura	2,0
Aço	5,0
Tijolos de vedação à vista	12,0
Tijolos de vedação comuns	8,0
Tijolos estruturais vazados	5,0
Tijolos estruturais maciços	10,0
Blocos leves	9,0
Blocos de concreto	7,0
Telhas francesas (incluindo cumeeira)	10,0
Telhas de fibrocimento	8,0
Madeira em tábuas	15,0
Madeira compensada	15,0
Revestimento argamassado em paredes	5,0
Revestimento argamassado em tetos	3,0
Revestimento cerâmico para paredes	3,0
Revestimento cerâmico para pisos	3,0
Tubulações de cobre	7,0
Tubulações de PVC	3,0
Conexões de cobre	3,0
Vidro (em chapas)	9,0
Janelas pré-vidraçadas	16,0

Fonte: Skoyles (1976 *apud* PALIARI, 1999).

<sup>4</sup> SKOYLES, E. R. *Materials wastage: A misure of resources*. **Building Research and Practice**, jul./ago. 1976.

De modo geral, os índices calculados por Skoyles (1976) foram superiores aos valores admitidos pelo setor da Construção Civil – os quais constavam na literatura técnica consultada na época da publicação do estudo. Em consequência desse fato, constatou-se que as estimativas comumente adotadas em análises orçamentárias não representavam fidedignamente as perdas que realmente ocorriam no canteiro de obras. Além disso, o autor não identificou práticas de prevenção que pudessem proporcionar a redução significativa das perdas de materiais nos processos construtivos – os quais são responsáveis por grande parte da geração de resíduos (SKOYLES; SKOYLES, 1987 *apud* AGOPYAN *et al.*, 1998b; SKOYLES, 1976 *apud* PALIARI, 1999).

### 3.3.2 Proposta de Pinto (1989)

No Brasil, o primeiro estudo a explorar os índices de perdas de materiais da construção foi realizado por Pinto (1989). Por ser pioneiro no desenvolvimento do tema, a pesquisa restringiu-se à avaliação da construção de um único edifício de 18 pavimentos, com área de 3.658 m<sup>2</sup>, na cidade de São Paulo (SP). As informações necessárias foram coletadas em um restrito período, indicando que o acompanhamento da obra não ocorreu durante todo o tempo de construção. Assim, recorreu-se aos documentos confeccionados pela construtora responsável, nos quais foram registrados os dados referentes aos serviços executados. A partir das fontes de informação citadas, foram obtidos os parâmetros necessários para o cálculo dos índices de perdas dos materiais. Destaca-se que o autor realizou uma seleção prévia dos materiais que seriam avaliados, sendo estabelecido um critério próprio, com base em uma análise empírica, para determinação dos suprimentos que teriam maior potencial de geração de resíduos (PINTO, 1989 *apud* PALIARI, 1999)<sup>5</sup>.

Para obter a quantidade teoricamente necessária dos materiais, foram correlacionadas as dimensões de serviço propostas nos projetos e os indicadores de consumo que constam na literatura específica para orçamentação. Esses valores foram revisados durante o período de vistorias, sendo consideradas as alterações ocorridas no momento da construção. Ao ser definida a quantidade referencial dos materiais, foi obtida a quantidade realmente utilizada a partir dos registros do controle de entrada dos suprimentos, sob a forma de documentos fiscais da recepção dos materiais. Finalmente, os parâmetros obtidos puderam ser processados

---

<sup>5</sup> PINTO, Tarcísio de Paula. **Perda de materiais em processos construtivos tradicionais**. São Carlos: Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, 1989.

conforme a metodologia de cálculo proposta e, dessa forma, os índices de perdas para cada material estudado (Quadro 14) foram determinados (PINTO, 1989 *apud* PALIARI, 1999).

Quadro 14 – Índices de perdas nos processos construtivos, segundo Pinto (1989)

<b>Materiais</b>	<b>Índice de perdas [%]</b>
Concreto usinado	1,3
Aço (CA 50 e CA 60)	26,2
Blocos e tijolos para vedação	12,7
Cimento	33,1
Cal hidratada	101,9
Areia lavada	39,0
Argamassa colante	86,7
Azulejos (aplicação em parede)	9,6
Cerâmica de piso	7,3
Madeira (em geral)	47,5

Fonte: Pinto (1989 *apud* PALIARI, 1999).

A partir da análise dos resultados obtidos pela pesquisa, Pinto (1989 *apud* PALIARI, 1999) apontou que a variação dos índices de perdas estaria relacionada diretamente com as técnicas adotadas no processo construtivo e as decisões tomadas na concepção do projeto. Essa observação pode ser verificada pela comparação entre os valores expostos no Quadro 14 e aqueles que foram obtidos no estudo de Skoyles (1976), como também podem ser considerados os índices que constavam na literatura específica acerca da expectativa usual de perdas (Quadro 15).

Quadro 15 – Expectativa usual de perdas de materiais nos processos construtivos

<b>Materiais</b>	<b>Índice de perdas [%]</b>
Concreto usinado	5,0
Aço	20,0
Blocos e tijolos	5,0
Cimento	15,0
Cal	15,0
Areia	15,0
Argamassa colante	10,0
Azulejos	10,0
Cerâmica de piso	10,0
Madeira (em geral)	15,0

Fonte: Pinto (1989 *apud* PALIARI, 1999).

Em relação ao concreto usinado, constatou-se que a adoção de um lançamento por bombeamento proporcionou uma redução de perdas do material e, conseqüentemente, a obtenção de um baixo índice de perdas. Entretanto, o volume desperdiçado das chapas de madeira e seu índice de perda tiveram um acréscimo considerável devido ao formato curvo definido para os pilares, o que dificultou o serviço de montagem das formas e, de certa forma, reduziu a possibilidade de reutilização das peças. Do mesmo modo, o desperdício de aço e o

seu índice de perdas foram elevados devido à falta de reaproveitamento das pontas do processo de corte e ao *desbitolamento* – perda no recebimento definida por Fonseca *et al.* (2009) pelo aumento da massa linear da barra acima do valor nominal, o que causa a aquisição de menores comprimentos de barras para a obtenção de uma mesma massa total de aço e, conseqüentemente, o consumo excessivo de material (PINTO, 1989 *apud* PALIARI, 1999). Portanto, torna-se evidente a relevância das decisões tomadas na concepção do projeto e no canteiro de obras para a geração de RCD.

### **3.3.3 Proposta de Soibelman (1993)**

Como forma de complementar os conceitos propostos por Pinto (1989) e ampliar o conhecimento acerca da geração de resíduos na construção de edificações, Soibelman (1993) realizou um estudo aprofundado da incidência de perdas de materiais nos canteiros de obras, quantificando as perdas e verificando suas causas. O principal objetivo da pesquisa foi tornar-se o primeiro estudo a se aprofundar no assunto, analisando maior número de casos e acompanhando todo o processo construtivo.

Considerando que a literatura específica sobre o tema ainda era incipiente, Soibelman (1993) optou por reunir uma equipe variada a fim de ser elaborada uma metodologia que possibilitasse a obtenção dos resultados almejados. Como forma de integrar os agentes técnicos e o setor da Construção Civil, o planejamento do estudo foi realizado pelos pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – incluindo o autor e os gerentes técnicos de empresas da Construção Civil. As discussões da equipe foram concentradas na análise de materiais com maior relevância nos processos construtivos, sendo considerada a participação no custo da construção e o potencial de geração de resíduos. Foram selecionadas cinco obras localizadas na cidade de Porto Alegre (RS) e realizadas por empresas de pequeno porte para atender a um público de classe média-alta. Os critérios de seleção foram a acessibilidade aos dados das empresas construtoras, o percentual de conclusão (definido pelo estágio da obra) similar em todos os casos e a adoção de tecnologias tradicionais.

A obtenção de dados ocorreu em diferentes etapas do processo construtivo. Antes de iniciar o acompanhamento, foram realizadas medições dos serviços executados até o momento e da quantidade de materiais estocados no canteiro de obras. Essa quantificação foi denominada de vistoria inicial (VI) e ao final do acompanhamento o procedimento de medição foi repetido na vistoria final (VF). Entre a vistoria inicial e final, foram coletadas as informações pertinentes nas planilhas propostas pelo autor. Nos documentos de acompanhamento, constavam dados

acerca dos materiais, durante todo seu processamento, e do canteiro de obras (SOIBELMAN, 1993).

O método de cálculo proposto por Soibelman (1993) foi similar ao modelo de quantificação das perdas apresentado na Equação (1). Para adaptação do modelo às informações compiladas, foi proposto que a quantidade de resíduos gerada – dividendo da Equação (1) – corresponderia à diferença entre a dimensão de material adquirida no período estudado e a porção de material que permaneceu no estoque. A quantidade total de material teoricamente necessária – divisor da Equação (1) – restringiu-se ao previsto para o período estudado. Para melhor compreensão da geração de resíduos durante o acompanhamento, o cálculo dos índices de perdas foi feito para cada um dos três momentos de análise – definidos pela vistoria inicial (VI), vistoria final (VF) e o período entre essas vistorias (VI – VF).

Os resultados quantitativos da análise de Soibelman (1993) foram apresentados no Quadro 16 para que possam ser reconhecidos os índices de perdas de cada material nos três períodos analisados. Contudo, os valores considerados no modelo de previsão da geração de resíduos foram aqueles obtidos entre a vistoria inicial e final (período em que o processo construtivo foi desenvolvido).

Quadro 16 – Índices de perdas nos processos construtivos, segundo Soibelman (1993)

Materiais	Índices de perdas [%]		
	VI	VI – VF	VF
Aço		19,07	
Cimento	110,83	82,61	84,13
Concreto usinado	13,42	12,93	13,19
Areia média	47,46	44,37	45,76
Argamassa regular (para revestimentos)	-	93,6	91,25
Tijolos furados	67,72	49,98	27,64
Tijolos maciços	29,46	53,96	26,94

Fonte: Soibelman (1993).

Após a análise dos resultados, foram identificadas as mesmas problemáticas relatadas por Skoyles e Skoyles (1987) e Pinto (1989). Também foram obtidos índices de perdas superiores aos valores comumente adotados pelo setor e detectadas as parcelas evitáveis das perdas, o que foi constatado pela variação dos índices de um mesmo material em cada obra (SOIBELMAN, 1993, PALIARI, 1999).

A partir do estudo das causas das perdas, Soibelman (1993) verificou que o desperdício no canteiro de obras ocorre devido a múltiplos fatores. Contudo, o autor admitiu que a principal causa dos altos índices de perdas foi a falha no gerenciamento dos processos no canteiro. Ainda sobre as observações de Soibelman (1993), destaca-se que, mesmo sendo amplamente

conhecida a existência das perdas, a omissão dos gerentes da obra configurou-se como um obstáculo para o controle adequado dos materiais.

### **3.3.4 Proposta de Agopyan *et al.* (1998b)**

Em 1998, o Departamento de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) coordenou uma pesquisa nacional para a determinação de valores para os índices de perdas representativos dos processos construtivos adotados no país. Ainda, a unicidade da metodologia aplicada nacionalmente propiciaria que os dados obtidos em diferentes regiões fossem comparáveis. Dessa forma, o estudo de Agopyan *et al.* (1998b) tornou-se relevante pela abrangência dos resultados encontrados e, ao contrário das pesquisas anteriores, pela grande quantidade de obras vistoriadas (ANDRADE *et al.*, 2001). Os resultados encontrados por Agopyan *et al.* (1998b) foram os indicadores de perdas globais e parciais para cada um dos materiais estudados. No entanto, almejou-se que esses dados se tornassem base para o entendimento da geração de resíduos da construção e fundamentação para o desenvolvimento de propostas para redução das perdas ocorridas nos processos construtivos.

Em complemento aos resultados quantitativos, foram coletadas informações que possibilitassem a caracterização do contexto da geração de resíduos, contemplando os aspectos da empresa construtora, da obra e dos serviços executados. Para que pudessem ser reconhecidos os fluxos de materiais nos canteiros de obras avaliados, foi realizada uma análise qualitativa das características tecnológicas e gerenciais das etapas que compunham o processamento dos suprimentos (AGOPYAN *et al.*, 1998b).

A metodologia desenvolvida por Agopyan *et al.* (1998b) consistiu na análise crítica do processamento dos materiais no canteiro de obras, com acompanhamento do uso de cada um dos suprimentos desde seu recebimento até a aplicação final na construção. Os estudos foram realizados entre dois marcos temporais, denominados como Vistoria Inicial (VI) e Vistoria Final (VF). Antes desse período de coleta de informações, houve um planejamento inicial e o treinamento das equipes envolvidas com a pesquisa.

O procedimento de coleta de informações ocorreu em três etapas distintas: antes da vistoria inicial, entre os marcos de vistorias inicial e final e vistoria final. Caso fosse identificada a necessidade, poderiam ser coletados dados após a vistoria final. Nos marcos VI e VF, foram obtidas as quantidades de material estocado e de serviço executado até o momento (AGOPYAN *et al.*, 1998c). Além dessas informações acerca das condições reais no canteiro de obras, foram coletados dados para o cálculo do consumo de referência, definido como a quantidade de

recursos prevista para a execução dos serviços entre as vistorias inicial e final. Todo o processo de coleta de informações ocorreu por meio do preenchimento de tabelas previamente confeccionadas (AGOPYAN *et al.*,1998b).

A determinação do consumo real de materiais foi calculada a partir da soma da quantidade de material estocado, definida pela diferença entre a quantidade de material presente nos estoques na vistoria inicial e na final, e a quantidade de material recebido entre os marcos temporais. No caso de transferência de material para outro canteiro de obras, a quantidade retirada foi subtraída do total de materiais disponíveis para os processos construtivos. Além dessas informações, foi necessário o controle de saída de estoque para que pudessem ser determinadas as quantidades de materiais destinadas a cada serviço (AGOPYAN *et al.*,1998b).

O consumo de referência foi estabelecido por Agopyan *et al.* (1998b) a partir dos seguintes parâmetros: quantidade de serviço; consumo de material por unidade de serviço; consumo de material básico por material composto. A quantidade de serviço efetivamente executado foi obtida a partir do acompanhamento da obra e do registro da porção concluída dos elementos construtivos. Esses componentes da edificação foram quantificados em termos de grandezas, sendo possível mensurá-los por meio de dimensões lineares, superficiais, volumétricas e de massa. Ao ser estabelecida a grandeza adequada a cada serviço, foram determinadas as unidades de serviço.

Para que pudesse ser estimado o consumo de material para a quantidade de serviço registrada, foi necessário estabelecer um índice teórico de consumo para cada unidade de serviço. Dessa forma, recorreu-se aos valores definidos no projeto ou pelos responsáveis técnicos pela obra. Quando esses indicadores não foram definidos, utilizaram-se valores padrões. Como vários materiais são misturados no canteiro de obras, fez-se necessária a obtenção dos traços considerados na dosagem a fim de serem determinados os consumos dos materiais básicos, que compõem o material composto. A partir dessas informações, foram utilizadas equações de consumo dos materiais básicos para cada material composto. A coleta de dados foi executada pela equipe do estudo ou pelos próprios funcionários da empresa construtora ou, ainda, por meio da consulta aos documentos de recebimento de suprimentos – como notas fiscais da aquisição de materiais. Após a coleta dos dados relevantes, todas as informações foram processadas conforme o método de cálculo estabelecido, transferido para uma série de planilhas elaboradas pelos autores (AGOPYAN *et al.*,1998b). Os resultados obtidos para os índices de perdas médios, assim como os valores máximos e mínimos, foram apresentados no Quadro 17.



Quadro 17 – Índices de perdas nos processos construtivos, segundo Agopyan *et al.* (1998b)

Materiais	Índice de perdas [%]		
	Mínimo	Médio	Máximo
Areia	7	76	311
Saibro	134	182	247
Cimento (aplicação geral)	6	95	638
Cimento (aplicação em chapisco convencional externo)	52	62	72
Cimento (aplicação em chapisco convencional interno)	-42	-15	12
Cimento (aplicação em chapisco rolado interno)	-16	-12	-8
Cimento (aplicação em emboço interno)	8	104	234
Cimento (aplicação em emboço externo)	-11	67	164
Cimento (aplicação em contrapiso)	8	79	288
Pedra	9	75	294
Cal	6	97	638
Concreto usinado	2	9	23
Concreto produzido em obra	6	6	6
Aço	4	10	16
Blocos e tijolos	3	17	48
Argamassa para assentamento de alvenaria	26	116	205
Argamassa para chapisco	14	21	29
Argamassa para emboço ou massa única	5	99	209
Argamassa para reboco	13	13	13
Argamassa para contrapiso	36	42	47
Argamassa produzida em obra	18	18	18
Placas cerâmicas (aplicação geral)	2	16	50
Placas cerâmicas (aplicação no piso)	5	22	78
Placas cerâmicas (aplicação na parede)	-1	16	50
Placas cerâmicas (aplicação na fachada)	5	14	19
Gesso	-14	45	120
Tintas (aplicação geral)	8	16	24
Tintas para pintura interna	-5	14	24
Tintas para pintura externa	13	15	17
Revestimento têxtil	14	14	14
Eletrodutos	13	15	18
Condutores	14	25	35
Tubos para instalações hidrossanitárias	8	20	56

Fonte: Agopyan *et al.* (1998).

Nota: As argamassas citadas, com exceção do item “Argamassa produzida em obra”, referem-se a materiais parcial ou totalmente produzidos fora do canteiro.

Agopyan *et al.* (1998b) relatam que a metodologia proposta nesse estudo foi significativa para a determinação das perdas decorrentes do uso de recursos físicos pelo setor da Construção Civil. Essa relevância se revelou na fundamentação de pesquisas anteriores e na busca por contribuir com as lacunas deixadas. A principal importância do estudo de Agopyan *et al.* (1998b) foi a padronização dos processos de coleta de dados, processamento das informações e de análise dos resultados. Para isso, os autores adotaram procedimentos e instrumentos para orientar a avaliação das perdas nos canteiros de obras. Dessa forma, os resultados obtidos podem ser considerados em análises de construtoras – junto a outros entes do setor da construção – e do meio acadêmico de tal forma que os processos construtivos possam ser planejados a partir de fundamentos sólidos e fidedignos.

### 3.3.5 Proposta de Formoso *et al.* (1998)

Além dos índices obtidos por meio da análise de canteiro de obras, é pertinente a consideração das perdas teóricas de insumos. Esses valores constam nas literaturas específicas e são comumente utilizados na composição de custos do processo de orçamentação de obras (FORMOSO *et al.*, 1998).

Diante da pertinência dos índices teóricos no planejamento da construção, Formoso *et al.* (1998) buscaram os valores tradicionalmente adotados na quantificação de perdas de insumos. Os índices identificados pelos autores citados foram apresentados na forma da diferença percentual entre a quantidade real de material e a quantidade necessária prevista, conforme informações advindas dos projetos. Ao retomar os processos de definição de perdas expostos nos tópicos anteriores, nota-se a consonância entre as propostas de conceituação dos índices.

As perdas teóricas consideradas por Formoso *et al.* (1998) foram apresentadas no Quadro 18. A comparação direta desses valores com aqueles propostos por Skoyles (1987) e Pinto (1989) – apresentados nos Quadros 13 e 14, respectivamente – promoveu a constatação que as perdas comumente consideradas pelo setor da Construção Civil são significativamente inferiores àquelas obtidas por avaliações em campo.

Quadro 18 – Índices de perdas teóricas nos processos construtivos, segundo Formoso *et al.* (1998)

<b>Materiais</b>	<b>Índice de perdas [%]</b>
Aço	20,0
Cimento	15,0
Concreto usinado	5,0
Areia média	15,0
Argamassa regular - para revestimentos	15,0
Tijolos furados	10,0
Tijolos maciços	10,0

Fonte: Formoso *et al.*, 1998.

Após a análise dos resultados obtidos Formoso *et al.* (1998), identificou-se a necessidade de revisão do conceito tradicional de perdas adotado pelo setor da Construção Civil. Além do esforço pela redução do desperdício nos processos construtivos, Formoso *et al.* (1998) avaliaram a pertinência do desenvolvimento de novas pesquisas para obtenção de índices de perdas adequados ao contexto nacional e com validade estatística. Assim, uma associação entre empresas do setor, institutos de pesquisa e universidades poderia gerar indicadores de desperdício e produtividade atualizados e coerentes com a realidade da construção.

### 3.3.6 Proposta de Andrade *et al.* (2001)

Andrade *et al.* (2001) buscaram determinar a quantidade de insumos que se tornavam entulho durante os processos construtivos, realizando uma análise particular das perdas que teriam por consequência a geração de resíduos da construção e que não representassem uma parcela de material incorporado à construção de alguma forma.

Para determinação dos índices de geração de entulho ( $IP_{entulho}$ ), Andrade *et al.* (2001) recorreram aos valores dos indicadores de perda global ( $IP_{global}$ ) e das porcentagens desses que representam o entulho ( $P_{entulho}$ ). Admitindo que o indicador de perda global corresponde à diferença entre o consumo real e o referencial de um determinado material, foi definida a seguinte equação para determinação do índice de entulho:

$$IP_{entulho} = IP_{global} \cdot P_{entulho} \quad (2)$$

A fração das perdas relativa ao entulho corresponde à diferença entre perda total de um material e a quantidade desse que pôde ser incorporada à edificação. Essa parcela de entulho gerado varia para cada tipo de insumo analisado e pode ser quantificada a partir do estudo do consumo dos materiais durante os processos construtivos (ANDRADE *et al.*, 2001).

Segundo os critérios estabelecidos por Andrade *et al.* (2001), os parâmetros necessários para cálculo dos indicadores foram extraídos da pesquisa nacional conduzida por Agopyan *et al.* (1998b). A partir desse banco de dados e do modelo de cálculo resumido pela Equação (2), foram obtidos os índices de geração de entulho para diferentes materiais da construção (Quadro 19).

Além desses índices, foram investigadas outras fontes de dados acerca do desperdício de materiais em canteiros de obras para que pudesse ser determinado um valor estimado da massa de entulho para cada área unitária construída (definida como 1,0 m<sup>2</sup> de piso). Dessa forma, pôde ser calculada uma geração de resíduos equivalente à 49,58 kg de entulho para cada área unitária executada. A partir de outro ponto de vista, essa estimativa indicaria que a quantidade de entulho gerado pelos processos construtivos representa 5,0 % da massa de um edifício (ANDRADE *et al.*, 2001).

Quadro 19 – Índices de geração de entulho nos processos construtivos, segundo Andrade *et al.* (2001)

<b>Materiais</b>	<b>Índice de perdas [%]</b>	
Concreto usinado	1,4	(m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )
Aço	7,7	(kg/kg)
Blocos	13,0	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
Argamassa para assentamento de alvenaria	0,2	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Argamassa para revestimento de paredes e tetos	0,2	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Argamassa para revestimento de fachadas	0,1	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Argamassa para contrapiso	0,1	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Placas cerâmicas para fachada	13,0	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
Placas cerâmicas para piso	19,0	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
Placas cerâmicas para parede	13,0	(m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
Gesso aplicado em paredes	0,1	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Gesso aplicado em tetos	0,1	(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )

Fonte: Andrade *et al.* (2001).

### 3.3.7 Proposta de Souza (2005b)

Na busca por uma abordagem mais específica para o estudo da geração de resíduos da construção, Souza (2005b) propôs uma pesquisa exploratória dos índices de perdas característicos da construção de habitações populares. Para que pudesse ser quantificado o desperdício de materiais nos processos construtivos associados a esse contexto, as análises realizadas tiveram como fonte de dados a construção do Conjunto Residencial Campo Alegre, localizado em Uberlândia (MG). O estudo foi composto pelas 50 unidades residenciais, cada uma de área construída igual à 44,52 m<sup>2</sup>, que foram construídas para formar o Módulo II do conjunto habitacional avaliado.

Segundo as propostas de Souza (2005b), o procedimento de obtenção dos dados foi concebido para que pudessem ser analisadas as etapas de recebimento, armazenamento e processamento dos materiais utilizados na construção do conjunto habitacional. O estudo abordou todas as etapas do processo construtivo, desde o início da obra até o momento da entrega das edificações. Como foi estabelecida a necessidade de direcionar o estudo para os materiais mais relevantes na composição dos resíduos da construção, foram inspecionados os montes de entulho e, a partir das constatações da análise visual, foram selecionados os materiais mais encontrados para a composição do conjunto de materiais a serem acompanhados. Foi realizada uma vistoria inicial, com a quantificação dos materiais presentes no estoque. Para acompanhamento do processo construtivo, recorreu-se à metodologia de coleta de dados proposta por Paliari (1999).

Após as adaptações necessárias, foram elaboradas as planilhas para que fossem coletados os dados referentes a cada etapa da construção. A partir dos valores coletados, foram

quantificados e qualificados os desperdícios de materiais. Para que fossem definidas as quantidades de serviço e de materiais requeridos, foi analisada a documentação da obra, na forma de projetos, memoriais descritivos e notas fiscais da aquisição de materiais. Por outro lado, as informações acerca dos resíduos gerados foram obtidas através de medições em campo. Nesse processo de levantamento, buscaram-se dados pertinentes ao consumo de materiais, à movimentação de recursos e à execução dos serviços de construção (SOUZA, 2005b).

Com base no método de cálculo estabelecido por Agopyan *et al.* (1998), a comparação entre o consumo de referência e o consumo que realmente ocorreu na obra permitiu que Souza (2005b) determinasse dos índices de perda para os materiais selecionados e os resultados obtidos foram apresentados no Quadro 20. Ao fim do estudo, Souza (2005b) detectou uma geração de 3,10 m<sup>3</sup> de resíduos em cada unidade habitacional. Essa quantidade contabilizada de resíduos representou cerca de 10,40 %, em massa, do total de material adquirido. Considerando a área de cada unidade do Residencial Campo Alegre, foi estimada a geração de 862,24 kg de resíduos para cada área unitária construída (o que corresponde a 1,0 m<sup>2</sup> de piso ou projeção horizontal). Após a análise de pesquisas anteriores, esse valor foi considerado válido pela proximidade ao valor estipulado por Souza (2005a) para obras de padrão médio, de aproximadamente 1000 kg.m<sup>-2</sup>.

Quadro 20 – Índices de perdas nos processos construtivos, segundo Souza (2005b)

<b>Materiais</b>	<b>Índice de perdas [%]</b>
Areia fina (para reboco)	54,78
Areia média (usos diversos)	76,10
Brita (usos diversos)	23,17
Cimento (uso geral)	14,37
Cimento (para confecção de Brocas)	16,95
Cimento (para confecção de Vigas Baldrames)	18,38
Cimento (para confecção de Vergas)	22,81
Cimento (para confecção de Lajes)	10,09
Cimento (para confecção de Contrapiso e Calçada)	17,72
Cimento (para Assentamento)	20,91
Cimento (para Chapisco)	7,60
Cimento (para Massa Única)	12,93
Cal (uso geral)	13,19
Cal (para Assentamento)	12,27
Cal (para Massa Única)	13,30
Bloco cerâmico	8,60
Meio Bloco cerâmico	121,20
Tijolo maciço	63,78
Canaleta de concreto (para confecção de Vigas Baldrames)	7,14
Telhas	4,16

Fonte: Souza (2005b).

### 3.4 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

Com o avanço tecnológico, surgem novas soluções e ferramentas para a execução de serviços e produção de bens de consumo. A universalização do acesso aos computadores pessoais (*hardware*), o aumento da capacidade de processamento dos dispositivos e a evolução das ferramentas computacionais (*softwares*) propiciaram uma aproximação da indústria da Construção Civil às novas tecnologias da informação, promovendo a evolução progressiva de técnicas e procedimentos, resultando no desenvolvimento e aplicação da metodologia BIM à Engenharia Civil (CAMPESTRINI *et al.*, 2015; CBIC, 2016a).

Como resultado dos avanços tecnológicos do setor, foram mitigadas as problemáticas que restringiam o aumento do nível de industrialização e pré-fabricação na construção de edificações. A metodologia tradicional de elaboração de projetos e execução de obras não apresentava a precisão necessária para a confecção e montagem de peças pré-fabricadas. Assim, o gerenciamento mais acurado e a maior previsibilidade dos processos, proporcionados pela metodologia BIM, facilitaram a adoção de sistemas pré-fabricados devido ao aumento da confiabilidade dos dados fornecidos pelo projeto (CBIC, 2016a).

Diante desses avanços significativos do setor da Construção Civil, entende-se a motivação para a rápida adoção da Modelagem da Informação da Construção por todo o mundo. Mesmo que o setor seja habitualmente rotulado como tradicionalista, as ferramentas BIM têm sido adotadas por seus membros como forma de aumentar a capacidade produtiva, evoluir as técnicas e manter-se competitivos no mercado. Em adição às razões da própria indústria da construção, o desenvolvimento de estratégias nacionais para disseminação da plataforma BIM tem contribuído para a modernização do setor (CAMPESTRINI *et al.*, 2015; CBIC, 2016a).

#### 3.4.1 Conceituação

A Modelagem da Informação da Construção, denominada originalmente como *Building Information Modeling* (BIM), pode ser definida como uma metodologia formada pela combinação harmoniosa entre procedimentos e tecnologias aplicáveis à Construção Civil. A plataforma da metodologia BIM possibilita o gerenciamento de projetos de edificações e instalações, de tal forma que o fluxo de informações geradas conduza a um modelo digital condizente com o objeto real a ser construído. Dessa forma, os dados de um projeto – que contemplam todo o ciclo de vida do produto – podem ser gerados, armazenados e compartilhados de modo fácil e eficiente (CBIC, 2016a).

Entende-se que a representação digital do objeto a ser construído inclui aspectos físicos e funcionais como forma de propiciar a documentação do projeto, a simulação da construção e utilização, a criação de um banco de dados referentes ao objeto e a confiável obtenção de informações para fundamentação da tomada de decisão. Para que essas funcionalidades sejam alcançadas, os modelos digitais são compostos por uma organização de elementos paramétricos que agrupam os dados pertinentes e devem ser compartilhados entre todos os agentes envolvidos. Portanto, admite-se que a Modelagem da Informação da Construção é um processo colaborativo desenvolvido em plataformas digitais (CBIC, 2016a).

Para que os objetivos da metodologia sejam alcançados, é necessário que os modelos de informação da construção sejam compostos por objetos BIM, definidos como elementos virtuais e paramétricos. Esses componentes reúnem dados geométricos (geometria bidimensional e tridimensional) e informações que os caracterizem. Dessa forma, entende-se que os objetos BIM correspondem a repositórios de dados, entre os quais se destacam as especificações técnicas, os materiais constituintes, as dimensões, as normas pertinentes, as informações dos fornecedores e os parâmetros para aplicação. O termo *paramétrico* é utilizado para caracterizar esses objetos, pois os projetistas podem alterar as informações integradas ao elemento como forma de adequação ao projeto. Ainda, o termo *inteligente* também é utilizado para indicar que os objetos BIM têm consciência dos elementos próximos e, assim, interagem com outros objetos do modelo (CBIC, 2016a).

### **3.4.2 Principais funcionalidades**

A principal funcionalidade da Modelagem da Informação da Construção é a antecipação da construção da edificação ou instalação em um ambiente virtual. Por meio desse ensaio da obra, podem ser realizados planejamentos e simulações da implantação e utilização do objeto como forma de minimizar a ocorrência e impacto de alterações durante o processo construtivo. Tornou-se recorrente a realização de ensaios virtuais do desempenho e comportamento das edificações ou instalações como forma de simular as condições de uso e, através dos resultados obtidos, atestar as condições adequadas ao uso (CAMPESTRINI *et al.*, 2015; CBIC, 2016a).

Como resultado do processo de Construção Virtual, denominado de *Virtual Design & Construction*, é gerado um modelo digital e são organizadas as informações conforme padrões previamente estabelecidos. Esses resultados permitem o estudo e previsão do processo construtivo, como também possibilita a redução de riscos da execução do empreendimento.

Portanto, o modelo da informação da construção está associado a uma elevação da qualidade do planejamento da construção e ao aumento do nível de precisão do projeto (CBIC, 2016a).

Além das simulações e ensaios virtuais, outro benefício da metodologia BIM é a visualização exata do objeto a ser construído por meio da formação de um modelo tridimensional, onde todos os dados pertinentes são concentrados. Como as tecnologias utilizadas não restringem seu processo de modelagem à formatos bidimensionais, as informações necessárias podem ser extraídas diretamente dos modelos e não requerem um extenso processo de interpretação por parte dos leitores do projeto. Dessa forma, o objeto e os dados gerados podem ser compreendidos por todos os envolvidos com o empreendimento e, conseqüentemente, as falhas na comunicação são evitadas (CBIC, 2016a).

Considerando a modelagem tridimensional de projetos possibilitada pelo uso de *softwares* BIM, entende-se que as interferências entre componentes do objeto a ser construído podem ser facilmente detectadas e evitadas. Além das funções dos programas que acusam essas irregularidades (*clash detection*), o próprio projetista pode avaliar as interferências por meio de uma simples inspeção visual do modelo digital, o que se torna mais complexo em processos de modelagem bidimensional – típicos da metodologia tradicional de projeto (CBIC, 2016a).

### **3.4.3 Extração de quantitativos dos projetos**

Como os modelos de informação da construção correspondem a um conjunto organizado de dados, todos os elementos quantitativos do projeto podem ser extraídos diretamente, com maior agilidade e precisão (CBIC, 2016a). Para cada componente da edificação, as quantidades referem-se às dimensões e aos aspectos técnicos dos elementos a serem construídos. Devido à diversidade de naturezas dos componentes do objeto, os quantitativos podem ser compreendidos como dimensões lineares (comprimento, largura e altura), superficiais (área), volumétricas (volume), de peso (massa) ou adimensionais (contagem das unidades a serem confeccionadas) (MATTOS, 2006).

Como o processo de modelagem do objeto a ser construído ocorre em plataformas digitais, as informações das quantidades podem ser acessadas facilmente e agrupadas de acordo com modelos predefinidos. Assim, garante-se a agilidade e acessibilidade do acesso aos dados do projeto (CBIC, 2016a).

Essa funcionalidade pode ser explorada na formação de banco de dados que fundamentem os processos de gestão. Por meio de *softwares* BIM, são gerados subgrupos de informações em formatos estabelecidos previamente. Os dados referentes a todo o período de desenvolvimento



do projeto alimentam modelos de gestão e são correlacionados a fim de serem obtidas as informações pertinentes ao processo de gerenciamento. Em muitos casos, são gerados relatórios ou tabelas de quantitativos conforme critérios definidos preliminarmente (CBIC, 2016a; CBIC, 2016c).

### 3.4.4 Ferramentas computacionais adequadas à metodologia

Para a implementação da metodologia BIM, é necessário que seja criada uma infraestrutura tecnológica composta por *hardwares* (equipamentos eletrônicos) e *softwares* (ferramentas computacionais). O fluxo de trabalho característico da Modelagem da Informação da Construção ocorre em plataformas digitais que atendam às demandas de cada membro do setor da Construção Civil e permitam o compartilhamento eficiente de informações (CBIC, 2016b).

No contexto nacional, os *softwares* mais utilizados são: *Revit* (da *Autodesk*); *Archicad* (da *Graphisoft*); *VectorWorks* (da *Nemetschek*); *AECOsim* (da *Bentley*); *Navisworks* (da *Autodesk*); *Tekla Structures* (da *Trimble*); *SCIA* (da *Nemetschek*); *TQS*. Entende-se que cada uma dessas soluções BIM atua conforme as especificações fornecidas por seus desenvolvedores, denominados como *software's houses*, e são constantemente atualizadas (CBIC, 2016b; CBIC, 2016c).

Neste trabalho, optou-se por utilizar o *software Revit* para a realização das análises propostas. Essa ferramenta permite a modelagem virtual de edificações a partir de informações reais, sendo possível simular variadas condições a fim de ser obtido o modelo mais viável. Como existem diversos sistemas que compõem o objeto a ser construído, o programa é subdividido em três diferentes modalidades: *Architecture* (para projetos arquitetônicos); *Structure* (para projetos estruturais); *MEP* (para projetos hidrossanitários, elétricos e de ar-condicionado). Contudo, o *software* garante a interoperabilidade entre esses segmentos para que uma solução única e completa seja gerada (LIMA, 2014).

