

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
MESTRADO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO

JULIANA LODI CARVALHO

**REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL:
O projeto para desmontagem como forma de reaproveitamento**

Juiz de Fora

2018

JULIANA LODI CARVALHO

**Reutilização de resíduos na construção civil:
O projeto para desmontagem como forma de reaproveitamento**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Orientador: Prof. DSc. Marcos Martins Borges

Juiz de Fora

2018

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Carvalho, Juliana Lodi.

Reutilização de resíduos na construção civil : O projeto para desmontagem como forma de reaproveitamento / Juliana Lodi Carvalho. -- 2018.

111 p.

Orientador: Marcos Martins Borges

Coorientadora: Eugênia Cristina Muller Giancoli Jabour

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído, 2018.

1. Construção civil. 2. Projeto para desmontagem. 3. Reutilização. 4. Reaproveitamento. I. Borges, Marcos Martins, orient. II. Jabour, Eugênia Cristina Muller Giancoli, coorient. III. Título.

Juliana Lodi Carvalho

**Reutilização de resíduos na construção civil:
O projeto para desmontagem como forma de reaproveitamento**

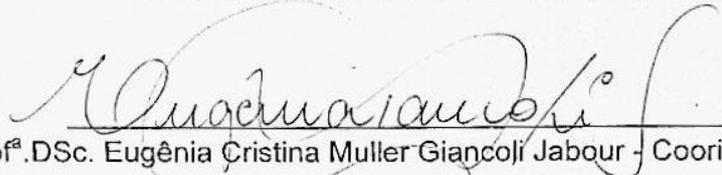
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Aprovada em 17 de setembro de 2018

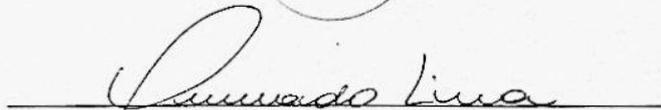
BANCA EXAMINADORA



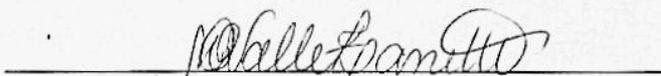
Prof. DSc. Marcos Martins Borges - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora



Profª.DSc. Eugênia Cristina Muller Giancoli Jabour - Coorientadora
Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais



Prof. Dr. Fernando Tadeu de Araújo Lima
Universidade Federal de Juiz de Fora



Profª.Drª. Márcia Cristina Valle Zanetti
Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os profissionais que trabalham direta e indiretamente na constante busca por melhor qualidade de vida no espaço em que vivemos e àqueles que, assim como eu, desejam melhorar nosso mundo através da educação e da ciência, espalhando o conhecimento adquirido ao longo dos anos e, despertando a paixão do aprendizado por onde passam.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Rosellyr e Renato, maiores amores e pilares, pelo apoio e carinho desde o início do processo para entrar no mestrado. Às avós, Erly e Ionne, tios, tias, primos, que me incentivaram desde antes do começo das aulas e me apoiaram nessa nova etapa que resolvi trilhar. Aos meus eternos anjos da guarda Tatiana, Nelson e Carmo, que, tenho certeza, mesmo distantes fisicamente, me fizeram diariamente acreditar no meu potencial e no eterno amor grandioso que existe entre nós, familiares.

Agradeço também a todos aqueles que dividiram momentos diários de angústia e superações. Principalmente aos grandes amigos que fiz no decorrer destes dois anos. Aos professores e funcionários do PROAC, que se disponibilizaram a ensinar e a ajudar quando solicitados, em especial ao meu orientador, Marcos Borges, por levar-me a acreditar em mim mesma e na minha pesquisa. À minha coorientadora Eugênia Jabour por sua disponibilidade e carinho perante todos os meus medos e inseguranças.

Aos amigos que souberam entender minha ausência neste período, apoiando-me e sendo refúgio nos momentos de descanso.

Agradeço à Universidade Federal de Juiz de Fora e ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído (PROAC), pelo apoio estrutural enquanto instituição e pelo apoio financeiro cedido pela CAPES, enquanto agência de fomento, por meio da bolsa.

E, finalmente, mas não menos importante, a Deus, por estar sempre em meu caminho, orientando e iluminando minhas escolhas.

A todos, meu sincero agradecimento.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

RESUMO

Inicialmente, esta pesquisa mostrou-se pertinente pela necessidade observada em reduzir, reciclar e reutilizar materiais. Assim, foi realizado um estudo sobre a importância das diretrizes do conceito de Projeto para Desmontagem (PPD) e reutilização de materiais advindos dos processos construtivos, cujo objetivo é demonstrar como as considerações desses aspectos podem e devem reduzir os impactos ambientais e os custos, além de possibilitar maior aproveitamento dos componentes e da edificação, ampliando, dessa forma, sua vida útil. Primeiramente, serão descritos possíveis procedimentos para desmontagem, além de serem apresentados processos de reutilização e reaproveitamento de materiais, caracterizando seus benefícios e impedimentos no desmonte. Num segundo momento, observou-se a necessidade da criação de um método que auxilie a desmontagem, introduzindo conceitos de coleta, reuso e reciclagem e explicando seus benefícios. A partir desses conceitos, foi desenvolvido o protótipo de uma ferramenta de projeto que permite aos profissionais da área (arquitetos, engenheiros, projetistas, etc.) adotar estratégias de desmontagem e reaproveitamento de componentes usados na edificação, assessorando-os na escolha dos melhores materiais a serem aplicados em cada uma das opções disponíveis dentro do desejado. O método utilizado nesta pesquisa baseia-se numa extensa revisão bibliográfica fundamentada em *Design Science Research*, que permite gerar um artefato de aplicação do conhecimento em situações reais acerca de um problema. Desse modo, a presente pesquisa auxiliou na criação de um protótipo de apoio aos profissionais da área. Como resultados, espera-se que essa ferramenta, juntamente com as diretrizes estabelecidas, seja incorporada ao processo projetual arquitetônico após a realização de teste de verificação da mesma.

Palavras chave: Construção civil. Projeto para desmontagem. Reutilização. Reaproveitamento.

ABSTRACT

The necessity to reduce, recycle and reuse of materials was the primary research motivation. Thus, the Design for Disassembly (DFD) concepts and materials reutilization from the building sector was investigated aiming to demonstrate how the consideration of those aspects can contribute to the environment impacts reduction. Furthermore those considerations were identified as aids for the costs reduction and lifecycle enhancement. As an initial approach, the research reported some benefits from disassembly and reuse that could be characterized in the process. At a second moment, it was observed the necessity of a method that could drive the disassembly and reutilization processes at the first stages of the architectural design process. From that approach, it was developed a prototype design tool that allowed the adoption of design strategies linked to the DFD concept. For the tool development it was adopted a Design Science Research approach, since the knowledge derived from the tool development could be used in another contexts of architectural design. As a research contribution it is expected that the prototype tool and the design guidelines can help the important decisions in architectonic design process initial stages.

Keywords: Construction Sector, Design for Disassembly, Reuse, Reutilization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo simplificado para condução da pesquisa.....	25
Figura 2 – Tipologias de artefatos	27
Figura 3 – Plano Nacional de Resíduos Sólidos.....	35
Figura 4 – Diagrama da Construção Sustentável	37
Figura 5 – Reciclagem.....	38
Figura 6 – Hierarquia da gestão de resíduos para a demolição e operações de construção	41
Figura 7 – Estrutura da gestão de resíduos da construção civil	44
Figura 8 – Gestão de resíduos em empreendimentos da construção civil.....	46
Figura 9 – Etapas do processo construtivo das edificações.....	46
Figura 10 – Matriz da norma de desempenho	52
Figura 11 – Diagrama gráfico de funcionamento do <i>Plug-in</i>	67
Figura 12 – Recorte do código desenvolvido para o <i>Plug-in</i>	68
Figura 13 – Recorte da linguagem C++ e seu significado para o desenvolvimento do <i>Plug-in</i>	68
Figura 14 – Interface inicial do <i>Plug-in</i> com o usuário.....	68
Figura 15 – Ícone criado para o <i>Plug-in</i>	69
Figura 16 – Ícone na interface do <i>SketchUp</i>	69
Figura 17 – Fluxograma de funcionamento do <i>Plug-in</i>	70
Figura 18 – Ícone na barra do <i>SketchUp</i>	74
Figura 19 – Acionamento do <i>Plug-in</i>	74
Figura 20 – Primeira etapa – apresentação do <i>Plug-in</i>	75
Figura 21 – Segunda etapa - critérios	75
Figura 22 – Primeira pergunta - objetivo.....	76
Figura 23 – Segunda pergunta – objetivo projetual.....	77
Figura 24 – Terceira pergunta – escolha das principais necessidades.....	78
Figura 25 – Quarta pergunta – confirmação da escolha	79
Figura 26 – Quinta pergunta – escolha do material.....	79
Figura 27 – Característica do material escolhido	80
Figura 28 – Sexta pergunta – confirmação quanto a inclusão do componente no projeto	81
Figura 29 – Inclusão do componente no projeto	81
Figura 30 – Inclusão do componente existente na plataforma <i>online</i>	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estruturação da pesquisa.....	21
Tabela 2 – Classificação da pesquisa	23
Tabela 3 – <i>Softwares</i> de modelagem	57
Tabela 4 – Extensões de <i>plug-ins</i>	59
Tabela 5 – Opções para combinações.....	72
Tabela 6 – Possíveis combinações	72
Tabela 7 – Materiais para cada opção definida	73
Tabela 8 – Escolha da opção A e B	73
Tabela 9 – Questionário aplicado	93

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Principais fontes de resíduos da construção civil	32
Gráfico 2 – Respostas à pergunta de número 1 do questionário	62
Gráfico 3 – Respostas à pergunta de número 2 do questionário	62
Gráfico 4 – Respostas à pergunta de número 3 do questionário	63
Gráfico 5 – Respostas à pergunta de número 4 do questionário	64
Gráfico 6 – Respostas à pergunta de número 5 do questionário	64
Gráfico 7 – Respostas à pergunta 01	94
Gráfico 8 – Respostas à pergunta 02	95
Gráfico 9 – Respostas à pergunta 03	95
Gráfico 10 – Respostas à pergunta 04	96
Gráfico 11 – Respostas à pergunta 05	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais conceitos da <i>Design Science</i>	24
Quadro 2 – Tipos de ciências	25
Quadro 3 – Etapas da condução da pesquisa e sua aplicação na pesquisa	26
Quadro 4 – Conceitos quanto ao aproveitamento de resíduos e materiais de construção	38
Quadro 5 – Classe e destino dos resíduos.....	44
Quadro 6 – Critérios para o desmonte e reciclagem de edifícios da construção civil.....	48
Quadro 7 – Guia para reutilização.....	49
Quadro 8 – Diretrizes para desmontagem de uma edificação	52
Quadro 9 – Requisitos dos usuários	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção Civil
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer – Aided design</i>
CG	Computação Gráfica
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DfD	<i>Design for Disassembly</i>
DS	<i>Design Science</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
ECO-92	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e o Desenvolvimento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MG	Minas Gerais
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUMA	Programa Nacional das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPD	Projeto para Desmontagem
PROAC	Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído
PSS	Plano de Segurança e Saúde
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos da Construção e Demolição
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UICN	União Internacional para a Conservação da Natureza
WCED	<i>World Commission on Environmental and Development</i>
WWF	<i>Worldwide Fund for Nature</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	16
1.2 JUSTIFICATIVAS	17
1.3 OBJETIVOS	18
1.3.1. Geral	18
1.3.2. Específicos	18
1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA	19
1.5 ESTRUTURA METODOLÓGICA	19
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2 METODOLOGIA.....	22
2.1 ESTRUTURA DA METODOLOGIA	22
2.2 <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH</i>	23
2.3 CONDUÇÃO DA PESQUISA BASEADA EM <i>DSR</i>	25
2.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO COMO PESQUISA EM <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH</i>	28
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	29
3.1 COLETA, REUSO E RECICLAGEM DE PRODUTOS E MATERIAIS	29
3.1.1 Resíduos e reciclagem: caracterização, impactos e benefícios ambientais	30
3.1.2 A reciclagem de resíduos e desenvolvimento sustentável.....	32
3.2 A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	35
3.2.1 Conceituação	37
3.3 CONSTRUÇÃO CIVIL E O PROJETO PARA DESMONTAGEM	39
3.3.1 Fatores que causam a demolição das construções	39
3.3.2 A importância da desmontagem	40
3.4 RECICLAGEM DE RESÍDUOS NO BRASIL.....	41
3.4.1 A construção civil no Brasil	42
3.5 A RESOLUÇÃO 307/2002 DO CONAMA.....	43
4 GUIAS PARA A DESMONTAGEM E REUTILIZAÇÃO.....	45
4.1 PRINCÍPIOS E MANUAIS INTERNACIONAIS DE PROJETO PARA DESMONTAGEM	45
4.1.1 Plano de Gestão, técnicas e ferramentas.....	45
4.2 PROJETO PARA DESMONTAGEM	47
4.2.1 Critérios para avaliação do potencial de desmonte e reciclagem relativo ao projeto.....	47

4.2.2 Guia para desmontagem e reutilização de materiais na construção civil	49
4.3 PROPOSTA PARA A ELABORAÇÃO DE DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESMONTAGEM SEGUNDO A REALIDADE BRASILEIRA E A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15.575	50
5 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS LIGADAS AO PROCESSO DE PROJETO	56
5.1 ESCOLHA DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL	57
5.2 REVISÃO DA FERRAMENTA <i>SKETCHUP</i> E SUAS EXTENSÕES.....	58
6 RESULTADOS E AVALIAÇÕES DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	61
6.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO E ESCOLHA DO PRODUTO A SER DESENVOLVIDO	61
6.1.1 Funcionamento do <i>Plug-in</i>	66
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS	85
APÊNDICE A	93
APÊNDICE B	101
APÊNDICE C	103

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as considerações iniciais sobre o tema tratado, assim como suas justificativas, objetivos, delimitação do tema, estrutura metodológica e estrutura do trabalho. A partir desses tópicos, torna-se possível o entendimento da condução da pesquisa resultante nesta dissertação.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A questão dos resíduos sólidos urbanos é um problema que exige uma atenção especial visto que aproximadamente 80% da população brasileira vive em áreas urbanas e, a cada dia, a produção de resíduos aumenta (QUINTELLA, 2017). Ante a perspectiva dos fortes impactos ambientais, consequentes do desenvolvimento tecnológico das últimas décadas, muitas estratégias vêm sendo pensadas para a minimização de danos e melhoria da qualidade de vida dos indivíduos. Um exemplo é o reuso ou reciclagem de materiais e produtos oriundos da construção de novos prédios ou suas reformas (LEITE, 2001). O público em geral – mídia, funcionários públicos e políticos – já está ciente dos danos que o meio ambiente vem sofrendo como resultado de nossas atividades cotidianas (ADDIS, 2010).

Toda intervenção feita pelo homem pode causar impactos ao meio ambiente, assim como, no meio social e econômico (SPADOTTO *et al.* 2011). A progressiva transformação do meio natural em meio urbano tem relação direta com a indústria da construção civil já que esse setor, segundo Barbosa e Almeida (2016), é o responsável por concretizar a construção de edificações. Segundo Corrêa (2009), a história do mundo mostra que a construção civil sempre existiu para atender às necessidades básicas e imediatas do homem, sem preocupação com a técnica aprimorada do serviço. O advento das cidades exigiu, assim, qualificações e técnicas mais apropriadas e vantajosas, na concepção de edifícios mais sustentáveis e com maior responsabilidade social (CORRÊA, 2009).

De acordo com Saraiva (2013), a redução de resíduos, a reciclagem, a reutilização de materiais e a manutenção das construções são fatores que interferem nos impactos ambientais e devem ser pensados desde as primeiras fases do processo de projeto, cuja etapa de concepção nos setores da Arquitetura, Engenharia e Construção Civil (AEC) é relevante, já que nessa fase são tomadas as decisões relacionadas à construção (SARAIVA, 2013). Segundo Nordby, Berge e Hestnes (2008), nessa etapa são analisadas as necessidades do

cliente, o entorno, os elementos estruturais, os aspectos culturais, históricos, econômicos, estéticos e sociais, além do impacto ambiental e seu conforto.

O conceito de projeto para desmontagem, surge da forma de pensar um projeto para seu desmonte, para reuso, remanufatura e reciclagem (GUY; SHELL, 2002). Esse conceito busca reduzir, de forma significativa, o impacto gerado pela construção civil, assim como o aumento de lucros relacionados com o ciclo de vida de uma construção (ROMEIRO FILHO *et al*, 2010). Na desconstrução, deve-se esperar um alto grau de refinamento para separar os materiais, tanto para o reuso quanto para a reciclagem, procurando reutilizar o material ou componente com uma função equivalente à que se usava na construção original (SARAIVA, BORGES, COLCHETE FILHO; 2012). Segundo Addis (2010), desconstrução é o processo de desmontar os componentes de uma edificação, causando menos danos possíveis, com a intenção de reutilizar alguns dos componentes após um processo de condicionamento ou reforma, incluindo a reciclagem dos materiais.

Esta pesquisa apresenta as necessidades observadas nas fases iniciais do processo de projeto, que se relacionam à seleção de materiais e métodos construtivos, assim como à criação de um procedimento que auxilie na desmontagem. O tema da pesquisa está em torno dos conceitos de Sustentabilidade na Construção Civil com ênfase nas construções brasileiras, introduzindo conceitos de coleta, reuso, reciclagem e desmontagem, abordando os benefícios desses recursos.

1.2 JUSTIFICATIVAS

Apesar de construção civil ter grande destaque no crescimento social e econômico, é também um dos responsáveis pelo impacto ambiental que atinge atualmente o planeta, uma vez que utiliza grandes volumes de recursos naturais como matéria-prima (MAIA e FONSECA, 2006). Conhecida como uma atividade ancestral, segundo Silva (2008), seu desenvolvimento acelerado e descontrolado das últimas décadas tem contribuído para um maior consumo ineficiente de materiais e matérias-primas, originando, dessa forma, a produção de resíduos em grande escala. Além do grande consumo dessa matéria-prima, incluindo energia e água, a construção civil gera resíduos e gases prejudiciais ao efeito estufa, sendo considerada vilã do meio ambiente (BARBOSA e ALMEIDA, 2016).

Alguns dos rejeitos produzidos, como restos de tijolo, argamassa, concreto e madeira, ficam na obra, porém, segundo dados da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil (ABRECON, 2015), 50% desses resíduos são desperdiçados no segmento. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos

Especiais (ABRELPE, 2014; 2015), o Brasil produz em média 31 milhões de toneladas de resíduos da construção civil (RCC) por ano (TERA, 2014).

Os impactos ambientais da construção civil não são pontuais (SPADOTTO *et al.*, 2011). Ao contrário, ocorrem em longo prazo, manifestando-se de várias maneiras: esgotamento de recursos naturais não renováveis; poluição do ar pelo processo de industrialização e transporte rodoviário; degradação da paisagem natural. Tudo isso agrava ainda mais a problemática quando grande parte desses rejeitos não recebe a destinação correta, sendo deixados clandestinamente em aterros baldios, em áreas de preservação permanente, em vias e logradouros públicos (TERA, 2014).

Embora no Brasil os impactos sejam em grande escala, ainda se prioriza a gestão corretiva, sendo incipiente o número de empresas de construção civil que priorizam a gestão de resíduos e que desenvolvem ações de forma planejada para evitar a geração desnecessária dos mesmos. No entanto, a criação e manutenção de parâmetros e procedimentos preventivos e eficientes são fundamentais (GEHBAUER, 2004).

A partir do exposto, o tema escolhido justifica-se pela possibilidade de criar diretrizes de auxílio para as etapas de projeto e/ou reforma, desenvolvendo técnicas que permitem transformar os resíduos das obras (restos de tijolo, argamassa, concreto, madeira, aço e outros materiais advindos da construção, reforma e ou demolição) em produtos reutilizáveis. Além disso, ele se justifica por colaborar para a divulgação da importância da reciclagem e do reuso de edificações e de seus componentes.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. Geral

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver uma ferramenta de projeto que permita ao profissional de arquitetura e engenharia a aplicação de diretrizes de projeto, facilitando-o no processo de desmontagem das edificações para reutilização e reaproveitamento de materiais.

1.3.2. Específicos

- Descrever possíveis procedimentos para desmontagem;
- Apresentar processos de reutilização e reaproveitamento de materiais;
- Levantar as principais ferramentas existentes no mercado brasileiro;

Criar diretrizes projetuais no âmbito arquitetônico que alimentam a criação de uma ferramenta computacional;

Desenvolver uma ferramenta de projeto: *plug-in*.

1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O presente trabalho baseou-se em pesquisas de âmbito nacional e internacional, analisando alguns princípios de projetos para desmontagem já existentes, identificando seus procedimentos e caracterizando os benefícios e impedimentos para o processo de desmonte, agregando, assim, soluções para a demanda do estudo.

Embasando-se no conceito de projeto para desmontagem, esta pesquisa apresenta alguns recortes, entre os quais o de caráter teórico e o metodológico. Quanto ao aspecto teórico, há uma revisão bibliográfica que auxilia na compreensão dos princípios de reutilização, desconstrução e reaproveitamento de materiais advindos da construção civil. Quanto ao aspecto metodológico, espera-se que o trabalho gere o conhecimento mais aprofundado do tema, possibilitando a criação de um processo que auxilie no método de desmontagem e gere uma ferramenta de auxílio aos principais envolvidos (arquitetos, engenheiros, etc.), além dos vinculados à área da construção civil.

Investigando o tema e os manuais de projeto para desmontagem disponíveis nos meios impresso e eletrônico, este trabalho tem por finalidade criar diretrizes para auxiliar profissionais da área (arquitetos, engenheiros e construtores), nas diversas etapas de uma obra de construção civil, pensando no meio ambiente e na população de forma geral.

1.5 ESTRUTURA METODOLÓGICA

Estruturada em 7 capítulos, esta dissertação é uma pesquisa de natureza aplicada seguindo modelos qualitativos, exploratórios e descritivos. Sua estrutura metodológica que será explicada, detalhadamente, no capítulo 2.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta pesquisa se baseia em duas etapas principais, sendo a primeira a base teórica sobre a construção civil e o projeto para desmontagem, em que é abordada a construção sustentável, a importância da desconstrução e da reciclagem, assim como guias para reutilização.

No segundo momento, além de serem abordados os resultados e as avaliações com diretrizes projetuais, há uma revisão sobre o programa *SketchUp*, acompanhada de explicação do protótipo (ferramenta em desenvolvimento, servindo de prova de conceito) criado para auxiliar essas diretrizes e para servir de objeto de estudo.

Quanto à estruturação dos capítulos (tabela 1):

O capítulo da introdução, além de tratar das considerações iniciais, justificativas, objetivos gerais e específicos, delimitando o tema e a estrutura do trabalho, fornece ao leitor uma visão geral sobre a pesquisa e as discussões dos capítulos seguintes.

No segundo capítulo explicita-se a estrutura metodológica da pesquisa, a escolha do método utilizado (DSR) bem como sua funcionalidade e principais características.

No capítulo três encontra-se a fundamentação teórica sobre as seguintes conceituações: projeto para desmontagem; construção sustentável; resíduos e reciclagem; efeitos das demolições de construções; importância da desmontagem. Além disso, esse capítulo tem a importância de introduzir o tema no Brasil, abordando e explicando especificamente a resolução por meio do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

No quarto capítulo, é introduzido um guia de desmontagem e reutilização, apresentando manuais internacionais de projeto assim como critérios de avaliação. Nesse guia, apresenta-se um quadro com diretrizes para desmontagem de uma edificação com base nas bibliografias existentes e na NBR15.575, as quais, posteriormente, vão fundamentar a criação da ferramenta computacional (prova de conceito), que serve de apoio ao processo de projeto.

No quinto capítulo, além de serem abordadas as ferramentas computacionais ligadas ao processo de projeto, é introduzido o desenvolvimento da ferramenta em estudo e possibilidades de extensões.

No capítulo seis, em que se encontram os resultados e as avaliações da fundamentação teórica, apresenta-se a criação do protótipo da ferramenta de projeto como um dos resultados da pesquisa, cujo objetivo é auxiliar os interessados no processo de desconstrução nos dias atuais.

No capítulo final, estão os resultados da ferramenta, com as considerações finais sobre as diretrizes propostas e sobre o desenvolvimento completo do protótipo criado, já com os respectivos algoritmos.

Tabela 1 – Estruturação da pesquisa

1. INTRODUÇÃO
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS
1.2 JUSTIFICATIVAS
1.3 OBJETIVOS
1.3.1 Geral
1.3.2 Específicos
1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA
1.5 ESTRUTURA METODOLÓGICA
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO
2 METODOLOGIA
2.1 ESTRUTURA DA METODOLOGIA
2.2 <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH</i>
2.3 CONDUÇÃO DA PESQUISA BASEADA EM <i>DSR</i>
2.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO COMO PESQUISA EM <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH</i>
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA
3.1 COLETA, REUSO E RECICLAGEM DE PRODUTOS E MATERIAIS
3.1.1 Resíduos e reciclagem: caracterização, impactos e benefícios ambientais
3.1.2 A reciclagem de resíduos e desenvolvimento sustentável
3.2 A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL
3.2.1 Conceituação
3.3 CONSTRUÇÃO CIVIL E O PROJETO PARA DESMONTAGEM
3.3.1 Fatores que causam a demolição das construções
3.3.2 A importância da desmontagem
3.4 RECICLAGEM DE RESÍDUOS NO BRASIL
3.4.1 A construção civil no Brasil
3.5 A RESOLUÇÃO 307/2002 DO CONAMA
4. GUIAS PARA A DESMONTAGEM E REUTILIZAÇÃO
4.1 PRINCÍPIOS E MANUAIS INTERNACIONAIS DE PROJETO PARA DESMONTAGEM
4.1.1 Plano de Gestão, técnicas e ferramentas
4.2 PROJETO PARA DESMONTAGEM
4.2.1 Critérios para avaliação do potencial de desmonte e reciclagem relativo ao projeto
4.2.2 Guia para desmontagem e reutilização de materiais na construção civil
4.3 PROPOSTA PARA A ELABORAÇÃO DE DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESMONTAGEM SEGUNDO A REALIDADE BRASILEIRA E A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15.575
5. FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS LIGADAS AO PROCESSO DE PROJETO
5.1 ESCOLHA DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL
5.2 REVISÃO DA FERRAMENTA <i>SKETCHUP</i> E SUAS EXTENSÕES
6. RESULTADOS E AVALIAÇÕES DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA
6.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO E ESCOLHA DO PRODUTO A SER DESENVOLVIDO
6.1.1 Funcionamento do <i>Plug in</i>
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS
REFERÊNCIAS
APÊNDICE A
APÊNDICE B
APÊNDICE C

Fonte: Autora.

2 METODOLOGIA

O método de trabalho define uma sequência de passos lógicos que o pesquisador vai seguir para alcançar seu objetivo, gerando conhecimento válido e cientificamente reconhecido como verdadeiro (MARCONI; LAKATOS, 2010). Os métodos de pesquisa consistem em um conjunto de regras e procedimentos, aceitos pela comunidade acadêmica, para a construção do conhecimento científico (ANDERY *et al.*; 2004). Segundo Benbasat e Weber (1996, p.392, *apud* Lacerda, 2013), “[...] os métodos de pesquisa moldam a linguagem que utilizamos para descrever o mundo, e a linguagem molda como nós pensamos sobre o mundo [...]”.

As áreas da engenharia e arquitetura, segundo Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), viram na *Design Science* (DS) uma importante contribuição epistemológica e metodológica para a condução de suas pesquisas. Nos anos de 2000, a DS passou a ser abordada por autores do ramo de gestão e organizações, no intuito de propor uma ciência capaz de auxiliar na condução das pesquisas da área.

Dada a necessidade de aplicação do conhecimento gerado em situações reais, de modo a diminuir a distância entre teoria e prática, esta dissertação se baseia em *Design Science* (DS) ou Ciência do Projeto, cuja finalidade, conceber um conhecimento sobre como projetar, e não apenas aplicá-lo (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JUNIOR, 2015), gerando um protótipo de apoio aos interessados no assunto

Este capítulo apresenta a estrutura metodológica do trabalho assim como conceitos da metodologia utilizada para a condução da pesquisa e suas justificativas de uso.

2.1 ESTRUTURA DA METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos, os 7 capítulos desta dissertação seguem um procedimento que possibilita uma pesquisa de natureza aplicada, cujo objetivo é de investigar, comprovar ou rejeitar hipóteses sugeridas pelos modelos teóricos, qualitativos, exploratórios e descritivos, conforme resumo elaborado na Tabela 2.

Tendo como público alvo profissionais vinculados à área da construção civil, como arquitetos, urbanistas, engenheiros e/ou projetistas, esta pesquisa contempla autores das áreas de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo. Para a obtenção dos dados relativos ao programa em questão, e consultas à norma de desempenho (NBR 15.575), foi consultado o CONAMA, órgão responsável pelo meio ambiente.

Tabela 2 – Classificação da pesquisa

Natureza da pesquisa	Abordagem do problema	Objetivos	Procedimentos
Aplicada	Qualitativa	Exploratória e Descritiva	Pesquisa bibliográfica e experimental

Fonte: Adaptado de Prodanov e Freitas, 2013.

O presente trabalho apresenta inicialmente, sobre seus temas centrais, uma revisão bibliográfica cujos autores discorrem sobre a importância da concepção do projeto, sobre as tomadas de decisão, sobre materiais e processos construtivos e projeto para desmontagem, questionando seus princípios, benefícios e dificuldades para a implementação.

As buscas foram realizadas em fontes nacionais e internacionais para melhor compreensão do cenário mundial e coleta de possíveis contribuições externas para o contexto brasileiro.

Num segundo momento, é feita uma revisão da metodologia para o processo de desmontagem já existente, procurando aprofundar o conhecimento sobre o tema. Todos os dados coletados durante a pesquisa foram analisados e disponibilizados por meio de uma ferramenta de auxílio no processo de desconstrução, desmontagem e reuso de componentes e materiais específicos. Isso cria possibilidade de expansão à medida que surgem novas ideias e informações com as novidades do mercado e contribuições de outros pesquisadores.

Após a fundamentação teórica, para aferir dos profissionais da área (arquitetos, engenheiros e/ou projetistas), aos quais esta pesquisa visa atender, a real demanda do tema, foi elaborado um questionário virtual (Apêndice A) aplicado aos alunos do programa de Pós-Graduação Strito Sensu – Mestrado em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora (PROAC – UFJF). Optou-se pelo questionário virtual em virtude da facilidade de acesso e de maior rapidez quanto aos resultados, auxiliando na estruturação da justificativa da pesquisa e na escolha da ferramenta para aplicação do conteúdo teórico.

2.2 DESIGN SCIENCE RESEARCH

Para compreender a *Design Science Research* (DSR), é preciso entender a origem da *Design Science* (DS), introduzida por Herbert Simon, na primeira edição de sua obra *As ciências do artificial*, em 1996. Tendo como principal missão desenvolver conhecimento para a concepção e o desenvolvimento de artefatos (VAN AKEN, 2004 *apud* LACERDA *et al.* 2013, p. 734), a DS

é a ciência que se ocupa do projeto. Seu objetivo é compreender o processo cognitivo através do qual foi elaborado o projeto (LE MOIGNE, 1994 *apud* DRESCH, LACERDA e ANTUNES JR, 2015), e não descobrir as leis naturais ou universais que expliquem certos comportamentos dos objetos estudados. Trata-se de uma ciência que procura desenvolver e projetar soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas e criar novos artefatos que contribuam para uma melhor atuação humana na sociedade ou nas organizações (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JUNIOR, 2015).

O Quadro 1 apresenta uma síntese dos principais conceitos da *Design Science*.

Quadro 1 – Principais conceitos da *Design Science*

CONCEITO DE <i>DESIGN SCIENCE</i>
Ciência que procura consolidar conhecimentos sobre o projeto e desenvolvimento de soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas e criar novos artefatos.
ARTEFATO
Algo que é construído pelo homem: interface entre o ambiente interno e o ambiente externo de um determinado sistema.
SOLUÇÕES SATISFATÓRIAS
Soluções suficientemente adequadas para o contexto em questão. As soluções devem ser viáveis, não necessariamente ótimas.
CLASSES DE PROBLEMAS
Organização que orienta a trajetória e o desenvolvimento do conhecimento no âmbito da <i>design science</i> .

Fonte: Adaptado de DRESCH, LACERDA e ANTUNES JUNIOR, 2015.

Simon (1996) distingue a ciência natural da artificial: enquanto a primeira refere-se a um conjunto de conhecimentos sobre uma classe de objetos e/ou fenômenos do mundo, suas características e como se comportam e interagem, a segunda consiste em saber como as coisas devem funcionar para atingir determinado objetivo. Desse modo, “ensinar o que se refere ao artificial: como criar e projetar artefatos que tenham as propriedades desejadas e alcancem objetivos definidos” tem sido uma tarefa das escolas de engenharia (SIMON, 1996 *apud* LACERDA *et al.*, 2013, p. 743).

O Quadro 2 explicita os tipos de ciência existentes e suas diversas características.

Lacerda *et al.* (2013) estabelecem as seguintes definições: a DS é a base da teoria do conhecimento, cuja finalidade é conceber uma ideia sobre como projetar; já a DSR é o método cujo objetivo é estudar, pesquisar e investigar o artificial e seu comportamento, tanto do ponto de vista acadêmico, quanto organizacional.

Quadro 2 – Tipos de ciências

TIPOS DE CIÊNCIAS		
Ciência do Natural	Ciência do Artificial	Ciência do Projeto
Com o objetivo de explorar, descrever, explicar e prever, ela estuda os fenômenos complexos do mundo tanto naturais, como na física, química e biologia, quanto sociais, como na economia e sociologia.	Com o objetivo de explorar, descrever, explicar e prever, ela estuda os artefatos que realizam objetivos na antropologia, economia, política, sociologia e história.	Com o objetivo de prescrever, a pesquisa está orientada para resolver problemas com o desenvolvimento de conhecimento para a concepção de artefatos na medicina, engenharia e gestão.

Fonte: Adaptado de DRESCH, LACERDA e ANTUNES JUNIOR, 2015.

2.3 CONDUÇÃO DA PESQUISA BASEADA EM DSR

Até a década de 1990, não havia método formalizado para o desenvolvimento de pesquisas de projeto, sendo Takeda *et al.* (1990) os responsáveis pela primeira tentativa de formalização do método, com uma visão técnica e operacional. Criaram o *Design Cycle*, cujo objetivo era construir um modelo computacional para apoiar o desenvolvimento de sistemas inteligentes dos desenhos em CAD (*Computer – Aided Design*). O *Design Cycle* serviu de base para os estudos de March e Smith (1995) e Vaishnavi e Kuechler (2004) auxiliando o desenvolvimento do *Design Science Research*. De acordo com Takeda *et al.* (1990), a condução da pesquisa fundamentada em DS é dividida em cinco etapas, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Modelo simplificado para condução da pesquisa



Fonte: Adaptado de TAKEDA *et al.* (1990).

O Quadro 3 apresenta cada uma dessas etapas da condução da pesquisa e exemplifica-as. Para a condução da pesquisa fundamentada em DS, é importante a definição de alguns conceitos, entre os quais o de artefatos, que são produtos da DSR e consistem na “organização dos componentes do ambiente interno para atingir objetivos em um determinado ambiente externo” (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JUNIOR, 2015, p. 57). Assim sendo, quando o objetivo a ser alcançado é um artefato ou uma prescrição, a DSR é o método que fundamenta e operacionaliza a condução da pesquisa.

Como método de pesquisa orientado, a DSR busca, a partir do entendimento do problema, construir e avaliar artefatos que permitam transformar situações, alterando suas condições para estados melhores ou desejáveis. Tendo como função diminuir o distanciamento entre teoria e prática, a partir das necessidades organizacionais observadas, a DSR pode sustentar o desenvolvimento e a construção de artefatos, contribuindo, assim, para fortalecer a base de conhecimentos existentes (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JUNIOR, 2015).

Quadro 3 – Etapas da condução da pesquisa e sua aplicação na pesquisa

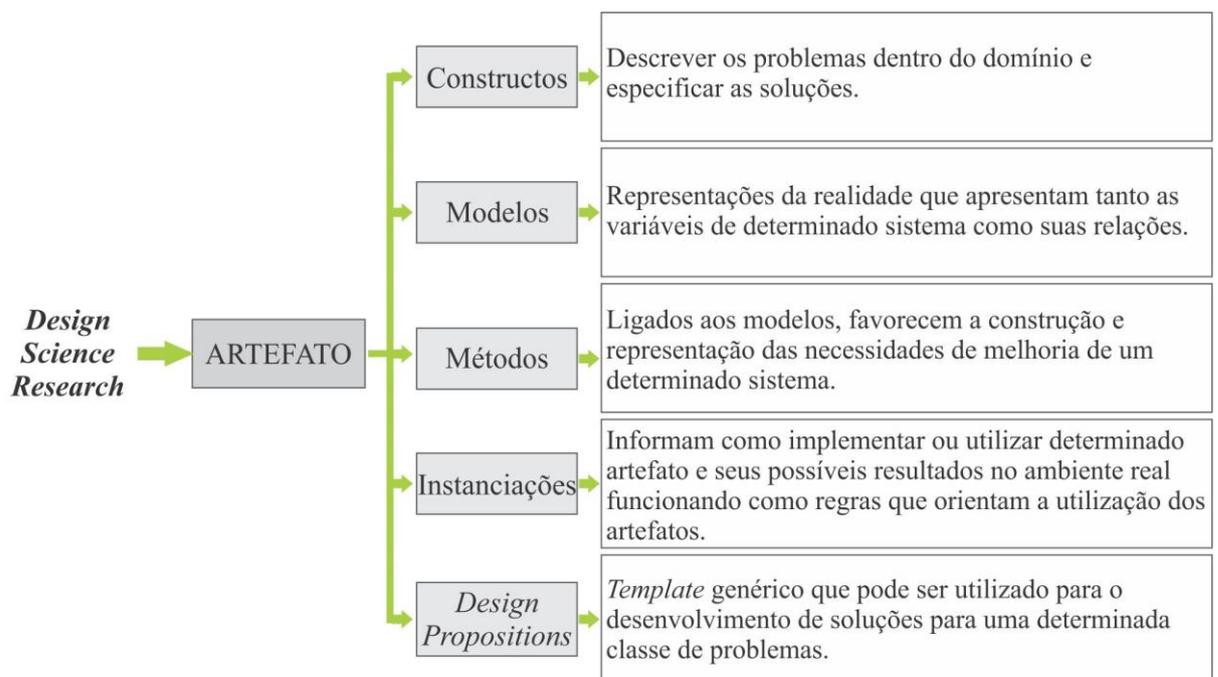
ETAPAS DA CONDUÇÃO DA PESQUISA	ABORDAGEM SEGUNDO DSR	APLICAÇÃO NA PESQUISA
CONSCIENTIZAÇÃO	Pensamento sistêmico;	A construção civil é uma das responsáveis pelo grande impacto ambiental que ocorre atualmente no planeta;
	Formalização do problema e das fronteiras do ambiente externo;	
	Definição das soluções satisfatórias necessárias	Grande consumo de matéria prima e geração exacerbada de resíduos.
SUGESTÃO	Propostas de conceitos de auxílio na resolução do problema;	Desenvolvimento de uma ferramenta de projeto que permita ao profissional, aplicação de diretrizes de projeto que facilitem no processo de desmontagem das edificações para reutilização e reaproveitamento de materiais.
DESENVOLVIMENTO	Formulação de possíveis soluções para o problema;	Finalidade de aplicação na etapa de projeto e/ou reforma a criação de diretrizes de auxílio;
	Uso de conceitos chave definidos na etapa precedente.	Desenvolvimento de técnicas que possam transformar os resíduos das obras em produtos que possam ser reutilizados.
AVALIAÇÃO	Análise do objeto desenvolvido em 5 formas distintas:	Análise do objeto desenvolvido em 5 formas distintas:
	<i>Observacional:</i> feita com o auxílio de elementos do estudo de caso e estudo de campo verificando-se o comportamento do produto no ambiente real sem interferência do pesquisador;	<i>Observacional:</i> entrevista realizada com alunos do programa de pós-graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora;
	<i>Analítica:</i> análise do desempenho do produto e possibilidades de melhora para o sistema inserido;	<i>Analítica:</i> análise do desempenho do protótipo em desenvolvido, assim como falhas e erros em laboratório;

	<i>Experimental</i> : simulação do produto a partir de modelos físicos ou virtuais;	<i>Experimental</i> : pré-teste realizado com alunos do programa de pós-graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora;
	<i>Teste</i> : avaliação estrutural e funcional do produto, confirmando se o mesmo atende os parâmetros do usuário;	<i>Teste</i> : a ser desenvolvido;
	<i>Descritiva</i> : utilização de argumentos da literatura demonstrando a utilidade do artefato.	<i>Descritiva</i> : utilização de literaturas de âmbito nacional e internacional.
CONCLUSÃO	Definição de qual desenvolvimento obteve melhor resultado diante do problema.	Motivo da escolha da ferramenta <i>SketchUp</i> ;
		Espera-se que o <i>plug-in</i> seja inovador e complemente o trabalho do arquiteto, engenheiro e/ou projetista no processo de desmontagem das edificações, auxiliando a reutilização e reaproveitamento de materiais;

Fonte: Autora, Adaptado de TAKEDA *et al.* (1990) e DRESCH, LACERDA e ANTUNES JUNIOR, 2015.