Segundo Lima (2014), o *Revit* permite que sejam alcançados os benefícios típicos da aplicação da Modelagem da Informação da Construção. O desenvolvimento de um protótipo tridimensional e digital da edificação concebida permite que o modelo seja examinado a partir de qualquer ponto, enquanto as interferências entre disciplinas podem ser verificadas facilmente. Além disso, o *software* oferece funcionalidades associadas à avaliação do modelo confeccionado, o que pode ocorrer através de ensaios virtuais do edifício e da simulação da

construção. No que se refere à documentação, a ferramenta *Revit* possibilita a quantificação precisa dos elementos que compõe a edificação e a geração de representações fiéis do projeto.

Para extração dos quantitativos do projeto, o *software Revit* fornece exímias funcionalidades voltadas para a geração de tabelas e relatórios. A partir de padrões predefinidos, as informações são agrupadas e disponibilizadas aos usuários em formatos de fácil interpretação. Destaca-se que existe uma relação direta entre o protótipo digital e as tabelas, o que ocorre de tal forma que qualquer alteração em algum destes elementos reflete-se no outro e as atualizações ocorrem automaticamente (LIMA, 2014).

No processo de criação de tabelas (*Schedules*), a ferramenta exige que seja estabelecida a categoria a que se referem os dados extraídos e os campos a serem apresentados. As categorias são agrupamentos dos elementos construtivos segundo critérios do próprio programa e indicam a fonte das informações expostas na tabela. Os campos, que se apresentam na tabela na composição das colunas, representam as informações que constam no objeto BIM pertencente à categoria para a qual a tabela foi gerada (LIMA, 2014). Como forma de exemplificar esses critérios básicos para criação de tabelas, foi apresentado, na Figura 14, o processo de criação de uma tabela para a categoria de janelas. Nesse exemplo, foram selecionadas as informações (campos) do tipo de janela, da quantidade de cada tipo, da altura do peitoril e do nível em que o tipo foi inserido.

Figura 14 – Exemplo de criação de tabela no *software Revit*

**Janela de configuração da tabela**

Propriedades da tabela

Campos Filtro Classificar/Agrupar Formatação Aparência

Selecionar campos disponíveis em: Janelas

Campos disponíveis:

- Altura bruta
- Altura da extremidade
- Coef. iluminação janela
- Coefficiente de ganho de calor solar
- Coefficiente de transferência de calor (U)
- Comentários
- Comentários de tipos
- Custo
- Código de montagem
- Descrição
- Descrição de montagem
- Fabricante
- Família e tipo
- Fase criada

Campos tabelados (na ordem):

- Contador
- Família
- Tipo
- Altura do peitoril
- Nível

**Tabela gerada a partir da configuração da janela ao lado**

<TAB. 05.9.1_PE_JANELAS>				
A	B	C	D	E
QUANT	FAMÍLIA	TIPO	ALT. PEITORIL	NÍVEL
1	CC_ND_300_MAXIM-AR	0.60 X 0.60	1.50	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_MAXIM-AR	0.60 X 0.60	1.50	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_MAXIM-AR	0.60 X 0.60	1.50	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_PEDRA_PEITORIL.RETO	0.70 X 0.26	1.48	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_PEDRA_PEITORIL.RETO	0.70 X 0.26	1.48	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_PEDRA_PEITORIL.RETO	0.70 X 0.26	1.48	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_JANELA_4 FOLHAS DE CORRER.VIDRO	1.00 X 0.90	1.20	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_JANELA_4 FOLHAS DE CORRER.VIDRO	1.00 X 0.90	1.20	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_PEDRA_PEITORIL.RETO	1.20 X 0.30	1.18	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_PEDRA_PEITORIL.RETO	1.20 X 0.30	1.18	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_JANELA_4 FOLHAS DE CORRER.VIDRO	2.00 X 0.90	1.20	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_JANELA_4 FOLHAS DE CORRER.VIDRO	2.00 X 0.90	1.20	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_PEDRA_PEITORIL.RETO	2.20 X 0.30	1.18	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_PEDRA_PEITORIL.RETO	2.20 X 0.30	1.18	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_JANELA_4 FOLHAS DE CORRER.VIDRO	2.20 X 0.90	1.20	PAV. TERREO
1	CC_ND_300_PEDRA_PEITORIL.RETO	2.40 X 0.30	1.18	PAV. TERREO

**Campos:**  
 Contador (nomeado como "QUANT");  
 Família;  
 Altura do peitoril;  
 Nível.

Fonte: Autor.

Cada linha da tabela representa um tipo de elemento, enquanto os valores apresentados para cada campo podem ser extraídos diretamente do modelo digital ou foram obtidos a partir da interação entre diferentes dados – o que ocorre com base em formulações previamente estabelecidas (LIMA, 2014).

O *software Revit*, assim como outras soluções BIM, permite a geração de um modelo básico denominado *template*. Essa funcionalidade permite o estabelecimento prévio de padrões e configurações básicas para os projetos a serem desenvolvidos, sendo útil para a facilitação do fluxo de trabalho através da supressão da etapa preliminar de configuração. Os pré-ajustes agrupados no *template* garantem que sejam preservadas as principais características do projeto, como unidades de medida, configurações de materiais e objetos, estilos gráficos, critérios para definição de quantitativos e modelos de agrupamento de informações. Ao definir as configurações padrões, o *software* possibilita a geração de arquivos *template* a fim de serem armazenadas as predefinições e compartilhados os modelos básicos com os envolvidos com os projetos (CBIC, 2016c).

### **3.4.5 Aplicação da metodologia BIM na gestão de resíduos da construção**

Segundo Carvalho e Scheer (2015), a Modelagem da Informação da Construção se tornou uma solução para a gestão de resíduos da construção e demolição. Em vista dessa nova abordagem da metodologia BIM, várias pesquisas têm sido desenvolvidas com foco na quantificação dos resíduos gerados e no aprimoramento dos planos de gestão dos empreendimentos. A implementação das ferramentas BIM propiciaria uma evolução gerencial e estratégica dos processos de gerenciamento de resíduos nos canteiros de obras, mas esses autores apontam que essa prática ainda não é comum. As constatações de Carvalho e Scheer (2015) evidenciam que ainda existe espaço para o desenvolvimento de novos métodos de implantação da Modelagem da Informação da Construção nos processos de mensuração da geração e na gestão de resíduos, sendo almejada a elaboração de um plano de destinação e do reaproveitamento ambientalmente adequado. Em vista dessa oportunidade de evolução, existem inúmeros métodos propostos de implantação do BIM para o contexto nacional. A seguir, são apresentados alguns estudos relevantes para o desenvolvimento do tema.

Magalhães (2018) desenvolveu um método de associação da Modelagem da Informação da Construção à Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) com o objetivo de promover um modelo de criação e avaliação de ações de prevenção à geração de resíduos. De modo geral, a proposta foi composta pela inserção de parâmetros de impacto potencial no modelo digital a fim de

possibilitar a avaliação, do ponto de vista ambiental, do impacto das estratégias para prevenção da geração de resíduos em diferentes cenários.

Mateus (2019) desenvolveu uma metodologia de aplicação de ferramentas BIM na extração de dados do protótipo digital, no inter-relacionamento entre esses conforme modelos matemáticos e na estimativa da geração de resíduos. Os resultados obtidos dessa análise foram essenciais para a elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos da Construção Civil, demonstrando os benefícios do uso da metodologia BIM na gestão antecipada dos RCDs.

Na tentativa de promover uma nova abordagem para o uso das tecnologias BIM, Barros e Hochleitner (2017) desenvolveram uma pesquisa intitulada “Criação de um *plug-in* aliado à tecnologia BIM para quantificação de resíduos de construção em uma habitação unifamiliar”. Com base nos trabalhos realizados, foi elaborada uma extensão ao *software Revit* que colabora para o gerenciamento de resíduos da construção, o que ocorre simultaneamente à elaboração do modelo de informação da construção. Ao compilar os resultados fornecidos pelo programa, notou-se que o processo de estimativa da geração de resíduos foi facilitado e o método de cálculo gerou resultados confiáveis.

Um estudo prático da adoção da metodologia BIM na gestão de resíduos, realizado por Gnecco (2018), permitiu a determinação dos benefícios dessa modernização dos processos do setor da Construção Civil. A autora optou por estudar o projeto do Centro de Referência de Assistência Social (CRAS) do município de Biguaçu, em Santa Catarina. Além da análise do projeto realizado em uma plataforma BIM, foram realizadas visitas técnicas para levantamento de dados para posterior comparação com o protótipo digital. As análises realizadas levaram à conclusão que o uso da plataforma BIM pode auxiliar na gestão de resíduos gerados pelos processos construtivos.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

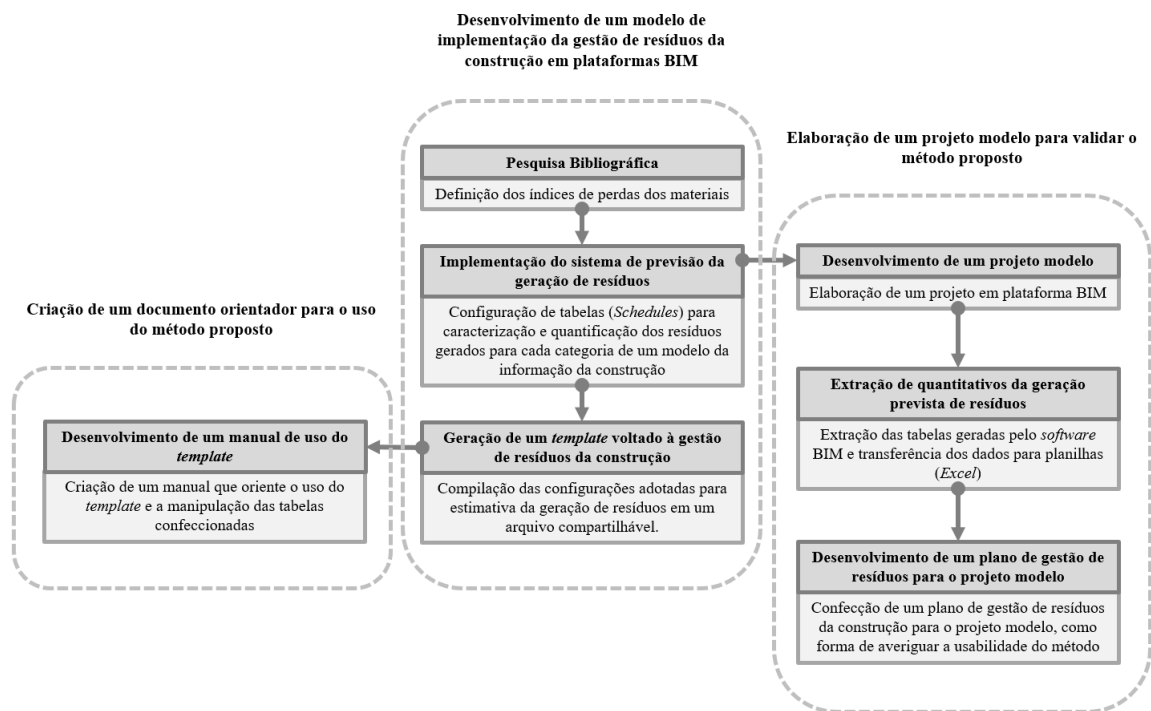
### 4.1 MATERIAL

Para a elaboração do modelo proposto, foi necessário selecionar uma ferramenta computacional adequada à Modelagem da Informação da Construção. Entre as opções disponíveis, optou-se pelo *software Revit (Autodesk)* – que tem sido amplamente empregado no setor da Construção Civil e permite a geração de um modelo que compila todas as configurações realizadas (*template*). A escolha dessa ferramenta foi justificada pela oferta de licença gratuita para estudantes e pelas habilidades de uso do *software* adquiridas pelo autor deste trabalho. Em complemento a essa tecnologia BIM, foi incorporado o *software Excel (Microsoft)* ao processo de associação e correlação de dados.

### 4.2 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi composta por três diferentes vertentes, apresentadas no fluxograma da Figura 15.

Figura 15 – Fluxograma da metodologia adotada neste trabalho



Em um primeiro momento, as atividades desenvolvidas estavam direcionadas à confecção do método de previsão da geração de resíduos da construção a partir de modelos da informação da construção. Os resultados obtidos dessa abordagem inicial foram relevantes para as demais propostas de investigação do tema, avaliação do método proposto e orientação para uso dos modelos desenvolvidos.

#### 4.2.1 Desenvolvimento do modelo de gestão de resíduos da construção

Os principais requisitos para a gestão de resíduos de construção são a qualificação e a quantificação dos resíduos gerados, o que ocorre por meio de métodos de previsão das perdas de materiais durante os processos construtivos. Para que esse procedimento de estimativa seja fundamentado técnica e cientificamente, foram selecionados índices de perdas obtidos em pesquisas de significativa relevância para o contexto nacional.

A seleção dos índices e as definições dos valores considerados ocorreram a partir de uma extensa pesquisa bibliográfica. Com base na avaliação do desperdício de materiais relatado por diversos autores, foram estabelecidos valores médios para o índice de perdas (IP) em relação à quantidade de cada material a ser utilizado nos serviços de construção. Ao concluir essa pesquisa, foram obtidos os índices adotados (Quadro 21).

Quadro 21 – Índices de perdas médios considerados na elaboração do método

(continua)

	Material	Código	Índice de Perdas Médio [%]
Argamassa produzida fora do canteiro	Assentamento de alvenaria	IP04	116,00
	Chapisco	IP05	21,00
	Contrapiso	IP06	42,00
	Colante (para assentamento de revestimento)	IP07	86,68
	Emboço ou Massa única	IP08	99,00
	Reboco	IP09	13,00
Metal	Aço	IP16	14,66
Blocos e Tijolos	Blocos e Tijolos (Uso geral)	IP18	14,87
	Tijolos de vedação à vista	IP21	12,00
	Tijolos de vedação comuns	IP22	8,00
	Tijolos de vedação furados	IP23	18,82
	Tijolos de vedação maciços	IP24	33,57
Concreto usinado	Infraestrutura	IP45	8,00
	Superestrutura	IP46	2,00
	Uso geral	IP47	5,99
Elétrico	Condutores	IP48	25,00
	Eletrodutos	IP50	15,00
Gesso	Aplicado em paredes	IP51	0,10
	Aplicado em teto	IP52	0,10
	Uso geral	IP53	45,00

Quadro 21 – Índices de perdas médios considerados na elaboração do método

(conclusão)

Material	Código	Índice de Perdas Médio [%]	
Madeira	Compensada	IP55	15,00
	Em tábuas	IP56	15,00
	Uso geral	IP57	47,45
Placas cerâmicas	Aplicação em fachada	IP59	13,50
	Aplicação em paredes	IP60	10,39
	Aplicação em pisos	IP61	12,83
	Aplicação geral	IP62	16,00
Telhas	Em geral	IP65	4,16
	Fibrocimento	IP66	8,00
	Francesa	IP67	10,00
Tintas	Aplicação geral	IP68	16,00
	Externa	IP69	15,00
	Interna	IP70	14,00
Tubulação	Cobre	IP71	7,00
	PVC	IP72	11,50

Fonte: Autor.

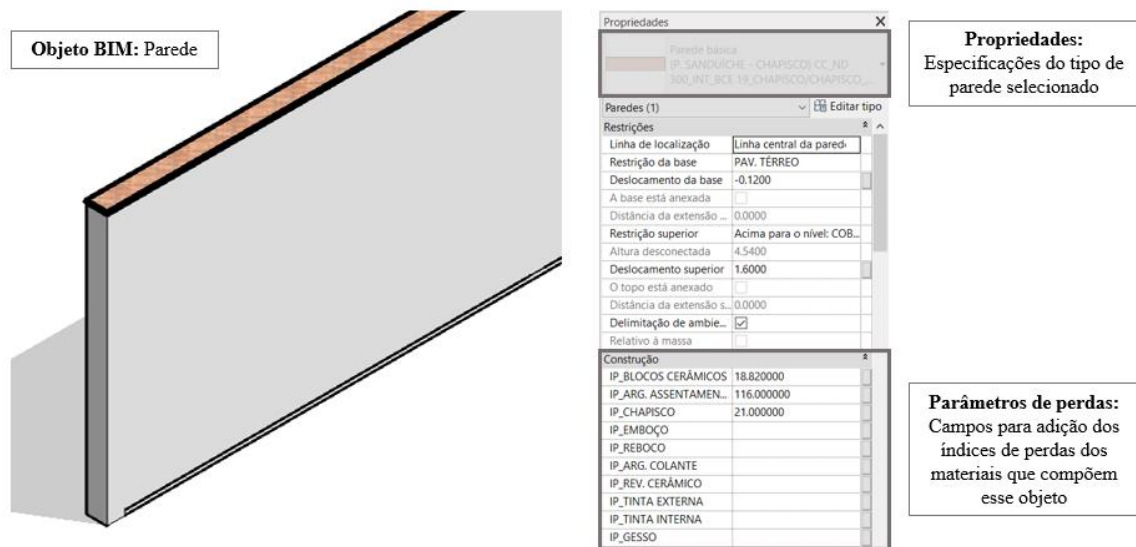
Considerando que os *softwares* da metodologia BIM possibilitam a extração automática das quantidades requeridas de materiais para um determinado protótipo digital, pôde ser utilizado o conceito que fundamenta o cálculo dos índices de perdas – Equação (1) – para quantificação dos resíduos a serem gerados. O procedimento de cálculo das perdas (P), embasado nas formulações apresentadas anteriormente, foi incorporado às tabelas (*Schedules*) formadas pelo próprio *Revit*, sob a forma da Equação (3).

$$P = IP \cdot C_{ref} \quad (3)$$

Com base nessa definição, foi inserido esse conceito ao *software* por meio da criação de um campo exclusivo – denominado como *parâmetro calculado* – para armazenar as informações de perdas de materiais para cada categoria de elemento construtivo. Para inserção dos índices de perdas aos objetos BIM, foi desenvolvido um parâmetro específico para cada tipo de material da construção. Assim, cada elemento do protótipo digital poderia incorporar as informações necessárias para análises posteriores dos desperdícios, conforme ilustrado na Figura 16. A nomenclatura atribuída a esses parâmetros foi: “IP\_(material)”.

Como cada categoria possui características próprias, foram configuradas todas as tabelas (*Schedules*) quantificadoras de resíduos e as categorias necessárias para a construção virtual de uma edificação. Para que o usuário tenha controle dos indicadores considerados e dos dados gerados, cada categoria teve duas tabelas: uma para a exposição dos índices de perdas adotados para material e outra para a previsão dos resíduos.

Figura 16 – Implantação de parâmetros de perdas aos objetos BIM



Fonte: Autor.

A primeira tabela confeccionada seria a interface inicial do modelo, onde o usuário poderia visualizar os materiais considerados constituintes dos elementos da categoria e os percentuais de geração de resíduos que foram adotados. A justificativa para a criação dessas tabelas foi a possibilidade da edição facilitada dos índices de perdas, sendo permitida a alteração da análise generalista proposta para uma abordagem específica. Dessa forma, os usuários poderiam inserir os índices característicos da região da construção ou aqueles aferidos por uma equipe executora. Nomeadas como “ÍNDICE DE PERDAS\_(categoria)\_(elemento específico)”, as tabelas referentes à interface de controle dos valores do percentual de perdas foram confeccionadas conforme o padrão apresentado na Figura 17.

Figura 17 – Interface de controle dos índices de perdas para cada categoria

Interface de controle dos índices de perdas dos blocos cerâmicos das paredes		
<TAB. 06.1.1.1_ÍNDICE DE PERDAS_PAREDES_BLOCOS CERÁMICOS>		
A	B	C
NOME	DESCRIÇÃO	ÍNDICES DE PERDAS (%) BLOCOS CERÁMICOS
.BLOCO CERÁMICO (Larg. 14 cm)	Bloco cerâmico	18.82
.BLOCO CERÁMICO (Larg. 19 cm)	Bloco cerâmico	18.82

**Tipos de materiais**  
(definidos automaticamente pelo *software*, de acordo com o modelo digital criado)

**Descrição do material**  
(definida pelo usuário)

**Índice de perdas admitido para cada tipo de material**  
(definida conforme valores obtidos pela pesquisa bibliográfica, sendo possibilitada a alteração pelo usuário)

Fonte: Autor.



A segunda tabela correspondeu ao espaço de correlação dos dados fornecidos pelo usuário e aqueles extraídos do modelo digital. Como resultado dessa interação, almejou-se obter as quantidades de resíduos estimadas para cada material que compõe as categorias estudadas. Como cada tipo de elemento da construção possui suas próprias características, requereu-se que cada tabela possuísse uma seleção de parâmetros própria – a qual deveria privilegiar as informações que fossem relevantes para o processo de previsão das perdas, com base na formulação apresentada na Equação (3). Nomeadas como “RCC\_(categoria)\_(elemento específico)”, as tabelas referentes à interface de cálculo da estimativa da geração de resíduos foram confeccionadas conforme o padrão apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Interface de previsão da geração de resíduos da construção

Interface de previsão da geração de resíduos dos blocos cerâmicos das paredes														
<TAB. 06.1.2.1_RCC_PAREDES_BLOCOS CERÂMICOS>														
A	B	C			D		E		F	G	H	I	J	K
NOME	DESCRIÇÃO	DIMENSÕES DOS BLOCOS			VALORES DE PROJETO		ÍNDICE DE BLOCOS	QUANTIDADE ESTIMADA	ÍNDICE DE PERDAS (%)		RCC GERADO			
		LARG. (cm)	ALT. (cm)	COMP. (cm)	ÁREA	VOLUME	(unid./m <sup>2</sup> )	DE BLOCOS	BLOCOS CERÂMICOS					
BLOCO CERÂMICO (Larg. 14 cm)	Bloco cerâmico	14.00	9.00	19.00	161.63 m <sup>2</sup>	22.19 m <sup>3</sup>	650.41	7507	18.82	4.18 m <sup>2</sup>				
BLOCO CERÂMICO (Larg. 19 cm)	Bloco cerâmico	19.00	9.00	19.00	162.83 m <sup>2</sup>	30.54 m <sup>3</sup>	603.95	7564	18.82	5.75 m <sup>2</sup>				
					324.45 m <sup>2</sup>	52.74 m <sup>3</sup>	1254.36	15071			9.93 m <sup>2</sup>			

The diagram below the table illustrates the data flow:
 

- Tipos de materiais** (Types of materials) points to columns A and B.
- Características dimensionais dos materiais (definidas automaticamente pelo software e/ou pelo usuário)** (Material dimensional characteristics) points to columns C, D, and E.
- Parâmetros calculados (dados adicionais calculados pelo software através de formulações definidas previamente, sendo incluídos nas tabelas em forem necessárias informações complementares)** (Calculated parameters) points to columns F, G, H, and I.
- Índices de perdas** (Loss indices) points to column J.
- Quantidade de RCC prevista** (Estimated RCC quantity) points to column K.

Fonte: Autor.

Com base nas análises qualitativas da geração de resíduos da construção realizadas por Nagalli (2014) e nas configurações padrões do *Revit*, foram identificadas as categorias consideradas na confecção do modelo de gestão e os materiais que compõem essas. Dessa forma, puderam ser elencados as prováveis composições dos resíduos gerados para cada categoria de elementos da construção (Quadro 22), sendo relacionados os materiais aos seus índices de perdas característicos conforme a codificação proposta no Quadro 21.

Em complemento à análise da geração de resíduos para as categorias apresentadas no Quadro 22, foi proposta a configuração de uma planilha eletrônica para receber os dados obtidos do *software Revit*. Para isso, foi necessário confeccionar um arquivo no *Excel* para realizar os estudos específicos para a elaboração do plano de gestão de resíduos da construção.

Com base nas propostas de Viana (2009) para a redação de plano de gerenciamento de resíduos do canteiro de obras, foram estabelecidas as principais informações a serem extraídas

da planilha complementar. Nesse arquivo, foram extraídos dados da composição dos resíduos gerados, os volumes de resíduos de cada classe e as quantidades direcionadas a cada método de acondicionamento e destinação.

Quadro 22 – Composição de resíduos característica de cada categoria

<b>Categoria</b>	<b>Material</b>	<b>Código</b>
Paredes	Argamassa para assentamento de alvenaria	IP04
	Argamassa para chapisco	IP05
	Argamassa para emboço ou massa única	IP08
	Argamassa para reboco	IP09
	Argamassa colante (para assentamento de revestimento)	IP07
	Blocos e Tijolos (uso geral)	IP18
	Tijolos de vedação à vista	IP21
	Tijolos de vedação comuns	IP22
	Tijolos de vedação furados	IP23
	Tijolos de vedação maciços	IP24
	Tinta para aplicação externa	IP69
	Tinta para aplicação interna	IP70
Pisos	Placas cerâmicas para aplicação em paredes	IP60
	Argamassa para contrapiso	IP06
	Colante (para assentamento de revestimento)	IP07
Direções do conduíte (para eletrodutos e condutores)	Placas cerâmicas para aplicação em pisos	IP61
	Condutores	IP48
Tubulação (para sistema hidrossanitário)	Eletrodutos	IP50
	Tubos de cobre	IP71
Quadro estrutural (para telhado)	Tubos de PVC	IP72
	Telhas para uso geral	IP65
	Telhas de fibrocimento	IP66
Pilares estruturais (para pontaletes)	Telhas francesas	IP67
Montantes de parede cortina (para terças)	Madeiramento (estrutura do telhado)	IP57
Quadro estrutural (para vigas cumeeiras)		
Quadro estrutural (para berços)		

Fonte: Autor.

Nota: Para a definição das categorias apresentadas no quadro, foram utilizadas as nomenclaturas adotadas pelo *software Revit* e as especificações necessárias para identificação dos elementos.

Ao concluir a configuração do modelo BIM de previsão de geração de resíduos e da planilha complementar, foram confeccionados arquivos compartilháveis (*templates*) para preservação do método proposto. Acerca do processo de formação dos *templates* para a ferramenta *Revit*, optou-se por gerar um arquivo para cada modalidades (arquitetura, instalações hidrossanitárias e instalações elétricas) como forma de adequar a metodologia ao fluxo de trabalho comumente adotado pelos usuários do *software*. Admitindo que o processo normalmente adotado para elaboração de projetos corresponde ao desenvolvimento de cada modalidade individualmente, verificou-se a pertinência da confecção de um modelo próprio para cada uma dessas.

#### 4.2.2 Elaboração de um projeto modelo

Após o desenvolvimento do modelo de previsão da geração de resíduos, foi necessário avaliar a usabilidade da ferramenta na elaboração dos planos de gerenciamento de resíduos. Para isso, foi proposta a confecção de um projeto de uma edificação no *software Revit* – a partir das configurações relatadas no tópico anterior – e um modelo preliminar de gestão dos resíduos da construção.

O desenvolvimento do projeto modelo baseou-se em aspectos generalistas, sem que fosse estabelecido um caso existente a ser replicado nem que fosse delimitado por um contexto real. Essa decisão foi justificada pela necessidade de simplificar a execução do modelo, como também pelo entendimento que as análises requeridas são possibilitadas através do processo de modelagem da edificação, independentemente da aplicabilidade do projeto a um cenário tangível.

Dessa forma, pôde ser elaborado um projeto de uma edificação de padrão simples, segundo os critérios estabelecidos pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo (IBAPE-SP, 2017). Na busca pela simplificação dos elementos construtivos modelados, optou-se por adotar as orientações proposta pelo IBAPE/SP (2017) para a tipologia construtiva selecionada (Quadro 23).

Quadro 23 – Características de edificação de padrão simples, segundo IBAPE/SP (2017)

Componente da edificação	Características
Ambientes	Sala, banheiro, cozinha, dormitórios e dependências externas (área de serviço)
Estrutura	Concreto armado
Vedações verticais	Tijolos cerâmicos ou blocos de concreto
Cobertura	Laje pré-moldada (devidamente impermeabilizada) ou telhas (de cimento ou barro) sobre uma estrutura de madeira
Pisos externos	Pisos cimentícios, pisos com revestimento cerâmico (na forma de cerâmica comum ou caco de cerâmica) ou sem tratamento
Fachadas	Revestimento argamassado com acabamento em pintura látex ou revestimento cerâmico
Pisos	Revestimento cerâmico comum, carpete ou taco
Paredes	Revestimento argamassado com sistema de pintura ou revestimento cerâmico
Forros	Revestimento argamassado com sistema de pintura
Instalações hidrossanitárias	Peças sanitárias comuns (modelos simplificados) e tubulações embutidas
Instalações elétricas	Pontos de iluminação simples, número de tomadas reduzido, componentes elétricos comuns e eletrodutos embutidos
Esquadrias	Padrão popular, confeccionadas em madeira, ferro ou alumínio

Fonte: IBAPE/SP (2017).

Para que toda a edificação fosse contemplada na gestão de resíduos, foram elaborados projetos para todas as modalidades passíveis de serem elaboradas no *software Revit* (arquitetura, instalações hidrossanitárias e instalações elétricas), em arquivos próprios. Assim, cada arquivo fornece as quantidades de resíduos estimadas para a execução de cada modalidade.

A partir das informações obtidas, foram executados os processos de análise complementar por meio da planilha confeccionada no *software Excel*. Os resultados extraídos fundamentaram a elaboração dos planos de gerenciamento de resíduos da construção conforme os modelos propostos por Viana (2009), apresentados no Apêndice B. Ao fim dessa etapa, foi possível avaliar a funcionalidade do método e a aplicabilidade ao fluxo de trabalho baseado na metodologia BIM. Caso seja identificada alguma falha ou inconveniência, as configurações adotadas para o método de previsão da geração de resíduos seriam revisadas.

#### **4.2.3 Elaboração de um documento orientador**

Como recurso para orientar os possíveis usuários do método proposto para a análise da geração de resíduos de obras de engenharia, foi elaborado um manual prático a partir do agrupamento de recursos textuais e gráficos que apresentassem o método e fornecessem as informações necessárias para sua implementação. Desse modo, o manual capacitaria os usuários a compreenderem os procedimentos de avaliação da geração dos resíduos da construção, oferecendo o embasamento necessário para sua adaptação ao contexto da obra. Destaca-se que a adaptabilidade do método e a orientação acerca dos processos de adaptação seriam cruciais em vista da inevitável evolução dos materiais e dos sistemas construtivos adotados no país.

Os critérios utilizados para o desenvolvimento do manual foram a clareza das informações a serem transmitidas, a especificação dos procedimentos e a simplificação das explicações. Dessa forma, o manual sintetizou os aspectos mais importantes sobre o uso do *software Revit* na gestão de resíduos da construção, incentivando sua aplicação.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 MODELO DE QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS GERADOS EM OBRAS

De acordo com a metodologia apresentada, foi desenvolvido um modelo de quantificação de resíduos gerados em canteiros de obras. As funcionalidades do *software Revit* foram utilizadas de tal forma que fossem geradas tabelas para inserção dos índices de perdas dos materiais e para avaliação das previsões de geração de resíduos da construção.

#### 5.1.1 Interface de controle dos índices de perdas

Para a implantação dos índices de perdas no *software* selecionado, foram criados parâmetros para armazenamento do percentual de perda para cada material da construção e, a princípio, atribuídos os índices médios apresentados no Quadro 21.

Após a implementação dessas informações ao banco de dados do modelo proposto, obtiveram-se as tabelas que possibilitaram controlar os valores que fundamentaram o processo de previsão da geração de resíduos. As tabelas confeccionadas foram apresentadas nas figuras extraídas diretamente do *software Revit* (Figuras 19 a 23), contendo os critérios adotados para as perdas dos materiais de cada categoria.

Figura 19 – Parâmetros de perdas para a categoria de pisos

ÍNDICE DE PERDAS_PISOS_REVESTIMENTO CERÂMICO		
NOME	ÍNDICE DE PERDAS (%)	
REVESTIMENTO CERÂMICO	REVESTIMENTO CERÂMICO	
	12.83	

ÍNDICE DE PERDAS_PISOS_ARGAMASSA COLANTE		
NOME	DESCRIÇÃO	ÍNDICE DE PERDAS (%)
ARGAMASSA COLANTE - PISOS	Argamassa colante para assentamento de pisos	ARG. COLANTE
		86.68

ÍNDICE DE PERDAS_PISOS_ARGAMASSA PARA CONTRAPISO		
NOME	DESCRIÇÃO	ÍNDICE DE PERDAS (%)
.CONCRETO MAGRO	Argamassa para contrapiso de regularização	CONTRAPISO
.CONTRAPISO	Argamassa para contrapiso de regularização	42
		42

Fonte: Autor.

Figura 20 – Parâmetros de perdas para a categoria de paredes

<b>ÍNDICE DE PERDAS_PAREDES_BLOCOS CERÂMICOS</b>		
NOME	DESCRIÇÃO	ÍNDICES DE PERDAS (%)
		BLOCOS CERÂMICOS
BLOCO CERÂMICO (Larg. 14 cm)	Bloco cerâmico	18.82
BLOCO CERÂMICO (Larg. 19 cm)	Bloco cerâmico	18.82

<b>ÍNDICE DE PERDAS_PAREDES_ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO</b>	
NOME	ÍNDICES DE PERDAS (%)
	ARG. ASSENTAMENTO
BLOCO CERÂMICO (Larg. 14 cm)	116
BLOCO CERÂMICO (Larg. 19 cm)	116

<b>ÍNDICE DE PERDAS_PAREDES_ARGAMASSA PARA CHAPISCO</b>		
NOME	DESCRIÇÃO	ÍNDICES DE PERDAS (%)
		CHAPISCO
CHAPISCO	Argamassa para Chapisco	21

<b>ÍNDICE DE PERDAS_PAREDES_ARGAMASSA PARA EMBOÇO</b>		
NOME	DESCRIÇÃO	ÍNDICES DE PERDAS (%)
		EMBOÇO
EMBOÇO	Argamassa para Emboço	99

<b>ÍNDICE DE PERDAS_PAREDES_ARGAMASSA PARA REBOCO</b>		
NOME	DESCRIÇÃO	ÍNDICES DE PERDAS (%)
		REBOCO
REBOCO	Argamassa para Reboco	13

<b>ÍNDICE DE PERDAS_PAREDES_ARGAMASSA COLANTE</b>		
NOME	DESCRIÇÃO	ÍNDICES DE PERDAS (%)
		ARG. COLANTE
ARGAMASSA COLANTE - REVESTIMENTO CERÂMICO	Argamassa colante para assentamento de revestimento cerâmico	86.68

<b>ÍNDICE DE PERDAS_PAREDES_REVESTIMENTO CERÂMICO</b>	
DESCRIÇÃO	ÍNDICES DE PERDAS (%)
	REVESTIMENTO CERÂMICO
Revest. cerâmico porcelana Mocaccino	10.39
Revest. cerâmico porcelana Cremona	10.39
Revest. cerâmico Concreto Argentio 07X24 Brilho Bold	10.39
Revest. cerâmico Bamboo White Matt 30X90 NAT (Natural) RET	10.39

<b>ÍNDICE DE PERDAS_PAREDES_TINTAS</b>			
NOME	DESCRIÇÃO	ÍNDICES DE PERDAS (%)	
		TINTA	
		EXTERNA	INTERNA
PINTURA ACRÍLICA - BRANCA	Pintura acrílica na cor branca	15	
PINTURA LÁTEX PVA - BRANCA	Pintura látex PVA na cor branca		14

Fonte: Autor.

Figura 21 – Parâmetros de perdas para as categorias referentes à cobertura

ÍNDICE DE PERDAS_PISOS_REVESTIMENTO CERÂMICO		
NOME	ÍNDICE DE PERDAS (%)	
REVESTIMENTO CERÂMICO	REVESTIMENTO CERÂMICO	
	12.83	

ÍNDICE DE PERDAS_PISOS_ARGAMASSA COLANTE		
NOME	DESCRIÇÃO	ÍNDICE DE PERDAS (%)
ARGAMASSA COLANTE - PISOS	Argamassa colante para assentamento de pisos	ARG. COLANTE
		86.68

ÍNDICE DE PERDAS_PISOS_ARGAMASSA PARA CONTRAPISO		
NOME	DESCRIÇÃO	ÍNDICE DE PERDAS (%)
CONCRETO MAGRO	Argamassa para contrapiso de regularização	CONTRAPISO
CONTRAPISO	Argamassa para contrapiso de regularização	CONTRAPISO
		42
		42

Fonte: Autor.