As tipologias dos produtos da DSR podem ser visualizadas na Figura 2. Segundo Simon (1996 *apud* LACERDA *et al.*, 2013), os artefatos em geral são discutidos, particularmente, durante a concepção, tanto em termos imperativos (relacionados às questões normativas que envolvem sua construção e aplicação) como descritivos (referentes à comunicação e ao detalhamento de seus principais componentes e informações).

Figura 2 – Tipologias de artefatos



Fonte: Adaptado de DRESCH; LACERDA e ANTUNES JUNIOR, 2015.

2.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO COMO PESQUISA EM *DESIGN SCIENCE RESEARCH*

Para a condução desta pesquisa, foi utilizado o método DSR, consistindo na conscientização, na sugestão, no desenvolvimento, na avaliação e na conclusão, como visto anteriormente.

A conscientização e sugestão da pesquisa são realizadas nos capítulos três e quatro: o três é responsável por informações sobre coleta e reuso de materiais da construção civil, sobre construção sustentável e projeto para desconstrução e sobre reciclagem de resíduos no Brasil; no capítulo quatro, são avaliados os guias para desmontagem e reutilização, propondo-se um quadro com diretrizes para desmontagem de uma edificação, o qual, posteriormente, serve de auxílio para a criação de um protótipo de um programa de modelagem computacional.

A fase de desenvolvimento e da avaliação concentra-se no capítulo cinco: primeiramente, é feita uma abordagem a respeito das ferramentas computacionais ligadas ao processo de projeto; num segundo momento, com auxílio de entrevista *online*, busca-se mostrar se as diretrizes encontradas durante o desdobramento são eficientes ou não. Por razões de teste de refinamento, o questionário aplicado nessa fase da pesquisa foi realizado com alunos do mestrado em ambiente construído da Universidade Federal de Juiz de Fora (Juiz de Fora, MG). A avaliação do artefato em andamento, está ligada à aplicabilidade da ferramenta, de modo que a pesquisa de campo sugere a tendência da melhor ferramenta para o modelo atual.

A etapa da conclusão da ferramenta ainda está em aberto, já que os estudos e a ferramenta em desenvolvimento não foram finalizados nem aplicados para testes externos ao laboratório de pesquisa. No entanto, por se tratar de uma prova de conceito, ela atingiu os objetivos propostos: como todos os algoritmos foram criados no decorrer da pesquisa, há comprovação de que a ferramenta pode ser desenvolvida.

Integrando a ferramenta ao processo estudado, o conhecimento gerado pela pesquisa agrega valor ao conhecimento teórico. Conforme será verificado no capítulo seis, o objetivo da pesquisa e a formulação de procedimentos para desmontagem permitem ao profissional de arquitetura e engenharia o desenvolvimento de um protótipo de ferramenta computacional de projeto na aplicação de diretrizes para criação de um procedimento que auxilie a montagem e desmontagem de edificações.

Nas considerações finais, confirma-se a importância das diretrizes do conceito de projeto para desmontagem e reutilização de materiais advindos dos processos construtivos. Espera-se o aperfeiçoamento do processo de projeto juntamente com a melhoria na geração de ambientes construídos em torno da sustentabilidade e da reutilização. Nesse sentido, o aprimoramento do protótipo desenvolvido aponta para a continuidade da pesquisa.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 COLETA, REUSO E RECICLAGEM DE PRODUTOS E MATERIAIS

O desenvolvimento econômico, o crescimento populacional, a urbanização e a revolução tecnológica, vêm sendo acompanhados por alterações no estilo de vida e nos modos de produção e consumo da população (GOUVEIA, 2012).

O setor da construção civil é grande consumidor de matérias-primas, gerando considerável desperdício, sendo importante procurar alternativas para a demolição e averiguar a possibilidade de meios para facilitar a reciclagem e o reuso dos materiais utilizados (MATTARAIA; MARTINS; FABRÍCIO, 2016).

A reciclagem de resíduos pela indústria da construção civil vem consolidando-se como uma prática importante para a sustentabilidade, seja atenuando o impacto ambiental gerado pelo setor, seja reduzindo os custos que são gerados no decorrer do processo construtivo (ÂNGULO, ZORDAN, JOHN; 2001). A questão dos resíduos sólidos urbanos é um problema que exige uma atenção especial nas metrópoles brasileiras (QUINTELLA, 2017). Existem três motivos principais pelos quais o reaproveitamento e a reciclagem de produtos e materiais de construção civil são hoje uma realidade, podendo apresentar maior crescimento nos próximos anos conforme Addis (2010): reduzir o impacto ambiental causado pela construção civil; trazer benefícios aos projetos de construção, como a obtenção de alvarás de construção e redução de custos e melhorar a reputação dos profissionais envolvidos com esse setor.

É necessário que se esteja atento a redução do impacto ambiental desde a fase de concepção de um projeto, escolhendo o material a ser utilizado tendo em vista a preocupação com o reuso e a reciclagem (SARAIVA, BORGES, COCHETE FILHO; 2012). O principal motivo para o reuso ou reciclagem de materiais e produtos, segundo Berge (2009) é reduzir o impacto que a sociedade causa no meio ambiente em que vivemos. Ainda segundo o autor, o impacto gera esgotamento dos recursos naturais não renováveis, tanto de combustíveis minerais como fósseis, poluição do ar pelo processo de industrialização e transporte rodoviário, quanto degradando a paisagem natural.

Segundo Addis (2010), a coleta, o reuso e a reciclagem de produtos e materiais usados, podem beneficiar os contratantes ou as construtoras, já que acrescentam valor ao projeto, embora nem todos os projetos possam ter esse tipo de aplicação. Os principais obstáculos para o reaproveitamento e a reciclagem são, segundo Addis (2010), a falta de familiaridade com o assunto e não saber o que se pode ou não fazer com tal material.

3.1.1 Resíduos e reciclagem: caracterização, impactos e benefícios ambientais

A construção civil é um dos setores que mais cresce no mundo, sendo reconhecida como uma importante atividade para o desenvolvimento econômico e social (HALMEMAN; SOUZA; CASARIN, 2009).

Nos deparamos nos dias atuais com a contínua geração de grandes quantidades de resíduos gerados pelo setor. Nas últimas décadas, o processo de urbanização vem crescendo em um ritmo acelerado, sejam em obras para demolição, reformas, reparos, escavações de terrenos ou construções novas (FRAGMAQ, 2014). Em paralelo com este crescimento, está, segundo Fragmaq (2014), a quantidade de resíduos gerados, que tomam cada vez mais proporções alarmantes.

A questão ambiental na atividade da construção civil, segundo Lima e Cabral (2013), ganhou relevância nos últimos anos, assim como a preocupação com a escassez de recursos naturais, os impactos causados ao meio ambiente e a geração e deposição inadequada de resíduos. Eles causam efeitos irreversíveis ao meio ambiente e têm levado a um novo conceito de construção sustentável, baseado na prevenção e redução de resíduos sólidos com a utilização de tecnologias limpas e materiais recicláveis e reutilizáveis (VAZQUEZ, 2001).

Segundo a resolução 307/2002 do Conama, resíduos de construção Civil são:

Provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, dentre outros, comumente chamados de entulhos de obra, calça ou metralha (CONAMA, 2002).

A reciclagem de resíduos, assim como qualquer atividade humana, também pode causar impactos ao meio ambiente. Muitas vezes, os resíduos da construção civil (RCC) são destinados de forma inadequada, depositados em terrenos baldios, vias públicas ou em áreas de preservação ambiental, causando grandes impactos para o meio ambiente e a qualidade de vida da população (FRAGMAQ, 2014). Sua reciclagem é uma alternativa para economizar os recursos naturais utilizados como matéria prima na construção civil, além da possibilidade de redução nos custos de construção e do volume final dos resíduos a serem dispostos (LIMA; CABRAL, 2012).

Existem variáveis como o tipo de resíduos, a tecnologia empregada e a utilização proposta para o material reciclado que podem tornar o processo de reciclagem mais impactante do que o próprio resíduo em si (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001), sendo assim, o processo de reciclagem acarreta riscos ambientais que necessitam ser adequadamente gerenciados.

A reciclagem é o processo de conversão de desperdício em materiais ou produtos de potencial utilidade onde, esse processo, permite reduzir o consumo de matérias primas, de utilização de energia e a poluição do ar e da água, ao reduzir também a necessidade de tratamento convencional de lixo e a emissão de gases do efeito estufa (RECICLAGEM, 2017).

No modelo atual de produção, segundo Ângulo, Zordan e John (2001), os resíduos são gerados para bens de consumo duráveis como os edifícios, pontes e estradas e não-duráveis como embalagens e descartáveis. Segundo os autores, neste processo, a produção quase sempre utiliza matérias-primas não-renováveis de origem natural.

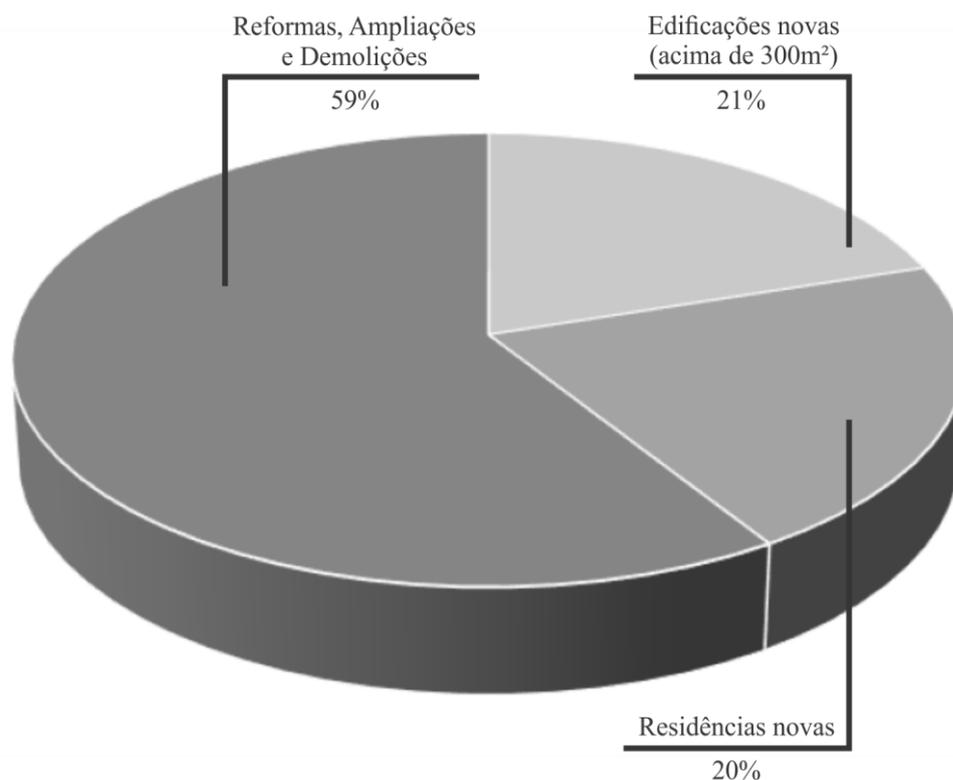
Segundo Ângulo, Zordan e John (2001), o processo de reciclagem necessita de energia para transformar o produto ou tratá-lo de forma que o mesmo se torne apropriado para voltar à cadeia produtiva. A transformação de materiais recicláveis em materiais reciclados implica em processos industriais que devem ser otimizados de forma a se obter produtos com cada vez mais qualidade e com menor desperdício possível. Uma das primeiras etapas importantes para estudo de alternativas que visem a reciclagem dos RCC é a sua caracterização, tanto na forma bruta quanto reciclada (CARNEIRO; BRUM; CASSA, 2001).

Com a intensa industrialização e o advento de novas tecnologias, assim como o crescimento populacional e aumento de pessoas vivendo em centros urbanos, houve a diversificação do consumo de bens e serviços transformando assim, os resíduos, em graves problemas urbanos nos quais acarretam em um gerenciamento oneroso e complexo considerando o volume e massa acumulados no decorrer dos anos (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001).

Nos últimos anos, a construção civil tem aumentado significativamente sua quantidade de resíduos sólidos gerados, principalmente nos grandes municípios, contribuindo para o agravamento dos problemas ambientais e sociais (MAIA et al, 2009). Essa grande quantidade de resíduos gerados, provém de diversas fontes, mas principalmente das obras de intervenção como reformas, ampliações e demolições, conforme gráfico 1, a seguir.

Sabe-se que, ações isoladas, não irão solucionar os problemas advindos dos resíduos e que, a indústria, deve tentar fechar seu ciclo produtivo de tal forma que minimize a saída de resíduos e a entrada de matéria-prima não renovável (DORSTHORST; HENDRIKS, 2000). A possibilidade de utilização de um resíduo deve ser avaliada tanto pelas características técnicas que se deseja, quanto pelos possíveis impactos ambientais que possa causar (SILVA; ARNOSTI Jr., 2007).

Gráfico 1 – Principais fontes de resíduos da construção civil



Fonte: Adaptado de Maia. *Et al.*, 2009.

Embora a redução na geração de resíduos seja sempre uma ação necessária, ela é limitada, uma vez que, existindo impurezas na matéria-prima, há o envolvimento de custos e patamares de desenvolvimento tecnológico (SOUZA *et al.*, 1999; JOHN, 2000).

3.1.2 A reciclagem de resíduos e desenvolvimento sustentável

A reciclagem traz inúmeras vantagens ambientais, econômicas e sociais (NUNO, 2011). Segundo Nuno (2011), no meio ambiente, a reciclagem reduz a acumulação progressiva de lixo. Em seu aspecto econômico, a reciclagem contribui para a utilização mais racional dos recursos naturais e reposição daqueles recursos que são passíveis de serem utilizados. No âmbito social, ela proporciona qualidade de vida às pessoas através da melhoria ambiental, além de gerar postos de trabalho na área.

Como qualquer outra atividade, a reciclagem, pode gerar resíduos cujas características vão depender do tipo de reciclagem estabelecida (ÂNGULO; ZORDAN; JOHN, 2001). Segundo os autores, é importante ter em mente que, dependendo de sua periculosidade e complexidade, esses rejeitos podem causar novos problemas, como, por exemplo, a impossibilidade de serem reciclados, a falta de tecnologia para seu tratamento, falta de local de

disposição, assim como o custo de todos esses serviços serem elevados e inviabilizarem o processo.

A adoção de tecnologias para reaproveitamento e reciclagem dos resíduos da construção civil vem ganhando espaço, visando redução dos custos e atendimento às legislações, através da lei federal da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) Lei número 12.305, aprovada em 2013. Lei esta, que tornam as empresas mais responsáveis pelo destino ambientalmente correto e adequado dos resíduos produzidos em seus processos produtivos, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública, além de minimizar impactos ambientais (FRAGMAQ, 2014).

A expressão “desenvolvimento sustentável” teve sua origem entre as décadas de 1970 e 1980 devido ao aumento das preocupações ambientais oriundas de uma série de discussões e publicações chave (GOUVINHAS, ROMEIRO FILHO, 2010). Segundo Gouvinhas e Romeiro Filho (2010), a superexploração dos recursos naturais, levaria o planeta a um esgotamento de recursos. Em 1987, o conceito de “desenvolvimento sustentável” foi apresentado pela *World Commission on Environmental Development* (WCED), na Assembleia Geral das Nações Unidas, como sendo, o desenvolvimento que atende as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações de encontrar suas próprias necessidades (UNITED NATIONS, 2008).

Durante a década de 80, o termo desenvolvimento sustentável passou a ser difundido globalmente. Esse fato ocorreu quando, a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), apresentou o documento *Estratégia de Conservação Ambiental*, o qual tinha como objetivo, alcançar o desenvolvimento sustentável através da conservação dos recursos vivos (BARONI, 1992).

Segundo WWF (2018), para que o desenvolvimento sustentável seja alcançado, é necessário, um planejamento e reconhecimento de que os recursos naturais são finitos. O desenvolvimento sustentável sugere qualidade em vez de quantidade, com a redução do uso de matérias-primas e produtos e aumento da reutilização e da reciclagem (WWF, 2018).

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), tenta popularizar o conceito de desenvolvimento sustentável através da apresentação de seus princípios e conteúdos. Segundo Baroni (1992), são eles:

- Ajuda para os muitos pobres, porque eles não têm opção, a não ser destruir o meio ambiente;
- A ideia do desenvolvimento autossustentado, dentro dos limites dos recursos naturais;
- A ideia do desenvolvimento com custo real, usando critérios econômicos não tradicionais;
- A noção de necessidade de iniciativas centradas nas pessoas.

A conferência de Ottawa, de 1986, através de seus patrocinadores PNUMA e WWF (Worldwide Fund for Nature), estabelece que o desenvolvimento sustentável busca responder a cinco requisitos, segundo Baroni (1992):

- Integração da conservação e do desenvolvimento;
- Satisfação das necessidades básicas humanas;
- Alcance de equidade e justiça social;
- Provisão da autodeterminação social e da diversidade cultural;
- Manutenção da integração ecológica.

Num último momento, segundo Baroni (1992), a definição de desenvolvimento sustentável adotado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED) é dada como: “desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer as habilidades das futuras gerações de satisfazerem suas necessidades”.

O reaproveitamento dos resíduos da construção civil pode ser feito dentro ou fora dos canteiros de obras, onde materiais como argamassa, concreto, material cerâmico, madeira, vidro e componentes de vedações, que possuem alto poder de reciclagem, são submetidos à trituração (FRAGMAQ, 2014). A reutilização e reciclagem dos resíduos da obra, como a matéria-prima, traz inúmeros benefícios econômicos e ambientais, pois, minimizam a extração de recursos naturais, além de reduzirem os níveis de poluição atmosféricas elevados em função da extração, processamento e transporte (FRAGMAQ, 2014).

Considerando que os problemas gerados pelo gerenciamento inadequado do entulho, ou ausência de planejamento, apresentam impactos negativos à sociedade, ao meio ambiente e às indústrias de modo geral, Fragmaq (2014), afirma que, a reciclagem e reutilização desses resíduos, são o melhor caminho para o desenvolvimento sustentável, tão almejado nos dias atuais. A seguir, a figura 3 demonstra, através de um esquema, como funciona o Plano Nacional de Resíduos Sólidos desde sua matéria prima, até sua ida para a reciclagem, compostagem, incineração, aterro ou lixão.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, criada pela Lei nº 13.305, de 2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 2010, criou, como um dos seus principais instrumentos, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Ela contém instrumentos importantes para permitir avanço necessário ao país para o enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

Figura 3 – Plano Nacional de resíduos sólidos



Fonte: Adaptado de REDAÇÃO, 2013

A PNRS, prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta, a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (que tenha valor econômico e possa ser reciclado ou reaproveitado) e, a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (que não possa ser reciclada ou reutilizada) (BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

3.2 A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

O tema da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável se tornou cada vez mais discutido a partir da primeira Revolução Industrial na Inglaterra. Sustentabilidade, segundo Elkington (1998), é o princípio que assegura que nossas ações de hoje, não devam se limitar ao alcance das opções econômica, social e ambiental, perante as futuras gerações, ou seja, que o

futuro das próximas gerações, não sejam comprometidas com atividades humanas exercidas com finalidades de suprirem suas necessidades atuais.

A história da humanidade se caracteriza pela modificação do ambiente natural com a finalidade de adaptá-lo às suas necessidades, anseios e busca por condições seguras de se abrigar das intempéries ambientais (MAIA; et. Al, 2009). O crescente interesse mundial pelas questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável e a conscientização sobre as mesmas, inseriram a Indústria da Construção Civil em um patamar de grande destaque (BARBOSA; ALMEIDA, 2016). Com o desenvolvimento constante, a indústria da construção civil vem gerando resíduos sem se preocupar com a destinação adequada, surgindo a necessidade de se entender o conceito de sustentabilidade.

Sustentabilidade é um termo que define as ações e atividades humanas que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos sem comprometer o futuro das próximas gerações Baroni (1992). É um tema cada vez mais discutido e vem sendo adotado por muitas empresas em seu mercado de atuação frente aos problemas sociais e ambientais que enfrentamos em nosso planeta (GARCIA, 2009).

O tema da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável se tornou mais discutido a partir da primeira Revolução Industrial, na Inglaterra. Desde a ECO-92, uma Reunião de Cúpula da Terra, o conceito tem sido desenvolvido, sendo base de elaboração de um amplo planejamento. Antes, o foco era o meio ambiente e hoje, a sustentabilidade também está inserida no contexto social, empresarial, cultural e econômico (BATISTA, 2017). Ainda segundo Batista (2017), os especialistas provaram que a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade são aliadas e caminham juntas. As organizações começaram a se preocupar cada vez mais para que algo seja mudado visando preservar o meio ambiente, e essa preocupação, deve vir das empresas e da sociedade juntamente com o governo (GARCIA, 2009).