Figura 22 – Parâmetros de perdas para a categoria referente às instalações hidrossanitárias

ÍNDICE DE PERDAS_INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS_TUBULAÇÃO			
MATERIAL	SISTEMA	DESCRIÇÃO	ÍNDICES DE PERDAS (%)
Tipos de tubos	Sanitário	PVC - SÉRIE NORMAL	11.5
Tipos de tubos	Ventilação	PVC - SÉRIE NORMAL	11.5
Tipos de tubos	Água fria doméstica	PVC - TUBO SOLDÁVEL	11.5

Fonte: Autor.

Figura 23 – Parâmetros de perdas para a categoria referente às instalações elétricas

ÍNDICE DE PERDAS_ELETRODUTOS	
MATERIAL	ÍNDICE DE PERDAS (%)
PVC Flexível Corrugado	15

ÍNDICE DE PERDAS_CONDUTORES	
MATERIAL	ÍNDICE DE PERDAS (%)
CABO FLEXÍVEL - COBRE COM ACABAMENTO EM PVC	25

Fonte: Autor.

É preciso destacar que os valores inseridos no modelo, obtidos da pesquisa bibliográfica, foram considerados parâmetros padrões (*default*). Dessa forma, qualquer usuário poderá revisar os índices e adequá-los conforme os critérios próprios que forem julgados como convenientes. Entende-se que a adoção do mesmo índice de perdas para cada material, independente da forma em que ocorre, pode ser considerada uma abordagem simplista. Por esse motivo, o modelo permite a inserção de índices obtidos pela empresa responsável pela construção para o desperdício dos materiais em cada serviço.

Para interagir com as tabelas geradas e editar os dados previamente admitidos, o usuário pode acessar qualquer interface por meio dos tópicos que constam no Navegador de projeto

(*Project Browser*) – janela que guarda as vistas confeccionadas no *software Revit*. As tabelas foram agrupadas no item “Tabelas/Quantidades” e nomeadas conforme o padrão estabelecido na metodologia.

### 5.1.2 Interface de previsão da geração de resíduos

Para desenvolvimento da interface de previsão da geração de resíduos, foram agrupadas as informações intrínsecas aos objetos BIM consideradas relevantes para a temática estudada. Ao analisar os dados fornecidos diretamente pelo *software*, foi constatada a necessidade de obter mais informações a partir da correlação dos parâmetros referentes aos objetos BIM. Para isso, foram configurados parâmetros calculados a partir de formulações características de cada categoria.

Ao admitir que existem várias possibilidades para a execução dos elementos construtivos, foram consideradas as definições construtivas apresentadas no Quadro 23 como orientadoras do processo de confecção das interfaces de previsão. Dessa forma, o método para quantificação da geração de resíduos se adequou à tipologia construtiva denominada como padrão simples. Entende-se que o modelo desenvolvido poderá servir de base para a elaboração de interfaces que atendam a outras tipologias e sistemas construtivos.

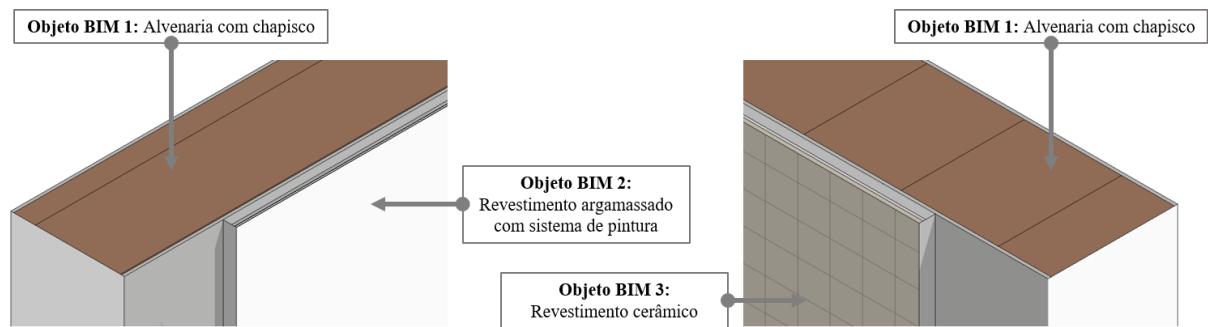
Como cada categoria possui suas especificidades, confeccionaram-se tabelas que contém as informações pertinentes para cada material. Os critérios adotados para cada situação são detalhados a seguir.

#### 5.1.2.1 Resíduos gerados na construção de paredes

Para a definição da composição das vedações verticais, recorreu-se às possibilidades apresentadas por Yazigi (2009) para a execução da alvenaria. Dessa forma, foram consideradas paredes construídas em blocos ou tijolos interligados por meio de argamassa de assentamento. Entre as possibilidades previstas para o revestimento das vedações verticais, foram considerados os revestimentos cerâmicos e os revestimentos argamassados – subdivididos nas camadas de chapisco, emboço e reboco – com acabamento composto por um sistema de pintura. Na Figura 24, foram apresentadas as possíveis composições para as vedações verticais a serem consideradas nas análises propostas.



Figura 24 – Composição das paredes considerada no modelo desenvolvido



Especificação do Objeto BIM 1				
	Função	Material		Espessura
1	Substrato [2]	.CHAPISCO		0.0050
2	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas acima da virada do revestimento</b>		<b>0.0000</b>
3	Estrutura [1]	.BLOCO CERÂMICO (Larg. 14 cm)		0.1400
4	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas abaixo da virada do revestimento</b>		<b>0.0000</b>
5	Estrutura [1]	.CHAPISCO		0.0050

Especificação do Objeto BIM 2				
	Função	Material		Espessura
1	Acabamento 1 [4]	.PINTURA LÁTEX PVA - BRANCA		0.0010
2	Acabamento 1 [4]	.MASSA CORRIDA		0.0020
3	Substrato [2]	.SELADOR		0.0008
4	Substrato [2]	.REBOCO		0.0050
5	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas acima da virada do revestimento</b>		<b>0.0000</b>
6	Substrato [2]	.EMBOÇO		0.0150
7	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas abaixo da virada do revestimento</b>		<b>0.0000</b>

Especificação do Objeto BIM 3				
	Função	Material		Espessura
1	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas acima da virada do revestimento</b>		<b>0.0000</b>
2	Substrato [2]	.EMBOÇO		0.0150
3	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas abaixo da virada do revestimento</b>		<b>0.0000</b>
4	Substrato [2]	.ARGAMASSA COLANTE - REVESTIMENTO CERÂMICO		0.0040
5	Acabamento 1 [4]	.PASTILHA 5X5 PORCELANA CREMONA (PLACA 30X30)		0.0060

Nota: Todas as dimensões foram apresentadas em metros.

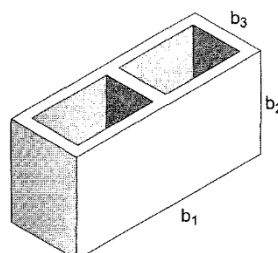
Fonte: Autor.

Considerando essa composição da alvenaria, foram estabelecidos os seguintes materiais a serem quantificados: blocos; argamassa de assentamento; chapisco; emboço; reboco; argamassa colante (para aplicação de revestimento cerâmico); placas cerâmicas; sistema de pintura.

O *software Revit* fornece, automaticamente, os valores da área do plano ( $A_{par}$ ) e volume ( $V_{par}$ ) das paredes modeladas. Para a quantificação dos materiais, esses dados foram associados a informações adicionais por meio de formulações propostas por Mattos (2006).

A princípio, foram criados parâmetros dimensionais para inserção dos valores de largura ( $b_3$ ), altura ( $b_2$ ) e comprimento ( $b_1$ ) unitários dos blocos adotados em cada parede, conforme ilustrado na Figura 25.

Figura 25 – Parâmetros dimensionais para os blocos ou tijolos



Fonte: Mattos (2006).

A dimensão admitida para as juntas horizontais ( $e_h$ ) e verticais ( $e_v$ ) foi a espessura padrão estabelecida por Mattos (2006), a qual equivale a 1,5 cm em ambas as direções. Ao adotar esse valor, foi possível utilizar a Equação (4) para o cálculo da quantidade de blocos para cada 1,0 m<sup>2</sup> da área do plano da parede ( $n'_{blocos}$ ).

$$n'_{blocos} = \frac{1}{(b_1 + e_h) \cdot (b_2 + e_v)} \quad (4)$$

A partir dessa informação, pôde ser calculado o consumo de argamassa de assentamento para cada área unitária do plano da parede ( $V'_{arg}$ ), expresso em volume de material. A Equação (5) apresenta a proposta de Mattos (2006) para a definição desse quantitativo, o que ocorreria por meio dos parâmetros determinados previamente.

$$V'_{arg} = [1 - n'_{blocos} \cdot (b_1 \cdot b_2)] \cdot b_3 \quad (5)$$

Como o *software* fornece a área total do plano da parede, admitiu-se que o volume total de argamassa de assentamento ( $V_{arg}$ ) poderia ser definido como o produto da multiplicação do consumo de argamassa ( $V'_{arg}$ ) pela área total das paredes ( $A_{par}$ ). Da mesma forma, a quantidade total de blocos ( $n_{blocos}$ ) equivale ao produto do consumo de blocos por área unitária ( $n'_{blocos}$ ) pela área total das paredes.

Ao ser definido a quantidade de argamassa de assentamento a ser utilizado para construção das paredes, pôde ser calculado o volume dos blocos ( $V_{blocos}$ ) por meio da diferença entre o volume total da parede ( $V_{par}$ ) e o volume de argamassa ( $V_{arg}$ ). Dessa forma, foram obtidos os quantitativos necessários para a previsão da geração de resíduos da alvenaria. O volume de resíduos foi determinado conforme a Equação (3), sendo considerado os volumes calculados para os materiais como os consumos de referência. Para a implementação desses conceitos no *software Revit*, foram configuradas as tabelas apresentadas nas Figuras 26 e 27.

Para os componentes do revestimento, o próprio *software* forneceu diretamente os dados necessários para o estudo da geração de resíduos – área do plano ( $A_{plano}$ ), volume de cada camada de argamassa ( $V_{arg,rev}$ ), volume de peças cerâmicas aplicadas ( $V_{cer}$ ) e volume da película de tinta ( $V_{tin}$ ). Assim, a implementação do método de previsão restringiu-se à introdução da Equação (3) nas configurações das tabelas para os demais materiais. Nas Figuras 28 a 31, foram apresentados os critérios adotados para os materiais constituintes do revestimento e acabamento das vedações verticais.

Figura 26 – Configuração para previsão da geração de resíduos de blocos ou tijolos

Interface de previsão da geração de resíduos de blocos cerâmicos das paredes							
RCC_PAREDES_BLOCOS CERÂMICOS (PARTE 1)							
NOME	DIMENSÕES DOS BLOCOS			VALORES DE PROJETO		ÍNDICE DE BLOCOS (unid./m <sup>2</sup> )	QUANTIDADE ESTIMADA DE BLOCOS
	LARGURA (cm)	ALTURA (cm)	COMPRIMENTO (cm)	ÁREA	VOLUME		
Nomenclatura do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )	$b_3$	$b_2$	$b_1$	$A_{par}$	$V_{par}$	$n'_{blocos}$	$n_{blocos}$
	Dimensões admitidas para o bloco (definida pelo usuário, sendo admitidas as denominações propostas por MATTOS (2006))			Dimensões das paredes modeladas (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )		Consumo de blocos para cada área unitária do plano da parede (calculado pelo <i>software</i> )	Quantidade de blocos para a execução das paredes modeladas (calculada pelo <i>software</i> )
				$n'_{blocos} = \frac{1}{(b_1 + e_h) \cdot (b_2 + e_v)}$ sendo $e_h = e_v = 1,5\text{ cm}$		$n_{blocos} = n'_{blocos} \cdot A_{par}$	

RCC_PAREDES_BLOCOS CERÂMICOS (PARTE 2)								
NOME	VALORES DE PROJETO		CONSUMO DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO	VOLUME DE ARGAMASSA CALCULADO	ÍNDICE DE PERDAS (%) BLOCOS CERÂMICOS	VOLUME DE BLOCOS	RCC GERADO	
	ÁREA	VOLUME						
			$V'_{arg}$	$V_{arg}$	$IP$	$V_{blocos}$	$P$	
			Consumo de argamassa para cada área unitária do plano da parede (calculado pelo <i>software</i> )	Volume de argamassa para a execução das paredes modeladas (calculado pelo <i>software</i> )	Índice de perdas de blocos cerâmicos (conforme pesquisa bibliográfica)	Volume de blocos para a execução das paredes modeladas (calculado pelo <i>software</i> )	Volume de resíduos de blocos cerâmicos (calculado pelo <i>software</i> )	
			$V'_{arg} = [1 - n'_{blocos} \cdot (b_1 \cdot b_2)] \cdot b_3$		$V_{arg} = V'_{arg} \cdot A_{par}$		$V_{blocos} = V_{par} - V_{arg}$	
							$P = V_{blocos} \cdot IP$	

Fonte: Autor.

Figura 27 – Configuração para previsão da geração de resíduos do assentamento de blocos

Interface de previsão da geração de resíduos de argamassa de assentamento das paredes						
RCC_PAREDES_ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO						
NOME	VALORES DE PROJETO	CONSUMO ESTIMADO	VOLUME TOTAL DE ARGAMASSA	ÍNDICE DE PERDAS (%) ARG. ASSENTAMENTO	RCC GERADO	
	ÁREA					
Nomenclatura do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )	$A_{par}$	$V'_{arg}$	$V_{arg}$	$IP$	$P$	
	Área do plano das paredes modeladas (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )	Consumo de argamassa para cada área unitária do plano da parede (calculado pelo <i>software</i> )	Volume de argamassa para a execução das paredes modeladas (calculado pelo <i>software</i> )	Índice de perdas de argamassa de assentamento (conforme pesquisa bibliográfica)	Volume de resíduos de argamassa de assentamento (calculado pelo <i>software</i> )	
		$V'_{arg} = [1 - n'_{blocos} \cdot (b_1 \cdot b_2)] \cdot b_3$		$V_{arg} = V'_{arg} \cdot A_{par}$		$P = V_{arg} \cdot IP$

Fonte: Autor.

Figura 28 – Configuração para previsão da geração de resíduos do revestimento de paredes

Interface de previsão da geração de resíduos de argamassa para revestimento das paredes				
RCC_PAREDES_REVESTIMENTO ARGAMASSADO_CHAPISCO				
DESCRIÇÃO	VALORES DE PROJETO		ÍNDICES DE PERDAS (%)	RCC GERADO
	ÁREA	VOLUME	ARGAMASSA CHAPISCO	
Nomenclatura do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> ou definido pelo usuário)	$A_{plano}$	$V_{arg.rev}$	$IP$	$P$
	Dimensões das camadas de argamassa para as paredes modeladas (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )		Índice de perdas de argamassa para cada componente do revestimento (conforme pesquisa bibliográfica)	Volume de resíduos de argamassa (calculado pelo <i>software</i> )
$P = V_{arg.rev} \cdot IP$				

Nota: Os critérios adotados nesta tabela foram repetidos para cada uma das camadas do revestimento argamassado (chapisco, emboço e reboco).

Fonte: Autor.

Figura 29 – Configuração para previsão da geração de resíduos de argamassa de assentamento para paredes

Interface de previsão da geração de resíduos de argamassa colante nas paredes				
RCC_PAREDES_REVESTIMENTO ARGAMASSADO_COLANTE				
DESCRIÇÃO	VALORES DE PROJETO		ÍNDICES DE PERDAS (%)	RCC GERADO
	ÁREA	VOLUME	ARGAMASSA COLANTE	
Nomenclatura do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> ou definido pelo usuário)	$A_{plano}$	$V_{arg.rev}$	$IP$	$P$
	Dimensões da camada de argamassa colante para as paredes modeladas (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )		Índice de perdas de argamassa colante aplicada em paredes (conforme pesquisa bibliográfica)	Volume de resíduos de argamassa colante (calculado pelo <i>software</i> )
$P = V_{arg.rev} \cdot IP$				

Fonte: Autor.

Figura 30 – Configuração para previsão da geração de resíduos de peças cerâmicas de parede

Interface de previsão da geração de resíduos de peças cerâmicas aplicadas nas paredes				
RCC_PAREDES_REVESTIMENTO CERÂMICO				
DESCRIÇÃO	VALORES DE PROJETO		ÍNDICES DE PERDAS (%)	RCC GERADO
	ÁREA	VOLUME	REVESTIMENTO CERÂMICO	
Nomenclatura do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> ou definido pelo usuário)	$A_{plano}$	$V_{cer}$	$IP$	$P$
	Dimensões da camada de peças cerâmicas para as paredes modeladas (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )		Índice de perdas de peças cerâmicas aplicadas em paredes (conforme pesquisa bibliográfica)	Volume de resíduos de peças cerâmicas (calculado pelo <i>software</i> )
$P = V_{cer} \cdot IP$				

Fonte: Autor.

Figura 31 – Configuração para previsão da geração de resíduos de tinta na pintura de paredes

Interface de previsão da geração de resíduos de tintas aplicadas nas paredes					
RCC_PAREDES_TINTAS					
DESCRIÇÃO	VALORES DE PROJETO	ÍNDICES DE PERDAS (%)		RCC GERADO	
	VOLUME	TINTA		TINTA EXTERNA	TINTA INTERNA
		EXTERNA	INTERNA		
	$V_{tin}$	$IP_{ext}$	$IP_{int}$	$P_{ext}$	$P_{int}$
Nomenclatura do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> ou definido pelo usuário)	Dimensões da película de tinta para as paredes modeladas (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )	Índice de perdas de tintas aplicada em paredes (conforme pesquisa bibliográfica)		Volume de resíduos de tintas aplicadas em paredes (calculado pelo <i>software</i> )	
				$P_{ext} = V_{tin} \cdot IP_{ext}$	$P_{int} = V_{tin} \cdot IP_{int}$

Fonte: Autor.

Ao final dessa implementação, foram obtidos os recursos necessários para estimar os resíduos gerados nos serviços de execução das vedações verticais de edificações.

#### 5.1.2.2 Resíduos gerados na construção de pisos

Para a definição da composição dos pisos, recorreu-se ao procedimento executivo proposto por Yazigi (2009), sendo determinados os materiais que poderiam compor os pisos modelados no *software Revit*. Assim, foram considerados os seguintes materiais: argamassa para contrapiso; argamassa colante; peças cerâmicas. As camadas constituintes dos pisos e os materiais a serem utilizados foram apresentados na Figura 32.

Figura 32 – Composição dos pisos utilizada no modelo desenvolvido

Objeto BIM: Pisos	Especificação do Objeto BIM		
	Função	Material	Espessura
	1 Acabamento 1 [4]	.PORCELANATO 90X90	0.0108
	2 Substrato [2]	.ARGAMASSA COLANTE - PISOS	0.0040
	3 Limite do núcleo	Camadas acima da virada do revestimento	0.0000
	4 Estrutura [1]	.CONTRAPISO	0.0452
	5 Limite do núcleo	Camadas abaixo da virada do revestimento	0.0000

Nota: Todas as dimensões foram apresentadas em metros.

Fonte: Autor.

O *software* forneceu diretamente os parâmetros dimensionais para cada um dos materiais que compõem o piso. Os valores disponíveis referem-se à área do plano do piso ( $A_{piso}$ ) e ao volume de material ( $V_{cam}$ ). Portanto, a estimativa da quantidade de resíduos ocorreu por meio da multiplicação do quantitativo apresentado pelo *Revit* pelo índice de perdas definido

previamente, conforme exposto na Equação (3). Os modelos desenvolvidos foram representados nas Figuras 33 a 35.

Figura 33 – Configuração para previsão da geração de resíduos da argamassa para contrapiso

Interface de previsão da geração de resíduos de argamassas aplicadas em contrapisos				
RCC_PISOS_ARGAMASSA PARA CONTRAPISO				
NOME	DESCRIÇÃO	VOLUME	ÍNDICE DE PERDAS (%) CONTRAPISO	RCC GERADO
Nomenclatura do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> ou definido pelo usuário)		$V_{cam}$	$IP$	$P$
	Dimensões da camada de argamassa para os contrapisos modelados (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )		Índice de perdas de argamassa aplicada em contrapisos (conforme pesquisa bibliográfica)	Volume de resíduos de argamassa para contrapiso (calculado pelo <i>software</i> )
$P = V_{cam} \cdot IP$				

Fonte: Autor.

Figura 34 – Configuração para previsão da geração de resíduos da argamassa colante

Interface de previsão da geração de resíduos de argamassa colante nos pisos				
RCC_PISOS_ARGAMASSA COLANTE				
DESCRIÇÃO	ÁREA	VOLUME	ÍNDICE DE PERDAS (%) ARG. COLANTE	RCC GERADO
Nomenclatura do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> ou definido pelo usuário)	$A_{piso}$	$V_{cam}$	$IP$	$P$
	Dimensões da camada de argamassa colante para os pisos modelados (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )		Índice de perdas de argamassa colante aplicada em pisos (conforme pesquisa bibliográfica)	Volume de resíduos de argamassa colante (calculado pelo <i>software</i> )
$P = V_{cam} \cdot IP$				

Fonte: Autor.

Figura 35 – Configuração para previsão da geração de resíduos de peças cerâmicas do piso

Interface de previsão da geração de resíduos de peças cerâmicas aplicadas nos pisos				
RCC_PISOS_REVESTIMENTO CERÂMICO				
DESCRIÇÃO	ÁREA	VOLUME	ÍNDICE DE PERDAS (%) REVESTIMENTO CERÂMICO	RCC GERADO
Nomenclatura do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> ou definido pelo usuário)	$A_{piso}$	$V_{cam}$	$IP$	$P$
	Dimensões da camada de peças cerâmicas para os pisos modelados (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )		Índice de perdas de peças cerâmicas aplicadas em pisos (conforme pesquisa bibliográfica)	Volume de resíduos de peças cerâmicas (calculado pelo <i>software</i> )
$P = V_{cam} \cdot IP$				

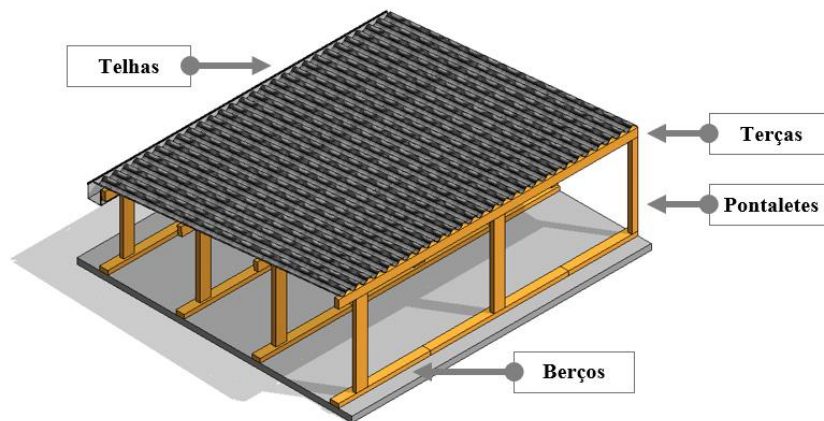
Fonte: Autor.

Ao final dessa implementação, foram obtidos os recursos necessários para a estimativa dos resíduos gerados devido aos serviços de execução dos pisos de edificações.

### 5.1.2.3 Resíduos gerados na construção de telhados

Para a definição da composição do telhado, recorreu-se às especificações de Yazigi (2009) acerca das coberturas de edificações. De modo geral, foi estabelecido que o telhado seria composto por telhas sobre uma estrutura de madeira, conforme exemplificado na Figura 36.

Figura 36 – Composição da cobertura utilizada no modelo desenvolvido



Fonte: Autor.

Considerou-se que o madeiramento da cobertura seria confeccionado pelo método de execução de estruturas pontaletadas. Essa estrutura é composta por colunas (pontaletes), apoiadas em vigas de madeira (berços), que sustentam as vigas (terças) nas quais são fixadas as telhas.

Para a quantificação da estrutura de madeira do telhado foram elencados os parâmetros dimensionais disponibilizados pelo *software Revit*. Os dados fornecidos automaticamente foram: quantidade de peças ( $n_{peças}$ ); comprimento unitário das peças ( $c_{unit}$ ); comprimento total ( $c_{tot}$ ), o qual corresponde ao produto da quantidade de peças pelo comprimento unitário. Além dessas informações, foram criados campos para que os projetistas possam inserir as dimensões adotadas para a largura ( $l_{mad}$ ) e a altura ( $h_{mad}$ ) da seção transversal das peças. Ao fornecer esses dados, o *software* calcula o volume requerido de madeira ( $V_{mad}$ ) por meio da multiplicação da área da seção transversal pelo comprimento total, conforme a Equação (6).

$$V_{mad} = (l_{mad} \cdot h_{mad}) \cdot c_{tot} \quad (6)$$

A partir das informações geradas pela interface, o usuário deve selecionar uma viga de madeira com comprimento que atenda à quantidade total requerida para a estrutura e às dimensões comerciais. Prevê-se a quantidade de cortes a ser realizado na peça original ( $n_{corte}$ ) e o comprimento admitido para o corte ( $c_{corte}$ ), sendo admitida uma divisão em peças de tamanho único. O volume de madeira a ser adquirido pode ser calculado a partir da Equação (7). Esse quantitativo possibilitou a estimativa da geração de resíduos por meio da multiplicação do volume total de madeira pelo índice de perdas do material – Equação (3).

$$V_{mad} = (l_{mad} \cdot h_{mad}) \cdot (c_{corte} \cdot n_{corte}) \quad (7)$$

Em adição às perdas estimadas, podem ser definidas as perdas evidentes – que se referem às sobras de madeira pelas decisões do projetista. Ao calcular a diferença entre o comprimento de corte ( $c_{corte}$ ) e o comprimento previsto no projeto ( $c_{unit}$ ), pôde ser definida a sobra de madeira em comprimento ( $c_{sob}$ ) e volume ( $V_{sob}$ ). Essas definições foram possibilitadas pela implementação da Equação (8).

$$V_{sob} = (l_{mad} \cdot h_{mad}) \cdot [(c_{corte} - c_{unit}) \cdot n_{corte}] \therefore V_{sob} = (l_{mad} \cdot h_{mad}) \cdot c_{sob} \quad (8)$$

Finalmente, a estimativa da quantidade de resíduos pôde ser definida por meio da soma do volume previsto através dos índices e do volume de sobra estipulado. Os modelos de previsão para a estrutura de madeira, berços, pontaletes e terças são apresentados na Figura 37.

Para a quantificação das telhas, foi admitida uma configuração que atendesse ao estudo de telhas de fibrocimento. A princípio, elencaram-se os parâmetros dimensionais fornecidos diretamente pelo *software Revit*: quantidade de capas e canais ( $n_{te}$ ); largura de cada capa ou canal ( $l'_{te}$ ); comprimento do plano do telhado ( $c_{te}$ ); largura do plano do telhado ( $l_{te}$ ); área do plano ( $A_{te}$ ); volume das telhas ( $V_{te}$ ).

Além dessas informações, foram criados campos para que o usuário possa indicar a área do telhado projetado ( $A_{proj}$ ), as dimensões comerciais das telhas selecionadas pelo projetista – como largura ( $l_{com}$ ) e comprimento ( $c_{com}$ ) – e a quantidade de telhas prevista ( $n_{com}$ ). Para auxiliar na definição da quantidade de telhas, foi criado um parâmetro para estimativa desse valor ( $n_{est}$ ) por meio da Equação (9).

$$n_{est} = \frac{A_{proj}}{l_{com} \cdot c_{com}} \quad (9)$$

A quantidade de telhas foi calculada por meio da multiplicação da área comercial unitária ( $A_{com}$ ) pela quantidade prevista de telhas ( $n_{com}$ ). Ao multiplicar a área total de telhas pelo índice de perdas do material que as constituem, foi estabelecida a quantidade prevista de resíduos gerados.



Figura 37 – Configuração para previsão da geração de resíduos da estrutura de madeira

Interface de previsão da geração de resíduos de madeira da estrutura do telhado									
RCC_TELHADOS_BERÇOS (PARTE 1)									
MATERIAL	ELEMENTO	SEÇÃO TRANSVERSAL		PEÇAS CONSIDERADAS NO PROJETO			VOLUME REQUERIDO		
		LARGURA (cm)	ALTURA (cm)	QUANT	COMPR	COMPR TOTAL			
Nomenclatura do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )		$l_{mad}$	$h_{mad}$	$n_{peças}$	$c_{unit}$	$c_{tot}$	$V_{mad}$		
		Dimensões admitidas para a seção transversal da seção (definidas pelo usuário)		Características das peças modeladas (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )		Comprimento total de madeira requerido (calculado pelo <i>software</i> )	Volume total de madeira requerido (calculado pelo <i>software</i> )		
$V_{mad} = (l_{mad} \cdot h_{mad}) \cdot c_{tot}$									
RCC_TELHADOS_BERÇOS (PARTE 2)									
ELEMENTO	PEÇAS COMERCIAIS		VOLUME A SER ADQUIRIDO	SOBRAS		ÍNDICE DE PERDAS (%)	RCC GERADO	RCC TOTAL	
	COMPR	QUANT. A SER ADQUIRIDA		COMPR.	VOLUME				
Nomenclatura do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )		$c_{corte}$	$n_{corte}$	$V_{mad}$	$c_{sob}$	$V_{sob}$	$IP$	$P$	$P_{tot}$
		Características das peças segundo parâmetros comerciais (definido pelo usuário após uma pesquisa de mercado)		Volume de madeira com base nos parâmetros comerciais (calculado pelo <i>software</i> )	Quantificação da sobra de madeira (calculado pelo <i>software</i> )		Índice de perdas para madeira (conforme pesquisa bibliográfica)	Volume de resíduos de madeira (calculado pelo <i>software</i> )	Volume de resíduos de madeira e sobra (calculado pelo <i>software</i> )
		$V_{mad} = (l_{mad} \cdot h_{mad}) \cdot (c_{corte} \cdot n_{corte})$		$c_{sob} = (c_{corte} - c_{unit}) \cdot n_{corte}$		$P = V_{mad} \cdot IP$		$P_{tot} = P + V_{sob}$	
				$V_{sob} = (l_{mad} \cdot h_{mad}) \cdot c_{sob}$					

Nota: Os critérios adotados nesta tabela foram repetidos para cada um dos componentes da estrutura do telhado (berços, pontalotes e terças).

Fonte: Autor.

Além do valor previsto para o desperdício das telhas, admitiu-se um acréscimo referente às sobras acarretadas pelas decisões do projetista. A diferença entre a área total das telhas a ser adquirida e a área definida para o plano do telhado corresponde à sobra que pode ser adicionada à quantidade de resíduos desse material. O modelo de previsão de resíduos para as telhas pode ser observado na Figura 38.

Ao final dessa implementação, foram obtidos os recursos necessários para estimativa dos resíduos gerados nos serviços de execução da cobertura de edificações.

Figura 38 – Configuração para previsão da geração de resíduos das telhas

Interface de previsão da geração de resíduos de telhas do telhado							
RCC_TELHADOS_TELHAS DE FIBROCIMENTO (PARTE 1)							
ELEMENTO	MATERIAL	ÁREA DO TELHADO	PEÇAS CONSIDERADAS NO PROJETO				ÁREA
			QUANT DE PEÇAS	COMPR DE CORTE	LARG INDIVIDUAL	LARG TOTAL	
Nomenclatura do elemento analisado e do material que o constitui (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> ou definido pelo usuário)		$A_{proj}$	$n_{te}$	$c_{te}$	$l'_{te}$	$l_{te}$	$A_{te}$
		Área do telhado projetado (definido pelo usuário)	Características das peças modeladas (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )				
RCC_TELHADOS_TELHAS DE FIBROCIMENTO (PARTE 2)							
MATERIAL	VOLUME ESTIMADO	PEÇAS COMERCIAIS				QUANTIDADE ADMITIDA	ÁREA TOTAL A SER ADQUIRIDA
		LARG	COMPR	ÁREA COMERCIAL UNITÁRIA	QUANT ESTIMADA		
Nomenclatura do material analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )	$V_{te}$	$l_{com}$	$c_{com}$	$A_{com}$	$n_{est}$	$n_{com}$	$A_{adq}$
	Volume total de material (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )	Características das peças segundo parâmetros comerciais (definido pelo usuário após uma pesquisa de mercado)			Quantidade de peças estimada (calculado pelo <i>software</i> )	Quantidade de peças admitida no projeto (definida pelo usuário)	Área total das telhas (calculada pelo <i>software</i> )
				$A_{com} = l_{com} \cdot c_{com}$	$n_{est} = \frac{A_{proj}}{l_{com} \cdot c_{com}}$		$A_{adq} = A_{com} \cdot n_{com}$
RCC_TELHADOS_TELHAS DE FIBROCIMENTO (PARTE 3)							
MATERIAL	SOBRA DE MATERIAL	ÍNDICE DE PERDAS (%)	RCC GERADO				
Nomenclatura do material analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )	$A_{sob}$	$IP$	$P$				
	Área de sobra de material (calculado pelo <i>software</i> )	Índice de perdas para telha (conforme pesquisa bibliográfica)	Quantidade de resíduos de telhas e sobra (calculado pelo <i>software</i> )				
	$A_{sob} = A_{adq} - A_{proj}$		$P = (A_{adq} \cdot IP) + A_{sob}$				

Fonte: Autor.

#### 5.1.2.4 Resíduos gerados na instalação de tubulações hidrossanitárias

Para os sistemas hidráulicos e sanitários (para esgoto, ventilação e água pluvial), a tubulação foi considerada como componente sujeito à geração de resíduos. Esses elementos foram quantificados a partir de parâmetros dimensionais lineares, fornecidos pelo *software* na forma do comprimento da tubulação modelada.

Como o *Revit* fornece diretamente o quantitativo referente às tubulações, o processo de previsão da geração de resíduos foi desenvolvido por meio da multiplicação do comprimento

dos tubos pelo índice de perdas do material constituinte. O modelo desenvolvido para essa previsão pode ser observado na Figura 39.

Figura 39 – Configuração para previsão da geração de resíduos das tubulações

Interface de previsão da geração de resíduos de tubos das instalações hidrossanitárias				
RCC_INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS_TUBULAÇÃO				
DESCRIÇÃO	DIÂMETRO	COMPRIMENTO	ÍNDICES DE PERDAS (%)	RCC GERADO
Características do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )		$c_{tub}$	$IP$	$P$
		Comprimento da tubulação modelada (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )	Índice de perdas de tubos (conforme pesquisa bibliográfica)	Volume de resíduos de tubos (calculado pelo <i>software</i> )
				$P = c_{tub} \cdot IP$

Fonte: Autor.

Ao final dessa implementação, foram obtidos os recursos necessários para a estimativa dos resíduos gerados devido aos serviços de execução das instalações hidrossanitárias de edificações.

#### 5.1.2.5 Resíduos gerados na instalação de sistemas elétricos

De acordo com a análise das perdas relatadas na revisão bibliográfica, identificou-se que os componentes das instalações elétricas passíveis de se tornarem resíduos são os condutores elétricos e os eletrodutos. Segundo Yazigi (2009), os condutores correspondem à cabos flexíveis destinados ao transporte de energia elétrica e os eletrodutos são os condutos, ou canalizações, que contêm os condutores.

Ao admitir que esses elementos são quantificados a partir de dimensões lineares, pôde ser estimado o comprimento desperdiçado de eletroduto por meio da multiplicação do comprimento total a ser utilizado, fornecido diretamente pelo *software*, pelo índice de perdas do material. Assim, pôde ser configurada a tabela apresentada na Figura 40.

A quantificação dos condutores ocorre por meio de um fator multiplicador aplicado no comprimento de cada eletroduto. Esse fator representa o número de cabos flexíveis contido nos eletrodutos, o que é definido durante a execução do projeto elétrico. Dessa forma, o *software* realiza a multiplicação de cada fator de número de condutores pelo comprimento do eletroduto

em que estiverem contidos para a obtenção do comprimento total de cabos flexíveis. Por meio desse quantitativo, foi possível estimar o comprimento desperdiçado de cabos, considerando os mesmos critérios adotados para os eletrodutos. O modelo desenvolvido para essa previsão pode ser observado na Figura 41.

Figura 40 – Configuração para previsão da geração de resíduos de eletrodutos

Interface de previsão da geração de resíduos de eletrodutos das instalações elétricas			
RCC_INSTALAÇÕES ELÉTRICAS_ELETRODUTOS			
MATERIAL	COMPRIMENTO TOTAL	ÍNDICE DE PERDAS (%)	RCC GERADO
Nomenclatura do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )	$c_{ele}$ Comprimento dos eletrodutos modelados (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )	$IP$ Índice de perdas de eletrodutos (conforme pesquisa bibliográfica)	$P$ Volume de resíduos de eletrodutos (calculado pelo <i>software</i> )
			$P = c_{ele} \cdot IP$

Fonte: Autor.

Figura 41 – Configuração para previsão da geração de resíduos de condutores

Interface de previsão da geração de resíduos de eletrodutos das instalações elétricas					
RCC_INSTALAÇÕES ELÉTRICAS_CONDUTORES					
MATERIAL	COMPRIMENTO TOTAL DO ELETRODUTO	NÚMERO DE CONDUTORES NO ELETRODUTO	COMPRIMENTO DOS CONDUTORES	ÍNDICE DE PERDAS (%)	RCC GERADO
Nomenclatura do elemento analisado (extraído do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )	$c_{ele}$ Comprimento dos eletrodutos modelados (extraído diretamente do modelo digital desenvolvido no <i>software</i> )	$n_{cond}$ Quantidade de condutores nos eletrodutos modelados (definido pelo usuário)	$c_{cond}$ Comprimento dos condutores modelados (calculado pelo <i>software</i> )	$IP$ Índice de perdas de condutores (conforme pesquisa bibliográfica)	$P$ Volume de resíduos de condutores (calculado pelo <i>software</i> )
			$c_{cond} = c_{ele} \cdot n_{cond}$		$P = c_{cond} \cdot IP$

Fonte: Autor.

Ao final dessa implementação, foram obtidos os recursos necessários para a estimativa dos resíduos gerados nos serviços de execução das instalações elétricas de edificações.

### 5.1.3 Planilha complementar para análise da geração de resíduos

A partir dos dados fornecidos pelo modelo de previsão de geração de resíduos, foi desenvolvida uma planilha eletrônica que possibilitasse a análise dos resíduos associados ao

processo construtivo. Por ter sido utilizado o *software Excel*, foram aplicadas formulações que correlacionassem os dados advindos do *Revit* e os resultados obtidos foram organizados de tal forma que a interpretação fosse facilitada.

O documento confeccionado foi dividido em quatro planilhas, que foram denominadas como: Parâmetros iniciais; Banco de dados; Análise dos RCDs; Configurações complementares. Cada planilha foi concebida para receber os dados e fornecer as informações necessárias, sendo admitida a interrelação entre elas.

Na planilha “Parâmetros iniciais”, foi desenvolvida uma interface onde foram especificados os materiais da construção. A planilha – apresentada na Figura 42 – permitiu a inserção do serviço em que o material será utilizado (elemento construtivo), da identificação do material, da especificação da aplicação e da classificação do resíduo gerado. Nessa primeira etapa, o usuário pode avaliar os potenciais de geração de resíduos e elencar os materiais considerados no projeto.

Figura 42 – Planilha para especificação de materiais

1 Reconhecimento dos materiais utilizados no empreendimento			
Elemento construtivo	Material	Aplicação	Classificação
Serviço executado do qual são gerados os resíduos da construção (Categorias do modelo digital)	Identificação dos materiais requeridos para cada serviço ou Categoria	Especificação acerca da aplicação do material (quando necessário)	Classe do resíduo gerado conforme parâmetros estabelecidos pelo CONAMA (2002)
Paredes	Cerâmica	Blocos	A
Paredes	Argamassa	Assentamento de blocos	A
Paredes	Argamassa	Chapisco	A
Paredes	Argamassa	Emboço	A
Paredes	Argamassa	Reboco	A

Fonte: Autor.

Na planilha “Banco de dados”, foi elaborada uma interface para recebimento das informações geradas no *software Revit*. Além dos dados fornecidos na primeira planilha, foram desenvolvidos campos para inserção das quantidades incorporadas às construções e de resíduos para cada material. Como forma de homogeneizar as unidades de quantificação, esses dados corresponderam às medições volumétricas dos materiais utilizados e desperdiçados. A planilha elaborada pode ser observada na Figura 43.

Figura 43 – Planilha para armazenamento dos dados advindos do *software Revit*

2 Inserção de dados obtidos do <i>software Revit</i>					
Elemento construtivo	Material	Aplicação	Classificação	Quantidade de material incorporado à edificação	
Serviço executado do qual são gerados os resíduos da construção (Categorias do modelo digital)	Especificação dos materiais requeridos para cada serviço ou Categoria	Especificação acerca da aplicação do material (quando necessário)	Classe do resíduo gerado conforme parâmetros estabelecidos pelo CONAMA (2002)	Quantidade de material necessário para execução do serviço	Quantidade prevista de resíduos gerados devido à execução do serviço da construção
Paredes	Cerâmica	Blocos	A	41,73 m <sup>2</sup>	7,85 m <sup>3</sup>
Paredes	Argamassa	Assentamento de blocos	A	11,01 m <sup>2</sup>	12,77 m <sup>3</sup>
Paredes	Argamassa	Chapisco	A	3,19 m <sup>2</sup>	0,67 m <sup>3</sup>
Paredes	Argamassa	Emboço	A	6,45 m <sup>2</sup>	6,38 m <sup>3</sup>
Paredes	Argamassa	Reboco	A	1,60 m <sup>2</sup>	0,21 m <sup>3</sup>
Paredes	Argamassa	Assentamento de cerâmica	A	0,64 m <sup>2</sup>	0,55 m <sup>3</sup>

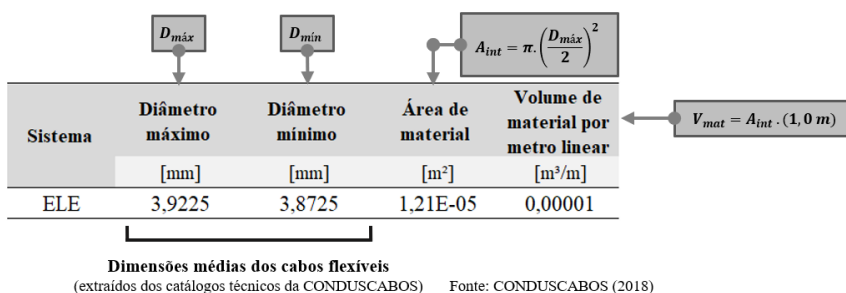
  

<b>Caracterização dos materiais</b> (extraídos diretamente da planilha “Parâmetros iniciais”)	<b>Quantificação dos materiais incorporados e resíduos</b> (obtidos do <i>software Revit</i> )
--	---

Fonte: Autor.

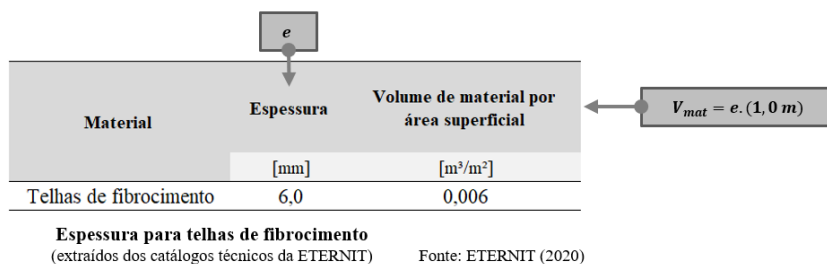
Ao considerar que alguns elementos não foram originalmente quantificados por meio de dimensões volumétricas, foi criada a planilha “Configurações complementares” para inserção de parâmetros de conversão das unidades admitidas. Recorrendo-se aos catálogos técnicos disponibilizados pelos fornecedores dos materiais, foram determinados fatores de conversão da quantidade de recurso informada (comprimento ou área) em volume de material. O procedimento de obtenção dos fatores de conversão para os tubos, eletrodutos, cabos flexíveis e telhas pode ser observado nas Figuras 44 a 47.

Figura 44 – Procedimento de conversão de dimensões de cabos flexíveis



Fonte: Autor.

Fonte 45 – Procedimento de conversão de dimensões de telhas



Fonte: Autor.

Figura 46 – Procedimento de conversão de dimensões de tubos

Sistema	Diâmetro nominal	Diâmetro externo	Espessura	Diâmetro interno	Área de escoamento (interna)	Área de PVC	Volume de PVC por metro linear
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /m]
AF	20	20	1,5	17,0	2,27E-04	8,72E-05	0,00009
AF	25	25	1,7	21,6	3,66E-04	1,24E-04	0,00012
AF	32	32	2,1	27,8	6,07E-04	1,97E-04	0,00020
AF	40	40	2,4	35,2	9,73E-04	2,83E-04	0,00028
ESG	40	40	1,2	37,6	1,11E-03	1,46E-04	0,00015
ESG	50	50,7	1,6	47,5	1,77E-03	2,47E-04	0,00025
ESG	75	75,5	1,7	72,1	4,08E-03	3,94E-04	0,00039
ESG	100	101,6	1,8	98	7,54E-03	5,64E-04	0,00056

$DN$        $DE$        $e$        $DI = DE - 2 \cdot e$        $V_{PVC} = A_{PVC} \cdot (1,0 \text{ m})$

**Dimensões dos tubos**  
 (extraídos dos catálogos técnicos da TIGRE para sistemas de água fria e esgoto)  
 Fonte: TIGRE S/A (2016a); TIGRE S/A (2016c)

$A_{int} = \pi \cdot \left(\frac{DI}{2}\right)^2$        $A_{PVC} = \left[\pi \cdot \left(\frac{DE}{2}\right)^2\right] - A_{int}$

Fonte: Autor.

Figura 47 – Procedimento de conversão de dimensões de eletrodutos

Sistema	Diâmetro nominal	Diâmetro externo	Espessura	Diâmetro interno	Área interna	Área de PVC	Volume de PVC por metro linear
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /m]
ELE	20	20	2,5	15	1,77E-04	1,37E-04	0,00014

$DN$        $DE$        $e$        $DI = DE - 2 \cdot e$        $V_{PVC} = A_{PVC} \cdot (1,0 \text{ m})$

**Dimensões dos eletrodutos**  
 (extraídos dos catálogos técnicos da TIGRE para eletrodutos)  
 Fonte: TIGRE S/A (2016b)

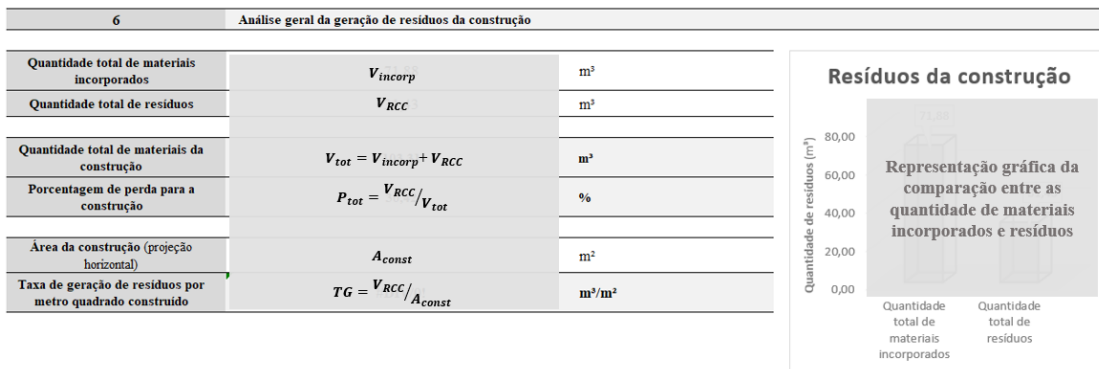
$A_{int} = \pi \cdot \left(\frac{DI}{2}\right)^2$        $A_{PVC} = \left[\pi \cdot \left(\frac{DE}{2}\right)^2\right] - A_{int}$

Fonte: Autor.

Após as configurações iniciais, foi criada a planilha “Análises dos RCDs” para apresentação dos resultados obtidos. Para uma completa interpretação da construção, foram explorados diversos aspectos da geração de resíduos. As planilhas confeccionadas permitiram a quantificação dos resíduos por classe, por elemento construtivo do qual se origina e por material. Finalmente, foi elaborada uma planilha para quantificação geral de resíduos e cálculo da geração de resíduos para cada área unitária construída.

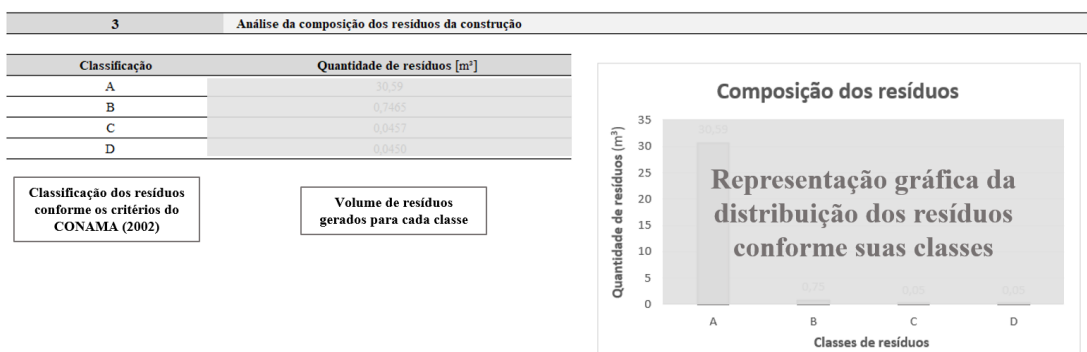
Com base nas propostas de Barros e Hochleitner (2017) e Viana (2009), foram desenvolvidas as planilhas apresentadas nas Figuras 48 a 51 para análise da geração de resíduos e para fundamentar o plano de gestão de resíduos da construção. Cada planilha foi acompanhada de gráficos que ilustram as informações obtidas, a partir dos modelos de estudo sugeridos.

Figura 48 – Planilha para análise geral da geração de resíduos



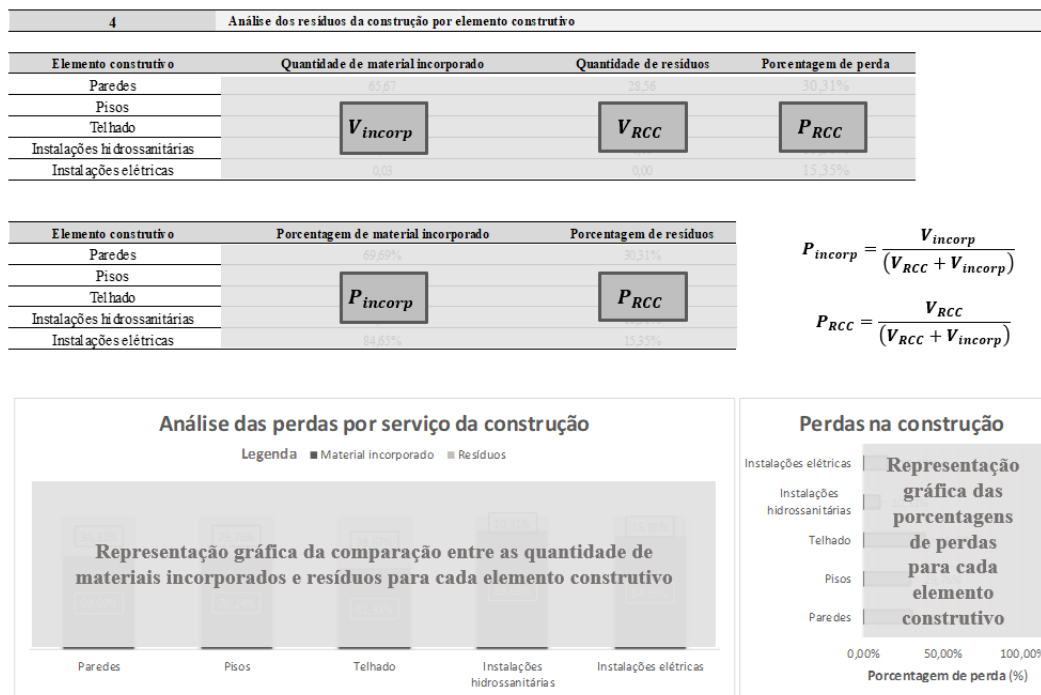
Fonte: Autor.

Figura 49 – Planilha para análise dos resíduos conforme a classe



Fonte: Autor.

Figura 50 – Planilha para análise dos resíduos conforme o elemento construtivo

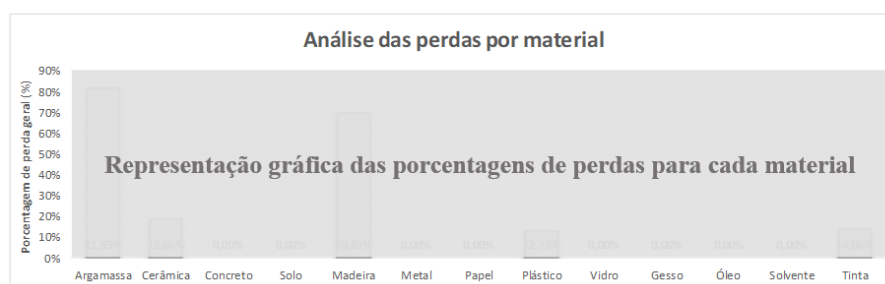


Fonte: Autor.



Figura 51 – Planilha para análise dos resíduos conforme o material

5 Análise dos resíduos da construção por material			
Material	Quantidade de material incorporado	Quantidade de resíduos	Porcentagem de perda geral
Argamassa	27,66	22,64	81,85%
Cerâmica	42,60	7,95	18,66%
Concreto	0,00	0,00	#DIV/0!
Solo	0,00	0,00	#DIV/0!
Madeira	1,06	0,74	69,81%
Metal	0,00	0,00	#DIV/0!
Papel			
Plástico	$V_{incorp}$	$V_{RCC}$	$P_{RCC}$
Vidro	0,00	0,00	#DIV/0!
Gesso	0,00	0,00	$P_{RCC} = \frac{V_{RCC}}{(V_{RCC} + V_{incorp})}$
Óleo	0,00	0,00	#DIV/0!
Solvente	0,00	0,00	#DIV/0!
Tinta	0,32	0,05	14,06%
Fibrocimento	0,18	0,04	23,87%
Composto (múltiplos materiais)	0,01	0,00	25,00%



Fonte: Autor.

Após a implementação dos conceitos apresentados, foi concluído o desenvolvimento do conjunto de planilhas no *software Excel*.

## 5.2 VALIDAÇÃO DO MODELO DE PREVISÃO

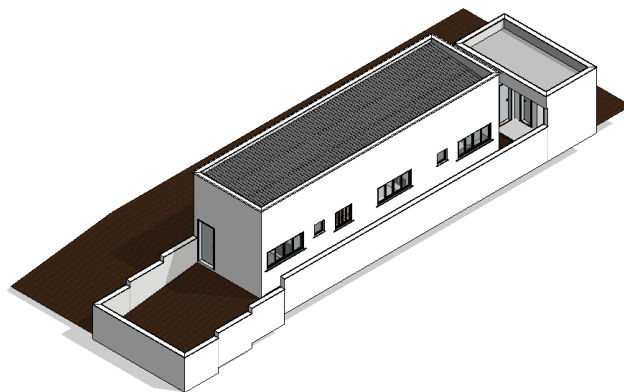
O projeto de uma edificação padrão simples foi utilizado na avaliação da funcionalidade do método proposto. A modelagem da edificação foi realizada no *software Revit*, com a implementação do modelo de previsão de geração de resíduos apresentado no tópico 5.1.

### 5.2.1 Modelagem da edificação

De acordo com as características estabelecidas pelo IBAPE/SP (2017) para edificações de padrão simples, foram desenvolvidos os projetos arquitetônicos, hidrossanitários e elétricos por meio dos procedimentos de construção virtual no *software Revit*. Como requisito para o início da modelagem, os modelos de previsão de geração de resíduos (*templates*) foram associados aos arquivos em que os projetos foram realizados.

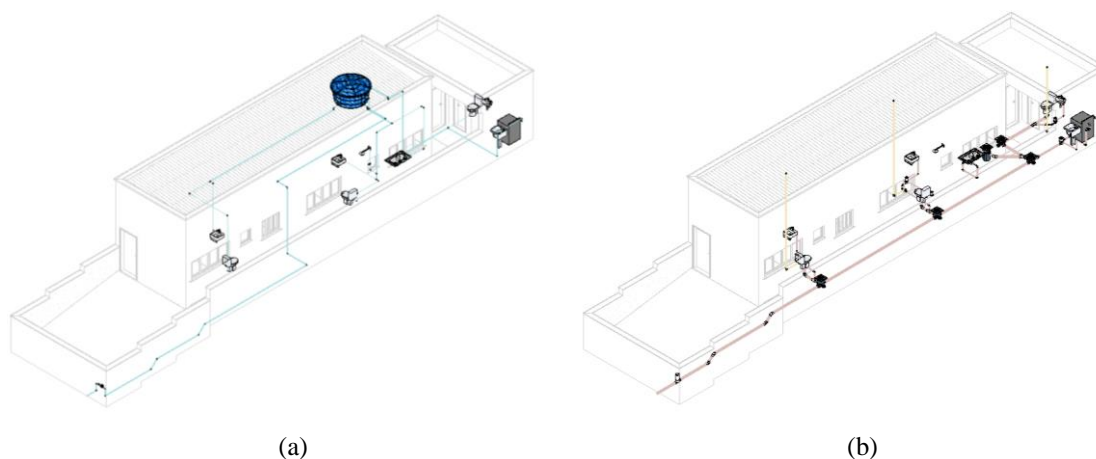
Após as configurações iniciais, os projetos foram realizados de acordo com os critérios normativos pertinentes e as especificações de fabricantes acerca da aplicação dos materiais selecionados. Os protótipos digitais desenvolvidos foram apresentados nas Figuras 52 a 54.

Figura 52 – Representação do projeto arquitetônico



Fonte: Autor.

Figura 53 – Representação do projeto de instalações de água fria (a) e esgoto (b)

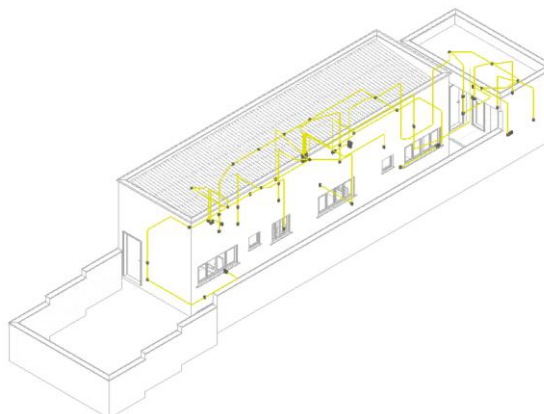


(a)

(b)

Fonte: Autor.

Figura 54 – Representação do projeto de instalações elétricas



Fonte: Autor.

Os projetos confeccionados para a arquitetura, instalações hidrossanitárias e instalações elétricas foram devidamente apresentados nas folhas inseridas nos Apêndices D, E e F, respectivamente.

### **5.2.2 Extração de dados do modelo de previsão da geração de resíduos**

Ao final da criação dos modelos da informação da construção e da alimentação do banco de dados, foram geradas as tabelas para estimativa da geração de resíduos da construção. Conforme citado anteriormente, adotaram-se os índices de perdas obtidos a partir da pesquisa bibliográfica.

Os quantitativos, fornecidos automaticamente pelo *software*, foram organizados em concordância com os padrões estabelecidos para as tabelas durante a construção do modelo de previsão de geração de resíduos. Para facilitar a extração de dados, foram produzidas folhas que agrupassem as tabelas referentes a uma mesma categoria. Essas folhas foram adicionadas ao Apêndice C e os dados gerados foram transmitidos manualmente à planilha complementar.

Embora existam métodos de automação desse processo de transição de informações entre *softwares*, esses exigem uma programação adicional – arquivo gerado na plataforma *Dynamo* – que não estava disponível para a elaboração deste trabalho.

### **5.2.3 Análise das informações obtidas**

Após a conclusão do processo de modelagem da edificação e extração dos dados necessários, foi acessada a planilha complementar. As informações apresentadas no Apêndice C foram adicionadas às células da planilha de acordo com o procedimento estabelecido no tópico 5.1.3.

A princípio, foram especificados os materiais necessários para execução do projeto. A nomenclatura dos materiais e as especificações acerca da aplicação desses, extraídas diretamente das tabelas geradas pelo *software Revit*, foram inseridas na planilha “parâmetros iniciais”. A classificação dos materiais que originam os resíduos teve como fundamentação os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 307/2002. O resultado dessa primeira interação com a planilha complementar pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Especificação inicial dos materiais da construção

<b>Elemento construtivo</b>	<b>Material</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Classificação</b>
Serviço executado do qual são gerados os resíduos da construção (Categorias do modelo digital)	Identificação dos materiais requeridos para cada serviço ou Categoria	Especificação acerca da aplicação do material (quando necessário)	Classe do resíduo gerado conforme parâmetros estabelecidos pelo CONAMA (2002)
Paredes	Cerâmica	Blocos	A
Paredes	Argamassa	Assentamento de blocos	A
Paredes	Argamassa	Chapisco	A
Paredes	Argamassa	Emboço	A
Paredes	Argamassa	Reboco	A
Paredes	Argamassa	Assentamento de cerâmica	A
Paredes	Tinta	Sistema de pintura externa	D
Paredes	Tinta	Sistema de pintura interna	D
Paredes	Cerâmica	Revestimento cerâmico	A
Pisos	Cerâmica	Revestimento cerâmico	A
Pisos	Argamassa	Assentamento de cerâmica	A
Pisos	Argamassa	Contrapiso	A
Telhado	Madeira	Berços	B
Telhado	Madeira	Pontaletes	B
Telhado	Madeira	Terças	B
Telhado	Fibrocimento	Telhas	C
Instalações hidrossanitárias	Plástico	Tubos	B
Instalações elétricas	Plástico	Eletroduto	B
Instalações elétricas	Composto (múltiplos materiais)	Cabos flexíveis	C

Fonte: Autor.

Em seguida, extraíram-se os quantitativos previstos nas tabelas geradas pelo *software Revit*. Esses dados alimentaram os campos da planilha “Banco de dados”, tendo sido realizadas adequações nas quantidades que haviam sido apresentadas em unidades de medida lineares ou superficiais – em consonância com os fatores de conversão expostos nas Figuras 44 a 47. Dessa forma, a organização dos dados obtidos do modelo de previsão de geração de resíduos ocorreu por meio da elaboração da Tabela 2.

Após esse processo de inserção de informações, a planilha “Análise dos RCDs” forneceu os recursos numéricos e gráficos para a interpretação da forma como os resíduos seriam gerados

no canteiro de obras. Como almejou-se um estudo detalhado da geração de resíduos, foram explorados diferentes meios de comparação dos dados.

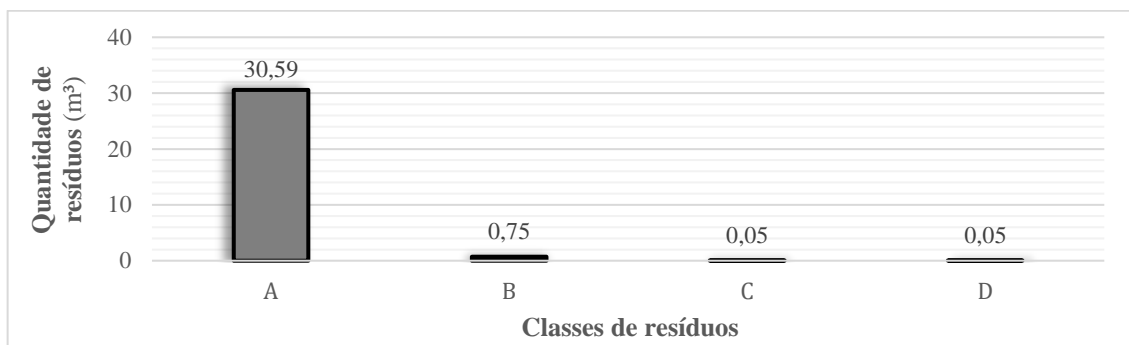
Tabela 2 – Quantificação dos materiais e estimativa da geração de resíduos

<b>Elemento construtivo</b>	<b>Material</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Classificação</b>	<b>Quantidade de material incorporado à edificação</b>		<b>Quantidade de resíduos</b>	
Serviço executado do qual são gerados os resíduos da construção (Categorias do modelo digital)	Especificação dos materiais requeridos para cada serviço ou Categoria	Especificação acerca da aplicação do material (quando necessário)	Classe do resíduo gerado conforme parâmetros estabelecidos pelo CONAMA (2002)	Quantidade de material necessário para execução do serviço		Quantidade prevista de resíduos gerados devido à execução do serviço da construção	
Paredes	Cerâmica	Blocos	A	41,73	m <sup>3</sup>	7,85	m <sup>3</sup>
Paredes	Argamassa	Assentamento de blocos	A	11,01	m <sup>3</sup>	12,77	m <sup>3</sup>
Paredes	Argamassa	Chapisco	A	3,19	m <sup>3</sup>	0,67	m <sup>3</sup>
Paredes	Argamassa	Emboço	A	6,45	m <sup>3</sup>	6,38	m <sup>3</sup>
Paredes	Argamassa	Reboco	A	1,60	m <sup>3</sup>	0,21	m <sup>3</sup>
Paredes	Argamassa	Assentamento de cerâmica	A	0,64	m <sup>3</sup>	0,55	m <sup>3</sup>
Paredes	Tinta	Sistema de pintura externa	D	0,01	m <sup>3</sup>	0,00	m <sup>3</sup>
Paredes	Tinta	Sistema de pintura interna	D	0,31	m <sup>3</sup>	0,04	m <sup>3</sup>
Paredes	Cerâmica	Revestimento cerâmico	A	0,73	m <sup>3</sup>	0,08	m <sup>3</sup>
Pisos	Cerâmica	Revestimento cerâmico	A	0,14	m <sup>3</sup>	0,02	m <sup>3</sup>
Pisos	Argamassa	Assentamento de cerâmica	A	0,12	m <sup>3</sup>	0,11	m <sup>3</sup>
Pisos	Argamassa	Contrapiso	A	4,65	m <sup>3</sup>	1,95	m <sup>3</sup>
Telhado	Madeira	Berços	B	0,39	m <sup>3</sup>	0,35	m <sup>3</sup>
Telhado	Madeira	Pontaletes	B	0,27	m <sup>3</sup>	0,15	m <sup>3</sup>
Telhado	Madeira	Terças	B	0,40	m <sup>3</sup>	0,24	m <sup>3</sup>
Telhado	Fibrocimento	Telhas	C	0,1830	m <sup>3</sup>	0,0437	m <sup>3</sup>
Instalações hidrossanitárias	Plástico	Tubos	B	0,0335	m <sup>3</sup>	0,0038	m <sup>3</sup>
Instalações elétricas	Plástico	Eletroduto	B	0,0179	m <sup>3</sup>	0,0027	m <sup>3</sup>
Instalações elétricas	Composto (múltiplos materiais)	Cabos flexíveis	C	0,0082	m <sup>3</sup>	0,0020	m <sup>3</sup>

Fonte: Autor.

O primeiro aspecto analisado foi a composição dos resíduos segundo a classe e os resultados obtidos nessa abordagem foram apresentados na Figura 55.

Figura 55 – Composição dos resíduos conforme a classe

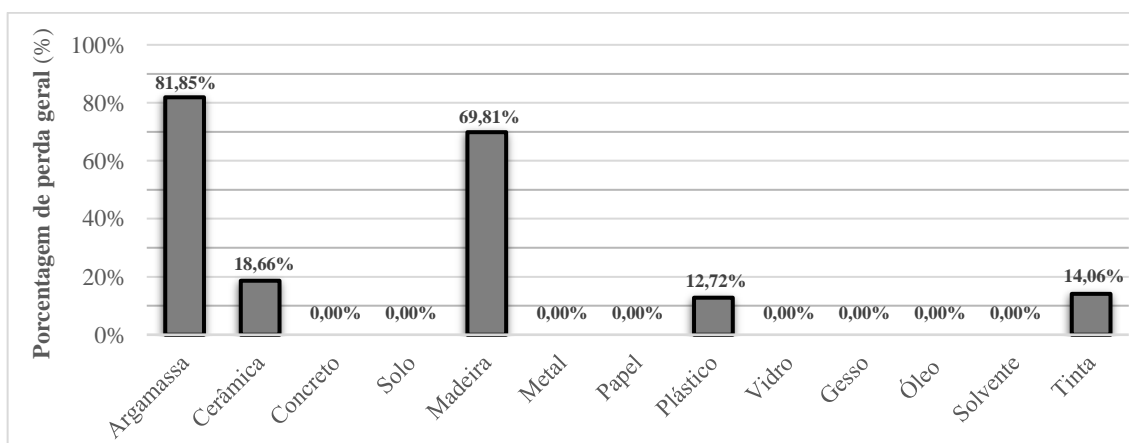


Fonte: Autor.

De modo geral, constatou-se que os resíduos predominantes no canteiro pertenceriam à classe A – tendo sido quantificados 30,59 m<sup>3</sup> em um total de 31,43 m<sup>3</sup>. Ao admitir que a participação desse tipo de resíduo aproxima-se de 97% da geração integral, foi estabelecida uma correlação com a composição de resíduos típica das obras brasileiras. O estudo de Blumenschein (2007) indicou que os resíduos de argamassa e de elementos cerâmicos – ambos pertencentes à classe A – correspondem à 92% dos materiais descartados em construções. Dessa forma, notou-se uma aproximação entre essa quantificação teórica e os valores obtidos pelo modelo de previsão da geração de resíduos.

A relevância da participação dos resíduos de classe A também foi verificada na análise da perda por material, cujos resultados foram apresentados na Tabela 3 e na Figura 56. Nessas avaliações, verificou-se a prevalência de resíduos de argamassa e de cerâmica.

Figura 56 – Porcentagem de perda calculada para cada material da construção



Fonte: Autor.

Tabela 3 – Análise da geração de resíduos da construção por material

Material	Quantidade de material incorporado [m <sup>3</sup> ]	Quantidade de resíduos [m <sup>3</sup> ]
Argamassa	27,66	22,64
Cerâmica	42,60	7,95
Concreto	0,00	0,00
Solo	0,00	0,00
Madeira	1,06	0,74
Metal	0,00	0,00
Papel	0,00	0,00
Plástico	0,05	0,01
Vidro	0,00	0,00
Gesso	0,00	0,00
Óleo	0,00	0,00
Solvente	0,00	0,00
Tinta	0,32	0,05
Fibrocimento	0,18	0,04
Composto (múltiplos materiais)	0,008	0,002

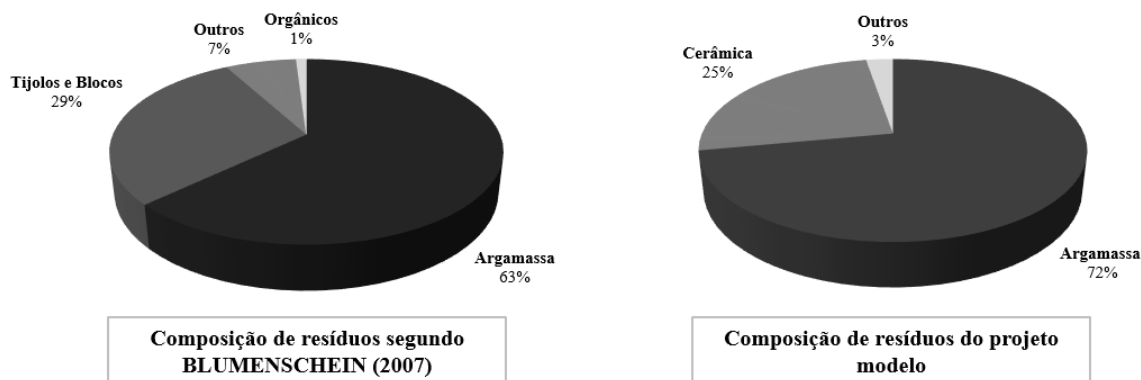
Fonte: Autor.