As primeiras adaptações empresariais em prol da sustentabilidade aconteceram nos anos 90 e, ao longo do tempo, foram se aperfeiçoando, sendo que novas empresas também foram aderindo à causa (BATISTA, 2017). Inicialmente as medidas tomadas se baseavam em reduzir o consumo de água e outros insumos, redefinir a estrutura de produção e investir em equipamentos capazes de consumir menos energia que o normal (BATISTA, 2017).

Com o crescente crescimento da população urbana, as cidades se tornaram responsáveis por quase metade do consumo dos recursos naturais, da energia e emissão de poluentes (MOTTA; AGUILAR, 2009), e a construção civil é considerada o setor que mais consome material sendo, a sociedade, uma das maiores fontes de impacto ambiental (SÁ, 2008). A construção sustentável, segundo Nuno (2011), é a resposta da indústria da construção civil à necessidade de sustentabilidade no planeta. Ainda segundo o autor, a construção sustentável

procura seguir as premissas do desenvolvimento sustentável de forma a não esgotar os recursos planetários, desenvolvendo assim, métodos ambientalmente corretos de produção e consumo, garantindo a sobrevivência dos ecossistemas.

A construção sustentável, baseia-se em alguns pilares, conforme figura 4, abaixo:

Figura 4 – Diagrama da construção sustentável



Fonte: Adaptado de ALMEIDA; BRAGANÇA; MATEUS, 2008.

3.2.1 Conceituação

De forma geral, os Resíduos Sólidos da Construção Civil, são vistos como resíduos de baixa periculosidade, onde seu grande volume gerado é quem causa maior impacto ambiental (MACHADO, 2015). Ainda segundo Machado (2015), a disposição irregular desses resíduos pode gerar problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública.

É importante antes de mais nada, a exposição de alguns conceitos que são apresentados, visando um melhor enquadramento quanto ao aproveitamento de resíduos e materiais de construção, conforme ilustra o esquema da figura 5. O quadro 4baixo, mostra cada um deles dentro de sua importância para o trabalho em questão.

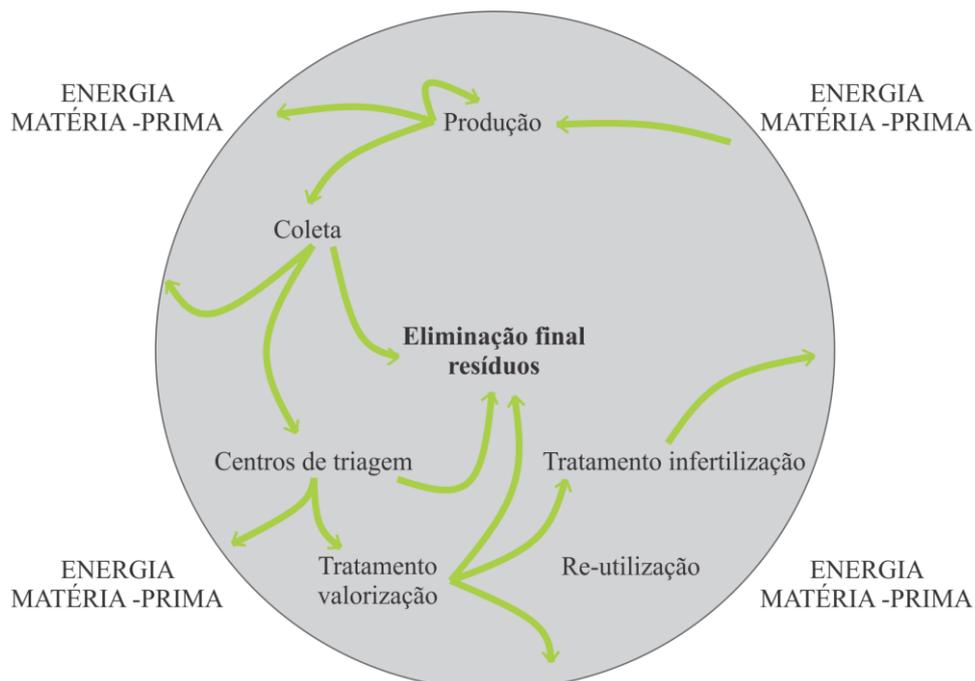
Quadro 4 – Conceitos quanto ao aproveitamento de resíduos e materiais de construção

	CONCEITOS	EXEMPLOS
RECUPERAÇÃO	Retirada do resíduo do seu circuito tradicional de coleta e tratamento.	Recuperação do PET, papéis do sistema de coleta formal destinados em aterros controlados.
VALORIZAÇÃO	Dar valor comercial a um determinado resíduo.	Utilização de vidros para a produção de solifatos e vitrocerâmicos.
VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA	Utilização do poder calorífico dos resíduos.	Madeiras destinadas à queima em caldeiras, incorporação de lodo em matrizes para redução de queima, visando a eficiência energética.
RECICLAGEM	Introdução do resíduo no seu ciclo de produção em substituição total ou parcial de uma matéria prima.	Areia industrial oriunda do processo de extração em pedreiras, reciclagem do resíduo de construção no concreto.
REEMPREGO	Novo emprego de um resíduo para o uso análogo ao seu primeiro ciclo de produção.	Incorporação de argamassas ainda no estado fresco reprocessados para a produção de uma nova argamassa, uso de água de lavagem de caminhões betoneiras na produção de concretos.
REUTILIZAÇÃO	Aproveitamento de um resíduo uma ou mais vezes na sua forma original.	Reutilização da areia de fundição nos moldes

Fonte: Adaptado de ROCHA e CHERIAF, 2003.

Nesse sentido, o setor de Resíduos Sólidos da Construção Civil se depara com o grande desafio de conciliar sua atividade produtiva e lucrativa com o desenvolvimento sustentável consciente (MACHADO, 2015).

Figura 5 – Reciclagem



Fonte: Adaptado de ROCHA e CHERIAF, 2003.

3.3 CONSTRUÇÃO CIVIL E O PROJETO PARA DESMONTAGEM

A humanidade vem enfrentando problemas ambientais extremamente complexos que exigem soluções corretivas severas. O desenvolvimento tecnológico das últimas décadas pode ser tratado como um dos grandes responsáveis por esse impacto. Observa-se com a industrialização o crescimento populacional e aumento de pessoas nos centros urbanos, além da, diversificação do consumo de bens e serviços, onde os resíduos gerados se transformam em grandes problemas, já que, acumulam volumes exorbitantes.

Segundo Corrêa (2009), a história do mundo mostra que a construção civil existiu para atender as necessidades básicas e imediatas do homem sem preocupação com a técnica aprimorada no momento inicial. A indústria da Construção Civil é um dos setores mais importantes para a economia. Seu desenvolvimento e sua capacidade de produção estão relacionados diretamente com o crescimento desse setor no país (FIRJAN, 2014). Ela é um importante segmento da indústria, tida como um importante indicativo de crescimento econômico e social (MACHADO, 2015). Nos últimos 10 anos o segmento passou por um significativo processo de expansão no Brasil, com o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do setor superando o do país (FIRJAN, 2014).

Segundo levantamento bibliográfico de Leite (2001), os valores de geração de resíduos na área da construção civil são assustadores e, por si só, já constituem motivo suficiente para que sejam tomadas medidas sérias e rápidas para conter o avanço do problema. Por ser uma atividade geradora de impactos ambientais, seus resíduos apresentam um grande problema a ser administrado (MACHADO, 2015).

Com a construção das cidades, houve a necessidade de qualificação e técnicas mais apropriadas e vantajosas para que os edifícios fossem erguidos de forma mais sustentável. Segundo Corrêa (2009), é urgente a identificação das características técnicas que propiciem a execução de um edifício ecologicamente correto, tais como, o condicionamento de ar, posicionamento de fechada, destinação dos resíduos sólidos, reuso de água, entre outros. As características de uma construção sustentável interferem diretamente na relação do homem com o meio ambiente e as questões relativas a esse processo construtivo podem ser minimizadas quando resolve-se investir em um planejamento adequado.

3.3.1 Fatores que causam a demolição das construções

Nos últimos anos, verifica-se um risco de esgotamento de recursos naturais e a necessidade de encontrar novos materiais e técnicas construtivas (NUNO, 2011). A desconstrução de um edifício é um processo que se caracteriza pelo seu desmantelamento cuidadoso, de modo

que, possibilite a recuperação de materiais e componentes da construção, promovendo dessa forma sua reutilização e reciclagem (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006).

Dentro da temática de sustentabilidade, encontra-se a reciclagem, que consiste, no reaproveitamento de materiais usando-os como matéria prima de um novo produto (NUNO, 2011). Ainda segundo Nuno (2011), para que não haja uma quantidade enorme de resíduos desperdiçados na construção civil, o reaproveitamento deve ser a solução para a produção de novos materiais, poupando assim, os recursos naturais do planeta.

3.3.2 A importância da desmontagem

O processo de desmontagem é uma técnica utilizada na demolição de edifícios, com grandes probabilidades de crescimento. Segundo Nuno (2011), trata-se de uma demolição seletiva de um edifício, que consiste no desmantelamento cuidadoso, possibilitando a recuperação de materiais, promovendo sua reutilização e reciclagem. Nuno (2011), afirma que, a desmontagem proporciona a valorização e reutilização de materiais de construção, que muitas vezes são tratados como resíduos sem valor e depositados em locais não autorizados.

A desmontagem, segundo Couto, Couto e Teixeira (2006), permite a valorização de resíduos garantindo que seja cumprido de forma mais eficaz a hierarquia de valorização dos resíduos aplicada à indústria da construção, sendo assim, sua principal vantagem.

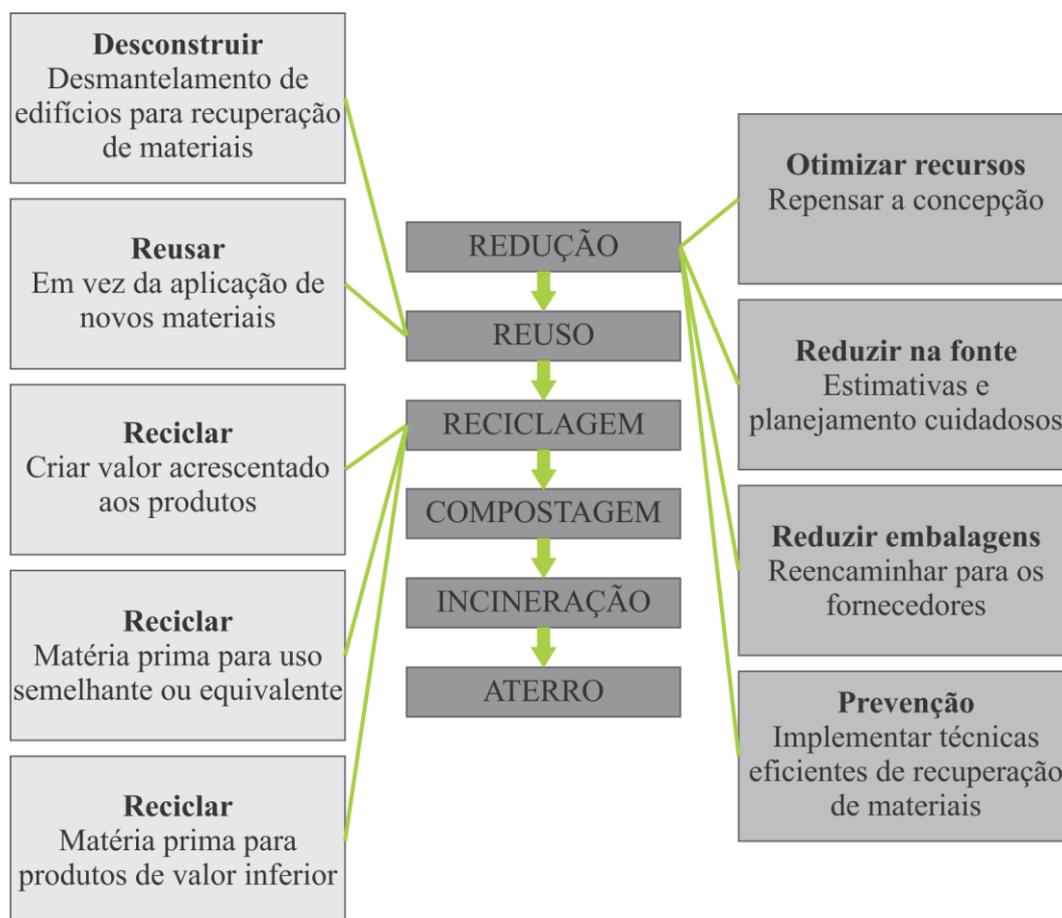
A figura 6, exibida posteriormente, apresenta de forma sucinta essa função.

Segundo Nuno (2011), a desmontagem permite:

- A reutilização de materiais;
- A reciclagem de materiais;
- A inovação e tecnologia;
- A sustentabilidade na construção;
- O aparecimento de um novo mercado – o de materiais usados;
- Benefícios econômicos e ambientais.

Se não optarmos pela desmontagem teremos um amontoado de resíduos cujo reaproveitamento se torna impraticável, assim, temos que, esse processo, possibilita a reutilização e reciclagem de materiais, inovação e tecnologia, sustentabilidade na construção, novo mercado consumidor de materiais usados e benefícios econômicos e ambientais (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006).

Figura 6 – Hierarquia da gestão de resíduos para a demolição e operações de construção



Fonte: Adaptado de COUTO; COUTO; TEIXEIRA *apud* Charles J. Kibert and Abdol R. Chini, 2006.

3.4 RECICLAGEM DE RESÍDUOS NO BRASIL

Praticamente todas as atividades desenvolvidas no setor da construção civil são geradoras de entulho. Segundo Corrêa (2009), no processo construtivo, o alto índice de perdas do setor, é a sua principal causa e, nas obras de reformas, a falta de uma cultura de redução, reutilização e reciclagem são as principais causas do entulho gerado pelas demolições durante o processo.

A reciclagem de resíduos, assim como qualquer atividade humana, também pode causar impactos ambientais. A quantidade de materiais e energia necessários ao processo de reciclagem pode representar um grande impacto para o meio ambiente (ÂNGULO, ZORDAN, JOHN; 2001).

3.4.1 A construção civil no Brasil

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, tida como um indicativo de crescimento econômico e social (FERNANDEZ, 2012). Contudo, é uma das atividades que mais gera impacto ambiental ao nosso meio (PINTO, 2005 apud Karpinsk *et al*, 2009). Ela é caracterizada como uma atividade produtiva da construção que envolve a instalação, reparação, equipamentos e edificações de acordo com as obras a serem realizadas (OLIVEIRA, MEDEIROS, PEREIRA, 2015). O Código 45 da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) relacionam as atividades da construção civil como as atividades de preparação do terreno, as obras de edificações e de engenharia civil, as instalações de materiais e equipamentos necessários ao funcionamento dos imóveis, e as obras de acabamento, contemplando tanto as construções novas, como as grandes reformas, as restaurações de imóveis e a manutenção corrente (OLIVEIRA, 2012).

A indústria da Construção Civil no país é crescente, sendo uma atividade que se encontra relacionada a diversos fatores do setor, contribuindo para o desenvolvimento regional, geração de empregos e mudanças na economia (OLIVEIRA, 2012). As atividades produtivas do homem e o desenvolvimento econômico sempre estiveram associados a um aumento no uso dos recursos existentes (ZAMBRANO; BASTOS; FERNANDEZ, 2008). No Brasil, as primeiras pesquisas científicas envolvendo o uso de agregados reciclados de Resíduos da Construção Civil (RCC) foram realizadas por Pinto em 1986, Bodi 1997, Levy 1997 e Zordan 1997 (MIRANDA, ÂNGULO, CARELI; 2009).

A partir da ECO 92, vários países começaram a ter uma preocupação maior com os impactos ambientais da construção civil, estabelecendo dessa forma suas próprias Agendas e criando diferentes tipos de sistemas de avaliação (SARAIVA, 2013), já que, há um intenso consumo de recursos naturais e alteração da paisagem com grande geração de resíduos por empreendimentos dessa ordem (FERNANDEZ, 2012).

A partir da década de oitenta, com o aumento da industrialização e o crescimento populacional nos centros urbanos, os RCD (Resíduos da Construção e Demolição) se transformaram em um problema social e econômico, pois, a quantidade de resíduo aumentou consideravelmente provocando dessa forma uma escassez de área de deposição desses resíduos, causando dessa forma problemas de saneamento público, alto custo para o gerenciamento e contaminação ambiental (SARAIVA, 2013).

O setor da Construção Civil vem ganhando produtividade e uma ampla participação no Produto Interno Bruto Brasileiro acarretando ainda mudanças e tendências de crescimento para o setor industrial (OLIVEIRA, MEDEIROS, PEREIRA, 2015).

3.5 A RESOLUÇÃO 307/2002 DO CONAMA

Considerando a necessidade de implementação de diretrizes para a redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil, assim como, a disposição de resíduos em locais inadequados contribuindo assim, para a degradação da qualidade ambiental e, representando, uma elevada e significativa quantidade de resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA:

no uso das suas competências conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990, considerando a política urbana de desenvolvimento da fundação social da cidade e da propriedade urbana conforme disposto na Lei nº 10.257, de 10 de junho de 2001, resolve-se estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais (CONAMA, 2002).

A resolução 307/2002 (CONAMA, 2002), que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil foi alterada pelas Resoluções números 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015.

Segundo a resolução CONAMA (2002), os resíduos gerados, RCD, não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por lei havendo necessidade de um enquadramento dentro de cada município gerador desses resíduos.

Os RCD, dependendo da sua classificação, devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados às áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a utilização ou reciclagem futura ou deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

A resolução 307/02 classifica os resíduos da construção civil conforme quadro 5 que segue, indicando também as ações necessárias de forma a minimizar os impactos.

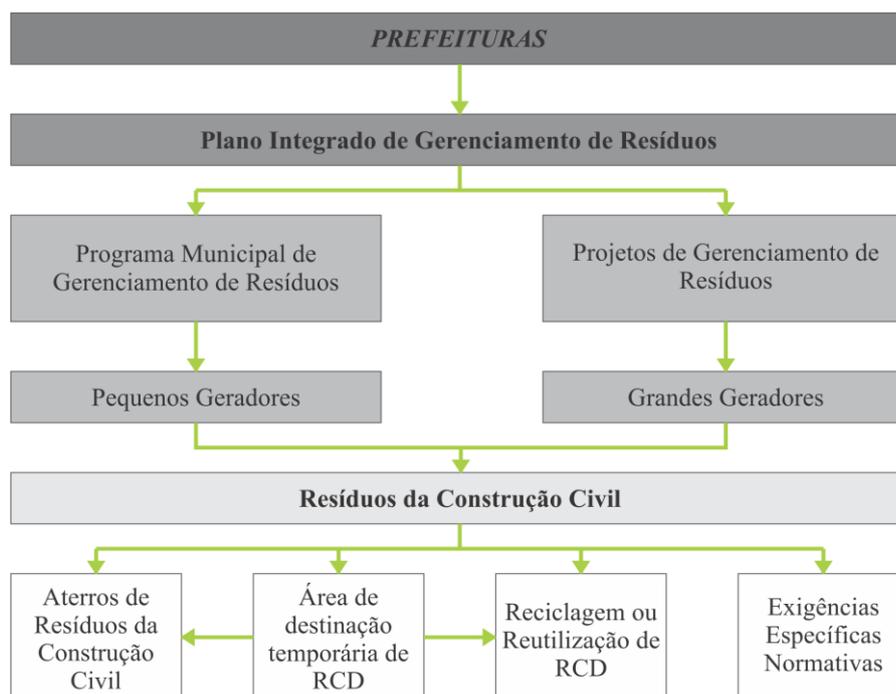
Quadro 5 – Classe e destino dos resíduos

CLASSES	INTEGRANTES	DESTINAÇÃO
A	Componentes cerâmicos; Argamassas; Concretos.	Encaminhar para um triturador de blocos previamente instalado no canteiro, sendo o material final reutilizado em calçadas, bases e sub-bases Reutilizar ou reciclar na forma de agregados; Encaminhar para um aterro de resíduos da construção civil, dispondo de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura.
B	Plástico; Papel; Papelo; Metais; Vidros; Madeiras; Embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.	Reutilizar, reciclar ou encaminhar às áreas de armazenamento temporário, permitindo a utilização ou reciclagem futura; Armazenar em local predeterminado e reutilizar para transporte de materiais e equipamentos, sendo depois enviado à empresa habilitada ao seu recolhimento; Enviar à empresa compradora.
C	Gesso e outros.	Armazenar, transportar e destinar em conformidade com as normas técnicas específicas; Armazenar em depósito até destinação final.
D	Tintas; Solventes; Óleos e outros resíduos contaminados.	Armazenar, transportar, reutilizar e destinar em conformidade com as normas técnicas específicas; Sobras podem ser reutilizadas para pinturas de tapumes e outros usos dentro da obra, e a destinação final deve ser à empresa habilitada a seu recolhimento.

Fonte: Adaptado Resolução 307/02 e 469/15.

Ainda segundo a resolução, a estrutura de gestão de resíduos da construção civil deve obedecer ao fluxograma apresentado na Figura 7, a seguir:

Figura 7 – Estrutura da gestão de resíduos da construção civil



Fonte: Adaptado de CARNEIRO, 2005.

4 GUIAS PARA A DESMONTAGEM E REUTILIZAÇÃO

O setor da construção civil é um grande consumidor de matérias-primas e gera muito desperdício, portanto, é importante procurar alternativas para a demolição e averiguar se existem meios para facilitar a reciclagem e o reuso dos materiais utilizados.

Pretende-se neste capítulo, desenvolver um conjunto de metodologias que permitam potencializar ao máximo a reutilização dos materiais e elementos construtivos resultantes das obras de engenharia, sejam elas reformas, manutenção, demolição e novos projetos.

O reaproveitamento dos materiais e elementos resultantes desse tipo de operação apenas se torna possível através de uma gestão organizada, através de diretrizes de projeto que se apoie em procedimentos pré-definidos e técnicas adequadas, para que, no futuro, seus resíduos não gerem graves consequências ambientais.

4.1 PRINCÍPIOS E MANUAIS INTERNACIONAIS DE PROJETO PARA DESMONTAGEM

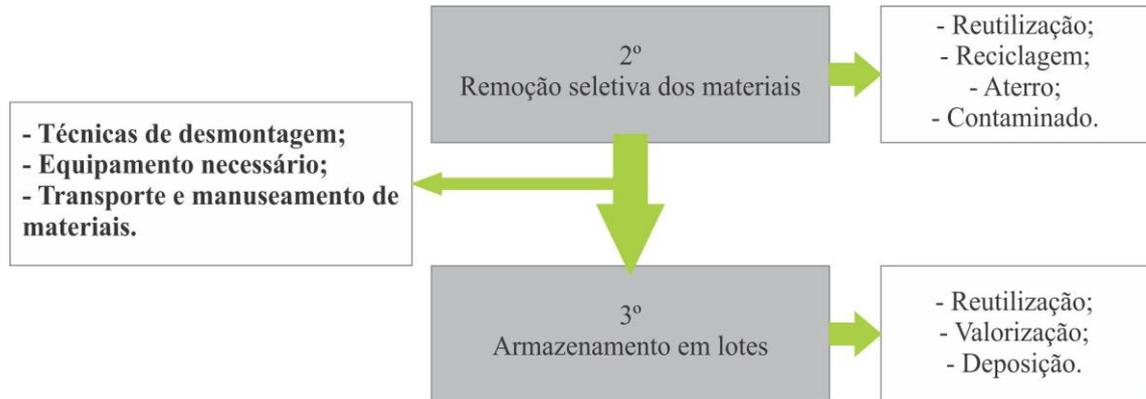
Para que se crie um bom manual de projeto de desmontagem, é necessário elaborar, segundo Norby *et. Al* (2008), um sistema de fácil entendimento onde, arquitetos e outros usuários, possam usa-los sem muita dificuldade. Esse manual pode funcionar tanto como material de consulta prévia para projetos em fase de desenvolvimento, quanto para reutilização em projetos já desenvolvidos e em fase de reforma e manutenção.

Esse capítulo apresentará, posteriormente, alguns manuais de projeto para desmontagem existentes em vários países diferentes tais como Morgan; Stevenson (2005) na Escócia, Crowther (2005) na Austrália, Guy; Shell (2002), Abdol; Balachandran (2000) e Webster; Costello *et. Al* (2005), nos Estados Unidos.

4.1.1 Plano de Gestão, técnicas e ferramentas

Segundo Silva (2008), o fator determinante para a boa qualidade e viabilidade do projeto está no sucesso que o plano de gestão é elaborado e usado na fase projetual. Um plano de gestão ajustado ao projeto em desenvolvimento, conforme figura 8 a seguir, permite a máxima reutilização e valorização dos resíduos presentes em uma obra (SILVA, 2008).

Figura 8 – Gestão de resíduos em empreendimentos da construção civil



Fonte: Adaptado de Silva, 2008.

Inicialmente, é de extrema importância que os profissionais envolvidos no processo de seleção de materiais nos empreendimentos desenvolvidos no setor da construção civil, assumam, responsabilidade na obtenção de uma construção sustentável (BARBOSA; ALMEIDA, 2016). São eles os responsáveis pela especificação dos materiais, produtos e componentes que influenciarão todas as demais etapas (execução, uso e manutenção) até o término do ciclo de vida da construção, conforme figura 9 abaixo. (BARBOSA; ALMEIDA, 2016).

Figura 9 – Etapas do processo construtivo das edificações



Fonte: Adaptado de BARBOSA e ALMEIDA, 2016.

A desmontagem pressupõe, segundo Silva (2008), um conjunto de técnicas que permitem o desmantelamento de todo um edifício de forma cuidadosa e com ferramentas

adequadas realizadas sem esforço pelo trabalhador, promovendo a recuperação dos materiais e dos elementos construtivos em bom estado de conservação, para uma futura reutilização.

4.2 PROJETO PARA DESMONTAGEM

Muitos profissionais vinculados à construção civil especificam materiais resistentes e duráveis cuja intenção é obter uma obra consistente e que resista diversos anos, no entanto, as cidades passam por alterações constantemente sendo necessária a demolição ou retirada de elementos para uma manutenção (MATTARAIA; MARTINS e FABRICIO, 2016). Sendo assim, é importante considerar a possibilidade de desmonte dos sistemas inovadores, para que, no futuro, os resíduos advindos da construção civil não gerem graves consequências ambientais.

A adoção de práticas mais sustentáveis na fase de demolição é, portanto, uma questão a ser considerada, já que, nessa etapa, há contribuição significativa com grande quantidade dos resíduos gerados (ROCHA; SATTTLER, 2009).

O projeto para desmonte é uma tradução da expressão em inglês *Design for Disassembly* (DfD). Ele visa facilitar a desmontagem pois propõem um *design* que considere maneiras de retirar os materiais e componentes de forma que seja possível a reutilização ou reciclagem (THORMARK, 2001).

Segundo Mattaraia, Martins e Fabrício (2016), diversos aspectos devem ser analisados durante o desenvolvimento do sistema construtivo possibilitando o desmonte não destrutivo dos materiais e componentes. É importante verificar sua composição, ciclo de vida, durabilidade, entre outras características, possibilitando assim, o correto desmonte, e aumentando a possibilidade de reuso e reciclagem.

Para projetar um sistema construtivo que possa ser desmontado, é necessário considerar desde metas econômicas até metas de responsabilidade ambiental, visando assim, recuperar componentes e materiais além de simplificar as reparações, renovações e substituições (GUY; ROCHA, 2005). Além disso, segundo CROWTHER (2005), há três pontos centrais que devem ser considerados ao se projetar para o desmonte sendo eles a realização de maneira sustentável, consideração acerca dos diferentes sistemas construtivos dos edifícios e a hierarquia dos diferentes materiais e componentes.

4.2.1 Critérios para avaliação do potencial de desmonte e reciclagem relativo ao projeto

Alguns critérios devem ser analisados ao longo do desenvolvimento do projeto para se obter o melhor resultado na futura desmontagem de um edifício. Abaixo foi elaborado um

quadro 6 com a junção de procedimentos dentro de critérios estabelecidos por diversos autores que abordam o assunto.

Quadro 6 – Critérios para o desmonte e reciclagem de edifícios da construção civil

CRITÉRIOS	PROCEDIMENTOS	
01	Projetar facilitando o desmonte	Considerando o DfD desde o início do projeto a desmontagem é facilmente executável (SANTINI; HERMAN; PASSARINI; VASSURA; LUGER; MORSELLI, 2010).
02	Considerar os motivos para o processo de desmontagem	Tornando o processo mais racionalizado e eficiente há um maior auxílio no processo de projeto para encontrar soluções que facilitem a desmontagem (CROWTHER, 2005).
03	Orientar clientes e usuários sobre as possibilidades de projeto	Deixar o cliente ciente das decisões tomadas e da importância de considerar o desmonte (CROWTHER, 2005).
04	Evitar excesso de ferramentas	Considerar maneiras simples de desmontar e ferramentas de fácil manuseio (ROMEIRO FILHO <i>et al.</i> , 2010).
05	Considerar estreita a relação entre custo e tempo	Tornar viável a relação custo e tempo de uma obra tornando o processo de desmontagem possível (GO <i>et al.</i> , 2011).
06	Adotar sistemas construtivos simplificados	Projetar de forma simplificada e flexível possibilitando uma melhor manutenção do sistema construtivo sem necessidade de intervir nos demais sistemas da edificação (YUBA, 2005).
07	Utilizar sistemas modulares	Tornar a construção e desmontagem mais racionalizada com sistemas de encaixes fáceis (GUY e SHELL, 2002).
08	Evitar mistura de diferentes sistemas construtivos	Cada sistema construtivo exige uma maneira diferente de desmonte assim, utilizando-se de um mesmo sistema, a desmontagem passa a ser mais eficiente (WEBSTER e COSTELLO, 2005).
09	Utilizar estruturas simplificadas	Quanto mais complexo o sistema construtivo, mais difícil a padronização da construção, dificultando a desmontagem já que cada elemento estrutural exige uma maneira de trabalho (ROMEIRO FILHO <i>et al.</i> , 2010).
10	Utilizar elementos pré-fabricados	A utilização de elementos pré-fabricados permite uma padronização na construção e assim tornam mais práticas a desmontagem (MATTARAIA, MARTINS e FABRICIO, 2016).
11	Evitar elementos de grandes dimensões	Utilizando elementos em tamanhos condizentes com a escala humana há a facilidade de desmontagem evitando riscos maiores para os operários e facilitando o manuseio das ferramentas e dos materiais assim como seu transporte e armazenamento (GUY e SHELL, 2002).
12	Prever a sequência do desmonte	Avaliando cada material e seus componentes para que no processo de desmontagem não haja danos ao material (GO;

		WAHAB et. Al., 2011).
13	Considerar diferentes subsistemas do edifício	Considerar importante a interligação entre os materiais e seus componentes de forma que não se danifiquem no processo de desmonte (WEBSTER e COSTELLO, 2005).
14	Procurar soluções estruturais facilitadoras da reutilização	Projetar de maneira integrada (arquitetos, engenheiros e proprietário) buscando soluções estruturais condizentes com a obra (WEBSTER e COSTELLO, 2005).
15	Concentrar os sistemas hidráulicos e elétricos no mesmo local	O ponto central facilita a desmontagem e a manutenção de cada um desses sistemas (GUY e SHELL, 2002).
16	Evitar que os sistemas elétricos e hidráulicos fiquem embutidos	Quando embutido, é necessário prever compartimentos visitáveis a fim de evitar a quebra de paredes para acesso (GUY e SHELL, 2002).

Fonte: Adaptado de Mattaraia; Martins e Fabrício, 2016.

4.2.2 Guia para desmontagem e reutilização de materiais na construção civil

Para que se obtenha a maximização da reutilização dos materiais e dos elementos construtivos, resultantes de operações de manutenção/reabilitação e desmonte de edifícios, é necessário, que se desenvolva um conjunto de métodos que permitam esse processo.

O reaproveitamento dos materiais e elementos resultantes deste tipo de operações, segundo Silva (2008), é possível quando há uma gestão organizada com procedimentos pré-definidos aliado a técnicas adequadas. Abaixo, o quadro 7, apresentará uma metodologia proposta com essa finalidade.

Quadro 7 – Guia para a reutilização

MÉTODOS		
1	Realizar um estudo da viabilidade da desconstrução e do reaproveitamento no projeto;	Nesse momento devem ser analisadas algumas técnicas como: Danos causados por água, fogo ou insetos; Materiais que contenham elementos perigosos; Sinais de instabilidade estrutural; Materiais e elementos específicos com elevado potencial de reutilização; Revestimentos de paredes e pisos; Elementos construtivos; Acessibilidade, espaços vazios e condições do terreno.
2	Catalogar todos os materiais e elementos a reaproveitar;	Nesse momento deve-se fazer a inventariação dos materiais e elementos construtivos que fazem parte do projeto de reabilitação/manutenção ou desconstrução do edifício enquadrando-os em um documento.
3	Estimar custos;	Nesse momento deve ser feita a estimativa de custos tais como:

		<p>Custo para eliminação dos materiais;</p> <p>Custos decorrentes da execução dos trabalhos;</p> <p>Custos resultantes de operações de manutenção/reabilitação e recuperação dos materiais;</p> <p>Proveitos resultantes do reaproveitamento dos materiais.</p>
4	Licenças e legislação atrelada a técnica e cumprindo a gestão dos RCD;	Nesse momento é determinado o enquadramento legal de todos os trabalhos a se desenvolver.
5	<p>Plano de Gestão</p> <p>Plano de Segurança</p> <p>Plano de organização/local;</p> <p>Plano de gestão dos materiais</p>	<p>Nesse momento o plano de gestão deve estar ajustado ao projeto e aos trabalhos a desenvolver permitindo uma maximização da reutilização e da valorização dos resíduos.</p> <p>Quanto ao Plano de Segurança, é necessário a garantia da segurança de todos os trabalhadores que intervêm no processo com a elaboração de um plano de segurança e saúde (PSS), adaptado às tarefas a desenvolver e que deve ser implementado ainda na fase de preparação da desmontagem.</p> <p>Quanto ao Plano de organização, deve-se proceder a elaboração de uma planta do local com atenção a alguns aspectos como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Separação da obra por zonas de intervenção; • Identificação de corredores de circulação para os trabalhadores; • Identificação de cargas e descargas de materiais e elementos; • etc. <p>Quanto ao Plano de gestão dos materiais é necessário compreender as técnicas construtivas e tomar medidas específicas para sua remoção, ser realizado com cuidado evitando danos assim como conhecer os materiais a serem desmontados.</p>

Fonte: Adaptado de Silva, 2008.

4.3 PROPOSTA PARA A ELABORAÇÃO DE DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESMONTAGEM SEGUNDO A REALIDADE BRASILEIRA E A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15.575

De acordo com pesquisas executadas nesse trabalho sobre princípios de projeto de desmontagem, percebe-se que há pouca informação dos arquitetos e engenheiros quanto ao tema abordado, assim como, sobre o processo de coleta, reuso e reciclagem de materiais advindos da construção civil.

Por se tratar de um assunto relativamente novo no Brasil, os princípios propostos nesse trabalho serão elaborados também de forma simples e de fácil absorção, com o objetivo de checar se princípios do projeto para desmontagem estão sendo utilizados no projeto. Numa segunda fase, objetiva-se ajudar na elaboração de uma extensão para um programa de modelagem

para computador, explicado com maiores detalhes no capítulo seguinte. Inicialmente, esse sistema pretende contribuir como fonte de informação para todos os envolvidos da área de AEC.

No quadro 8 a seguir, fundamental para auxiliar o desenvolvimento do protótipo criado, estão propostas macro diretrizes e diretrizes específicas a partir de análises realizadas nos manuais disponíveis na literatura, das observações feitas nos projetos publicados em literatura do setor e da dissertação da aluna do mestrado em Ambiente Construído pela Universidade Federal de Juiz de Fora, Tatiana Saraiva com propostas para elaboração de diretrizes de projeto racionalizados e que podem auxiliar no processo para desmontagem. Em alguns casos, essas diretrizes são exemplificadas e, espera-se que, ao final da pesquisa, toda a tabela esteja completa.

O quadro foi elaborado seguindo princípios da Norma de Desempenho (NBR 15.575), elaborada pelo Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-02) e pela Comissão de Estudos de Desempenho de Edificações (CE-02.136.01), conforme figura 10 (a seguir) que apresenta suas partes, marcada em vermelho, contendo assim, seus requisitos gerais, os requisitos para os sistemas estruturais, sistemas de pisos, vedações verticais internas e externas, sistemas de coberturas e sistemas hidros sanitários, embasando portanto, as teorias estudadas.

Deve-se ressaltar que se trata de uma proposta de diretrizes para a elaboração de um manual mais detalhado no futuro, contribuindo para a elaboração do protótipo computacional, ainda em fase de adaptações.

Portanto, o protótipo do *plug-in* desenvolvido nada mais é, do que a tabela destrinchada para cada um dos critérios adotados no decorrer de uma edificação enquanto projeto e/ou reforma.

Figura 10 – Matriz da Norma de Desempenho

		REQUISITOS DOS USUÁRIOS												
		Segurança Estrutural	Segurança contra incêndio	Segurança no Uso e Ocupação	Desempenho Acústico	Desempenho Térmico	Desempenho Luminico	Estanqueidade	Saúde, Higiene e Qualidade do Ar	Acessibilidade	Conforto Antropodinâmico e Tátil	Durabilidade	Manutenibilidade	Impacto Ambiental
PARTES DA NORMA	PARTE 1: Requisitos gerais													
	PARTE 2: Sistemas estruturais													
	PARTE 3: Sistemas de pisos													
	PARTE 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas													
	PARTE 5: Sistemas de coberturas													
	PARTE 6: Sistemas hidrossanitários													

Fonte: Adaptado de CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL, 2015.

Quadro 8 – Diretrizes para desmontagem de uma edificação

DIRETRIZES GERAIS / PROJETO PARA DESMONTAGEM						
1 / SIMPLIFICAÇÃO	Simplificação de sistemas construtivos					
DIRETRIZES ESPECÍFICAS / NORMA DE DESEMPENHO	GERAIS	SISTEMAS ESTRUTURAIS	SISTEMAS DE PISOS	SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS E EXTERNAS	SISTEMAS DE COBERTURAS	SISTEMAS HIDRO SANITÁRIOS
Redução de tipos de materiais utilizados		Alvenaria estrutural		Componentes modulares		
Redução de tipos de		Alvenaria		Componentes		

componentes		estrutural		modulares		
Componentes com mais de uma função		Alvenaria estrutural		Componentes modulares	Telhas fotovoltaicas	
Redução do peso de componentes		Alvenaria estrutural		Componentes modulares		
Desenho ergonômico de componentes				Componentes modulares		
2 / FLEXIBILIDADE Adaptação de diferentes situações						
DIRETRIZES ESPECÍFICAS / NORMA DE DESEMPENHO	<i>GERAIS</i>	<i>SISTEMAS ESTRUTURAIIS</i>	<i>SISTEMAS DE PISOS</i>	<i>SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS E EXTERNAS</i>	<i>SISTEMAS DE COBERTURAS</i>	<i>SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS</i>
Redução do uso de elementos de vedação tradicional (paredes de alvenaria)						
Utilização de elementos de vedação pré-moldados ou pré-fabricados		Parede Drywall		Divisórias termo acústicas		
				Painéis com preenchimento m poliuretano (PU)		
				Parede Drywall		
Utilização de sistemas estruturais que permitem o lançamento de grandes vãos		Lajes pré-moldadas			Lajes pré-moldadas	
		Treliças espaciais			Treliças espaciais	
		Lajes nervuradas			Lajes nervuradas	
3 / PADRONIZAÇÃO Modularidade e utilização de elementos e componentes pré-fabricados						
DIRETRIZES ESPECÍFICAS / NORMA DE DESEMPENHO	<i>GERAIS</i>	<i>SISTEMAS ESTRUTURAIIS</i>	<i>SISTEMAS DE PISOS</i>	<i>SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS E EXTERNAS</i>	<i>SISTEMAS DE COBERTURAS</i>	<i>SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS</i>
Utilização de componentes pré-		Elementos estruturais				

fabricados		em concreto pré-moldado				
Utilização de sistemas pré-montados		Sistema elétrico aparente ou acoplado em painéis de vedação pré-fabricados		Sistema elétrico aparente ou acoplado em painéis de vedação pré-fabricados		Painel com sistema hidráulico embutido
		Painel com sistema hidráulico embutido		Painel com sistema hidráulico embutido		
Utilização de conexões padronizadas		Conectores de elementos estruturais e de vedação em chapa de metal aparafusada		Conectores de elementos estruturais e de vedação em chapa de metal aparafusada		
4 / FACILIDADE DE ACESSO AOS SISTEMAS DA EDIFICAÇÃO						
Independência entre sistemas e camadas construtivas						
DIRETRIZES ESPECÍFICAS / NORMA DE DESEMPENHO	GERAIS	SISTEMAS ESTRUTURAIS	SISTEMAS DE PISOS	SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS E EXTERNAS	SISTEMAS DE COBERTURAS	SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS
Projeto de sistemas e camadas independentes						
Facilidade de acesso às camadas		Instalações aparentes sempre que possível				
Utilização de conexões mecânicas		Componentes com menores ciclos de vida em camadas acessíveis				
5 / FATORES DE SUSTENTABILIDADE						
Utilização de estratégias ambientais no projeto e no processo construtivo						
DIRETRIZES ESPECÍFICAS / NORMA DE DESEMPENHO	GERAIS	SISTEMAS ESTRUTURAIS	SISTEMAS DE PISOS	SISTEMAS DE VEDAÇÕES VERTICAIS INTERNAS E EXTERNAS	SISTEMAS DE COBERTURAS	SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS

Projeto pensado com estratégias sustentáveis					Telhas fotovoltaicas	
--	--	--	--	--	----------------------	--

Fonte: Adaptado de Saraiva, 2013.