Ao identificar os materiais mais presentes entre os resíduos da construção, constatou-se que os resultados estão em consonância com as tendências nacionais acerca da geração de resíduos nos canteiros de obras. Hernandez e Vilar (2004), Blumenschein (2007) e Menezes *et al.* (2011 *apud* SMA, 2014) apontaram que a argamassa tende a predominar entre os resíduos da construção, como também indicaram que a cerâmica e os solos também possuem participação significativa nos entulhos gerados em obras do país.

Segundo Blumenschein (2007), os resíduos de argamassa compõem cerca de 63% e os resíduos de elementos cerâmicos têm uma participação de 29% da geração total. Ao analisar os resultados obtidos para o projeto modelo, notou-se que os valores apresentados na Tabela 3 indicam uma composição de resíduos similar. Conforme ilustrado na Figura 57, os resíduos de argamassa corresponderam a 72% da geração total (22,64 m<sup>3</sup> em um volume total de 31,43 m<sup>3</sup>) e os materiais cerâmicos representaram 25% do volume de resíduos (7,95 m<sup>3</sup> em um volume integral de 31,43 m<sup>3</sup>).

Hernandez e Vilar (2004) também verificaram que os materiais mais presentes nos entulhos extraídos de canteiros de obras foram aqueles pertencentes à Classe A (argamassa, concreto, solos, areia e cerâmica vermelha), estando de acordo com os resíduos de maior ocorrência obtidos no projeto modelo.

Figura 57 – Comparação entre a composição de resíduos prevista e a obtida



Fonte: Autor.

Ao analisar os índices de perdas de cada material (Figura 56), verificou-se que os materiais com maior participação na composição dos resíduos da construção também apresentaram os maiores percentuais de perda, cerca de 82%. Contudo, essa relação não foi observada para os demais materiais. Mesmo que a cerâmica represente um volume maior de resíduos em comparação à madeira, essa apresentou um índice de perda maior. Dessa forma, entende-se que o índice de perdas pode ser relevante na determinação de aspectos ineficientes do processo construtivo, sendo possível avaliar o desperdício dos materiais, e não pode ser relacionado diretamente à participação de um material no volume total de resíduos. Para avaliar a relevância do suprimento na composição volumétrica de resíduos, tornou-se necessária a associação dos índices obtidos com o volume de material a ser incorporado à edificação. Assim, um elemento que possui alto índice de perdas e uma reduzida presença na construção – requerido em pequenas quantidades – não teria potencial para gerar um volume relevante de resíduos.

Outro modelo de estudo proposto foi direcionado à análise da geração de resíduos para a execução de cada elemento construtivo. A quantificação de materiais e de resíduos gerados é apresentada na Tabela 4, sendo confeccionados dois gráficos (Figuras 58 e 59) para que fossem explorados os índices de perdas associados a cada categoria.

A avaliação dos dados apresentados na Tabela 4 indicou que as maiores quantidades de resíduos foram geradas na execução dos elementos constituídos por argamassa e cerâmica, sendo reconhecido que esses materiais têm maior participação no volume total de resíduos. Dessa forma, a construção das paredes e dos pisos concentra a responsabilidade pela mais expressiva quantidade de resíduos gerados no canteiro de obras.

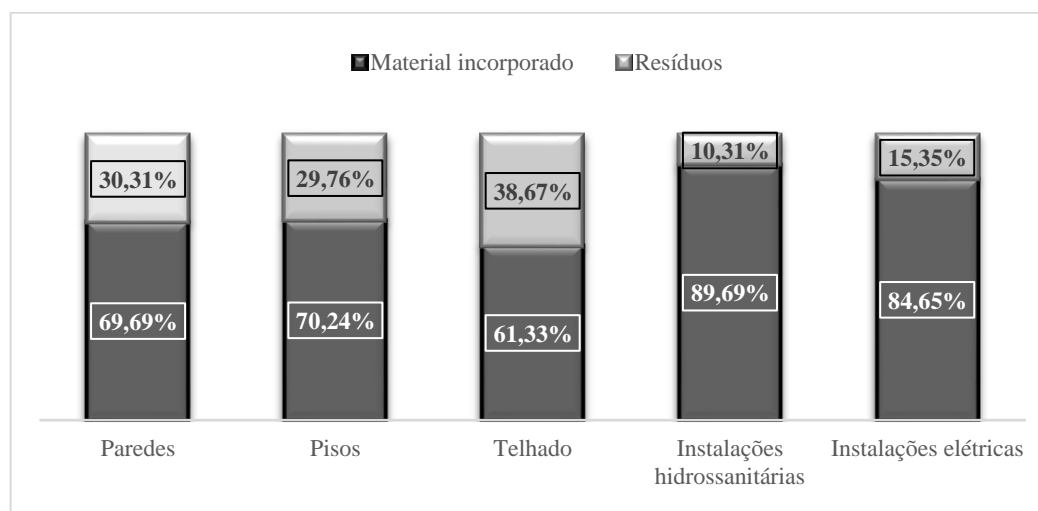


Tabela 4 – Análise da geração de resíduos da construção por elemento construtivo

Elemento construtivo	Quantidade de material incorporado [m <sup>3</sup> ]	Quantidade de resíduos [m <sup>3</sup> ]
Paredes	65,67	28,56
Pisos	4,91	2,08
Telhado	1,24	0,78
Instalações hidrossanitárias	0,033	0,004
Instalações elétricas	0,026	0,005

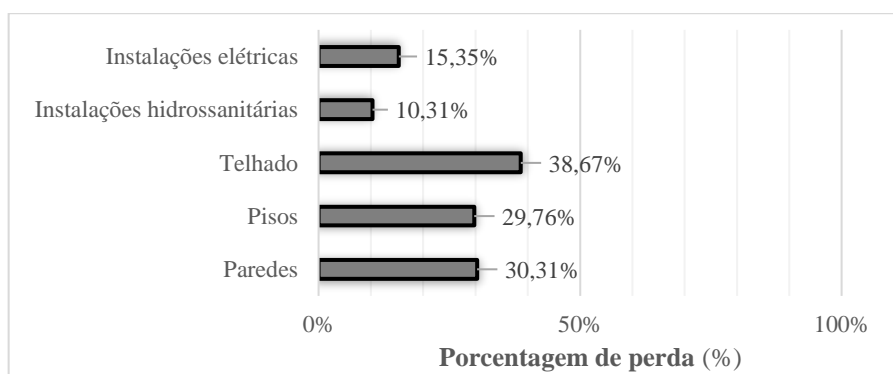
Fonte: Autor.

Figura 58 – Porcentagem de uso e desperdício dos materiais em cada serviço



Fonte: Autor.

Figura 59 – Porcentagem de perdas para cada elemento construtivo



Fonte: Autor.

Ao analisar as perdas na confecção de paredes e pisos, foi identificado que cerca de 30% do material adquirido para execução desses elementos foram convertidos em resíduos. Essa constatação foi obtida a partir das Figuras 58 e 59, onde foram expostas as porcentagens de perdas e de incorporação dos materiais em relação ao volume total de material que adentraria no canteiro de obras. As informações extraídas desses gráficos indicaram a necessidade de

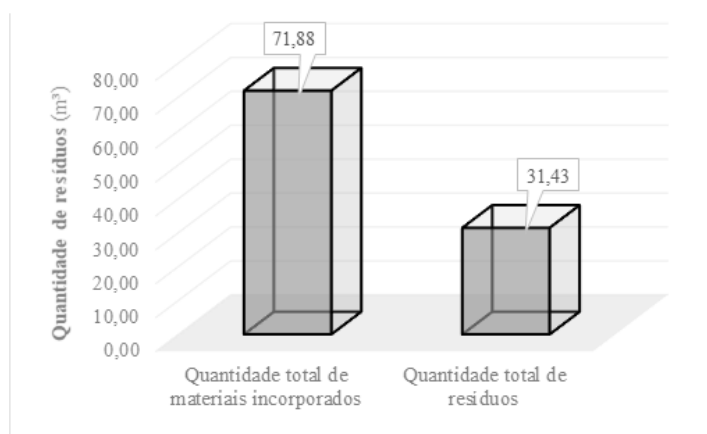
atenção aos processos adotados para execução das paredes e dos pisos, considerando que esses serviços tendem a possuir um percentual significativo de desperdício.

Para os telhados, não foi detectado um volume significativo de resíduos devido à reduzida quantidade de material requerida, em comparação aos volumes previstos para os demais serviços. De acordo com a Figura 59, mesmo que o índice de perda para a construção do telhado tenha sido o maior entre os elementos construtivos, a geração de resíduos é limitada pelo baixo volume de material a ser incorporado à edificação. Analisando as informações da Figura 58, destaca-se que o alto percentual de recursos desperdiçados, cerca de 39% do volume adquirido, deve ser motivo de reavaliação dos procedimentos construtivos a fim de serem evitadas as perdas e aprimorada a eficiência dos serviços.

As instalações hidrossanitárias e elétricas não apresentaram volumes significantes de resíduos da construção. Conforme estabelecido por Yazigi (2009), esses componentes da edificação estão associados a uma pequena possibilidade de desperdício devido a maior precisão na aquisição e aplicação dos materiais, garantida pelo modo de execução dos projetos. Ainda, admite-se que os pequenos volumes dos materiais que compõem os sistemas, revelados pelo inexpressivo volume por metro linear (Figuras 44, 46 e 47), também contribuem para os reduzidos volumes de resíduos. De acordo com os dados apresentados na Figura 59, evidenciou-se que essas instalações possuem os menores índices de perdas entre as registradas nos serviços construtivos.

Finalmente, foi realizada uma análise geral da geração de resíduos para o projeto modelo. As quantidades totais de materiais incorporados e de resíduos gerados foram apresentadas na Figura 60. A partir das informações obtidas, constatou-se um percentual de perdas equivalente a 30,42% do volume total de material adquirido.

Figura 60 – Quantificação dos totais de materiais consumidos e perdidos



Fonte: Autor.

No projeto arquitetônico, foi determinado que a edificação projetada ocuparia uma área horizontal de 57,06 m<sup>2</sup>. Ao correlacionar essa área ao volume total de resíduos previsto, foi calculada uma taxa de geração de 0,55 m<sup>3</sup> de resíduos para cada área unitária (1,0 m<sup>2</sup>) de construção. Os relatos de Souza (2005b) acerca da geração de entulho para a construção de habitações populares possibilitaram a identificação de uma taxa de 0,07 m<sup>3</sup> para cada área unitária construída. Em contraponto a esse índice, foi avaliado o valor médio de 0,10 m<sup>3</sup>.m<sup>-2</sup> obtido por Costa *et al.* (2014) para um conjunto de 35 edificações – residências e edifícios públicos – construídos na cidade de João Pessoa, no estado da Paraíba.

A partir dessa análise, foi averiguado que a taxa de geração de resíduos por área construída obtida pelo uso do modelo proposto foi superior aos valores encontrados em estudos que exploraram esse aspecto. Dessa forma, entende-se que o método de previsão estabelecido fornece quantidades de resíduos ligeiramente superiores aos identificados nos canteiros de obras estudados pelos autores citados neste trabalho. No entanto, a variabilidade das taxas da geração elencadas é justificada pela diversidade de padrões construtivos, de técnicas de execução dos serviços e de materiais de construção. Essa diversidade garante que os resultados obtidos não são inconsistentes e impõe a necessidade de considerar que o uso dos índices de perdas relatados na literatura tende a conduzir a análises mais conservadoras e a quantitativos moderadamente superestimados. Ao final do processo de análise dos resultados – por meio da planilha complementar – foi elaborado um plano de gerenciamento dos resíduos da construção, descrito a seguir.

### 5.3 ELABORAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

O plano de gerenciamento dos resíduos da construção, fundamentado no projeto modelo, foi elaborado de acordo com o padrão apresentado no Apêndice B – com base nas propostas de Viana (2009). Como a caracterização do sistema construtivo foi realizada em tópicos anteriores, optou-se por iniciar a elaboração do plano pela etapa de especificação e quantificação dos resíduos.

Para a inserção das informações referentes à geração de resíduos, recorreu-se ao banco de dados desenvolvido na planilha complementar. Desse arquivo, foram extraídas as quantidades previstas de resíduos para cada material da construção. O resultado dessa transferência de informações foi apresentado na Figura 61.

Figura 61 – Caracterização e quantificação dos resíduos da construção previstos

Classe A		
Resíduo	Quantidade	Unid.
Argamassa	22,64	m <sup>3</sup>
Cerâmica (na forma de placas, blocos ou telhas)	7,95	m <sup>3</sup>
Concreto (advindo da concretagem e das peças pré-fabricadas)		m <sup>3</sup>
Resíduos de pavimentação		m <sup>3</sup>
Solo		m <sup>3</sup>

Classe B		
Resíduo	Quantidade	Unid.
Madeira	0,74	m <sup>3</sup>
Metal		m <sup>3</sup>
Papel		m <sup>3</sup>
Plástico	0,01	m <sup>3</sup>
Vidro		m <sup>3</sup>

Classe C		
Resíduo	Quantidade	Unid.
Gesso		m <sup>3</sup>

Classe D		
Resíduo	Quantidade	Unid.
Óleo		m <sup>3</sup>
Solvente		m <sup>3</sup>
Tinta	0,05	m <sup>3</sup>

Outros		
Resíduo	Quantidade	Unid.
Fibrocimento	0,04	m <sup>3</sup>
Cabos flexíveis	0,002	m <sup>3</sup>

Fonte: Autor.

Após a definição dos materiais presentes no canteiro de obras, foram determinados os modelos de acondicionamento que poderiam ser adotados no processo de gerenciamento dos resíduos. A fundamentação técnica utilizada nesta etapa correspondeu às propostas de Pinto (2005), Viana (2009) e Campos e Neto (2015). Dessa forma, recorreu-se às informações dos Quadros 9 e 10 para a seleção das técnicas adequadas à cada material (apresentadas na Figura 62).

A última etapa de elaboração do plano de gerenciamento foi a determinação da destinação dos resíduos da construção. Para determinar as destinações mais adequadas a cada situação, recorreu-se às especificações dos Quadros 11 e 12. Em adição às diretrizes já apresentadas neste trabalho, foram consultadas as recomendações de Júnior (2005) acerca das possibilidades de reuso e reciclagem de materiais. Na Figura 63, foram apresentadas as destinações definidas para o projeto modelo.

Figura 62 – Definição das técnicas de acondicionamento inicial e final dos resíduos da construção

4 Definição do acondicionamento inicial e final		
Resíduos	Acondicionamento inicial	Acondicionamento final
Argamassa e elementos cerâmicos	Ensacamento dos resíduos ou empilhamento em local demarcado (a critério dos responsáveis técnicos)  <b>Observação:</b> o local de acondicionamento deve ser devidamente sinalizado e estar posicionado em um ponto de facilite o transporte interno, sendo valorizada a redução dos deslocamentos no canteiro.	Caçambas estacionárias  <b>Observação:</b> o local de instalação da caçamba deve estar próximo do ponto de carregamento do caminhão.
Madeira	Empilhamento dos resíduos (para sobras das peças) e ensacamento em sacos de rafia (para serragem)  <b>Observação:</b> o local de acondicionamento deve ser devidamente sinalizado e estar posicionado em um ponto de facilite o transporte interno, sendo valorizada a redução dos deslocamentos no canteiro.	Baias  <b>Observação:</b> o local de instalação da caçamba deve estar próximo do ponto de carregamento do caminhão.
Plástico	<i>Big bags</i>	<i>Big bags</i>
Embalagens de tinta	Disposição em local conveniente	Baia para resíduos contaminados
Fibrocimento	Ensacamento em sacos de rafia	Baias
Resíduos orgânicos	Ensacamento em sacos de rafia	Baias destinadas a coleta pública
Demais resíduos	Sacos de rafia	Baias

Fonte: Autor.

Após a redação do plano simplificado de gerenciamento de resíduos, foi constatada a viabilidade do método de previsão da geração de resíduos da construção, aplicando ferramentas da Modelagem da Informação da Construção. Notou-se que os resultados obtidos em fases anteriores do *software Revit* e da planilha complementar facilitaram o preenchimento do modelo previamente estabelecido.

Destaca-se que o documento gerado foi uma abordagem preliminar da gestão de resíduos. Um planejamento mais detalhado poderá ser realizado com base nesse documento inicial, contendo avaliações das características específicas do canteiro de obras e de seus arredores. Em etapas posteriores do desenvolvimento do projeto, podem ser adicionadas informações referentes à equipe técnica responsável pela implementação do plano, aos procedimentos para quantificação e segregação dos resíduos no canteiro, à localização dos pontos de armazenamento e ao transporte de resíduos. Essas informações complementares também foram propostas por Júnior (2005) para que pudesse ser redigido um projeto básico de gerenciamento

de resíduos da construção. Por ser executado por projetistas, o uso e descarte dos materiais devem ser contemplados durante todo o processo de desenvolvimento dos projetos de modo prático e eficiente.

Figura 63 – Definição das destinações dos resíduos da construção

5 Definição da destinação		
Resíduos	Potencial de reaproveitamento	Destinação final
Argamassa e elementos cerâmicos	<p>Possibilidade de reaproveitamento ou reciclagem do material através da destinação desse a usinas fixas (fora do canteiro) ou móveis (dentro do canteiro) de reciclagem.</p> <p><b>Observação 1:</b> deve ser avaliada a possibilidade de inserção dos agregado reciclados na própria obra.</p> <p><b>Observação 2:</b> CAMPOS e NETO (2015) estabelece que a adoção de usinas móveis de reciclagem exige altos volumes de resíduos (superior a 1000 m<sup>3</sup>).</p>	<p>Área de transbordo e triagem (ATT) e Aterros de resíduos inertes da construção civil (aterros de RCC)</p> <p><b>Observação:</b> mesmo que o transporte para os aterros seja considerado prático, CAMPOS e NETO (2015) aponta que essa destinação não ocasiona impactos positivos ambientais nem econômicos.</p>
Madeira	<p>Possibilidade de reaproveitamento ou reciclagem do material através da destinação desse a usinas fixas (fora do canteiro) de reciclagem ou a entidades que possam utilizar os resíduos de madeira como combustível ou matéria-prima.</p> <p><b>Observação:</b> deve ser avaliada a possibilidade de reaproveitamento na própria obra.</p>	<p>Área de transbordo e triagem (ATT) e Aterros de resíduos inertes da construção civil (aterros de RCC)</p> <p><b>Observação:</b> mesmo que o transporte para os aterros seja considerado prático, CAMPOS e NETO (2015) aponta que essa destinação não ocasiona impactos positivos ambientais nem econômicos.</p>
Plástico e embalagens de produtos	<p>Possibilidade de reaproveitamento ou reciclagem do material através da destinação desse a usinas fixas (fora do canteiro) de reciclagem.</p>	Aterros sanitários
Embalagens de tintas (sem acúmulo de tinta)		Logística reversa (soluções definidas junto aos fabricantes) ou Aterros sanitários
Tinta	<p>Fornecimento do excedente a entidades nas cercanias da obra (doação para escolas, igrejas, entre outras).</p>	
Fibrocimento		Aterros sanitários ou Aterros de resíduos não perigosos.
Resíduos orgânicos		Coleta pública
Demais resíduos		Área de transbordo e triagem (ATT) e Aterros Sanitários

Fonte: Autor.

Ao validar a usabilidade do método proposto neste trabalho, foi elaborado um documento orientador (denominado como manual prático) para que qualquer projetista que tiver acesso aos modelos desenvolvidos (*templates*) possa obter os resultados expostos anteriormente. O documento foi subdividido em dois capítulos distintos: “Introdução ao uso do *software Revit*” e “Apresentação da proposta de gestão dos resíduos da construção”. O primeiro capítulo foi destinado a apresentar as instruções acerca do uso do *software* na quantificação de materiais, enquanto o segundo capítulo concentrou as orientações para desenvolvimento do método descrito neste trabalho. Por fim, o documento produzido foi apresentado integralmente no Apêndice G.

## 6 CONCLUSÕES

Em meio ao alvorecer do conceito de desenvolvimento sustentável, a indústria da construção civil deve rever os processos construtivos e as técnicas de gestão de materiais mobilizados nos canteiros de obras a fim de reduzir o consumo de recursos naturais e os desperdícios em sua cadeia produtiva.

Este trabalho demonstra a aplicabilidade da integração da Modelagem da Informação da Construção (BIM) à gestão de resíduos da Construção Civil, permitindo otimizar o processo construtivo, reduzir os desperdícios e perdas no canteiro de obras, racionalizar o consumo de recursos e garantir a destinação planejada dos resíduos gerados nas diferentes etapas da obra.

O modelo de previsão de geração de resíduos, elaborado no *software Revit*, possibilita estimar as perdas de materiais em cada categoria/elemento construtivo de um protótipo digital e, conseqüentemente, prever a quantidade de resíduos gerada da construção.

A incorporação do modelo de previsão ao fluxo de trabalho no *software Revit* permite uma análise preliminar da geração de resíduos ainda na etapa de concepção do projeto, possibilitando ao projetista prever o desperdício de materiais. Dessa forma, podem ser alteradas as concepções iniciais – por meio da modificação do sistema construtivo ou das configurações dos componentes da edificação projetada – visando à redução de resíduos gerados.

Além da criação de um banco de dados, o modelo de previsão de geração de resíduos pode atuar como instrumento de conscientização dos projetistas ao fornecer informações sobre o quantitativo das perdas e evidenciar a responsabilidade de suas decisões na gestão de resíduos da construção.

A execução do projeto piloto possibilitou a validação do modelo de gestão proposto, sendo comprovada a usabilidade da metodologia BIM ao gerenciamento de resíduos da Construção Civil por meio da comparação dos resultados obtidos com os relatados na literatura.

Ao avaliar a proporção de resíduos gerados, nota-se que a composição dos resíduos obtida corresponde àquela averiguada em estudos fundamentados na coleta de dados reais de canteiros de obras. Dessa forma, a porcentagem de participação de diversos materiais no volume de resíduo gerado equivale às participações comumente constatadas nas obras brasileiras. Ainda sobre os resultados calculados, identifica-se que os maiores quantitativos de resíduos estavam associados aos materiais de maior ocorrência no entulho formado na construção (pertencentes à Classe A).



A taxa de geração de resíduos para a área unitária construída ( $0,55 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$ ) foi superior às taxas médias obtidas na literatura ( $0,10 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$ ). Essa discrepância está associada às variações dos índices de perdas gerados em diferentes estudos realizados em contextos diversos.

A implementação da Modelagem da Informação da Construção (BIM) na gestão de resíduos em canteiros de obras é relevante para a antecipação da análise das perdas nos processos construtivos e permite a elaboração de planos de gerenciamento de resíduos da construção mais eficazes.

Embora os índices médios de perdas sejam suficientes para uma análise inicial da geração de resíduos, recomenda-se que os usuários insiram no modelo de previsão os próprios indicadores – os quais poderiam ser obtidos por padrões estabelecidos pela empresa executora da obra, fundamentados em serviços prévios ou em estudos de canteiros de obras próximos ao local da construção.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. **Tabela ABRECON**. São Paulo: ABRECON, 2017. Disponível em: [https://abrecon.org.br/wp-content/uploads/abrafati\\_abrecon.pdf](https://abrecon.org.br/wp-content/uploads/abrafati_abrecon.pdf). Acesso em: 22 abr. 2021.

AGOPYAN, Vahan; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes; PALIARI, José Carlos; ANDRADE, Artemária Coêlho. **Alternativas para a redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras**: apresentação geral. São Paulo: EPUSP/FINEP/ITQC, 1998a. v. 1. Disponível em: <http://perdas.pcc.usp.br/>. Acesso em: 24 abr. 2021.

AGOPYAN, Vahan; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes; PALIARI, José Carlos; ANDRADE, Artemária Coêlho. **Alternativas para a redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras**: metodologia. São Paulo: EPUSP/FINEP/ITQC, 1998b. v. 2. Disponível em: <http://perdas.pcc.usp.br/>. Acesso em: 24 abr. 2021.

AGOPYAN, Vahan; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes; PALIARI, José Carlos; ANDRADE, Artemária Coêlho. **Alternativas para a redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras**: resultados e análises. São Paulo: EPUSP/FINEP/ITQC, 1998c. v. 3. Disponível em: <http://perdas.pcc.usp.br/>. Acesso em: 24 abr. 2021.

AGOPYAN, Vahan; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes; PALIARI, José Carlos; ANDRADE, Artemária Coêlho. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra. *In*: FORMOSO, Carlos Torres; INO, Akemi. **Inovação, gestão da qualidade e produtividade e disseminação do conhecimento na construção habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. Coletânea Habitare, v. 2, p. 225-249. Disponível em: <http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/104.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

ANDRADE, Artemária Coêlho; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes; PALIARI, José Carlos; AGOPYAN, Vahan. Estimativa da quantidade de entulho produzido em obras de construção de edifícios. *In*: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 4., 2001, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: IBRACON, 2001. p. 65-74.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. São Paulo: Abrelpe, 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em: 19 abr. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

AUTORIDADE MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA. **Guia de manejo diferenciado: grande gerador**. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo, 2020a. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/GRANDE%20GERADOR%20A MLURB\\_rev1.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/GRANDE%20GERADOR%20A MLURB_rev1.pdf). Acesso em: 07 ago. 2021.

AUTORIDADE MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA. **Guia de manejo diferenciado: pequeno gerador**. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo, 2020b. Disponível em:

[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/PEQUENO%20GERADOR%20AMLURB\\_rev1.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/PEQUENO%20GERADOR%20AMLURB_rev1.pdf). Acesso em: 07 ago. 2021.

BAPTISTA JUNIOR, Joel Vieira; ROMANEL, Celso. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s.l.], v. 5, n. 2, p. 27-37, jul./dez. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/urbe/v5n2/a04v5n2>. Acesso em: 22 abr. 2021.

BARROS, Brunno Pereira; HOCHLEITNER, Hugo Demay. **Criação de um *plug-in* aliado a tecnologia BIM para quantificação de resíduos de construção em uma habitação unifamiliar**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9006/1/CT\\_COECI\\_2017\\_1\\_06.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9006/1/CT_COECI_2017_1_06.pdf). Acesso em: 18 abr. 2021.

BIDONE, Francisco Antonio. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. Brasília: FINEP/PROSAB, 2001.

BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. **Manual técnico: gestão de resíduos sólidos em canteiros de obras**. Brasília: SEBRAE/DF, 2007.

BRASIL. **Decreto n. 9.983, de 22 de agosto de 2019**. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* e institui o Comitê Gestor da Estratégia do *Building Information Modelling*. Brasília, DF: Presidência da República, 2019. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2019/decreto-9983-22-agosto-2019-789002-publicacaooriginal-158937-pe.html>. Acesso em: 20 abr. 2021.

BRASIL. **Decreto n. 10.306, de 2 de abril de 2020**. Estabelece a utilização do *Building Information Modeling* na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling* – Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto n° 9.983, de 22 de agosto de 2019. Brasília, DF: Presidência da República, 2020. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm). Acesso em: 21 fev. 2022.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 19 abr. 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM**: parte 1. Brasília: CBIC, 2016a. Coletânea implementação do BIM para construtoras e incorporadoras, v. 1. Disponível em: <https://brasil.cbic.org.br/acervo-publicacao-coletanea-bim>. Acesso em: 19 abr. 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM**: parte 2. Brasília: CBIC, 2016b. Coletânea implementação do BIM para construtoras e incorporadoras, v. 2. Disponível em: <https://brasil.cbic.org.br/acervo-publicacao-coletanea-bim>. Acesso em: 19 abr. 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM**: parte 3. Brasília: CBIC, 2016c. Coletânea implementação do BIM para construtoras e incorporadoras, v. 3. Disponível em: <https://brasil.cbic.org.br/acervo-publicacao-coletanea-bim>. Acesso em: 22 out. 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Participação da indústria da construção na população ocupada**. [Brasília, DF]: Banco de Dados CBIC, 2021a. Disponível em: [http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/tabela\\_02.D.14\\_11.xlsx](http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/tabela_02.D.14_11.xlsx). Acesso em: 15 jun. 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Participação do PIB da Construção Civil no PIB do Brasil**. [Brasília, DF]: Banco de Dados CBIC, 2021b. Disponível em: [http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/1.3.1\\_Sala\\_de\\_Imprensa\\_23.pdf](http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/1.3.1_Sala_de_Imprensa_23.pdf). Acesso em: 15 jun. 2021.

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de sustentabilidade na construção**. Belo Horizonte: FIEMG, 2008. Disponível em: [http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/comunicacao/guia\\_sustentabilidade.pdf](http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/comunicacao/guia_sustentabilidade.pdf). Acesso em: 22 abr. 2021.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco; GARRIDO, Marlon Câmara; JÚNIOR, Ricardo Mendes; SCHEER, Sérgio; FREITAS, Maria do Carmo Duarte. **Entendendo BIM**. Curitiba: UFPR, 2015.

CAMPOS, André Aranha; NETO, Francisco Antunes de Vasconcellos (coord.). **Gestão ambiental de resíduos da Construção Civil**: avanços institucionais e melhorias técnicas. São Paulo: SindusCon-SP, 2015. Disponível em: <https://www.sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/09/MANUAL-DE-RES%20C3%84DUOS-2015.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2021.

CARVALHO, Henrique José Silva; SCHEER, Sergio. A utilização de modelos BIM na gestão de resíduos de construção e demolição. *In*: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2015. p. 245-255. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/a-utilizao-de-modelos-bim-na-gesto-de-resduos-de-construo-e-demolio-20532>. Acesso em: 10 abr. 2021.

CONDUSCABOS BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE CONDUTORES ELÉTRICOS. **Condus 70 BWF**. [s.l.]: Conduscabos, 2018. Catálogo. Disponível em: <https://conduscabos.ind.br/condus-70-bwf>. Acesso em 05 nov. 2021.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. Sustentabilidade na construção. **CBCS**, 01 set. 2007. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/noticia/show.asp?npgCode=DBC0153A-072A-4A43-BB0C-2BA2E88BEBAE>. Acesso em: 27 jun. 2021.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF: CONAMA, 2002. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 20 abr. 2021.

COSTA, Ricardo Vasconcelos Gomes; ATHAYDE JUNIOR, Gilson Barbosa; OLIVEIRA, Mariana Moreira. Taxa de geração de resíduos da Construção Civil em edificações na cidade de João Pessoa. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 127-137, jan./mar. 2014. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212014000100011](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000100011). Acesso em: 21 abr. 2021.

DIAS, Michele Ferreira. **Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras residenciais verticais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/4129/micheledias.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 abr. 2021.

ETERNIT. **Telhas de fibrocimento**: cimento reforçado com fio sintético. [s.l.]: Eternit, 2020. Catálogo. Disponível em: [https://www.eternit.com.br/wp-content/uploads/2019/10/ETE08220\\_Cat%C3%A1logo-Fibrocimento-Revis%C3%A3o-2020\\_B.pdf](https://www.eternit.com.br/wp-content/uploads/2019/10/ETE08220_Cat%C3%A1logo-Fibrocimento-Revis%C3%A3o-2020_B.pdf). Acesso em: 05 nov. 2021.

FETTERMANN, Paula. Decreto estabelece utilização do BIM em obras públicas. **ABDI**, 08 abr. 2020. Disponível em: <https://www.abdi.com.br/postagem/decreto-estabelece-utilizacao-do-bim-em-obras-publicas>. Acesso em: 21 fev. 2022.

FORMOSO, Carlos T.; CESARE, Cláudia M.; LANTELME, Elvira M. V.; SOIBELMAN, Lucio. **As perdas na Construção Civil**: conceitos, classificação e seu papel na melhoria do setor. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 1998.

FONSECA, João Batista Barbosa; GONZAGA, Jair João; BIAVA, Lurdete Cadorin; BOURSCHEID, José Antonio; SILVA, Robson Veloso Duarte; MINICHIELLO, Monique de Oliveira. Perda de aço e concreto: estudo de caso. **Caderno de publicações acadêmicas do Instituto Federal de Santa Catarina**, Santa Catarina, v. 1, n. 1, p. 25-32, 2009.

GROHMANN, Márcia Zampieri. Redução do desperdício na Construção Civil: levantamento das medidas utilizadas pelas empresas em Santa Maria. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 1998, Niterói. **Anais [...]**. Niterói: ABREPO, 1998.

GNECCO, Verônica Martins. **BIM para gestão de resíduos na Construção Civil**: estudo de caso na obra do CRAS do município de Biguaçu/SC. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/192324/TCC10.12.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 18 abr. 2021.

HERNANDES, Ricardo; VILAR, Orêncio Monje. Utilização de resíduo de construção e demolição nas obras de ampliação e rebaixamento da calha do rio Tietê. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOVENS GEOTÉCNICOS, 1., 2004, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: EESC-USP/ABMS, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Instrução Normativa n. 13, de 18 de dezembro de 2012. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 245, p. 200-207, 20 dez. 2012. Disponível em:

<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/IN0013-181212.PDF>. Acesso em: 14 jul. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. **Valores de edificações de imóveis urbanos**. São Paulo: IBAPE/SP, 2017.

Disponível em: <https://www.ibape-sp.org.br/adm/upload/uploads/1543595741-VEIU%202017.pdf>. Acesso em: 27 out. 2021.

JÚNIOR, Nelson Boechat Cunha (coord.). **Cartilha de gerenciamento de resíduos sólidos para a Construção Civil**. Belo Horizonte: SindusCon-MG, 2005.

KUREK, Juliana; PANDOLFO, Luciana Marcondes; PANDOLFO, Adalberto; RINTZEL, Rodrigo; TAGLIARI, Leandro. Implantação dos princípios da construção enxuta em uma empresa construtora. **Revista de arquitetura IMED**, Passo Fundo, v. 2, n. 1, p. 20-36, jul. 2013. Disponível em: <http://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/472/359>. Acesso em: 04 jul. 2021.

LIMA, Claudia Campos Netto Alves. **Autodesk Revit Architecture 2015: conceitos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2014.

LOTURCO, Bruno. Construção Civil em 2020: os principais marcos do ano até agora. **Plataforma Sienge**, 16 out. 2020. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/construcao-civil-em-2020-principais-marcos/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

MAGALHÃES, Marcela Rodrigues. **Aplicação integrada de BIM e ACV como ferramenta para prevenção de resíduo sólido de construção civil**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/333664/1/Magalhaes\\_MarcelaRodriguesDe\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/333664/1/Magalhaes_MarcelaRodriguesDe_M.pdf). Acesso em: 10 abr. 2021.

MATEUS, Vinícius Augusto Castelo Branco. **Otimização da gestão de resíduos sólidos na Construção Civil por meio de modelagem matemática aplicando a tecnologia BIM**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019. Disponível em: [https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/7614/2/Disserta%c3%a7%c3%a3o\\_Vin%c3%adciusMateus\\_PPGEP.pdf](https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/7614/2/Disserta%c3%a7%c3%a3o_Vin%c3%adciusMateus_PPGEP.pdf). Acesso em: 10 abr. 2021.

MATEUS, Vinícius Augusto Castelo Branco; SOUZA JÚNIOR, Armando Araújo. Gestão de resíduos sólidos na Construção Civil com base nos conceitos da Indústria 4.0. **Revista Farociencia**, Rondônia, v. 8, n. 1, jul. 2019. Disponível em: [https://revistas.faro.edu.br/FAROCIENCIA/article/view/330/pdf\\_92](https://revistas.faro.edu.br/FAROCIENCIA/article/view/330/pdf_92). Acesso em: 18 abr. 2021.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obra: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. São Paulo: Pini, 2006.

MORAES, Mário César Barreto. **As perdas na Construção Civil: gestão do desperdício: estudo de caso do condomínio Costa Esmeralda**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/77046/139298.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 jul. 2021.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na Construção Civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

PALIARI, José Carlos. **Metodologia para a coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: [https://ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Dissert\\_Jose\\_Carlos\\_Paliari.pdf](https://ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Dissert_Jose_Carlos_Paliari.pdf). Acesso em: 07 set. 2021.

PALIARI, José Carlos; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes. **Metodologia para coleta e análise de informações sobre consumo e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 1999. Disponível em: [http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/bt\\_00242.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/bt_00242.pdf). Acesso em: 20 abr. 2021.

PENNA, Luiz Fernando da Rocha; REIS, Neide Maria; RODRIGUES, Heriston; FRANKLIN, Aluizio Henrique da Costa; COSTA, Gilson Silva. Resíduos da Construção Civil: o caso de dias obras na cidade de Governador Valadares (MG). *In*: CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 2., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: IBEAS, 2019. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/VII-043.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2021.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Gestão ambiental de resíduos da Construção Civil: a experiência do SindusCon-SP**. São Paulo: SindusCon-SP, 2005.

PINTO, Tarcísio de Paula; GONZÁLEZ, Juan Luís Rodrigo (coord.). **Manejo e gestão de resíduos da Construção Civil**. Brasília, DF: Caixa, 2005. Disponível em: [https://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/Manual\\_RCD\\_Vol1.pdf](https://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/Manual_RCD_Vol1.pdf). Acesso em: 19 abr. 2021.

PONTES, Genilson Correia. **Avaliação do gerenciamento de resíduos de construção e demolição em empresas construtoras do Recife e sua conformidade com a Resolução n. 307/CONAMA: estudo de caso**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: <http://tede2.unicap.br:8080/handle/tede/36>. Acesso em: 30 jul. 2021.  
SANT'ANA, Edson Poyer. **Quais as diferenças entre a ISO 9001 e o PBQP-h?**. [s.l.]: Plataforma Sienge, 2017. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/diferencas-entre-iso-9001-e-pbqp-h/>. Acesso em: 22 jul. 2021.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto n. 58.701, de 4 de abril de 2019**. Regulamenta os artigos 123, 140, 141 e 142 da Lei n° 13.478, de 30 de dezembro de 2002, que dispõe sobre a organização do Sistema de Limpeza Urbana do Município de São Paulo, fixa competências voltadas à fiscalização das posturas municipais e à aplicação das respectivas penalidades previstas na referida lei, bem como revoga os decretos que especifica. São Paulo: Sistema de Legislação Municipal, 2019. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/decreto-58701-de-4-de-abril-de-2019>. Acesso em: 07 ago. 2021.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. **Plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo 2020**. São Paulo: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <http://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br>. Acesso em: 19 abr. 2021.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Gerenciamento online de resíduos da Construção Civil**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2014. Disponível em: [https://www.riopreto.sp.gov.br/wp-content/uploads/arquivosPortalGOV/meio-ambiente/122105\\_Cartilha\\_Sigor.pdf](https://www.riopreto.sp.gov.br/wp-content/uploads/arquivosPortalGOV/meio-ambiente/122105_Cartilha_Sigor.pdf). Acesso em: 21 fev. 2022.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO; SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Sistema educacional de gerenciamento online de resíduos sólidos (SIGOR)**: gestão pelos grandes geradores. São Paulo: CETESB, 2014. Folheto orientativo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/sigor/2014/12/12/gestao-pelos-grandes-geradores-2/>. Acesso em: 07 ago. 2021.

CURITIBA (PR). Secretaria do Meio Ambiente. **Manual de gerenciamento de resíduos da Construção Civil**. Curitiba: Secretaria do Meio Ambiente, 2015. Disponível em: <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2016/00178995.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2021.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Resíduos sólidos: gerenciamento de resíduos da Construção Civil: guia profissional em treinamento: nível 2**. Belo Horizonte: ReCESA, 2008. Disponível em: [https://antigo.mdr.gov.br/imagens/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/recesa/gerenciamentoe-reciclagem-de-residuos-da-construcao-civil-nivel-2.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/imagens/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/recesa/gerenciamentoe-reciclagem-de-residuos-da-construcao-civil-nivel-2.pdf). Acesso em: 19 abr. 2021.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Resíduos da Construção Civil e o estado de São Paulo**. São Paulo: SindusCon-SP, São Paulo (Estado), 2012.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO CEARÁ. **Manual sobre os resíduos sólidos da Construção Civil**. Fortaleza: SindusCon-CE, 2011. Disponível em: <http://www.ibere.org.br/anexos/325/2664/manual-de-gestao-de-residuos-solidos---ce-pdf>. Acesso em: 19 abr. 2021.

SOIBELMAN, Lucio. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1701/000216178.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 abr. 2021.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes; PALIARI, José Carlos; AGOPYAN, Vahan; ANDRADE, Artemária Coêlho. Perdas de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito. **Qualidade na construção**, [s.l.], v. 2, n. 13, p. 10-15, 1998. Disponível em: <http://www.gerenciamento.ufba.br/Disciplinas/Produtividade/Perdas%20Revista%20Qualidade.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2021.



SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes; PALIARI, José Carlos; AGOPYAN, Vahan; ANDRADE, Artemária Coêlho. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 33-46, out./nov. 2004. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3573/1978>. Acesso em: 22 abr. 2021.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes. **Como reduzir perdas nos canteiros**: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2005a.

SOUZA, Viviane Borges. **Avaliação da geração de entulho em conjunto habitacional popular**: estudo de caso. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005b. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14110/1/AvaliacaoGeracaoEntulho.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2021.

TIGRE S/A. **Água fria**: predial. [s.l.]: Tigre, 2016a. Catálogo. Disponível em: <https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-agua-fria.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2021.

TIGRE S/A. **Eletricidade**: catálogo técnico. [s.l.]: Tigre, 2016b. Disponível em: <https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-eletricidade.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2021.

TIGRE S/A. **Esgoto**: catálogo técnico. [s.l.]: Tigre, 2016c. Disponível em: <https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-esgoto.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2021.

VASCONCELOS, Alana Natália Sales. **A influência da tecnologia BIM na geração minimizada e gestão de resíduos sólidos da indústria de Construção Civil**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: [http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/47022/3/2016\\_tcc\\_ansvasconcelos.pdf](http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/47022/3/2016_tcc_ansvasconcelos.pdf). Acesso em: 18 abr. 2021.

VIANA, Karla Simone da Cunha Lima. **Metodologia simplificada de gerenciamento de resíduos sólidos em canteiro de obras**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5449>. Acesso em: 21 abr. 2021.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 10 ed. São Paulo: Pini/SindusCon-SP, 2009.

## APÊNDICE A – Índices de perdas obtidos a partir da pesquisa bibliográfica realizada

Após a conclusão da pesquisa bibliográfica, foram obtidos os índices de perdas de materiais nos processos construtivos. Como foram avaliadas diferentes abordagens para a definição desses indicadores, optou-se por apresentar os valores propostos por diferentes autores para um mesmo material. No entanto, foi admitido um índice médio de perda para cada material a fim de ser obtido um valor característico a ser utilizado no processo de estimativa da geração de resíduos.

Quadro 1A – Índices de perdas para os materiais da construção

(continua)

Material	Código	Índice de Perdas [%]							Índice de Perdas Médio [%]	
		SKOYLES (1976)	PINTO (1989)	SOIBELMAN (1993)	AGOPYAN et al (1998)	FORMOSO et al (1998)	ANDRADE et al (2001)	SOUZA (2005)		
Areia	Fina	IP01							54,78	54,78
	Média	IP02			45,76		15,0		76,10	45,62
	Uso geral	IP03		39,02		76,0				57,51
Argamassa produzida fora do canteiro	Assentamento de alvenaria	IP04				116,0				116,00
	Chapisco	IP05				21,0				21,00
	Contrapiso	IP06				42,0				42,00
	Colante (para assentamento de revestimento)	IP07		86,68						86,68
	Emboço ou Massa única	IP08				99,0				99,00
	Reboco	IP09				13,0				13,00
Argamassa produzida no canteiro	Assentamento de alvenaria	IP10					0,2			0,20
	Contrapiso	IP11					0,1			0,10
	Revestimento argamassado em fachada	IP12					0,1			0,10
	Revestimento argamassado em forro	IP13	3,0				0,2			1,60
	Revestimento argamassado em paredes	IP14	5,0				0,2			2,60
Uso geral em revestimentos	IP15			91,25	18,0	15,0			41,42	
Aço	IP16	5,0	26,19	19,07	10,0	20,0	7,7		14,66	
Brita	IP17							23,17	23,17	
Blocos e Tijolos	Blocos e Tijolos (Uso geral)	IP18		12,73		17,0				14,87
	Blocos de concreto	IP19	7,0				13,0			10,00
	Blocos leves	IP20	9,0							9,00
	Tijolos de vedação à vista	IP21	12,0							12,00
	Tijolos de vedação comuns	IP22	8,0							8,00
	Tijolos de vedação furados	IP23			27,64		10,0			18,82
	Tijolos de vedação maciços	IP24			26,94		10,0		63,78	33,57
	Tijolos estruturais maciços	IP25	10,0							10,00
Tijolos estruturais vazados	IP26	5,0							5,00	
Cal	Assentamento	IP27						12,27		12,27
	Massa única	IP28						13,30		13,30
	Uso geral	IP29		101,94		97,0		13,19		70,71

## Quadro 1A – Índices de perdas para os materiais da construção

(conclusão)


Material	Código	Índice de Perdas [%]							Índice de Perdas Médio [%]	
		SKOYLES (1976)	PINTO (1989)	SOIBELMAN (1993)	AGOPYAN et al (1998)	FORMOSO et al (1998)	ANDRADE et al (2001)	SOUZA (2005)		
Canaleta de concreto	IP30							7,14	7,14	
Cimento	Aplicação geral	IP31		33,11	84,13	95,0	15,0		14,37	48,32
	Assentamento	IP32						20,91	20,91	
	Brocas	IP33						16,95	16,95	
	Chapisco convencional externo	IP34				62,0		7,60	34,80	
	Chapisco convencional interno	IP35				-15,0		7,60	-3,70	
Cimento	Chapisco rolado interno	IP36				-12,0		7,60	-2,20	
	Contrapiso	IP37				79,0		17,72	48,36	
	Emboço externo	IP38				67,0			67,00	
	Emboço interno	IP39				104,0			104,00	
	Lajes	IP40						10,09	10,09	
	Massa única	IP41						12,93	12,93	
	Vergas	IP42						22,81	22,81	
	Vigas baldramas	IP43						18,38	18,38	
Concreto produzido em obra	IP44				6,0				6,00	
Concreto usinado	Infraestrutura	IP45	8,0						8,00	
	Superestrutura	IP46	2,0						2,00	
	Uso geral	IP47		1,34	13,19	9,0	5,0	1,4	5,99	
Condutores	IP48				25,0				25,00	
Conexões de cobre	IP49	3,0							3,00	
Eletrodutos	IP50				15,0				15,00	
Gesso	Aplicado em paredes	IP51					0,1		0,10	
	Aplicado em teto	IP52					0,1		0,10	
	Uso geral	IP53				45,0			45,00	
Janelas pré-envidraçadas	IP54	16,0							16,00	
Madeira	Compensada	IP55	15,0						15,00	
	Em tábuas	IP56	15,0						15,00	
	Uso geral	IP57		47,45					47,45	
Pedras	IP58				75,0				75,00	
Placas cerâmicas	Aplicação em fachada	IP59				14,0		13,0	13,50	
	Aplicação em paredes	IP60	3,0	9,55		16,0		13,0	10,39	
	Aplicação em pisos	IP61	3,0	7,32		22,0		19,0	12,83	
	Aplicação geral	IP62				16,0			16,00	
Revestimento têxtil	IP63				14,0				14,00	
Saibros	IP64				182,0				182,00	
Telhas	Em geral	IP65						4,16	4,16	
	Fibrocimento	IP66	8,0						8,00	
	Francesa	IP67	10,0						10,00	
Tintas	Aplicação geral	IP68				16,0			16,00	
	Externa	IP69				15,0			15,00	
	Interna	IP70				14,0			14,00	
Tubulação	Cobre	IP71	7,0						7,00	
	PVC	IP72	3,0			20,0			11,50	
Vidro em chapas	IP73	9,0							9,00	

Fonte: Indicadas na tabela.

## APÊNDICE B – Modelo para elaboração do plano de gerenciamento de resíduos da construção

Para elaboração do plano de gerenciamento de resíduos da construção, recorreu-se ao modelo proposto por Viana (2009). No entanto, foram realizadas alterações a fim de adequar o molde simplificado ao método adotado nesta monografia. A documentação do planejamento ocorreu a partir dos padrões expostos nas figuras a seguir.

Figura 1B – Modelo para gerenciamento de resíduos da construção (página 1)

	<b>Plano de gerenciamento de resíduos da construção</b>	Pág. 1
	Avaliação global da geração de resíduos	Rev. 00
<b>Data</b>		

<b>1</b>	<b>Informações do empreendimento</b>		
<b>Identificação da obra</b>			
<b>Endereço</b>			
<b>Responsável técnico</b>		<b>CREA</b>	
<b>Descrição</b>			


<b>2</b>	<b>Características do sistema construtivo</b>		
<b>Componente da edificação</b>	<b>Descrição</b>		
Estrutura			
Vedações verticais			
Revestimentos de paredes			
Acabamento de paredes			
Pisos			
Revestimentos de pisos			
Acabamento de pisos			
Cobertura			
Instalações hidrossanitárias			
Instalações elétricas			
Esquadrias			

<b>Área a ser construída</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
------------------------------	----------------------

Fonte: Adaptado de Viana (2009).

Figura 2B – Modelo para gerenciamento de resíduos da construção (página 2)

<b>unesp</b> 	<b>Plano de gerenciamento de resíduos da construção</b>	<b>Pág.</b>	2
		<b>Rev.</b>	00
	Avaliação global da geração de resíduos	<b>Data</b>	

<b>3</b>	<b>Caracterização e quantificação dos resíduos gerados</b>
----------	--

Classe A		
Resíduo	Quantidade	Unid.
Argamassa		
Cerâmica (na forma de placas, blocos ou telhas)		
Concreto (advindo da concretagem e das peças pré-fabricadas)		
Resíduos de pavimentação		
Solo		

Classe B		
Resíduo	Quantidade	Unid.
Madeira		
Metal		
Papel		
Plástico		
Vidro		

Classe C		
Resíduo	Quantidade	Unid.
Gesso		


Classe D		
Resíduo	Quantidade	Unid.
Óleo		
Solvente		
Tinta		

Outros		
Resíduo	Quantidade	Unid.

Fonte: Adaptado de Viana (2009).

Figura 3B – Modelo para gerenciamento de resíduos da construção (página 3)

<b>unesp</b> 		<b>Plano de gerenciamento de resíduos da construção</b>	
		<b>Pág.</b>	3
		<b>Rev.</b>	00
		<b>Data</b>	
Avaliação global da geração de resíduos			

<b>4 Definição do acondicionamento inicial e final</b>		
Resíduos	Acondicionamento inicial	Acondicionamento final

<b>5 Definição da destinação</b>		
Resíduos	Potencial de reaproveitamento	Destinação final

Fonte: Adaptado de Viana (2009).

### APÊNDICE C – Geração de resíduos quantificada no *software Revit*

Após a conclusão da modelagem do projeto modelo no *software Revit*, foram geradas as tabelas que continham os quantitativos dos resíduos da construção – obtidos conforme os critérios apresentados neste trabalho. As tabelas foram agrupadas de acordo com as categorias de elementos a que se referem.

Figura 1C – Estimativa da geração de resíduos da construção dos pisos

RCC_PISOS_REVESTIMENTO CERÂMICO				
DESCRIÇÃO	ÁREA	VOLUME	ÍNDICE DE PERDAS (%)	RCC GERADO
			REVESTIMENTO CERÂMICO	
Revest. cerâmico porcelanato Atlantis Dual Bianco RET AC	9.23 m <sup>2</sup>	0.08 m <sup>3</sup>	12.83	0.01 m <sup>3</sup>
Revest. cerâmico porcelanato Bianco Pighes 60X120 NAT (natural) RET	5.98 m <sup>2</sup>	0.06 m <sup>3</sup>	12.83	0.01 m <sup>3</sup>
TOTAL	15.21 m <sup>2</sup>	0.14 m <sup>3</sup>		0.02 m <sup>3</sup>

RCC_PISOS_ARGAMASSA COLANTE				
DESCRIÇÃO	ÁREA	VOLUME	ÍNDICE DE PERDAS (%)	RCC GERADO
			ARG. COLANTE	
Argamassa colante para assentamento de pisos	30.49 m <sup>2</sup>	0.12 m <sup>3</sup>	86.68	0.11 m <sup>3</sup>

RCC_PISOS_ARGAMASSA PARA CONTRAPISO				
NOME	DESCRIÇÃO	VOLUME	ÍNDICE DE PERDAS (%)	RCC GERADO
			CONTRAPISO	
CONCRETO MAGRO	Argamassa para contrapiso de regularização	3.22 m <sup>3</sup>	42	1.35 m <sup>3</sup>
CONTRAPISO	Argamassa para contrapiso de regularização	1.42 m <sup>3</sup>	42	0.60 m <sup>3</sup>
TOTAL		4.65 m <sup>3</sup>		1.95 m <sup>3</sup>

Fonte: Autor.

Figura 2C – Estimativa da geração de resíduos da construção das paredes

(continua)

RCC_PAREDES_BLOCOS CERÂMICOS (PARTE 1)							
NOME	DIMENSÕES DOS BLOCOS			VALORES DE PROJETO		ÍNDICE DE BLOCOS (unid./m <sup>2</sup> )	QUANTIDADE ESTIMADA DE BLOCOS
	LARGURA (cm)	ALTURA (cm)	COMPRIMENTO (cm)	ÁREA	VOLUME		
BLOCO CERÂMICO (Larg. 14 cm)	14.00	9.00	19.00	161.63 m <sup>2</sup>	22.19 m <sup>3</sup>	46.46	7507
BLOCO CERÂMICO (Larg. 19 cm)	19.00	9.00	19.00	162.83 m <sup>2</sup>	30.54 m <sup>3</sup>	46.46	7564
TOTAL				324.45 m <sup>2</sup>	52.74 m <sup>3</sup>		15071

RCC_PAREDES_BLOCOS CERÂMICOS (PARTE 2)							
NOME	VALORES DE PROJETO		CONSUMO DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO	VOLUME DE ARGAMASSA CALCULADO	ÍNDICE DE PERDAS (%) BLOCOS CERÂMICOS	VOLUME DE BLOCOS	RCC GERADO
	ÁREA	VOLUME					
BLOCO CERÂMICO (Larg. 14 cm)	161.63 m <sup>2</sup>	22.19 m <sup>3</sup>	0.03 m <sup>3</sup>	4.65 m <sup>3</sup>	18.82	17.54 m <sup>3</sup>	3.30 m <sup>3</sup>
BLOCO CERÂMICO (Larg. 19 cm)	162.83 m <sup>2</sup>	30.54 m <sup>3</sup>	0.04 m <sup>3</sup>	6.36 m <sup>3</sup>	18.82	24.18 m <sup>3</sup>	4.55 m <sup>3</sup>
TOTAL	324.45 m <sup>2</sup>	52.74 m <sup>3</sup>		11.01 m <sup>3</sup>		41.73 m <sup>3</sup>	7.85 m <sup>3</sup>

Figura 2C – Estimativa da geração de resíduos da construção das paredes

(conclusão)

RCC_PAREDES_ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO					
NOME	VALORES DE PROJETO	CONSUMO ESTIMADO	VOLUME TOTAL DE ARGAMASSA	ÍNDICE DE PERDAS (%) ARG. ASSENTAMENTO	RCC GERADO
	ÁREA				
BLOCO CERÂMICO (Larg. 14 cm)	161.63 m <sup>2</sup>	0.03 m <sup>3</sup>	4.65 m <sup>3</sup>	116	5.40 m <sup>3</sup>
BLOCO CERÂMICO (Larg. 19 cm)	162.83 m <sup>2</sup>	0.04 m <sup>3</sup>	6.36 m <sup>3</sup>	116	7.38 m <sup>3</sup>
TOTAL	324.45 m <sup>2</sup>		11.01 m <sup>3</sup>		12.77 m <sup>3</sup>

RCC_PAREDES_REVESTIMENTO ARGAMASSADO_CHAPISCO					
DESCRIÇÃO	VALORES DE PROJETO		ÍNDICES DE PERDAS (%)		RCC GERADO
	ÁREA	VOLUME	ARGAMASSA		
			CHAPISCO		
Argamassa para Chapisco	647.11 m <sup>2</sup>	3.19 m <sup>3</sup>	21		0.67 m <sup>3</sup>

RCC_PAREDES_REVESTIMENTO ARGAMASSADO_EMBOÇO					
DESCRIÇÃO	VALORES DE PROJETO		ÍNDICES DE PERDAS (%)		RCC GERADO
	ÁREA	VOLUME	ARGAMASSA		
			EMBOÇO		
Argamassa para Emboço	422.69 m <sup>2</sup>	6.45 m <sup>3</sup>	99		6.38 m <sup>3</sup>

RCC_PAREDES_REVESTIMENTO ARGAMASSADO_REBOCO					
DESCRIÇÃO	VALORES DE PROJETO		ÍNDICES DE PERDAS (%)		RCC GERADO
	ÁREA	VOLUME	ARGAMASSA		
			REBOCO		
Argamassa para Reboco	323.55 m <sup>2</sup>	1.60 m <sup>3</sup>	13		0.21 m <sup>3</sup>

RCC_PAREDES_REVESTIMENTO ARGAMASSADO_COLANTE					
DESCRIÇÃO	VALORES DE PROJETO		ÍNDICES DE PERDAS (%)		RCC GERADO
	ÁREA	VOLUME	ARGAMASSA		
			COLANTE		
Argamassa colante para assentamento de revestimento cerâmico	99.07 m <sup>2</sup>	0.64 m <sup>3</sup>	86.68		0.55 m <sup>3</sup>

RCC_PAREDES_TINTAS					
DESCRIÇÃO	VALORES DE PROJETO	ÍNDICES DE PERDAS (%)		RCC GERADO	
	VOLUME	TINTA		TINTA EXTERNA	TINTA INTERNA
		EXTERNA	INTERNA		
Pintura acrílica na cor branca	0.01 m <sup>3</sup>	15		0.002 m <sup>3</sup>	0.000 m <sup>3</sup>
Pintura látex PVA na cor branca	0.31 m <sup>3</sup>	14		0.000 m <sup>3</sup>	0.043 m <sup>3</sup>

RCC_PAREDES_REVESTIMENTO CERÂMICO				
DESCRIÇÃO	VALORES DE PROJETO		ÍNDICES DE PERDAS (%)	RCC GERADO
	ÁREA	VOLUME	REVESTIMENTO CERÂMICO	
Revest. cerâmico Bamboo White Matt 30X90 NAT (Natural) RET	19.09 m <sup>2</sup>	0.23 m <sup>3</sup>	10.39	0.02 m <sup>3</sup>
Revest. cerâmico Concreto Argentio 07X24 Brilho Bold	11.69 m <sup>2</sup>	0.09 m <sup>3</sup>	10.39	0.01 m <sup>3</sup>
Revest. cerâmico porcelana Cremona	28.34 m <sup>2</sup>	0.17 m <sup>3</sup>	10.39	0.02 m <sup>3</sup>
Revest. cerâmico porcelana Mocaccino	39.95 m <sup>2</sup>	0.24 m <sup>3</sup>	10.39	0.02 m <sup>3</sup>
TOTAL	99.07 m <sup>2</sup>	0.73 m <sup>3</sup>		0.08 m <sup>3</sup>

Fonte: Autor.



Figura 3C – Estimativa da geração de resíduos da construção do telhado

(continua)

RCC_TELHADOS_BERÇOS (PARTE 1)							
MATERIAL	ELEMENTO	SEÇÃO TRANSVERSAL		PEÇAS CONSIDERADAS NO PROJETO			VOLUME REQUERIDO
		LARGURA (cm)	ALTURA (cm)	QUANT	COMPR	COMPR TOTAL	
MADEIRAMENTO	Berço 6x12cm	12.00	6.00	4	1.63 m	6.53 m	0.05 m <sup>3</sup>
MADEIRAMENTO	Berço 6x12cm	12.00	6.00	24	2.00 m	48.00 m	0.35 m <sup>3</sup>
TOTAL						54.53 m	0.39 m <sup>3</sup>

RCC_TELHADOS_BERÇOS (PARTE 2)								
ELEMENTO	PEÇAS COMERCIAIS		VOLUME A SER ADQUIRIDO	SOBRAS		ÍNDICE DE PERDAS (%)	RCC GERADO	RCC TOTAL
	COMPR	QUANT. A SER ADQUIRIDA		COMPR.	VOLUME			
Berço 6x12cm	2.50 m	4	0.07 m <sup>3</sup>	3.47 m	0.02 m <sup>3</sup>	47.45	0.03 m <sup>3</sup>	0.06 m <sup>3</sup>
Berço 6x12cm	2.50 m	24	0.43 m <sup>3</sup>	12.00 m	0.09 m <sup>3</sup>	47.45	0.20 m <sup>3</sup>	0.29 m <sup>3</sup>
TOTAL				15.47 m	0.11 m <sup>3</sup>			0.35 m <sup>3</sup>

RCC_TELHADOS_PONTALETES (PARTE 1)							
MATERIAL	ELEMENTO	SEÇÃO TRANSVERSAL		PEÇAS CONSIDERADAS NO PROJETO			VOLUME REQUERIDO
		LARGURA (cm)	ALTURA (cm)	QUANT	COMPR	COMPR TOTAL	
MADEIRAMENTO	Pontalete 6X16cm	6.00	16.00	7	0.85 m	5.95 m	0.06 m <sup>3</sup>
MADEIRAMENTO	Pontalete 6X16cm	6.00	16.00	7	0.96 m	6.73 m	0.06 m <sup>3</sup>
MADEIRAMENTO	Pontalete 6X16cm	6.00	16.00	7	1.07 m	7.50 m	0.07 m <sup>3</sup>
MADEIRAMENTO	Pontalete 6X16cm	6.00	16.00	7	1.19 m	8.30 m	0.08 m <sup>3</sup>
TOTAL						28.48 m	0.27 m <sup>3</sup>

RCC_TELHADOS_PONTALETES (PARTE 2)								
ELEMENTO	PEÇAS COMERCIAIS		VOLUME A SER ADQUIRIDO	SOBRA		ÍNDICE DE PERDAS (%)	RCC GERADO	RCC TOTAL
	COMPR	QUANT A SER COMPRADA		COMPR.	VOLUME			
Pontalete 6X16cm	0.86 m	7	0.06 m <sup>3</sup>	0.05 m	0.00 m <sup>3</sup>	47.45	0.03 m <sup>3</sup>	0.03 m <sup>3</sup>
Pontalete 6X16cm	1.00 m	7	0.07 m <sup>3</sup>	0.27 m	0.00 m <sup>3</sup>	47.45	0.03 m <sup>3</sup>	0.03 m <sup>3</sup>
Pontalete 6X16cm	1.14 m	7	0.08 m <sup>3</sup>	0.50 m	0.00 m <sup>3</sup>	47.45	0.04 m <sup>3</sup>	0.04 m <sup>3</sup>
Pontalete 6X16cm	1.29 m	7	0.09 m <sup>3</sup>	0.71 m	0.01 m <sup>3</sup>	47.45	0.04 m <sup>3</sup>	0.05 m <sup>3</sup>
TOTAL				1.53 m	0.01 m <sup>3</sup>			0.15 m <sup>3</sup>

RCC_TELHADOS_TERÇAS (PARTE 1)							
ELEMENTO	SEÇÃO TRANSVERSAL		PEÇAS CONSIDERADAS NO PROJETO			VOLUME REQUERIDO	
	LARGURA (cm)	ALTURA (cm)	QUANT	COMPR	COMPR TOTAL		
CC_TERÇAS 60 X 120 mm	12.00	6.00	3	13.73 m	41.20 m	0.30 m <sup>3</sup>	
CC_TERÇAS_BORDA 60 X 120 mm	12.00	6.00	1	13.73 m	13.73 m	0.10 m <sup>3</sup>	
TOTAL						54.93 m	0.40 m <sup>3</sup>

RCC_TELHADOS_TERÇAS (PARTE 2)								
ELEMENTO	PEÇAS COMERCIAIS		VOLUME A SER ADQUIRIDO	SOBRA		ÍNDICE DE PERDAS (%)	RCC GERADO	RCC TOTAL
	COMPR	QUANT A SER ADQUIRIDA		COMPR.	VOLUME			
CC_TERÇAS 60 X 120 mm	15.00 m	3	0.32 m <sup>3</sup>	3.80 m	0.03 m <sup>3</sup>	47.45	0.15 m <sup>3</sup>	0.18 m <sup>3</sup>
CC_TERÇAS_BORDA 60 X 120 mm	15.00 m	1	0.11 m <sup>3</sup>	1.27 m	0.01 m <sup>3</sup>	47.45	0.05 m <sup>3</sup>	0.06 m <sup>3</sup>
TOTAL				5.07 m	0.04 m <sup>3</sup>			0.24 m <sup>3</sup>

Figura 3C – Estimativa da geração de resíduos da construção do telhado

(conclusão)

RCC_TELHADOS_TELHAS DE FIBROCIMENTO (PARTE 1)							
ELEMENTO	MATERIAL	ÁREA DO TELHADO	PEÇAS CONSIDERADAS NO PROJETO				ÁREA
			QUANT DE PEÇAS	COMPR DE CORTE	LARG INDIVIDUAL	LARG TOTAL	
TELHA DE FIBROCIMENTO_ETERNIT_ONDULADA	Fibrocimento	42.53 m <sup>2</sup>	89	3.56 m	0.15 m	13.56 m	48.27 m <sup>2</sup>

RCC_TELHADOS_TELHAS DE FIBROCIMENTO (PARTE 2)							
MATERIAL	VOLUME ESTIMADO	PEÇAS COMERCIAIS					ÁREA TOTAL A SER ADQUIRIDA
		LARG	COMPR	ÁREA COMERCIAL UNITÁRIA	QUANT ESTIMADA	QUANTIDADE ADMITIDA	
Fibrocimento	0.183 m <sup>3</sup>	1.05 m	3.66 m	3.84 m <sup>2</sup>	12.56	12	46.12 m <sup>2</sup>

RCC_TELHADOS_TELHAS DE FIBROCIMENTO (PARTE 3)			
MATERIAL	SOBRA DE MATERIAL	ÍNDICE DE PERDAS (%)	RCC GERADO
Fibrocimento	3.59 m <sup>2</sup>	8	7.28 m <sup>2</sup>

Fonte: Autor.

Figura 4C – Estimativa da geração de resíduos da construção das instalações hidrossanitárias

RCC_INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS_TUBULAÇÃO				
DESCRIÇÃO	DIÂMETRO	COMPRIMENTO	ÍNDICES DE PERDAS (%)	RCC GERADO
<b>Sanitário</b>				
PVC - Esgoto - Série Normal Tigre	40 mm	6.28 m	11.5	0.72 m
PVC - Esgoto - Série Normal Tigre	50 mm	9.20 m	11.5	1.06 m
PVC - Esgoto - Série Normal Tigre	75 mm	1.25 m	11.5	0.14 m
PVC - Esgoto - Série Normal Tigre	100 mm	27.28 m	11.5	3.14 m
<b>Ventilação</b>				
PVC - Esgoto - Série Normal Tigre	50 mm	14.73 m	11.5	1.69 m
<b>Água fria doméstica</b>				
PVC - Agua Fria - Tubo Soldável Tigre	20 mm	23.46 m	11.5	2.70 m
PVC - Agua Fria - Tubo Soldável Tigre	25 mm	16.45 m	11.5	1.89 m
PVC - Agua Fria - Tubo Soldável Tigre	32 mm	33.81 m	11.5	3.89 m
<b>TOTAL</b>		<b>132.47 m</b>		<b>15.23 m</b>

Fonte: Autor.

Figura 5C – Estimativa da geração de resíduos da construção das instalações elétricas

<b>RCC_INSTALAÇÕES ELÉTRICAS_ELETRODUTOS</b>			
<b>MATERIAL</b>	<b>COMPRIMENTO TOTAL</b>	<b>ÍNDICE DE PERDAS (%)</b>	<b>RCC GERADO</b>
PVC Flexível Corrugado	130.55 m	15	19.58 m

<b>RCC_INSTALAÇÕES ELÉTRICAS_CONDUTORES</b>					
<b>MATERIAL</b>	<b>COMPRIMENTO TOTAL DO ELETRODUTO</b>	<b>NÚMERO DE CONDUTORES NO ELETRODUTO</b>	<b>COMPRIMENTO DOS CONDUTORES</b>	<b>ÍNDICE DE PERDAS (%)</b>	<b>RCC GERADO</b>
CABO FLEXÍVEL - COBRE COM ACABAMENTO EM PVC	1.91 m	2	3.82 m	25	0.95 m
CABO FLEXÍVEL - COBRE COM ACABAMENTO EM PVC	52.08 m	3	156.24 m	25	39.06 m
CABO FLEXÍVEL - COBRE COM ACABAMENTO EM PVC	28.72 m	5	143.58 m	25	35.89 m
CABO FLEXÍVEL - COBRE COM ACABAMENTO EM PVC	16.75 m	6	100.49 m	25	25.12 m
CABO FLEXÍVEL - COBRE COM ACABAMENTO EM PVC	2.50 m	7	17.51 m	25	4.38 m
CABO FLEXÍVEL - COBRE COM ACABAMENTO EM PVC	2.64 m	8	21.14 m	25	5.28 m
CABO FLEXÍVEL - COBRE COM ACABAMENTO EM PVC	24.53 m	9	220.76 m	25	55.19 m
CABO FLEXÍVEL - COBRE COM ACABAMENTO EM PVC	1.43 m	10	14.27 m	25	3.57 m
<b>TOTAL</b>	<b>130.55 m</b>		<b>677.80 m</b>		<b>169.45 m</b>

Fonte: Autor.

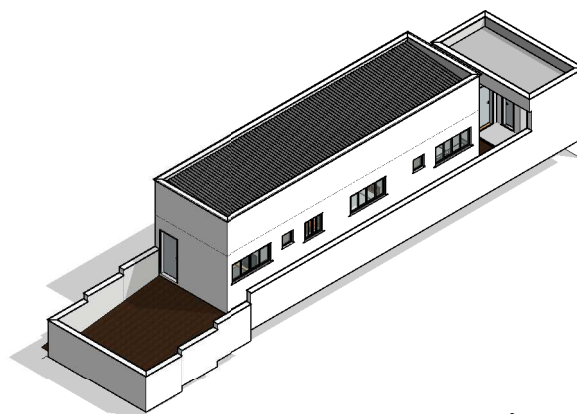
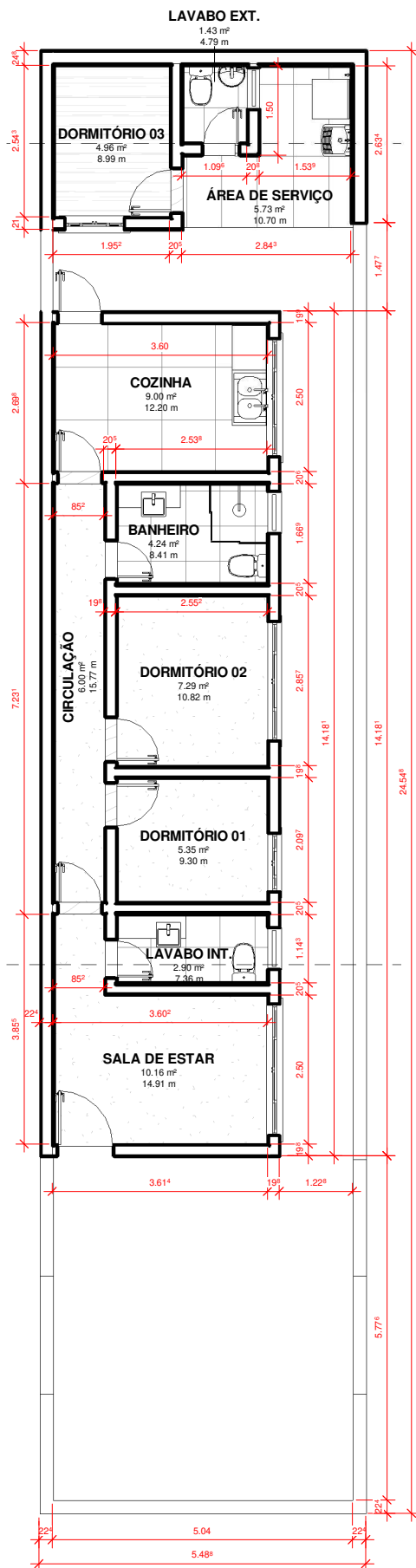
## APÊNDICE D – Projeto arquitetônico

Após a modelagem da edificação no *software Revit*, foram elaboradas as seguintes folhas para apresentação do projeto arquitetônico:

- Folha ARQ 01 – Plantas arquitetônicas (apresentação geral do projeto arquitetônico através da planta baixa, planta de *layout* e vista isométrica);
- Folha ARQ 02 – Cortes e detalhes (apresentação de detalhes da proposta para a arquitetura da edificação através de cortes e vista da fachada).