As NBRs são estabelecidas buscando atender às exigências dos usuários, independente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). O foco da NBR 15.575 está nas exigências dos usuários para o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso e não na prescrição de como os sistemas são construídos. A forma de estabelecimento do desempenho, segundo a norma, é pensada por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, os quais sempre permitem a mensuração clara do seu cumprimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013) e CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL (2015), os requisitos dos usuários devem ser atendidos de forma a promover segurança, habitabilidade e sustentabilidade, tendo para cada um desses tópicos solicitações particulares e expressos por alguns fatores como quadro 9 abaixo.

Quadro 9 – Requisitos dos usuários

SEGURANÇA
Segurança estrutural Segurança contra o fogo Segurança no uso e na operação
HABITABILIDADE
Estanqueidade Desempenho térmico Desempenho acústico Desempenho lumínico Saúde, higiene e qualidade do ar Funcionalidade e acessibilidade Conforto tátil e antropodinâmico
SUSTENTABILIDADE
Durabilidade Manutenibilidade Impacto ambiental

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

5 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS LIGADAS AO PROCESSO DE PROJETO

No Brasil, assim como em outros países, o uso do computador na educação, teve início com algumas experiências em universidades, no princípio da década de 70 (NETO; IMAMURA, 2012).

A prática de projeto é tratada com grande ênfase nos cursos de graduação das escolas de arquitetura e urbanismo, assim como, das engenharias, ao abranger diversas complexidades e, assim, requer muitos conhecimentos advindos de outras disciplinas (LIMA, 2016).

As ferramentas computacionais surgiram, como uma opção a mais na busca da melhoria da qualidade do ensino. É fundamental que, além de se apropriar da tecnologia, o docente saiba como utilizar e direcionar o seu bom uso, bem como seus recursos. Entendê-los e domina-los, é o primeiro passo para utiliza-los com sucesso (NETO; IMAMURA, 2012). Segundo Neto e Imamura (2012), existem várias ferramentas computacionais para o uso no ensino-aprendizagem facilmente encontradas na *web*, são softwares educacionais *freewares* e *sharewares*. Os *softwares freewares* são aqueles que podem ser utilizados gratuitamente, os *sharewares*, são os que podem ser utilizados gratuitamente por um certo período de tempo. Após o período de experiência precisa-se de licença para continuar o uso.

Ao longo da década de 1980, os programas de computador específicos para desenho arquitetônico e de engenharia, se multiplicaram e passaram a fazer parte do cotidiano da maioria dos escritórios de construção civil (ALVES, 2009). Esse novo modelo de produção, passou a fazer parte do cotidiano da maioria dos escritórios de arquitetura, agilizando a produção dos desenhos. Nos anos 90 (ALVES, 2009), assinalaram novos avanços, a partir dos quais os espaços virtuais possibilitaram cada vez mais simulações a serem apreendidas pelos sentidos, em intensidade muito próxima à realidade.

É fundamental que, além de apropriar da tecnologia, o usuário da ferramenta computacional saiba como utilizar e direcionar seu uso e seus recursos (NETO; IMAMURA, 2012). Os autores em questão afirmam que, entendê-los e dominá-los, é o primeiro passo para utiliza-los com sucesso. Sua utilização equivocada pode ser mais prejudicial do que incorporá-la ao processo projetual. Segundo Neto e Imamura (2012), conhecer a ferramenta permite explorá-la em todas as suas potencialidades.

Com a evolução dos equipamentos e dos softwares (ALVES, 2009), atingiu-se uma fase de desenvolvimento em que o uso do computador não se dá apenas para fazer o mesmo desenho antes feito à mão, de forma mais rápida, muito pelo contrário e além disso, os projetos desenvolvidos por meio de programas de computador adquirem uma nova dimensão, que muda a

percepção espacial, e permite uma visualização atualizada a cada novo passo e nova decisão projetista.

5.1 ESCOLHA DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL

Observando nosso entorno, percebe-se que, praticamente tudo a nossa volta é tridimensional e a maioria dos objetos feitos pelo homem são, na realidade, desenhos em três dimensões (FONSECA, 2007). Stelle (2001) aponta que, desde o começo do século XXI o número de pacotes de softwares prolifera exponencialmente, e apresenta uma lista com mais de 50 programas disponíveis no mercado para os arquitetos. A modelagem tridimensional, segundo Fonseca (2007), ajuda na visualização e interpretação do objeto projetado.

A tabela 3, a seguir, apresenta um resumo das principais características e desenvolvedores de alguns *softwares* comumente utilizados por profissionais (arquitetos, engenheiros e projetistas) no desenvolvimento de seus projetos. As informações da tabela foram extraídas da explicação de cada desenvolvedor para com seu programa.

Tabela 3 – *Softwares* de modelagem

FERRAMENTA	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	DESENVOLVEDOR
3D MAX	<i>Software</i> de modelagem, animação e renderização 3D com imagens fotorrealistas podendo rodar diversos <i>plugins</i> se necessário.	Autodesk
ARCHICAD	<i>Software</i> capaz de criar geometrias 2D e 3D com grande capacidade de armazenagem de informações dentro de um modelo 3D permitindo ainda ao usuário trabalhar com objetos paramétricos (modificação de informações de objetos preexistentes). Possui ferramenta de renderização de alto desempenho para produzir imagens foto-realistas ou vídeos.	Graphisoft
AUTOCAD	O programa desenvolve projetos que podem ser visualizados em três dimensões além de interpretar sequências de comandos comuns gravados em arquivos de texto.	Autodesk
REVIT	<i>Software</i> para projetos e modelagem 3D, com geração automatizada de plantas, elevações, cortes e maquete eletrônica utilizando da modelagem paramétrica onde todos os comandos são interligados atualizando todo o projeto sempre que realizada uma modificação.	Autodesk
RHINOCEROS + GRASSHOPPER	O Rhinoceros é um programa de modelagem que juntamente com os Grasshopper (<i>plug in</i> de modelagem generativa e parametrização) possibilita criação de formas orgânicas e geométricas.	Robert McNeel e associados
SKETCHUP	<i>Software</i> para criação de modelos em 3D permitindo que o desenho seja exportado para outros formatos (2D ou	Trimble Navigation - Google

	3D), como DWG além de possuir <i>plug ins</i> que podem ser baixados <i>online</i> ajudando na modelagem.	
SOLIDWORKS	O <i>software</i> baseia-se em computação paramétrica criando formas tridimensionais a partir de operações geométricas elementares. Inicialmente trabalhado em 2D permitindo a operação em modelagem 3D.	Dassault Systèmes
VECTORWORKS	<i>Software</i> capaz de trocar dados com outros aplicativos como CAD e <i>SketchUp</i> . Utilizado para prototipagem ou impressões 3D. Permite ao usuário automatizar procedimentos e criar objetos paramétricos e ferramentas personalizadas.	Nemetschec North America
CORELDRAW	Programa de desenho vetorial bidimensional. Possibilita a criação e manipulação de diversos produtos.	Corel Corporation

Fonte: Autora.

A tecnologia BIM – *Building Information Modeling*-, por exemplo, se apresenta como uma das ferramentas mais poderosas atualmente, permitindo um controle paramétrico total da modelagem e das informações contidas em projeto (ALVES, 2009) mas é, com o *Google SketchUp* que, um usuário sem tanta experiência, pode arriscar em sua busca pela concepção arquitetônica de forma mais livre e, talvez, mais próxima das respostas para o problema arquitetônico.

A razão para a escolha do *SketchUp*, como ferramenta de auxílio para a aplicação do conteúdo teórico, veio em primeira instância, pelas capacidades avançadas de design que o programa oferece em conjunto com a interface intuitiva e simples, além de ser disponível gratuitamente e possibilitar a criação de *plug-ins*, ferramenta desenvolvida no decorrer do trabalho em questão.

O *SketchUp* foi originalmente desenvolvido pela *At Last Software* e, posteriormente, comprado pelo Google em 2006 (FONSECA, 2007). Segundo autora, ele visa a utilização das técnicas de modelagem e criação de cenários, sendo uma das ferramentas mais intuitivas para a criação de modelos de edificações.

5.2 REVISÃO DA FERRAMENTA SKETCHUP E SUAS EXTENSÕES

Os *plug-ins* para *SketchUp* são ferramentas adicionais ao *software* de modelagem 3D que tornam o resultado final das apresentações de arquitetos, engenheiros e projetistas, mais realistas (VIVA DECORA, 2018). Além de efeitos de iluminação, texturas e acabamentos, contam com bibliotecas de itens ou funcionalidades para construção de estruturas complexas, como formas orgânicas, telhados, tubulações e muitas outras.

Essas extensões são criadas por desenvolvedores independentes e precisam ser instaladas no *software* original. Algumas disponibilizadas gratuitamente e outras pagas.

Foi realizada uma busca em dois sites que disponibilizam uma biblioteca extensa de *plug-ins*, a fim de observar ferramentas de auxílio no projeto de reutilização e reaproveitamento, existentes no mercado. As plataformas que auxiliaram na pesquisa foram *Extension Warehouse* e *SketchUp U cation*. Abaixo foi criada uma tabela (tabela 4) com as categorias que cada uma das plataformas disponibiliza, assim como a quantidade de *plug-ins* encontrado em cada uma dessas categorias.

Tabela 4 – Extensões de *plug-ins*

ARMAZEM DE EXTENSÕES	CATEGORIA	QUANTIDADE
Extension Warehouse	Renderização	150
	Relatórios	103
	Desenho	354
	Impressão em 3D	50
	Programação	29
	Importar-Exportar	146
	Ferramentas de desenvolvedores	51
	Produtividade	425
	Animação	84
	Análise de energia	33
	Texto/rotulagem	55
	Arquitetura	556
	Design de Banheiros e cozinhas	365
	Design de interiores	433
	Construção	504
	Engenharia	441
	Carpintaria	378
	Paisagismo	420
	Cinema e teatro	334
	Jogos	309
	Engenharia civil (obras de construção pesada)	311
	Planejamento urbano	410
	Ensino	380
Outros	323	
TOTAL	6644	
SketchUcation	Camera	60
	Construction	240
	Drawing	330
	Layers	30
	Measurements	60

Modification	330
Principal	60
Sections	30
Shadows	30
Standard	150
Views	120
Walkthroughs	30
Developer tools	30
Import/export	90
3D printing	30
Text/labeling	30
TOTAL	1650

Fonte: Autora.

Para uma busca mais aprofundada que encontrasse ferramentas próximas ou iguais a que se está sendo criada, as categorias ajudaram a direcionar a procura, permitindo que se chegasse a uma conclusão quanto ao assunto.

Dentre as ferramentas encontradas, as mais próximas do que essa dissertação busca, foram Bimbom, cuja ferramenta dá acesso a uma biblioteca de itens de iluminação, texturas, revestimentos, móveis e etc, todos reais, vendidas a varejo, possibilitando ao projetista, que ao final do trabalho consiga orçar, se for do seu desejo, o que foi aplicado por ele. Outra ferramenta encontrada chama-se 1001 Bit. Ela consiste num conjunto de ferramentas que facilita a edição e modelagem de projetos arquitetônicos a partir da criação automática de paredes, batentes, portas, janelas, brises, telas, muxarabis, escadas, estrutura de telhados e cobertura e por fim, 3Skeng 2018 Mount, na qual auxilia o projetista a desenhar modelos de aço, suportes e acessórios além de fornecer uma biblioteca desses e diversos itens relacionados ao aço.

Porém, não foi encontrado nenhuma extensão nas duas plataformas pesquisadas, que auxilie no processo de reutilização e desmontagem de um projeto existente ou em fase projetual. Dessa forma, espera-se que esse *plug-in* em questão seja inovador e complemente o trabalho do arquiteto, engenheiro e/ou projetista.

6 RESULTADOS E AVALIAÇÕES DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Tendo como metodologia da pesquisa a *DSR*, optou-se pelo desenvolvimento de uma ferramenta computacional que busca, a partir do entendimento do problema, construir e avaliar artefatos, que permitam transformar situações, diminuindo o distanciamento entre teoria e prática. Com esse método, segundo Dresch, Lacerda e Antunes Junior (2015), a ferramenta em desenvolvimento busca sustentar o desenvolvimento e a construção de um artefato, que contribua para fortalecer a base dos conhecimentos existentes.

Assim sendo, para a estruturação da próxima etapa da pesquisa, o desenvolvimento do produto, percebeu-se a necessidade de avaliação da parte teórica inicialmente, com a finalidade de melhor estruturar as diretrizes de projeto para o desenvolvimento da ferramenta.

6.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO E ESCOLHA DO PRODUTO A SER DESENVOLVIDO

Em continuação ao exposto no item relacionado à metodologia deste trabalho, é apresentado um questionário para levantamento da demanda dos arquitetos, engenheiros e projetistas nas diversas fases de seu trabalho e suas consequentes análises.

Anteriormente a aplicação do questionário, foi realizado um pré-teste com os alunos da turma de 2016 do programa de Pós-Graduação Strito Sensu – Mestrado em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora, para que fossem feitos ajustes nas perguntas anteriormente elaboradas.

A íntegra do questionário está disposta no apêndice A, ao final deste trabalho.

Não há dúvidas com relação aos questionamentos por parte dos entrevistados e os mesmos demonstraram facilidade nas respostas.

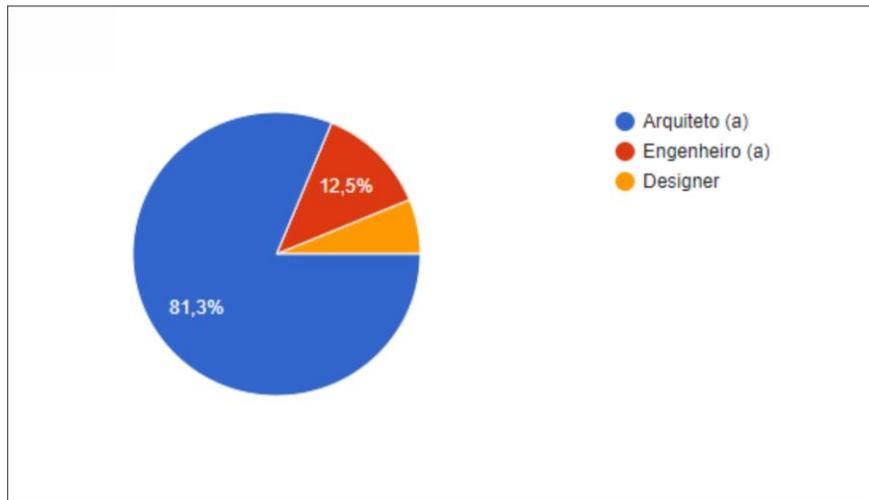
O questionário em âmbito virtual foi enviado a todos os endereços de correio eletrônico dos alunos do programa de Pós-Graduação Strito Sensu – Mestrado em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora, do período de 2016 a 2018, e sua resposta era livre, já que, poderiam ou não participar da pesquisa. Dos questionários enviados, obteve-se resposta de um pouco mais de vinte e cinco por cento (25,40%) do público que recebeu o questionário (um quarto dos entrevistados).

As perguntas executadas pelo questionário virtual foram elaboradas de forma que cada uma delas trazia um objetivo específico, para melhor compreensão do público a ser atendido.

A montagem de gráficos a partir das respostas coletadas facilitou a análise dos resultados.

Os dois primeiros questionamentos eram referentes à profissão e local de atuação profissional do entrevistado. A primeira pergunta realizada foi “Qual sua profissão” na qual mais de oitenta por cento (81,3%) dos entrevistados respondeu ser arquiteto, mais de doze por cento (12,5%) engenheiro e mais de seis por cento (6,3%) Designer, conforme Gráfico 2, abaixo.

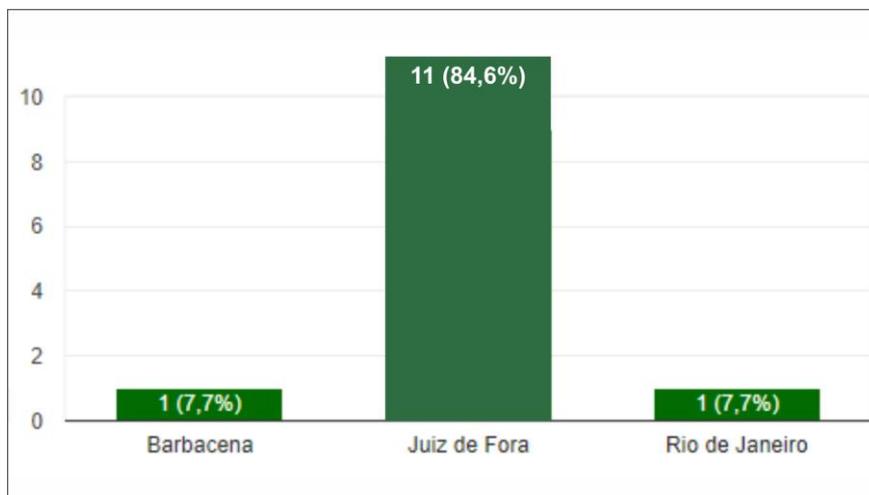
Gráfico 2 – Respostas à pergunta de número 1 do questionário (Apêndice A)



Fonte: Autora

A segunda questão foi “Qual sua cidade de atuação profissional?”, na qual, pouco mais de oitenta e quatro por cento (84,6%) das respostas, foi a cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais e sete por cento (7,7%) para a cidade do Rio de Janeiro, RJ e, mesma quantidade, para a cidade de Barbacena, MG, conforme gráfico 3, a seguir.

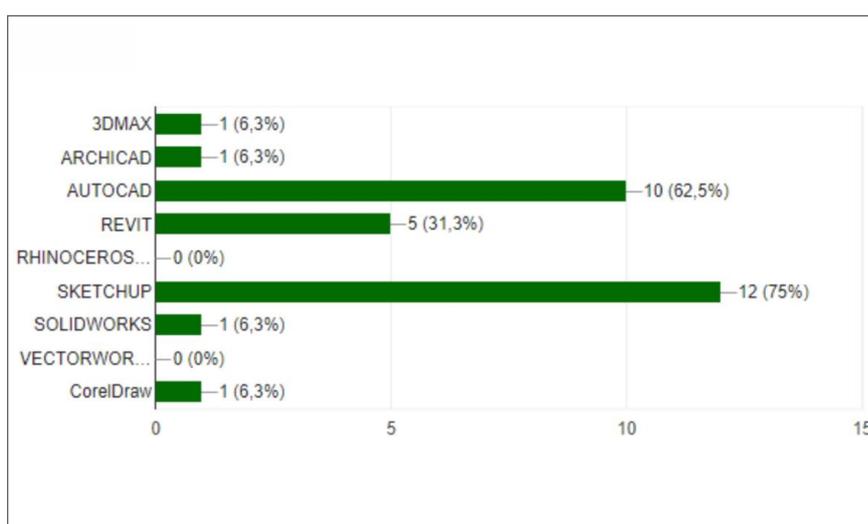
Gráfico 3 – Respostas à pergunta de número 2 do questionário (Apêndice A)



Fonte: Autora.

Num próximo momento, iniciou-se questões quanto a ferramentas de trabalho, na qual, a terceira pergunta foi “Quais das ferramentas abaixo são mais utilizadas no seu dia a dia?”. Nessa parte do questionário, os entrevistados estavam livres para marcar quantas opções julgassem necessárias. A ideia dessa pergunta foi coletar os programas em alta no mercado brasileiro e assim, as mais utilizadas no ramo. O destaque maior se deu para os programas *SketchUp* com setenta e cinco por cento (75%) das respostas, em segundo lugar o Autocad com sessenta e dois por cento (62,5%) e em terceiro lugar, o Revit, com trinta e um por cento (31,3%) das respostas, conforme gráfico 4, abaixo.