Destaca-se que apenas foram transmitidas as informações consideradas indispensáveis para o entendimento da proposta. Dessa forma, foi adotada uma abordagem simplista para o processo de documentação do projeto arquitetônico.

Os documentos citados foram adicionados nas páginas a seguir.



2 VISTA ISOMÉTRICA

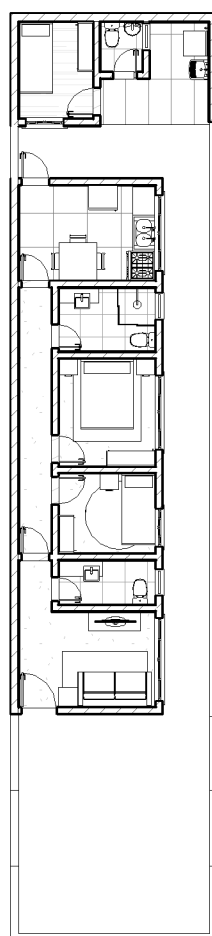


TABELA DE AMBIENTES		
AMBIENTES	ÁREA (m <sup>2</sup> )	PERÍMETRO (m)
SALA DE ESTAR	10,16	14,91
LAVABO INT.	2,90	7,36
DORMITÓRIO 01	5,35	9,30
DORMITÓRIO 02	7,29	10,82
BANHEIRO	4,24	8,41
CIRCULAÇÃO	6,00	15,77
COZINHA	9,00	12,20
DORMITÓRIO 03	4,96	8,99
LAVABO EXT.	1,43	4,79
ÁREA DE SERVIÇO	5,73	10,70

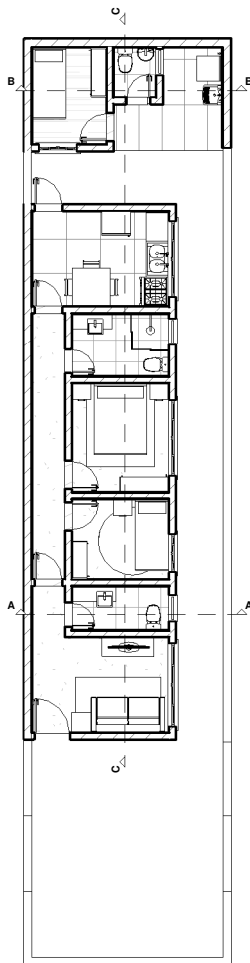
3 PLANTA LAYOUT  
ESCALA 1 : 200

1 PLANTA BAIXA  
ESCALA 1 : 110

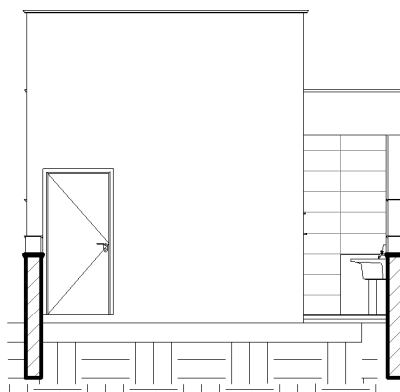


PROJETO: MODELO  
 ASSUNTO: PLANTAS ARQUITETÔNICAS  
 AUTOR: DANIEL ALEXANDRE

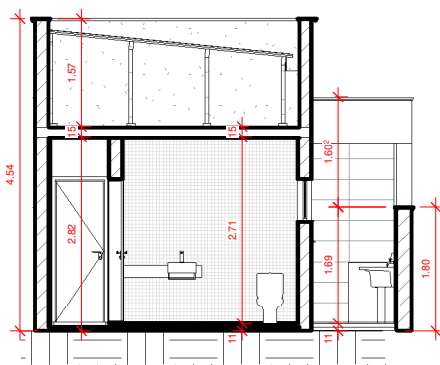
FOLHA:  
**ARQ 01**  
 DATA: 06/11/2021



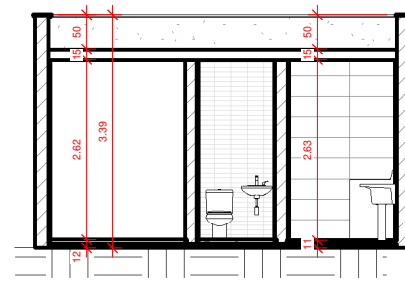
**1 PLANTA BAIXA**  
ESCALA 1 : 200



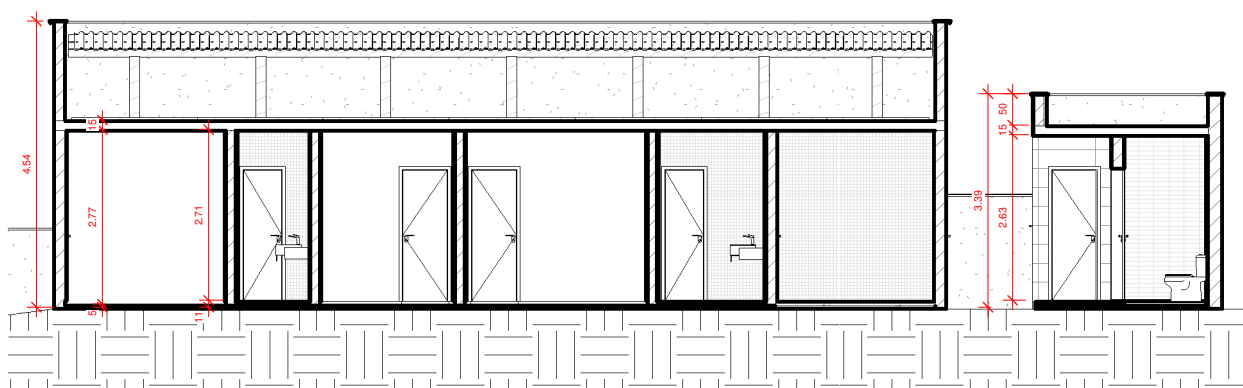
**2 FACHADA**  
ESCALA 1 : 110




**3 CORTE AA**  
ESCALA 1 : 110



**4 CORTE BB**  
ESCALA 1 : 110



**5 CORTE CC**  
ESCALA 1 : 120

	<b>PROJETO:</b> MODELO	<b>FOLHA:</b>
	<b>ASSUNTO:</b> CORTES E DETALHES	<b>ARQ 02</b>
	<b>AUTOR:</b> DANIEL ALEXANDRE	<b>DATA:</b> 07/11/2021

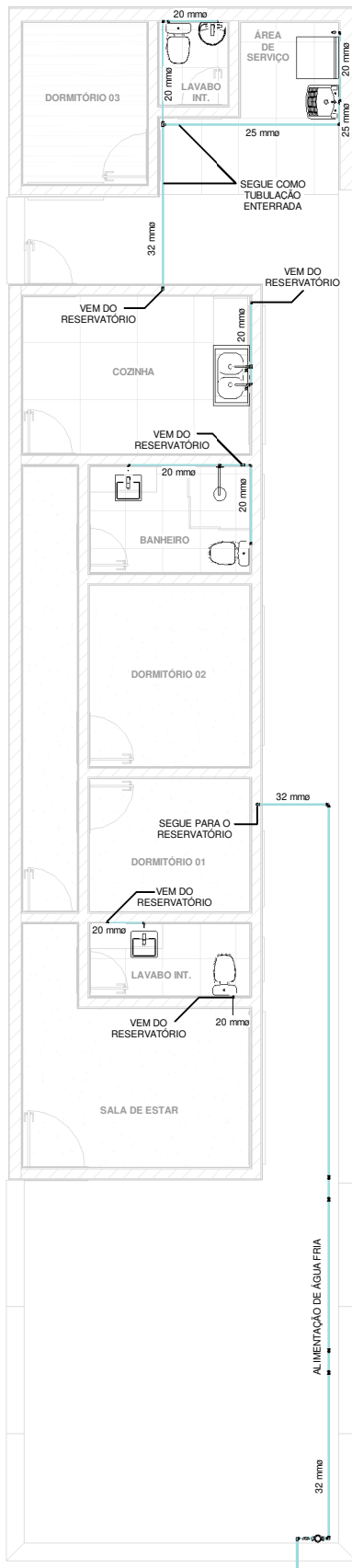
## **APÊNDICE E – Projeto hidrossanitário**

Após a modelagem da edificação no *software Revit*, foram elaboradas as seguintes folhas para apresentação do projeto hidrossanitário:

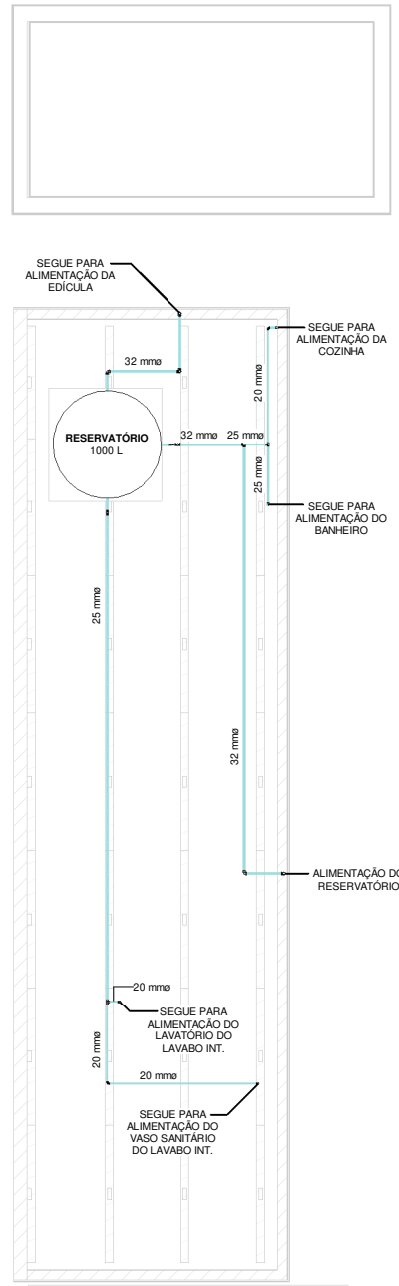
- Folha HID 01 – Planta do sistema de água fria (apresentação do projeto de instalações de água fria para a edificação modelada);
- Folha HID 02 – Planta do sistema de esgoto (apresentação do projeto de instalações de esgoto para a edificação modelada).

Destaca-se que apenas foram transmitidas as informações consideradas indispensáveis para o entendimento da proposta. Dessa forma, foi adotada uma abordagem simplista para o processo de documentação do projeto hidrossanitário.


Os documentos citados foram adicionados nas páginas a seguir.



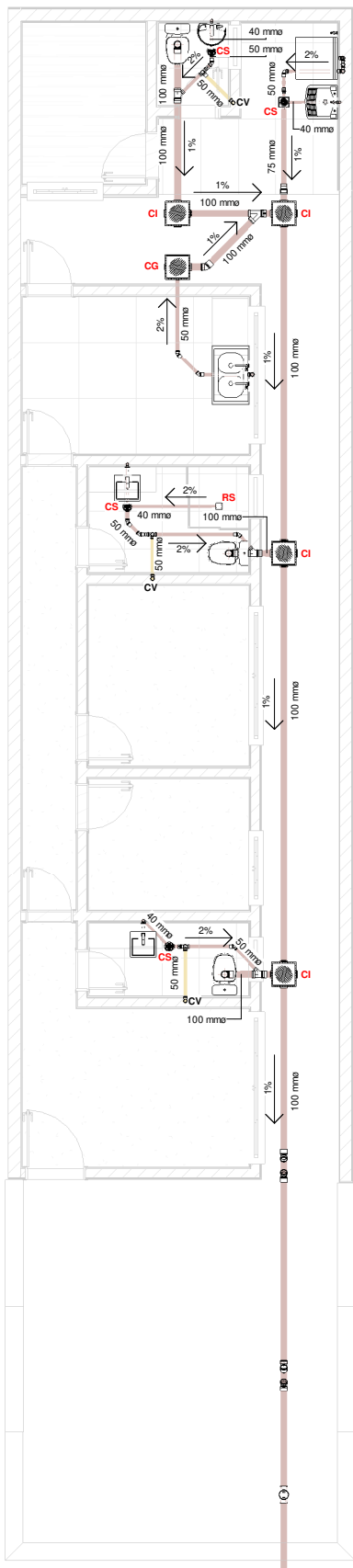
**1 PLANTA HIDROSSANITÁRIA (AF)**  
ESCALA 1 : 110



**2 DETALHE CAIXA D'ÁGUA (AF)**  
ESCALA 1 : 110

	<b>PROJETO:</b> MODELO	<b>FOLHA:</b>
	<b>ASSUNTO:</b> PLANTA DO SISTEMA DE ÁGUA FRIA	<b>HID 01</b>
	<b>AUTOR:</b> DANIEL ALEXANDRE	<b>DATA:</b> 07/11/2021





### TABELA DE SIMBOLOGIAS

<b>CG</b>	CAIXA DE GORDURA
<b>CI</b>	CAIXA DE INSPEÇÃO
<b>CS</b>	CAIXA SIFONADA
<b>RS</b>	RALO SECO
<b>CV</b>	COLUNA DE VENTILAÇÃO

1

**PLANTA HIDROSSANITÁRIA (ESG)**  
 ESCALA 1 : 110



**PROJETO:** MODELO

**ASSUNTO:** PLANTA DO SISTEMA DE ESGOTO

**AUTOR:** DANIEL ALEXANDRE

**FOLHA:**

**HID 02**

**DATA:** 07/11/2021

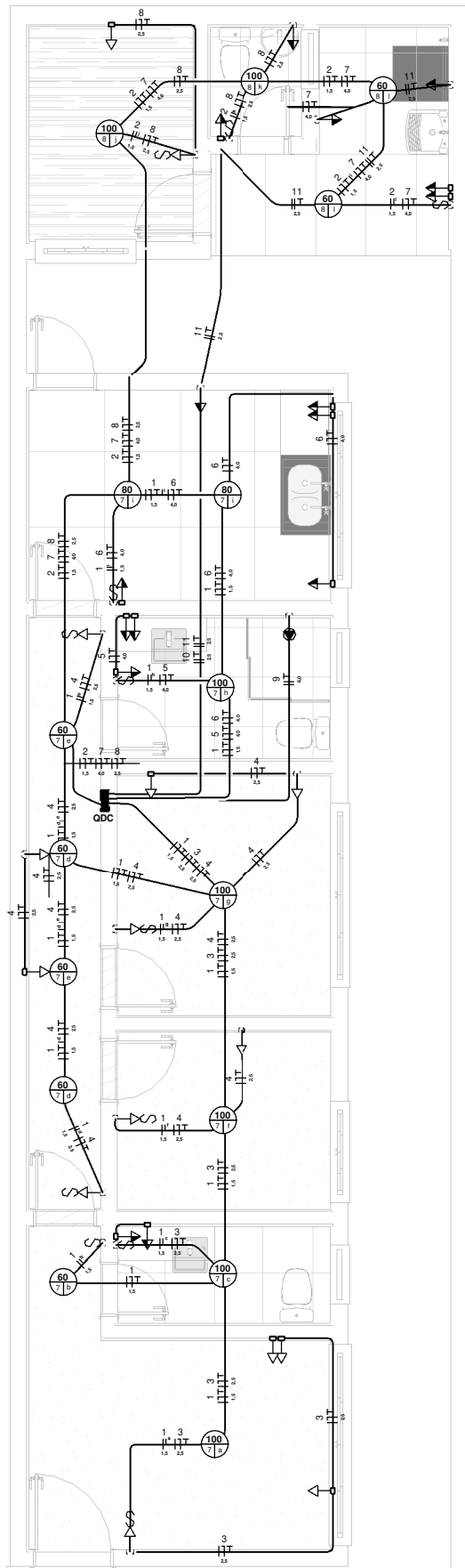
## **APÊNDICE F – Projeto elétrico**

Após a modelagem da edificação no *software Revit*, foi elaborada a seguinte folha para apresentação do projeto elétrico:

- Folha ELE 01 – Planta elétrica (apresentação do projeto de instalações elétricas).

Destaca-se que apenas foram transmitidas as informações consideradas indispensáveis para o entendimento da proposta. Dessa forma, foi adotada uma abordagem simplista para o processo de documentação do projeto elétrico.

Os documentos citados foram adicionados nas páginas a seguir.



### TABELA DOS CIRCUITOS

CIRCUITO	DESCRIÇÃO	POTÊNCIA (VA)
1	ILUMINAÇÃO INTERNA	960
2	ILUMINAÇÃO EDÍCULA	320
3	TOMADAS DA ÁREA FRONTAL (SALA E LAVABO INT.)	1600
4	TOMADAS DA ÁREA FRONTAL (CORREDOR, DORMITÓRIO 01 E DORMITÓRIO 02)	900
5	TOMADAS DO BANHEIRO	1800
6	TOMADAS DA COZINHA	1900
7	TOMADAS DA ÁREA DIREITA DA EDÍCULA (ÁREA DE SERVIÇO)	1800
8	TOMADAS DA ÁREA ESQUERDA DA EDÍCULA (DORMITÓRIO 03 E LAVABO EXT.)	1400
9	TUE - CHUVEIRO	5600
10	TUE - GELADEIRA	500
11	TUE - MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS	2000

#### OBSERVAÇÕES

AS DIMENSÕES DOS CONDUTORES FORAM FORNECIDAS NA FORMA DA ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL EM MILÍMETROS QUADRADOS (mm<sup>2</sup>).

PARA OS ELETRODUTOS, FOI ESTABELECIDO UM DIÂMETRO CONSTANTE PARA TODO O PROJETO DE 20 mm.

1

### PLANTA ELÉTRICA

ESCALA 1 : 80



PROJETO: MODELO

ASSUNTO: PLANTA ELÉTRICA

AUTOR: DANIEL ALEXANDRE

FOLHA:

ELE 01

DATA: 07/11/2021

## APÊNDICE G – Manual prático para utilização do método proposto

Ao finalizar o processo de criação e validação da metodologia proposta, foi desenvolvido um documento orientador que guiasse os prováveis usuários dos modelos de gestão dos resíduos da construção. O manual confeccionado foi apresentado nas páginas a seguir.



The image shows the cover of a manual. The title is 'APLICAÇÃO DO BIM NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL'. Below the title, it lists the author 'ALUNO: Daniel Alexandre da Silva' and the supervisor 'ORIENTADORA: Prof. Dra. Isabel Cristina de Barros Trannin'. At the bottom, there is the UNESP logo and the text 'UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" CAMPUS DE GUARATINGUETÁ'.

**APLICAÇÃO DO BIM NA GESTÃO  
DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

ALUNO: Daniel Alexandre da Silva  
ORIENTADORA: Prof. Dra. Isabel Cristina de Barros Trannin

unesp  UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

Este documento foi confeccionada com base na metodologia apresentada na monografia intitulada como "Aplicação do BIM na gestão de resíduos sólidos da Construção Civil", a qual foi desenvolvida por Daniel Alexandre da Silva como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil na Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (UNESP-FEG).

## SUMÁRIO

☐ APRESENTAÇÃO.....	3
☐ CAPÍTULO 01 – Introdução ao uso do <i>software Revit</i> .....	4
Apresentação das principais ferramentas fornecidas pelo <i>software Revit (Autodesk)</i> . Nesse capítulo, foram descritas as funcionalidades que poderiam ser úteis na quantificação de materiais e na geração de tabelas no <i>software</i> .	
☐ CAPÍTULO 02 – Apresentação da proposta de gestão dos resíduos da construção.....	21
Apresentação das proposta desenvolvida para a aplicação da gestão de resíduos da construção no fluxo de trabalho BIM. Nesse capítulo, foram descritos os procedimentos previstos para a incorporação do <i>software Revit</i> na elaboração do plano de gestão de resíduos em canteiros de obras.	
☐ CONCLUSÃO.....	48
☐ BIBLIOGRAFIA.....	49

## APRESENTAÇÃO

A metodologia BIM (*Building Information Modeling*) possibilita a incorporação do fluxo de materiais da construção em processos de modelagem digital, de modo que cada etapa do processamento desses possa ser analisada com altos níveis de precisão e detalhamento. Diante das possibilidades geradas pela implementação dessas novas tecnologias da Modelagem da Informação da Construção, podem ser identificadas oportunidades de aprimorar os métodos de gestão de materiais nos canteiros de obras.

Este documento foi concebido a partir da constatação da necessidade de materiais técnicos voltados para a implementação da análise das últimas etapas do processamento de materiais da construção – geração e manejo de resíduos – no fluxo de trabalho em BIM. Essa temática foi abordada na monografia intitulada como "Aplicação do BIM na gestão de resíduos sólidos da Construção Civil", na qual foi proposto um método de utilização do *software Revit* (adequado à metodologia BIM) na confecção de um plano de gestão dos resíduos gerados em canteiros de obras. A partir das informações contidas nesse estudo, foi elaborado este manual a fim de possibilitar o compartilhamento do conteúdo da monografia de modo prático e eficiente.

Ao redigir este manual prático, almejou-se proporcionar aos leitores a compreensão do método proposto e os recursos necessários para o adaptar conforme o contexto em que esses estiverem inseridos. Dessa forma, este documento é acompanhado por recursos adicionais que pudessem colaborar para o objetivo estabelecido. Entre esses recursos, foram inseridos *templates* (criados para o *software Revit*), planilhas e um vídeo com explicações detalhadas.

### Boa leitura!!

Daniel Alexandre da Silva

## CAPÍTULO 01

### INTRODUÇÃO AO USO DO *SOFTWARE REVIT*

#### 01.1. Descrição básica do *software Revit*

O *software Revit* permite a **modelagem virtual de edificações a partir de informações reais**, sendo possível simular variadas condições a fim de ser obtido o modelo mais viável. Como existem diversos sistemas que compõe o objeto a ser construído, o programa é subdividido em três diferentes modalidades: *Architecture* (para projetos arquitetônicos); *Structure* (para projetos estruturais); *MEP* (para projetos hidrossanitários, elétricos e de ar-condicionado). Contudo, o *software* garante a interoperabilidade entre esses segmentos para que uma solução única e completa seja gerada.

Essa ferramenta permite que sejam alcançados os benefícios típicos da **Modelagem da Informação da Construção**. O desenvolvimento de um **protótipo tridimensional e digital** da edificação concebida permite que o modelo seja examinado a partir de qualquer ponto, enquanto as interferências entre disciplinas podem ser verificadas facilmente. Ainda, o *software* oferece funcionalidades associadas à avaliação do modelo confeccionado, o que pode ocorrer através de ensaios virtuais do edifício e da simulação da construção. No que se refere à documentação, a ferramenta *Revit* possibilita a **quantificação precisa dos elementos que compõe a edificação** e a geração de representações fiéis do projeto.

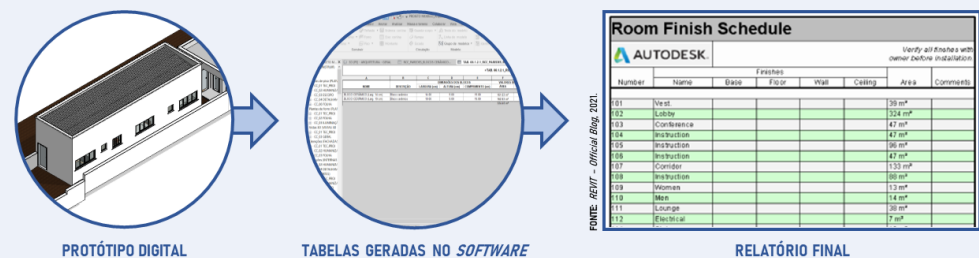


FONTE: REVIT – Official Blog, 2021.

**CAPÍTULO 01** INTRODUÇÃO AO USO DO *SOFTWARE REVIT*

**01.2. Conceitos básicos**

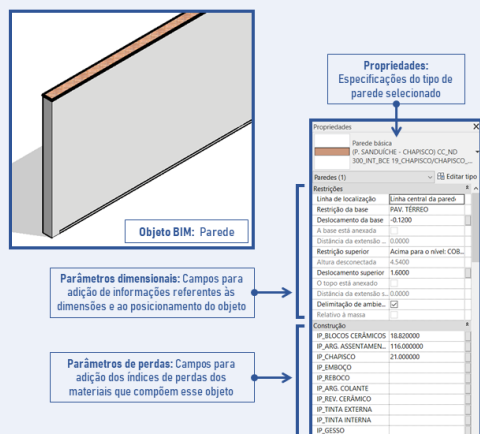
Para extração dos quantitativos do projeto, o *software Revit* fornece exímias funcionalidades voltadas para a **geração de tabelas (Schedules) e relatórios**. A partir de padrões predefinidos, as informações são agrupadas e disponibilizadas aos usuários em formatos de fácil interpretação. Destaca-se que existe uma relação direta entre o protótipo digital e as tabelas, a qual ocorre de tal forma que qualquer alteração em algum desses elementos reflete-se no outro e as atualizações ocorrem automaticamente.



**CAPÍTULO 01** INTRODUÇÃO AO USO DO *SOFTWARE REVIT*

Os protótipos digitais desenvolvidos no *software Revit* são compostos por **Objetos BIM** – componentes virtuais e paramétricos que representam os elementos construtivos das edificações concebidas. Dessa forma, os componentes do modelo digital reúnem **informações geométricas** (dimensões referentes à geometria bidimensional e tridimensional) e **especificações técnicas** (como normas pertinentes, parâmetros para instalação e dados dos fornecedores) que os caracterizam.

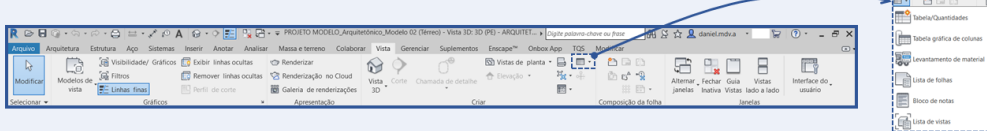
Como os **Objetos BIM** podem ser considerados repositórios de dados, as tabelas extraem as informações necessárias diretamente dos elementos que compõem os modelos digitais das edificações. A geometria dos elementos construtivos podem ser visualizadas nas vistas criadas para o projeto, enquanto os dados estabelecidos para os componentes podem ser acessados (visualizados e editados) no quadro **Propriedades** ao selecionar esses.



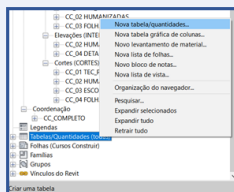
**CAPÍTULO 01** INTRODUÇÃO AO USO DO *SOFTWARE REVIT*

**01.3. Criação e configuração de tabelas (Schedules)**

Para criação de tabelas (*Schedules*), é necessário utilizar a ferramenta **Tabela/Quantidades** – localizada no quadro **Criar da aba Vista**.



Outra opção para a criação de tabelas é o uso do tópico **Tabela/Quantidades** no **Navegador de Projeto**. Para isso, pode ser habilitada as opções de criação e edição de tabelas através da seleção do tópico com o botão direito do mouse. Ao selecionar a opção **Nova Tabela/Quantidades...**, uma tabela seria criada.

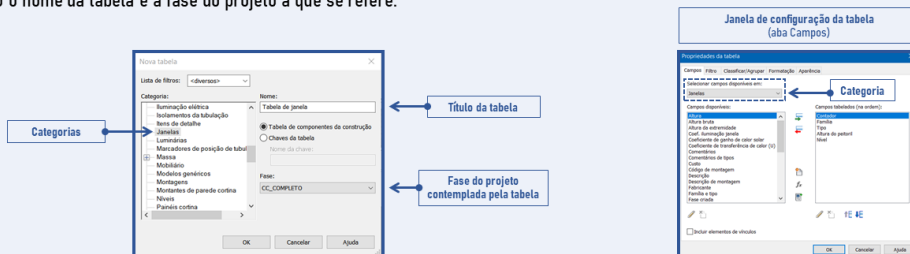


**CAPÍTULO 01** INTRODUÇÃO AO USO DO *SOFTWARE REVIT*

**Configuração da Categoria:**

As **categorias** são agrupamentos dos elementos construtivos segundo critérios do próprio programa e indicam a fonte das informações expostas na tabela.

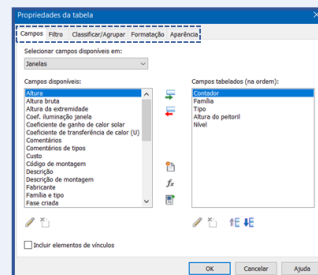
No **quadro Categoria**, pode ser selecionado a categoria a ser explorada na tabela recém-criada. Em seguida, pode ser definido o nome da tabela e a fase do projeto a que se refere.



**CAPÍTULO 01** INTRODUÇÃO AO USO DO *SOFTWARE REVIT*

Após a criação da tabela, é habilitada uma janela (denominada como **Nova Tabela**) para configuração da tabela recém-criada. Nessa janela, podem ser determinados os principais parâmetros que orientassem a formação da tabela – agrupados na forma de abas. Os parâmetros de configuração são descritos da seguinte forma:

- ❑ **Campos:** representam as **informações** que constam no objeto BIM pertencente à categoria para a qual a tabela foi gerada;
- ❑ **Filtro:** representam os **critérios de seleção** das informações que seriam visíveis na tabela;
- ❑ **Classificar/Agrupar:** representam **critérios de agrupamento** das informações nas tabelas;
- ❑ **Formatação:** representam as **opções de formatação** dos campos (células) das tabelas;
- ❑ **Aparência:** representam os **critérios de exibição** da tabela nas folhas (estética das tabelas após a impressão das folhas do projeto).

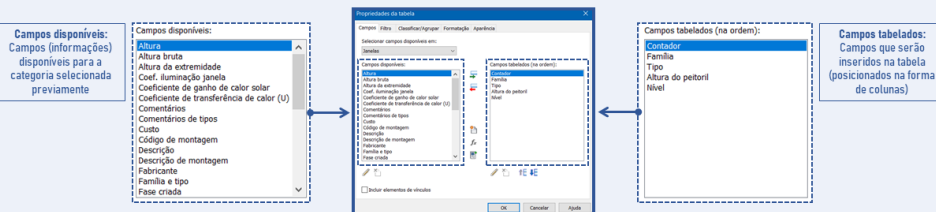


**CAPÍTULO 01** INTRODUÇÃO AO USO DO *SOFTWARE REVIT*

**Configuração dos Campos:**

No **quadro Campos Disponíveis**, são expostos os tipos de informações disponíveis para os elementos construtivos estabelecidos no item **Categorias**. Para que um campo seja inserido na tabela (posicionados no quadro **Campos Tabelados**), seria necessário selecioná-lo no quadro **Campos Disponíveis** e clicar no botão **Adicionar** ( ).

Para ajustar a ordenação das informações nas tabelas, pode ser selecionado um campo – no quadro **Campos Tabelados** – e utilizadas os botões de deslocamento (**Mover para cima** ↑ e **Mover para baixo** ↓ ).

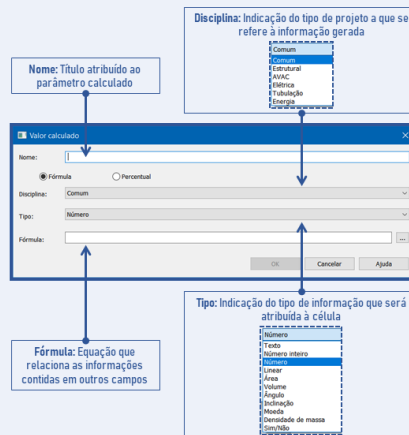


**Configuração dos Parâmetros Calculados:**

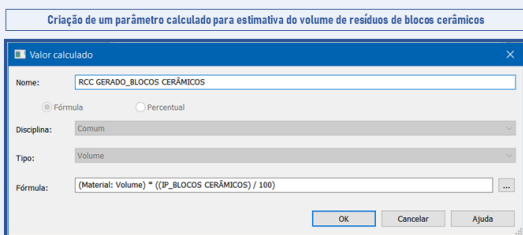
No quadro Campos Tabelados, podem ser criados **Parâmetros Calculados** – campos em que são podem ser adicionados os resultados da interação entre dados de um Objeto BIM.

Para criação desse novo campo, pode ser selecionado o botão **Parâmetro Calculado** (  $f_x$  ). Ao habilitar a janela de edição do campo, podem ser estabelecidos os critérios caracterizadores do parâmetro: Nome do campo (**Nome**); Tipo de informação que preencherá o campo (**Disciplina** e **Tipo**); Fórmula definidora (**Fórmula**).

A Fórmula definidora corresponde a uma equação que relaciona os dados de uma categoria (campos já inseridos no quadro Campos Tabelados) para o cálculo da informação almejada. Seguindo os padrões estabelecidos para a escrita de equações, podem ser referenciados os campos envolvidos no cálculo através do botão lateral.



**Exemplo de configuração dos Parâmetros Calculados:**



Nome do parâmetro calculado: RCC GERADO\_BLOCOS CERÂMICOS

Disciplina: Comum (não foi estabelecido um tipo específico de projeto para a avaliação da geração de resíduos)

Tipo: Dimensões volumétricas

Fórmula:  

$$\frac{\text{Volume do bloco cerâmico} \times \text{Índice de perdas para blocos cerâmicos} \times \text{Volume do bloco cerâmico} \times (\text{Percentual de perdas})\% / 100}{\text{Material: Volume} \times (\text{IP\_BLOCOS CERÂMICOS} / 100)}$$

**Reconhecimento dos campos nas tabelas:**

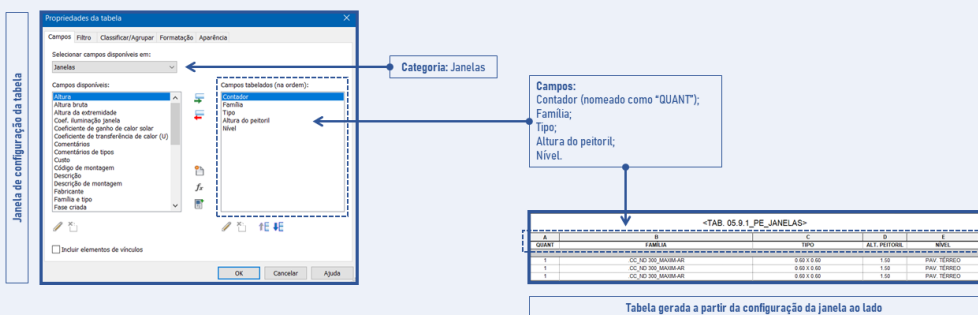


Tabela gerada a partir da configuração da janela ao lado



## CAPÍTULO 01

## INTRODUÇÃO AO USO DO SOFTWARE REVIT

## Configuração dos Filtros:

Na aba **Filtros**, podem ser criados critérios de **seleção das informações que seriam visíveis na tabela criada**. O processo de seleção ocorre através da **comparação** entre as informações de um elemento e os parâmetros de referência (estabelecidos conforme as necessidades do projetista).