Gráfico 4 – Respostas à pergunta de número 3 do questionário (Apêndice A)



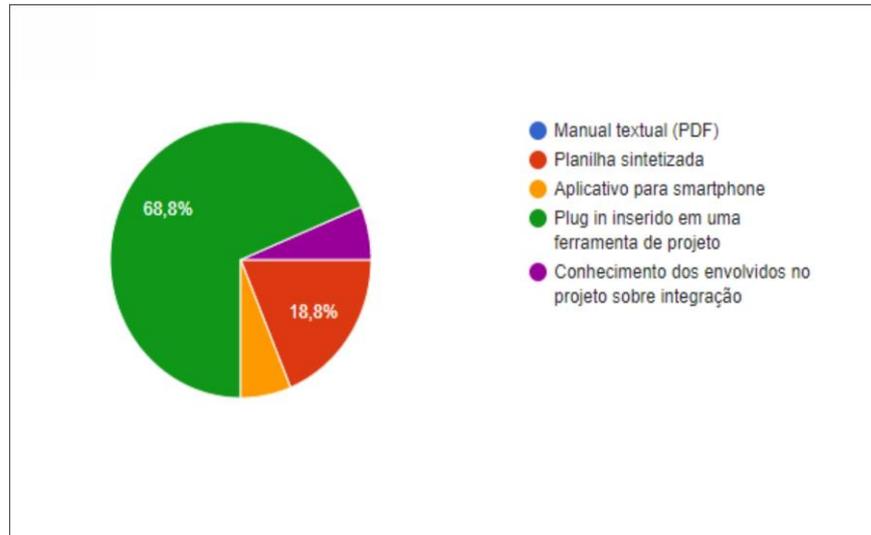
Fonte: Autora.

A quarta pergunta foi “O que acredita possuir maior funcionalidade para permitir maior integração no processo de projeto?”. Nesse momento a questão abordada é pertinente para a pesquisa para que, fosse feito o julgamento do melhor produto a ser gerado com essa dissertação. Nesse caso, mais de sessenta e oito por cento (68,8%) dos entrevistados julgou o *Plug-in*, inserido em uma ferramenta de projeto, como a melhor opção, e um segundo grupo, de quase dezanove por cento (18,8%), uma planilha sintetizada, conforme gráfico 5, a seguir.

Num quinto momento, foi solicitado aos entrevistados que dessem nota a cada uma das ferramentas já listadas na pergunta 3, sendo ela “dê nota nas ferramentas abaixo julgando as que considera menos relevante para mais relevante”. A ideia dessa pergunta era conhecer o que os entrevistados achavam de todos os programas disponíveis (segundo os listados na pesquisa), e sua importância para eles no dia a dia. As respostas para cada um dos itens encontram-se no apêndice A. Abaixo, seguem as notas mais importantes, que ajudaram na escolha da ferramenta criada, sendo eles o *SketchUp* em primeiro lugar com nota 4 por

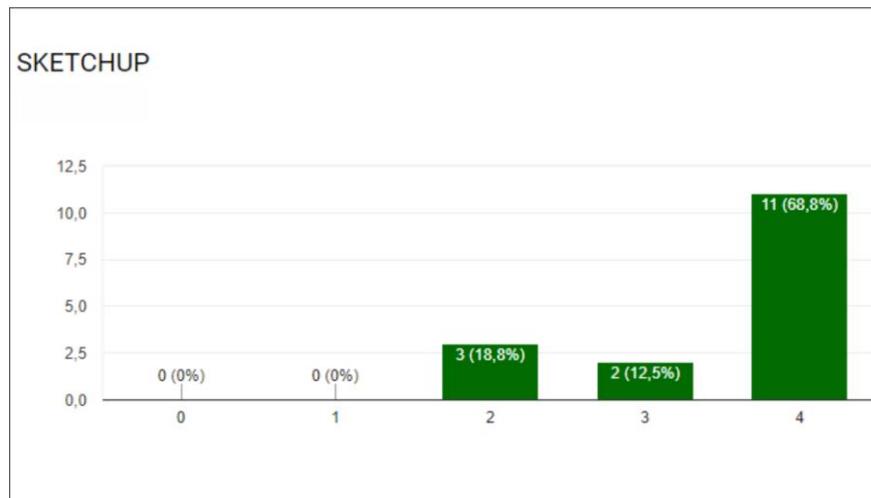
mais de sessenta e cinco por cento (68,8%) dos entrevistados, e o Autocad com nota 4 por quase quarenta e cinco por cento (43,8%) dos entrevistados, conforme gráficos 6, a seguir.

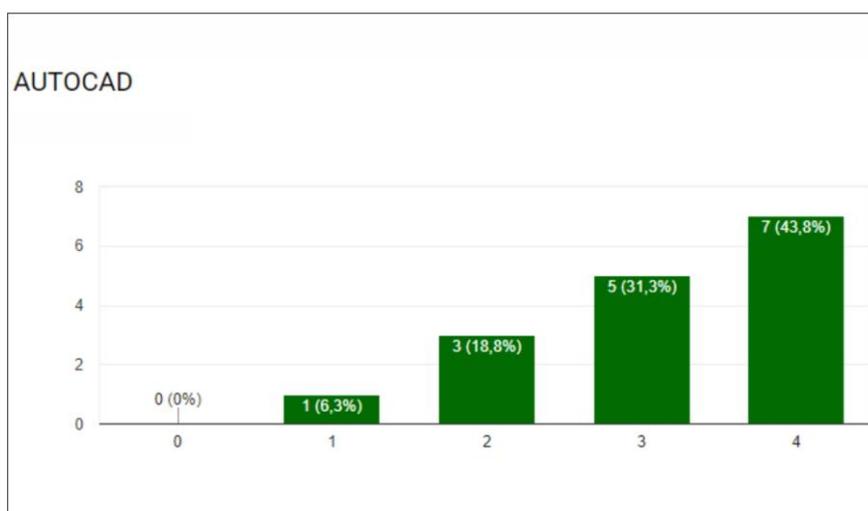
Gráfico 5 – Respostas à pergunta de número 4 do questionário (Apêndice A)



Fonte: Autora.

Gráfico 6 – Respostas à pergunta de número 5 do questionário (Apêndice A)





Fonte: Autora.

A partir do questionário exposto e sua avaliação, buscou-se identificar a demanda de projetistas de arquitetura quanto ao tema maior da pesquisa, o projeto para desmontagem, reaproveitamento e reutilização.

Seguindo a metodologia de desenvolvimento de produto da pesquisa, este trabalho objetivou aplicar um questionário para recolhimento da real demanda desse público, com o intuito de identificar, qual a melhor ferramenta a ser desenvolvida para responder a esta demanda.

A partir dos resultados encontrados, foi possível estabelecer que, o desenvolvimento de um *plug-in* para o programa projetual, é a melhor maneira de atender ao público alvo da pesquisa. Durante a escolha da ferramenta de projeto, chegou-se à conclusão de que, o programa ideal para a presente pesquisa, é o *Google SketchUp*, uma vez que, o programa é uma ferramenta intimamente ligada à computação gráfica (CG), e está presente atualmente nos cursos de arquitetura e urbanismo, sendo matéria eletiva para formação completa (ANDRADE, 2007), além de ser, segundo questionário realizado com estudantes do Mestrado em Ambiente Construído pela Universidade Federal de Juiz de Fora, o programa ideal e mais utilizado ultimamente no mercado de trabalho.

O *SketchUp* é um software próprio para a criação de modelos em 3D no computador. Foi originalmente desenvolvido pela At Last Software, empresa estadunidense com sede em Boulder, Colorado, a qual foi adquirida pelo Google (SKETCHUP, 2017). Ele é um produto extremamente versátil e de fácil utilização. Pode ser usado por qualquer atividade profissional que necessite desenvolver rascunhos de produtos tridimensionais (SKETCHUP, 2017).

Para Magalhães e Nascimento (2015), o software tem grande aceitação do público em geral, podendo ser utilizado, tanto para visualização quanto manipulação e construção de modelos tridimensionais. Oferece ao usuário, capacidades avançadas de design assistido por computador (CAD), com interface intuitiva e simples, facilitando assim, o esboço rápido de desenhos. O

software é disponível em versões gratuitas e profissionais para o Microsoft Windows e para o Mac OS (ELLIS; TORCELLINI; CRAWLEY, 2008). Os autores afirmam que é utilizado na arquitetura já nas fases conceituais de projeto devido à facilidade de esboço. Sendo assim, este fato comprova a escolha da ferramenta nesta pesquisa, já que a mesma, procura atuar também, na fase inicial do projeto, por acreditar que as decisões do projeto arquitetônico impactam de forma significativa em todo o processo.

Uma outra razão pela escolha do *SketchUp* foi a abertura do programa para a criação de *plug-ins*. O programa utiliza uma linguagem de programação denominada *Ruby*, que é considerada simples para operação, e o próprio programa oferece interpretação embutida para executar o código para o desenvolvimento de *plug-ins* (ELLIS; TORCELLINI; CRAWLEY, 2008).

Para certificação de que não existia disponível no mercado, um produto similar a este a ser desenvolvido, foi realizado acesso ao banco de dados de desenvolvimento e compartilhamento de extensões do programa, como já falado no item 5.2 do trabalho, onde buscou-se as palavras-chave: projeto, reutilização, desconstrução, reaproveitamento, projeto para desmontagem. Para nenhuma dessas buscas foi encontrado *plug-in* semelhante ao futuro produto a ser desenvolvido, validando assim, a contribuição da pesquisa para o meio.

6.1.1 Funcionamento do *Plug-in*

A escolha do *software SketchUp* foi justificada nos itens 5.1 e 6.1 deste trabalho, por sua facilidade de aprendizado e manipulação, pela ampla utilização no meio eletrônico e pela possibilidade de criação de *plug-in* em seu código aberto de programação.

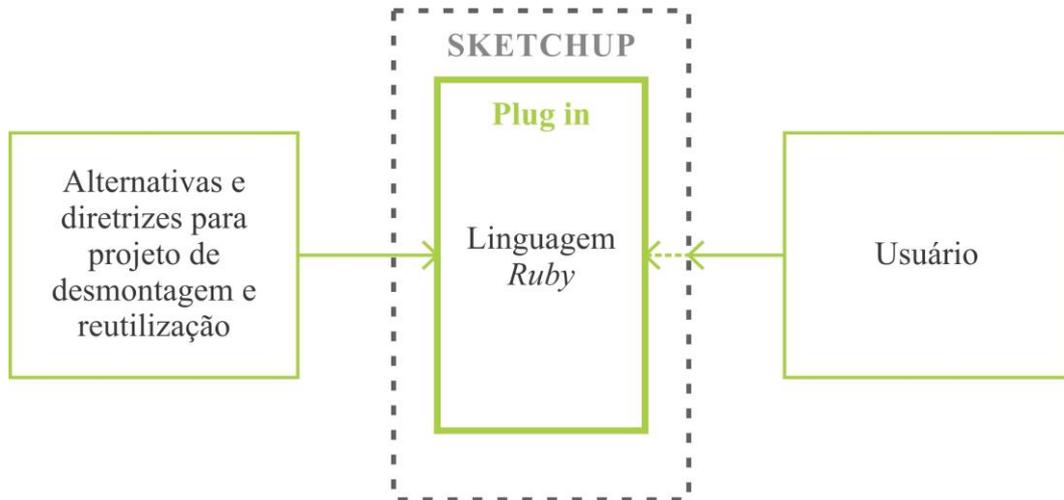
O *SketchUp* utiliza uma linguagem de programação *Ruby*, que é considerada de simples operação e, onde o próprio programa, oferece interpretações embutidas para executar o código dos *plug-ins* (ELLIS; TORCELLINI; CRAWLEY, 2008).

A linguagem *Ruby* foi desenvolvida por Yukihiro Matsumoto em 1995. Ele se concentrou em desenvolver uma linguagem que enfatiza as necessidades humanas ao invés das necessidades do computador, o que facilita sua compreensão em relação a demais linguagens (CODECADEMY, 2017).

A linguagem *Ruby* tem utilização gratuita e apresenta uma compatibilidade entre as versões da linguagem, desde a sua criação até interface com outras linguagens (MANEGOTTO; MIERLO, 2002) além de apresentar uma linguagem de programação flexível, pode ainda, ser usada em desenvolvimento *web* para processar textos, criar jogos, entre outros.

De forma gráfica, este processo pode ser resumido na figura 11, abaixo. Durante a utilização do *software*, o usuário terá acesso às diretrizes e alternativas de projeto através do código desenvolvido que conecta estes dois elementos através da linguagem de programação *Ruby*, que, ao se acionada, comunicará aos usuários a biblioteca de diretrizes projetuais.

Figura 11 – Diagrama gráfico de funcionamento do *plug-in*



Fonte: Adaptado de STIEGERT, 2017.

O esboço do código e sua versão final completa encontram-se nos apêndices B e C deste trabalho. A versão final foi desenvolvida através do aplicativo Notepad ++, um editor de texto e de código fonte aberto que, suporta várias linguagens de programação, rodando sob o sistema Microsoft Windows. A seguir (figura 12), é apresentado um recorte desse código que é um *software* livre escrito em C++ e de distribuição gratuita (SOURCEFORGE, 2012).

A figura abaixo (figura 13), apresenta um esquema da primeira janela desenvolvida no código (figura 14) para melhor entendimento de como a linguagem escrita em C++, configura o *plug-in* desenvolvido. O código exemplificado, é utilizado para a tradução da janela da interface com o usuário.

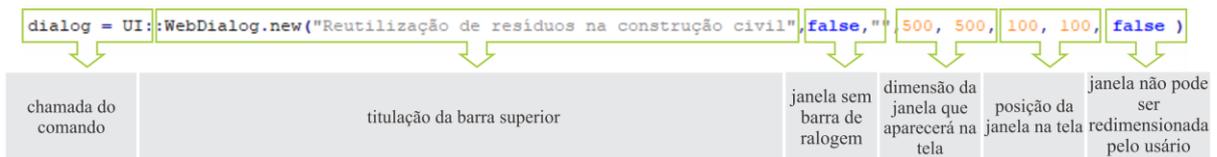
Figura 12 – Recorte do código desenvolvido para o *plug-in*

```

1 require 'sketchup.rb'
2 require "langhandler.rb"
3
4 toolbar = UI::Toolbar.new "Reutilização"
5
6 cmd = UI::Command.new("Reutilização") {
7   #abertura do plugin
8   #configura as janelas
9   dialog = UI::WebDialog.new("Reutilização de resíduos na construção civil",false,"",500, 500, 100, 100, false )
10  dialog2 = UI::WebDialog.new("Objetivo",false,"",480, 210, 100, 100, false )
11  dialog3 = UI::WebDialog.new("Reutilização de resíduos na construção civil",false,"",380, 350, 100, 100, false )
12  dialog4 = UI::WebDialog.new("Critérios",false,"",310, 310, 100, 100, false )
13
14
15  #colocando o HTML na janela "dialog"
16  path = Sketchup.find_support_file "paginas/abertura.html", "Plugins"
17  dialog.set_file path
18  dialog.show
19
20  #callback da janela "dialog"
21  dialog.add_action_callback("inicio"){|wd6, params|
22
23      dialog.close
24      dialog2.close
25
26      #inclui o HTML na janela inicial
27      path = Sketchup.find_support_file "paginas/mensagem1.html", "Plugins"
28      dialog3.set_file path
29      dialog3.show
30      #inicio do callback
31      dialog3.add_action_callback("clicou"){|wd6, params|
32

```

Fonte: Autora.

Figura 13 – Recorte da linguagem C++ e seu significado para desenvolvimento do *plug-in*

Fonte: Autora.

Figura 14 – Interface inicial do *plug-in* com o usuário

Fonte: Autora.

O *plug-in* em desenvolvimento, será fornecido de forma gratuita através da plataforma Google de compartilhamento (armazém de Extensão do *SketchUp*), através da qual, o usuário poderá adquiri-lo, instalá-lo e aplica-lo.

Com a finalização da instalação, aparecerá um ícone correspondente ao *plug in* na interface do programa. Ele poderá ser acionado a qualquer momento da modelagem tridimensional do projeto.

O símbolo inicialmente desenvolvido foi uma junção do símbolo que simboliza reutilização e reciclagem com uma imagem mostrando a Terra de forma sustentável. A ideia desse símbolo, conforme mostrado na figura 15, a seguir, é demonstrar a reutilização e reciclagem no meio natural X construído.

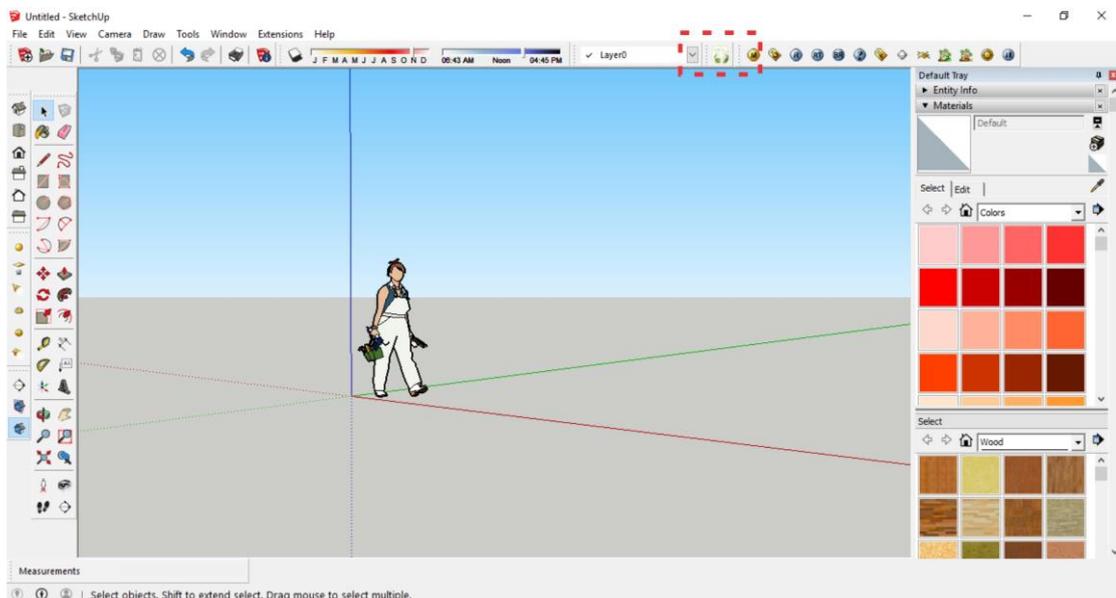
Figura 15 – Ícone criado para o *plug in*



Fonte: Autora.

A figura 16 abaixo, mostra a inserção do ícone na interface do programa (destacado em vermelho), que pode ser remanejado nas barras de comando laterais ou superior.