Na janela de configuração dos filtros, são visíveis os espaços delimitados para a inserção de cada **critério** – o qual é composto pela fonte da informação (Campos Tabelados), sentença de comparação e um valor de referência.

- Fonte da informação:** indicação do campo de onde a informação poderia ser retirada;
- Sentença de comparação:** forma como a comparação entre informações ocorreria, sendo responsável por estabelecer a condição para validação da sentença;
- Valor de referência:** informação que seria comparada ao conteúdo do campo selecionado para validação da sentença.

## CAPÍTULO 01

## INTRODUÇÃO AO USO DO SOFTWARE REVIT

## Configuração da aba Classificar/Agrupar:

Na aba **Classificar/Agrupar**, são estabelecidos os critérios de agrupamento das informações. Ao selecionar um campo como critério de classificação, todos os elementos listados na tabela que tiverem a mesma informação nesse campo seriam agrupados em uma mesma linha. O programa possibilita a indicação de 4 campos como critérios de classificação, sendo estabelecida uma ordem crescente de prioridade no agrupamento (dos campos superiores aos inferiores).

Na parte inferior da janela, existe a opção **Itemizar cada instância**. Ao habilitá-la, os critérios de agrupamento seriam desconsiderados e todos os elementos seriam visíveis na tabela. Ao desabilitar essa opção, os critérios seriam admitidos na construção da tabela.

 Itemizar cada instância

## CAPÍTULO 01

## INTRODUÇÃO AO USO DO SOFTWARE REVIT

## Configuração da aba Classificar/Agrupar:

Além dos critérios de agrupamento, podem ser estabelecidos os modos de organização das informações na tabela. Para classificação dos elementos que compõem a tabela, propicia-se a criação de **Cabeçalhos** (informações antes dos elementos agrupados conforme o critério estabelecido) e de **Rodapés** (informações após os elementos agrupados conforme o critério estabelecido). Enquanto os cabeçalhos atuam como títulos dos conjuntos de elementos, os rodapés podem resumir os dados do conjunto. Para atribuição das informações atribuídas aos rodapés, podem ser selecionados os dados no quadro de seleção.

Ainda, pode ser indicada a ordem em que as linhas seriam preenchidas. As informações contidas nos campos selecionados no critério de agrupamento seriam posicionadas em ordem **crescente** ou **decrescente**.

Para separação dos conjuntos criados após o agrupamento dos elementos, podem ser adicionadas linhas em branco através da habilitação da opção **Linha em branco**.

**CAPÍTULO 01** INTRODUÇÃO AO USO DO *SOFTWARE REVIT*

**Configuração da aba Classificar/Agrupar:**

Classificar por: Tipo (Crescente/Decrescente), Cabeçalho, Rodapé, Linha em branco.

**Tabela 1: <TAB. 05.9.1\_PE\_JANELAS>**

QUANT	FAMILIA	TIPO	ALT. PEITORIL	NÍVEL
1	CC_ND 300_MAXIMAR	0.60 X 0.60	1.50	PAV. TERREO
1	CC_ND 300_MAXIMAR	0.60 X 0.60	1.50	PAV. TERREO
1	CC_ND 300_MAXIMAR	0.60 X 0.60	1.50	PAV. TERREO
1	CC_ND 300_PEDRA_PEITORIL RETO	0.70 X 0.26	1.48	PAV. TERREO
1	CC_ND 300_PEDRA_PEITORIL RETO	0.70 X 0.26	1.48	PAV. TERREO
1	CC_ND 300_PEDRA_PEITORIL RETO	0.70 X 0.26	1.48	PAV. TERREO

**Tabela 2: <RCC\_PAREDES\_BLOCOS CERÁMICOS (PARTE 1)>**

NOME	DIMENSÕES DOS BLOCOS			VALORES DE PROJETO	
	LARGURA (cm)	ALTURA (cm)	COMPRIMENTO (cm)	ÁREA	VOLUME
BLOCO CERÁMICO (Larg. 14 cm)	14.00	9.00	19.00	161.63 m²	22.19 m³
Bloco cerâmico: 14				161.63 m²	22.19 m³
BLOCO CERÁMICO (Larg. 19 cm)	19.00	9.00	19.00	162.83 m²	30.54 m³
Bloco cerâmico: 13				162.83 m²	30.54 m³
<b>TOTAL: 27</b>				<b>324.45 m²</b>	<b>52.74 m³</b>

Título do conjunto: Quantidade de elementos no conjunto. Somatórias dos campos.

unesp 17

**CAPÍTULO 01** INTRODUÇÃO AO USO DO *SOFTWARE REVIT*

**Configuração da aba Classificar/Agrupar:**

Além dos rodapés atribuídos a cada conjunto de elementos, pode ser criado um rodapé que resume as informações de toda a tabela. Esse **rodapé final** (posicionado após todas as linhas da tabela) surge ao habilitar a opção **Total geral**. Para configurar o rodapé, seria necessário selecionar as informações que o comporiam no quadro ao lado.

- Título:** nome atribuído ao rodapé final (estabelecido no campo **Título personalizado do Total geral**);
- Contagem:** indica o número de elementos que pertencem à categoria selecionada para a tabela;
- Totais:** somatória das informações numéricas presentes nos campos inseridos na tabela.

**Configuração do Total geral:**

Total geral: Título, contagem e totais

Título personalizado do total: TOTAL

**Tabela com Total:**

NOME	DIMENSÕES DOS BLOCOS			VALORES DE PROJETO	
	LARGURA (cm)	ALTURA (cm)	COMPRIMENTO (cm)	ÁREA	VOLUME
BLOCO CERÁMICO (Larg. 14 cm)	14.00	9.00	19.00	161.63 m²	22.19 m³
BLOCO CERÁMICO (Larg. 19 cm)	19.00	9.00	19.00	162.83 m²	30.54 m³
<b>TOTAL: 27</b>				<b>324.45 m²</b>	<b>52.74 m³</b>

Título: Quantidade de elementos. Somatórias dos campos.

unesp 18

**CAPÍTULO 01** INTRODUÇÃO AO USO DO *SOFTWARE REVIT*

**Configuração da Formatação:**

Na aba **Formatação**, podem ser configuradas as células das colunas da tabela. Para cada coluna, podem ser editadas as seguintes características:

- Cabeçalho:** nome atribuído ao título da coluna;
- Orientação do cabeçalho:** estabelece o posicionamento do texto do cabeçalho;
- Alinhamento:** estabelece a orientação de alinhamento do texto das células da coluna;
- Formatação do campo:** estabelece ao formato e unidade da informação contida nas células;
- Campo oculto:** ao ser habilitado, a coluna é oculta na tabela;
- Formatação condicional:** permite que sejam estabelecidas formatações específicas para condições predeterminadas;
- Calcular os totais:** permite que as informações da célula sejam o resultado de um cálculo - o qual envolve todos os elementos agrupados na mesma linha.

**Propriedades de levantamento de material - Formatação:**

Cabeçalho: [Campo]

Orientação do cabeçalho: [Vertical]

Alinhamento: [Centro]

Formatação do campo: [Formato do campo]

Campo oculto  Formatos condicional

Mostrar formatação condicional em folhas

Calcular os totais: [Calcular os totais]

OK Cancelar Ajuda

unesp 19

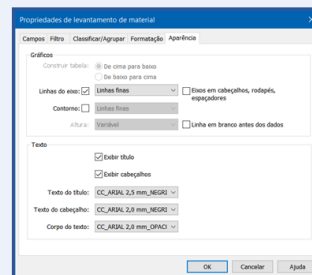
## CAPÍTULO 01

## INTRODUÇÃO AO USO DO SOFTWARE REVIT

**Configuração da Aparência:**

Na aba *Aparência*, pode ser configurada a forma como as tabelas seriam apresentadas nas folhas do projeto:

- Linha do eixo:** tipo de linha que seria considerada no contorno da tabela (linhas externas);
- Contorno:** tipo de linha que seria considerada na delimitação das células (linhas internas);
- Exibir título:** permite que o título da tabela seja exibido ao ser habilitada a opção;
- Exibir cabeçalhos:** permite que os títulos das colunas sejam exibidos ao ser habilitada a opção;
- Texto do título:** estabelece a formatação do texto do título da tabela (possibilidade de escolha do tipo de texto);
- Texto do cabeçalho:** estabelece a formatação dos textos dos títulos das colunas (possibilidade de escolha do tipo de texto);
- Corpo do texto:** estabelece a formatação dos textos das células da tabela (possibilidade de escolha do tipo de texto).



## CAPÍTULO 02

## APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

**02.1. Especificação dos procedimentos propostos**

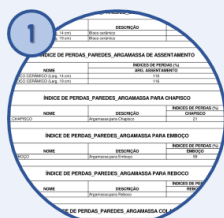
Conforme apresentado no texto da monografia, o procedimento proposto envolve a utilização de dois *softwares* (*Revit* e *Excel*) para a confecção de um plano preliminar de gerenciamento de resíduos da construção para um canteiro de obras. Através do *Revit*, seria possível realizar a modelagem virtual de uma edificação e extrair do protótipo os quantitativos de materiais consumidos e desperdiçados durante os processos construtivos. Ao ser estimada a geração de resíduos, os dados fornecidos pelo software poderiam ser transferidos para as planilhas complementares – as quais foram confeccionadas no programa *Excel*. Por fim, esse programa propiciaria uma análise detalhada da geração de resíduos e forneceria recursos para a redação do plano de gestão dos resíduos no canteiro de obras.

Metodologia proposta

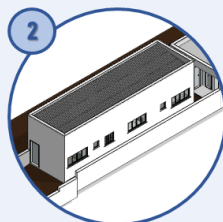
- Determinação dos índices de perdas:** para a estimativa da geração de resíduos de cada material da construção, seria necessária a seleção de índices de perdas que apresentem a **porcentagem de material desperdiçado durante os processos construtivos** (obtidos a partir de pesquisa bibliográfica ou de dados obtidos de obras executadas previamente);
- Modelagem da edificação:** desenvolvimento de um protótipo digital da edificação a ser construída;
- Cálculo da geração de resíduos prevista:** após a inserção dos dados requeridos pelo *software Revit*, as estimativas da geração de resíduos seriam realizadas automaticamente e disponibilizadas nas tabelas;
- Elaboração do plano:** extração dos dados gerados pelo software para preenchimento das planilhas complementares, onde seriam realizadas as análises da geração de resíduos para o projeto desenvolvido. A partir dessa avaliação preliminar, o plano de gestão de resíduos poderia ser redigido.

## CAPÍTULO 02

## APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO



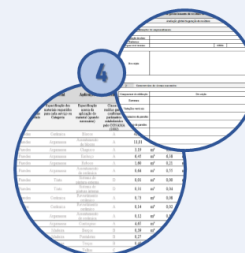
**1**  
Determinação dos índices de perdas para cada material da construção



**2**  
Modelagem da edificação no *software Revit*



**3**  
Processo de cálculo da geração de resíduos prevista



**4**  
Elaboração do plano de gerenciamento de resíduos para o projeto

CAPÍTULO 02

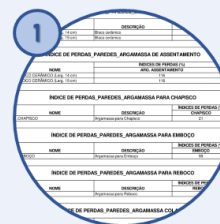
APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

02.2. Definição dos índices de perdas para cada material da construção

Ainda na etapa de confecção de projetos, a geração de resíduos pode ser estimada a partir de indicadores, os quais representam quantitativamente o desperdício de material que cause a formação de volumes de resíduo. Conceitualmente, os indicadores de perda correspondem à relação entre o desempenho dos processos no canteiro de obras e a situação referencial, prevista nos projetos.

Para estudos iniciais, os indicadores podem ser utilizados na estimativa da geração de resíduos da construção civil. Contudo, é importante considerar que os índices estabelecidos na literatura e em estudos específicos variam de acordo com as características do empreendimento – como o método construtivo adotado, a função planejada para a edificação, o padrão do acabamento e a capacidade técnica da equipe executora – e os aspectos gerenciais.

$$\text{Índice de perdas} = \frac{\text{Quantidade de resíduos gerados}}{\text{Quantidade total de material prevista}}$$



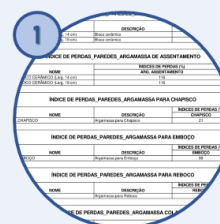
Determinação dos índices de perdas para cada material da construção

CAPÍTULO 02

APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Os principais requisitos para a gestão de resíduos de construção são a qualificação e quantificação dos resíduos gerados, o que ocorre através de métodos de previsão das perdas de materiais ocorridas durante os processos construtivos. Para que esse procedimento de estimativa seja fundamentado técnica e cientificamente, foram buscados índices de perdas obtidos em pesquisas com significativa relevância no contexto nacional.

A partir da avaliação do desperdício de materiais relatado por diversos autores, foram estabelecidos valores médios para o percentual de perdas (IP) em relação à quantidade de cada material a ser utilizado nos serviços de construção. Ao concluir essa pesquisa, obtiveram-se os índices adotados foram apresentados no quadro a seguir.



Determinação dos índices de perdas para cada material da construção

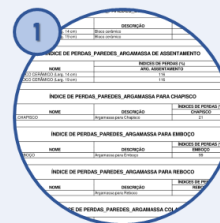
CAPÍTULO 02

APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Material	Código	Índice de Perdas Média (%)
Argamassa produzida fora do canteiro	Assentamento de alvenaria	IP04 116,00
	Chapeiro	IP05 21,00
	Concreto	IP06 42,00
	Colarim (para assentamento de revestimento)	IP07 86,68
	Emprego em Massa Armada	IP08 99,00
Blocos e Tijolos	Reboco	IP09 11,00
	Argo	IP10 14,68
	Blocos e Tijolos (Uso geral)	IP11 14,87
	Tijolos de vedação à vista	IP12 12,00
	Tijolos de vedação comuns	IP13 8,00
Concreto utilizado	Tijolos de vedação furados	IP14 18,82
	Tijolos de vedação maciços	IP15 33,37
	Subestrutura	IP16 8,00
	Superestrutura	IP17 2,00
	Uso geral	IP18 1,99
Gesso	Condutivos	IP19 25,00
	Eletrodutos	IP20 15,00
	Aplicado em paredes	IP21 0,10
	Aplicado em teto	IP22 0,10
	Uso geral	IP23 42,00
Madeira	Compostada	IP24 15,00
	Em obras	IP25 15,00
	Uso geral	IP26 47,45
	Aplicação em fachada	IP27 13,30
	Aplicação em paredes	IP28 16,39
Telhas	Aplicação em telhas	IP29 12,83
	Aplicação geral	IP30 16,00
	Em geral	IP31 4,93
	Fibrocimento	IP32 8,00
	Frangos	IP33 10,00
Tintas	Aplicação geral	IP34 16,00
	Esterna	IP35 15,00
	Interna	IP36 14,00
	Cobres	IP37 7,00
	Tubulação	PVC

Pesquisa bibliográfica  
Índices de perdas para materiais da construção

- Referências da pesquisa
- ☐ SKOYLES (1976);
  - ☐ PINTO (1989);
  - ☐ SOIBELMAN (1993);
  - ☐ AGOPYAN et al (1998);
  - ☐ FORMOSO et al (1998);
  - ☐ ANDRADE et al (2001);
  - ☐ SOUZA (2005).

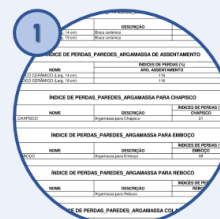
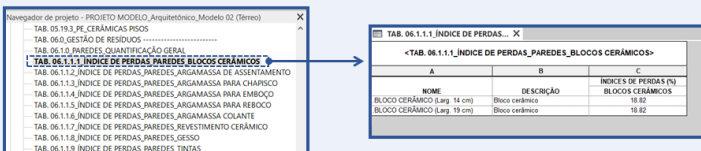


Determinação dos índices de perdas para cada material da construção

CAPÍTULO 02

APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Após a determinação dos índices de perdas para cada tipo de material da construção, os valores selecionados poderiam ser inseridos nas tabelas configuradas previamente para recepção dos critérios de geração de resíduos. As interfaces de controle dos índices de perdas – confeccionadas para cada tipo de elemento – foram nomeadas como “ÍNDICE DE PERDAS\_(categoria)\_(elemento específico)”. Cada tabela poderia ser acessada através do tópico *Tabela/Quantidades* no *Navegador de Projeto*.

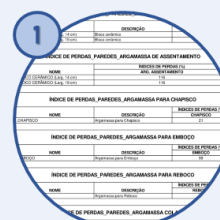
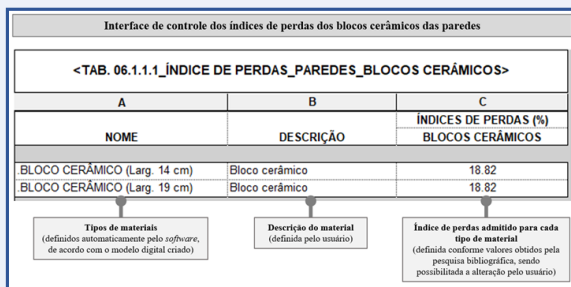


Determinação dos índices de perdas para cada material da construção

CAPÍTULO 02

APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Em cada interface de controle dos índices de perdas, podem ser editados os valores (percentuais) atribuídos previamente.

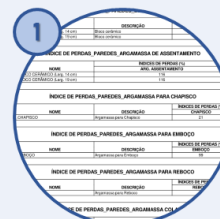


Determinação dos índices de perdas para cada material da construção

CAPÍTULO 02

APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Destaca-se que os valores inseridos no modelo – advindos da pesquisa bibliográfica realizada previamente – podem ser considerados parâmetros padrões (*default*). Dessa forma, qualquer usuário poderá **revisar os índices e adequá-los conforme os critérios próprios que forem julgados como convenientes**. Entende-se que a adoção do mesmo índice de perdas para cada material, independente da forma em que ocorre, pode ser considerada uma abordagem simplista. Por esse motivo, foi possibilitada a inserção de índices obtidos pela empresa responsável pela construção para o desperdício dos materiais em cada serviço.

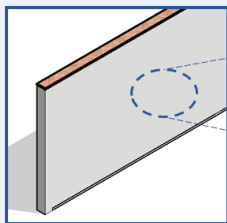


Determinação dos índices de perdas para cada material da construção

**CAPÍTULO 02 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO**

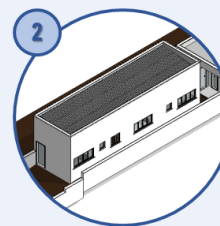
**02.3. Desenvolvimento do protótipo digital**

Após a seleção dos índices de perdas dos materiais, deve ser modelada a edificação a ser construída. Ao inserir e configurar cada elemento construtivo, podem ser definidos os materiais constituintes e os índices de perdas associados.



Elemento construtivo pertencente ao Protótipo digital

Quadro Propriedades - Local onde são encontrados os Campos nos quais podem ser atribuídos os valores para os índices de perdas.



Modelagem da edificação no software Revit

**CAPÍTULO 02 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO**

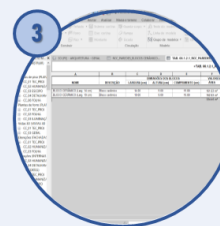
**02.4. Previsão da geração de resíduos da construção**

Ao serem atribuídos os valores dos índices de perdas, devem ser especificados os materiais de construção considerados anteriormente a fim de ser possível calcular a geração de resíduos.

Para cada elemento que compõe o protótipo digital, foram confeccionadas tabelas para a inserção de informações que os caracterizam. As interfaces de previsão da geração de resíduos foram nomeadas como "RCC\_(categoria)\_(elemento específico)". Cada tabela poderia ser acessada através do tópico Tabela/Quantidades no Navegador de Projeto.

- TAB. 06.1.1.8. ÍNDICE DE PERDAS, PAREDES, GESSO
- TAB. 06.1.1.9. ÍNDICE DE PERDAS, PAREDES, TINTAS
- TAB. 06.1.2.1. RCC, PAREDES, BLOCOS CERÂMICOS**
- TAB. 06.1.2.2. RCC, PAREDES, ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO
- TAB. 06.1.2.3. RCC, PAREDES, REVESTIMENTO ARGAMASSADO, CHAPISCO
- TAB. 06.1.2.4. RCC, PAREDES, REVESTIMENTO ARGAMASSADO, EMBOÇO

TAB. 06.1.2.1. RCC, PAREDES, BLO... X							
TAB. 06.1.2.1. RCC, PAREDES, BLOCOS CERÂMICOS							
B	C	D	E	F	G	H	
DESCRIÇÃO	LARGURA (cm)	ALTURA (cm)	COMPRIMENTO (cm)	ÁREA	VOLUME	ÍNDICE DE PERDAS (%)	ÍNDICE DE BLOCOS RCC GERADO
Bloco cerâmico	14,00	9,00	19,00	161,63 m²	22,19 m³	650,41	
Bloco cerâmico	19,00	9,00	19,00	162,83 m²	30,54 m³	603,96	
				324,45 m²	52,74 m³	1254,36	



Processo de cálculo da geração de resíduos prevista

**CAPÍTULO 02 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO**

Em cada interface da previsão da geração de resíduos, foram disponibilizados campos para inserção das informações necessárias para a quantificação de materiais e de resíduos.

Interface de previsão da geração de resíduos dos blocos cerâmicos das paredes

TAB. 06.1.2.1. RCC, PAREDES, BLOCOS CERÂMICOS										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
NOME	DESCRIÇÃO	LARG. (cm)	ALT. (cm)	COMP. (cm)	ÁREA	VOLUME	ÍNDICE DE BLOCOS	QUANTIDADE E ESTIMADA DE BLOCOS	ÍNDICE DE PERDAS (%) BLOCOS CERÂMICOS	RCC GERADO
BLOCO CERÂMICO (larg. 14 cm)	Bloco cerâmico	14,00	9,00	19,00	161,63 m²	22,19 m³	650,41	7507	18,82	4,18 m³
BLOCO CERÂMICO (larg. 19 cm)	Bloco cerâmico	19,00	9,00	19,00	162,83 m²	30,54 m³	603,95	7554	18,82	5,75 m³
					324,45 m²	52,74 m³	1254,36	15061		9,93 m³

Tipos de materiais

Características dimensionais dos materiais (definidas automaticamente pelo software e/ou pelo usuário)

Parâmetros calculados (dados adicionais calculados pelo software através de formulações definidas previamente, sendo incluídos nas tabelas em função necessárias informações complementares)

Índices de perdas

Quantidade de RCC prevista



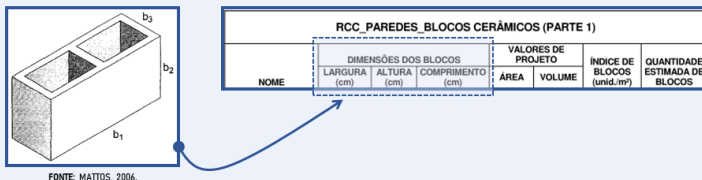
Processo de cálculo da geração de resíduos prevista

**CAPÍTULO 02** APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

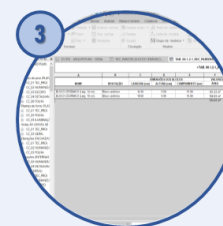
Quantificação de resíduos gerados da construção de paredes: **Blocos cerâmicos**

Para os blocos cerâmicos, seria necessário apresentar as seguintes informações:

- ❑ **Dimensões dos blocos:** comprimento (b<sub>1</sub>), altura (b<sub>2</sub>) e largura (b<sub>3</sub>) do tipo de bloco selecionado.



FONTE: MATTOS, 2006.



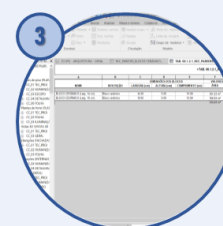
Processo de cálculo da geração de resíduos prevista

**CAPÍTULO 02** APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Quantificação de resíduos gerados da construção de telhados: **Berços, pontaletes e terças**

Para os componentes da estrutura de madeira do telhado, seria necessário apresentar as seguintes informações:

- ❑ **Dimensões da seção transversal:** largura e altura das peças de madeira selecionadas;
- ❑ **Dimensões comerciais das peças:** comprimento admitido para cada peça (de acordo com os valores disponíveis no mercado) e a quantidade de peças necessária para atender aos requisitos exposto na própria tabela.



Processo de cálculo da geração de resíduos prevista

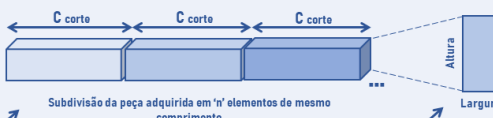
**CAPÍTULO 02** APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Quantificação de resíduos gerados da construção de telhados: **Berços, pontaletes e terças**

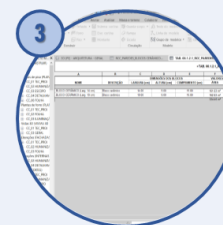
Comprimento total da peça adquirida (valor comercial)



Comprimento admitido para cada elemento (obtido pela divisão do comprimento total da peça pela quantidade de elementos prevista)



RCC_TELHADOS_BERÇOS (PARTE 2)						RCC_TELHADOS_BERÇOS (PARTE 1)						
ELEMENTO	PEÇAS COMERCIAIS COMPRI	QUANT. A SER ADQUIRIDAS	VOLUME A SER ADQUIRIDO	SOBRAS COMPR.	VOLUME	MATERIAL	ELEMENTO	SEÇÃO TRANSVERSAL LARGURA (cm)	ALTURA (cm)	QUANT. PROJETO	COMPR. COMPR.	VOLUME REQUERIDO



Processo de cálculo da geração de resíduos prevista

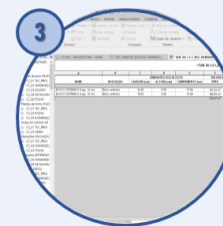
**CAPÍTULO 02**

**APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO**

Quantificação de resíduos gerados da construção de telhados: **Telhas de fibrocimento**

Para as telhas que compõem o telhado, seria necessário apresentar as seguintes informações:

- Área do telhado:** área projetada para o telhado;
- Dimensões comerciais das peças:** largura, comprimento, área unitária admitido para cada peça (de acordo com os valores disponíveis no mercado) e quantidade necessária para atender aos requisitos exposto na própria tabela.



Processo de cálculo da geração de resíduos prevista

**CAPÍTULO 02**

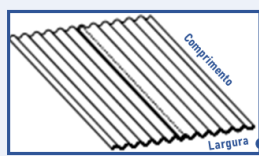
**APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO**

Quantificação de resíduos gerados da construção de telhados: **Telhas de fibrocimento**



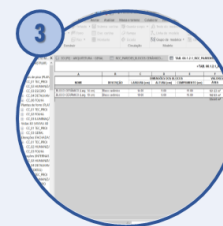
FONTE: ETERNIT, 2020.

RCC_TELHADOS_TELHAS DE FIBROCIMENTO (PARTE 1)							
ELEMENTO	MATERIAL	ÁREA DO TELHADO	QUANT DE PEÇAS	PEÇAS CONSIDERADAS NO PROJETO	LARG INDIVIDUAL	LARG TOTAL	ÁREA



FONTE: ETERNIT, 2020.

RCC_TELHADOS_TELHAS DE FIBROCIMENTO (PARTE 2)							
MATERIAL	VOLUME ESTIMADO	LARG	COMPR	ÁREA COMERCIAL UNITÁRIA	QUANT ESTIMADA	QUANTIDADE ADMITIDA	ÁREA TOTAL A SER ADQUIRIDA



Processo de cálculo da geração de resíduos prevista

**CAPÍTULO 02**

**APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO**

Quantificação de resíduos gerados da construção de instalações elétricas: **Condutores**

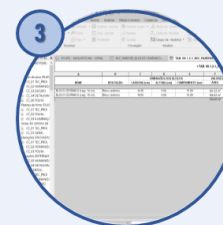
Para os cabos que compõem as instalações elétricas, seria necessário apresentar as seguintes informações:

- Número de condutores:** quantidade de cabos prevista para cada eletroduto.



Passagem de "n" condutores pelo eletroduto

RCC_INSTALAÇÕES ELÉTRICAS_CONDUTORES					
MATERIAL	COMPRIMENTO TOTAL DO ELETRODUTO	NÚMERO DE CONDUTORES NO ELETRODUTO	COMPRIMENTO DOS CONDUTORES	ÍNDICE DE PERDAS (%)	RCC GERADO



Processo de cálculo da geração de resíduos prevista

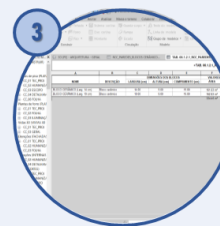


**CAPÍTULO 02 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO**

Após a inserção das informações requeridas, podem ser extraídas as estimativas para a geração de resíduos através do resultado da coluna **RCC gerado** em cada tabela.

L
<b>RCC GERADO</b>
4.18 m³
5.75 m³
9.93 m³

→ Volume total de resíduo gerado pelo uso do material considerado na tabela



Processo de cálculo da geração de resíduos prevista

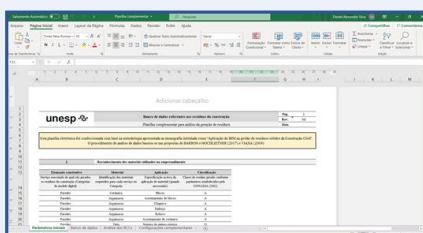
**Observação:** Para tabelas subdivididas em mais de uma parte, a coluna **RCC gerado** foi inserida na última tabela que se refere ao elemento.

**CAPÍTULO 02 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO**

**02.5. Processo de análise dos resultados obtidos**

Para que os dados gerados no *software Revit* pudessem ser devidamente analisados, foram confeccionadas planilhas que possam gerar as informações necessárias para a fundamentação do plano preliminar de gerenciamento de resíduos.

Foram desenvolvidas quatro planilhas no *software Excel* a fim de ser estabelecido um método de interpretação dos dados obtidos anteriormente.



Elaboração do plano de gerenciamento de resíduos para o projeto

**CAPÍTULO 02 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO**

**Planilha 1: Parâmetros iniciais**

- Identificação dos resíduos;
- Especificação dos materiais;
- Classificação conforme critérios do CONAMA (2002).

**Planilha 2: Banco de dados**

- Quantificação dos materiais incorporados;
- Quantificação dos resíduos gerados.

Dados extraídos do *software Revit*

Elaboração do plano de gerenciamento de resíduos para o projeto



CAPÍTULO 02

APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Parte 1: Informações iniciais

- Informações gerais do empreendimento;
- Caracterização do sistema construtivo;
- Definição da área a ser construída (projeto horizontal da edificação).

Modelo do plano de gerenciamento de resíduos da construção desenvolvido com base nas propostas de VIANA (2009).

Elaboração do plano de gerenciamento de resíduos para o projeto

CAPÍTULO 02

APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Parte 2: Previsão da geração de resíduos

- Identificação dos resíduos gerados;
- Quantificação dos resíduos gerados (extraída da planilha complementar).

Modelo do plano de gerenciamento de resíduos da construção desenvolvido com base nas propostas de VIANA (2009).

Elaboração do plano de gerenciamento de resíduos para o projeto

CAPÍTULO 02

APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Parte 3: Definição dos métodos de acondicionamento

- Identificação dos resíduos gerados;
- Definição do acondicionamento inicial;
- Definição do acondicionamento final.

Modelo do plano de gerenciamento de resíduos da construção desenvolvido com base nas propostas de VIANA (2009).

Elaboração do plano de gerenciamento de resíduos para o projeto

CAPÍTULO 02

APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Parte 4: Definição da destinação

- Identificação dos resíduos gerados;
- Definição das possibilidades de reaproveitamento dos resíduos;
- Definição da destinação final.

Modelo do plano de gerenciamento de resíduos da construção desenvolvido com base nas propostas de VIANA (2009).

Elaboração do plano de gerenciamento de resíduos para o projeto

CONCLUSÃO

Após o entendimento dos procedimentos expostos neste Manual, poderia ser desenvolvido um modelo de gestão de resíduos da construção. O principal objetivo da implementação da metodologia proposta seria a previsão da geração de resíduos nos canteiros de obras, de tal forma que pudesse ser elaborado um plano de gerenciamento desses elementos durante o desenvolvimento dos projetos. Portanto, as estratégias apresentadas propiciariam uma antecipação da análise das perdas nos processos construtivos e uma avaliação eficiente da geração de resíduos da construção.

As orientações apresentadas seriam suficientes para o uso do método proposto e para a adaptação do modelo conforme as necessidades dos projetistas. Dessa forma, a gestão de resíduos da construção poderia ser implementada na ferramenta BIM (*Revit*) de modo facilitado.

Para acessar os recursos complementares, pode ser acessada a pasta compartilhada através do seguinte link:

[https://drive.google.com/drive/folders/1qUPM1J\\_X82ZJnz\\_NdW8XZTbBRJCvIWJr?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1qUPM1J_X82ZJnz_NdW8XZTbBRJCvIWJr?usp=sharing)

BIBLIOGRAFIA

ADOPPIAN, Vahan; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes; PALIARI, José Carlos; ANDRADE, Artemiana Coelho. *Pesquisa "Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras": Resultados e Análises*. v. 3. São Paulo: ERSP/INEP/ITIC, 1998. Disponível em: <http://perfiles.ufrgs.br/>. Acesso em: 24 abr. 2021.

ANDRADE, Artemiana Coelho; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes; PALIARI, José Carlos; ADOPPIAN, Vahan. *Estimativo de quantidade de entulho produzido em obras de construção de edifícios*. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 4., 2001, São Paulo. *Anais*. São Paulo: IBRACON, 2001. p. 65-74.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). *Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras*. v. 1. Brasília: CBIC, 2016. Disponível em: <https://brazil.cbic.org.br/escova-publicacao-colecao-bim>. Acesso em: 19 abr. 2021.

CAMPOS, André Aranha; NETO, Francisco Antunes de Vasconcellos (Coord.). *Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil: Avanços institucionais e melhorias técnicas*. São Paulo: SINDUSCON-SP, 2015. Disponível em: <https://www.sindusconsp.com.br/wp-content/uploads/2015/09/MANUAL-DE-RESNCG3%80DUOS-2015.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2021.

FORMOSO, Carlos T.; CESARE, Cláudia M.; LANTELME, Elvira M. V.; SOIBELMAN, Lucio. *As perdas na construção civil: Conceitos, classificação e seu papel na melhoria do setor*. Porto Alegre: NORIE/IFRRS, 1998.

HASON, Jeff. *Have you tried? Investigating Revit features and workflows*. *REVIT - Official Blog*, 2021. Disponível em: <https://blogs.autodesk.com/revit/2021/04/01/have-you-tried/>. Acesso em: 20 abr. 2021.

PALIARI, José Carlos. *Metodologia para a coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios*. 1999. 473 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: [https://etop.com.br/etopic/media/media-flees/2015/01/23/01set\\_T\\_Jose\\_Carlos\\_Paliari.pdf](https://etop.com.br/etopic/media/media-flees/2015/01/23/01set_T_Jose_Carlos_Paliari.pdf). Acesso em: 07 set. 2021.

PINTO, Tarcisio de Paula. *Perda de materiais em processos construtivos tradicionais*. São Carlos: Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, 1989.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE CURITIBA - PARANÁ. *Manual de gerenciamento de resíduos da construção civil*. Curitiba: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2015. Disponível em: <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2016/0078995.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2021.

SKOVLES, E. R. *Materials wastage: A measure of resources*. *Building Research and Practice*, jul/ago. 1976.

SOIBELMAN, Lucio. *As perdas de materiais na construção de edificações: Sua incidência e seu controle*. 1993. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1701/000216178.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 abr. 2021.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes. *Como reduzir perdas nos canteiros: Manual de gestão do consumo de materiais na construção civil*. São Paulo: Pini, 2005a.

SOUZA, Viviane Borges. *Avaliação da geração de entulho em conjunto habitacional popular: Estudo de caso*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/1101/1/AvliacaoBereceEntulho.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2021.

VIANA, Karla Simone da Curitiba Lima. *Metodologia simplificada de gerenciamento de resíduos sólidos em canteiro de obras*. 2009. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jpuu/handle/tede/5449>. Acesso em: 21 abr. 2021.