Figura 16– Ícone na interface do *SketchUp*

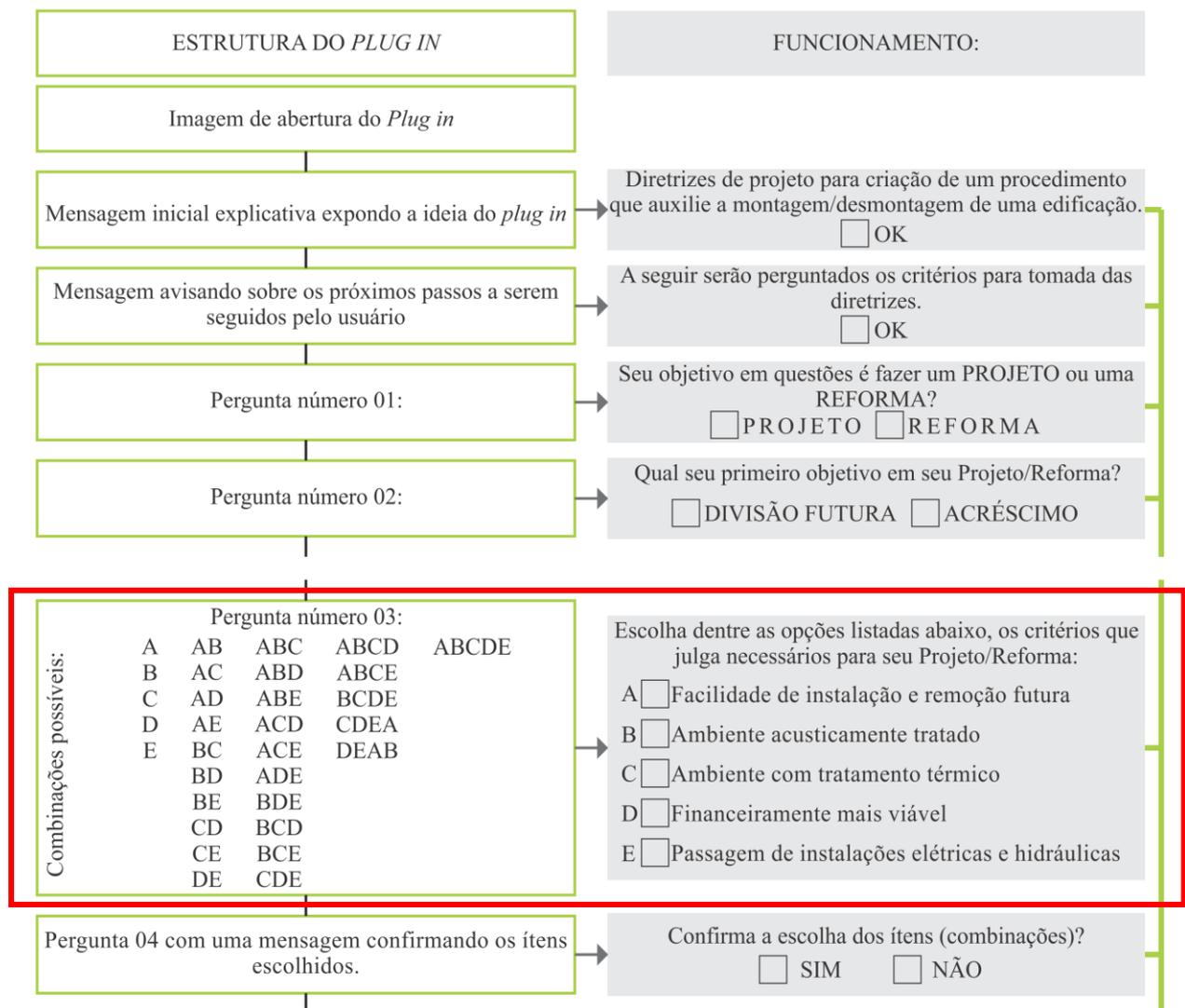


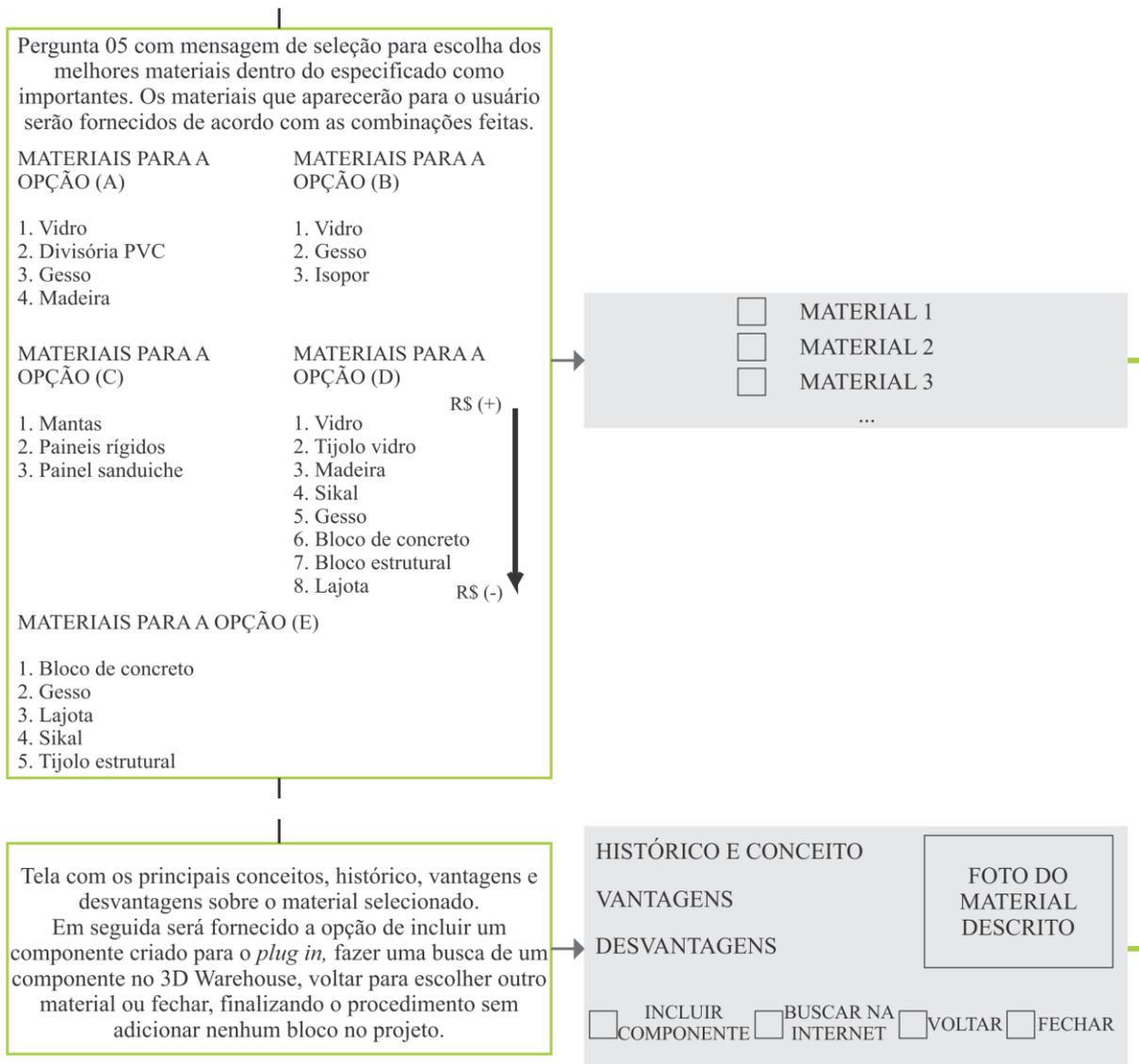
Fonte: Autora.

Quando acionado, o *plug in* demonstrará, através de comunicação gráfica com o usuário do programa (por janela contendo textos e imagens explicativas), diretrizes de projeto definidas de acordo com o estudo realizado até o momento, e com as informações contidas na norma de desempenho (NBR15.575), que vão permitir ao profissional de arquitetura e engenharia a criação de um procedimento que o auxilie na montagem e desconstrução de materiais das edificações para sua reutilização e reaproveitamento, demonstrando desde as funções de cada um dos materiais, suas vantagens e desvantagens, assim como, categorias que podem ser seguidas para conseguir chegar no resultado esperado.

Para abordar cada uma das etapas de reutilização do *plug in*, foi elaborado um fluxograma, abaixo, para logo em seguida, haver a demonstração da sua aplicação prática de acordo com cada etapa (figura 17).

Figura 17 – Fluxograma de funcionamento do *plug-in*





Fonte: Autora.

Antes da elaboração do *plug-in*, foi de extrema importância, a elaboração das combinações, conforme marcado em vermelho na figura 17 apresentada anteriormente. Foram essas combinações que tornaram possíveis as opções dos melhores materiais a serem fornecidos pelos usuários do protótipo, enquanto trabalha. Dessa forma, dependendo do critério necessário para cada projeto e/ou reforma, o cliente do protótipo, obterá respostas diferentes do programa.

As opções das combinações, conforme tabela 5, a seguir, são de escolha do utilizador do *plug-in*. Dependendo dessa escolha, as combinações são realizadas pelo programa, conforme tabela 6, a seguir.

Tabela 5 – Opções para combinações

A	Facilidade de remoção futura
B	Ambiente acusticamente tratado
C	Ambiente com tratamento térmico
D	Financeiramente mais viável
E	Passagem de instalações elétricas e hidráulicas

Fonte: Autora.

Tabela 6 – Possíveis combinações

	Selecionando UMA opção	Selecionando DUAS opções	Selecionando TRÊS opções	Selecionando QUATRO opções	Selecionando CINCO opções
POSSÍVEIS COMBINAÇÕES	A	AB	ABC	ABCD	ABCDE
		AC	ABD		
	B	AD	ABE	ABCE	
		AE	ACD		
	C	BC	ACE	BCDE	
		BD	ADE		
	D	BE	BDE	CDEA	
		CD	BCD		
	E	CE	BCE	DEAB	
		DE	CDE		
TOTAL DE COMBINAÇÕES	5	10	10	5	1

Fonte: Autora.

Assim, cada uma das opções, levam a alguns tipos de materiais específicos, conforme tabela 7, a seguir.

O resultado que aparecerá para o usuário, para quando especificados mais de uma opção, será os materiais que se repetem, como marcado em vermelho na tabela 8, abaixo. Na tabela, como exemplo, foram escolhidas as opções A e B, resultando, dessa forma, na tela do usuário as opções vidro e gesso, já que são esses os materiais em comum para as duas opções.

Tabela 7 – Materiais para cada opção definida

MATERIAIS PARA ESCOLHA DA OPÇÃO A (Facilidade de remoção futura)	MATERIAIS PARA A ESCOLHA DA OPÇÃO B (Ambiente acusticamente tratado)	MATERIAIS PARA A ESCOLHA DA OPÇÃO C (Ambiente com tratamento térmico)	MATERIAIS PARA A ESCOLHA DA OPÇÃO D (Financeiramente mais viável)	MATERIAIS PARA A ESCOLHA DA OPÇÃO E (Passagens de instalações elétricas e hidráulicas)	
Vidro	Vidro	Mantas	<i>(Mais caro)</i>	Bloco de concreto	
Divisória de PVC			Gesso		Painéis Rígidos
	Tijolo de vidro	Gesso			
Gesso	Bloco de concreto	Madeira		Lajota	
		Sikal		Sikal	
Madeira	Isopor	Painel sanduiche	Bloco de concreto		
			Bloco estrutural	Tijolo estrutural	
			Lajota		
			<i>(mais barato)</i>		

Fonte: Autora.

Tabela 8 – Escolha da opção A e B

MATERIAIS PARA ESCOLHA DA OPÇÃO A (Facilidade de remoção futura)	MATERIAIS PARA A ESCOLHA DA OPÇÃO B (Ambiente acusticamente tratado)	MATERIAIS PARA A ESCOLHA DA OPÇÃO C (Ambiente com tratamento térmico)	MATERIAIS PARA A ESCOLHA DA OPÇÃO D (Financeiramente mais viável)	MATERIAIS PARA A ESCOLHA DA OPÇÃO E (Passagens de instalações elétricas e hidráulicas)	
Vidro	Vidro	Mantas	<i>(Mais caro)</i>	Bloco de concreto	
Divisória de PVC			Gesso		Painéis Rígidos
	Tijolo de vidro	Gesso			
Gesso	Bloco de concreto	Madeira		Lajota	
		Sikal		Sikal	
Madeira	Isopor	Painel sanduiche	Bloco de concreto		
			Bloco estrutural	Tijolo estrutural	
			Lajota		
			<i>(mais barato)</i>		

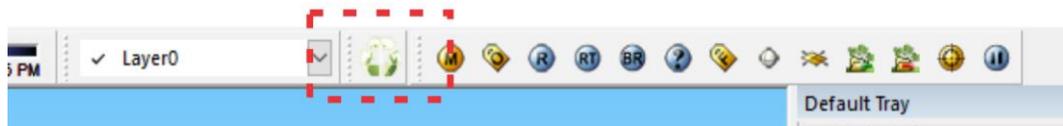
Fonte: Autora.

Para melhor entendimento dessas combinações, e de todo o funcionamento do *plug-in*, o Apêndice B, localizado ao final do presente trabalho, demonstra passo a passo de como o programa reage a cada um dos comandos feitos.

O protótipo criado, para ser utilizado pelo profissional, inicialmente necessita que o usuário instale o *plug-in*. Para isso, basta estar com o programa aberto, clicar em *Window > Preferences > Extensions* e na tela aberta, clicar em *Install Extension*, clicando logo em seguida em OK, para finalizar a instalação.

O ícone do *plug in* aparecerá automaticamente na tela principal do *SketchUp*, independente da versão que utiliza, conforme figura 18 abaixo. O funcionamento é simples e autoexplicativo. O usuário irá clicar no ícone no momento em que desejar no decorrer do projeto.

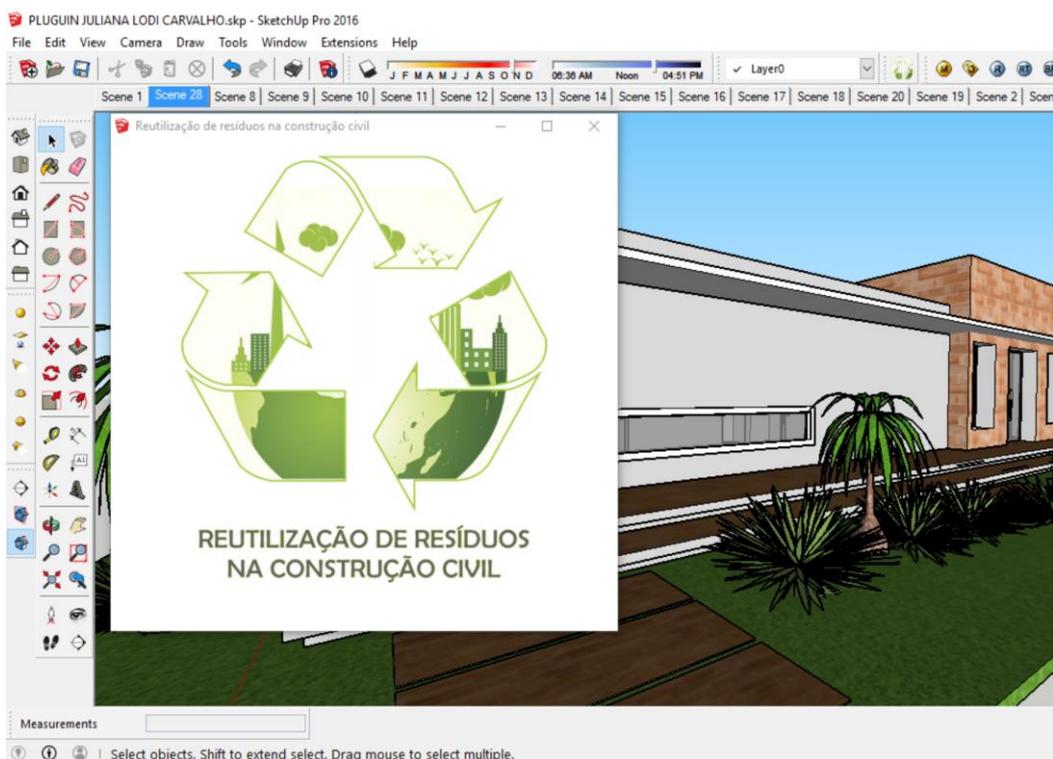
Figura 18 – Ícone na barra do *SketchUp*



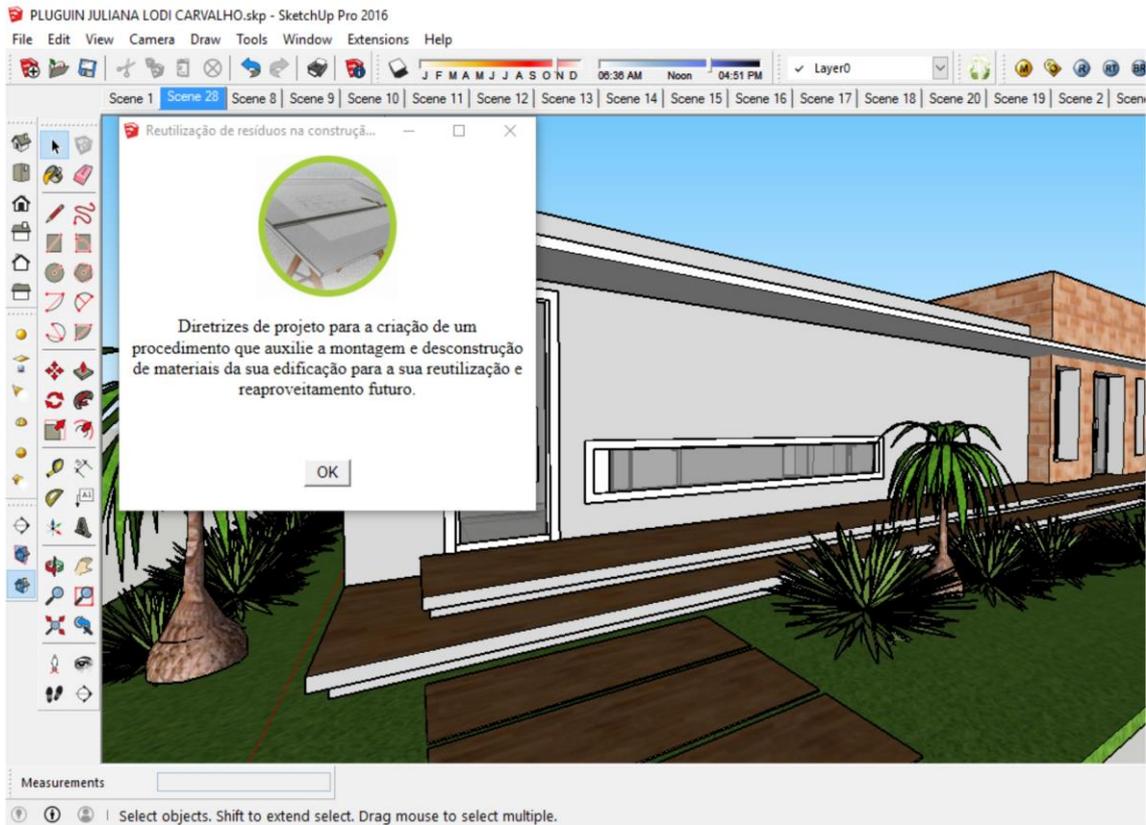
Fonte: Autora.

Acionando o ícone, automaticamente aparecerá uma tela de abertura, mostrando o início (figura 19). Na sequência, aparecerá uma mensagem inicial explicando a principal função do *plug-in* em questão (figura 20). Na continuidade, outra mensagem, reforçando a ideia de que a seguir, serão perguntados critérios para que o usuário tenha sua tomada de decisão de diretrizes projetuais (figura 21).

Figura 19 – Acionamento do *plug-in*

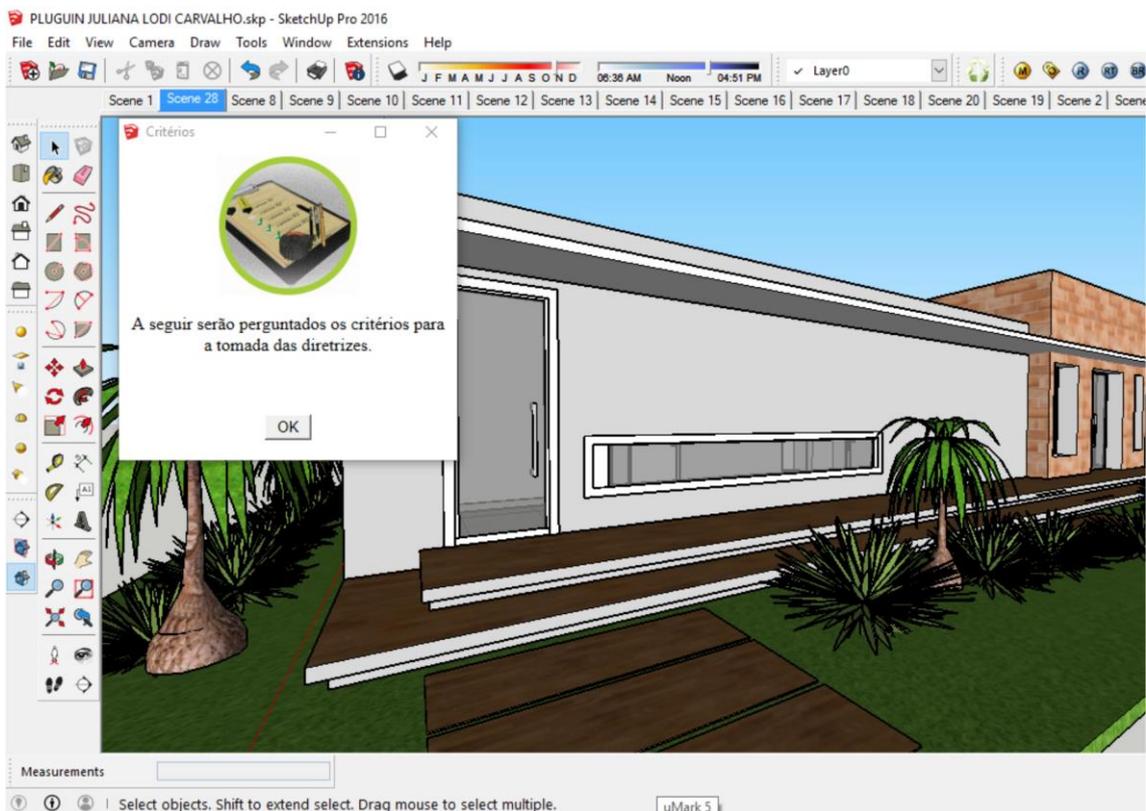


Fonte: Autora.

Figura 20 – Primeira etapa – apresentação do *plug-in*

Fonte: Autora.

Figura 21 – Segunda etapa – critérios

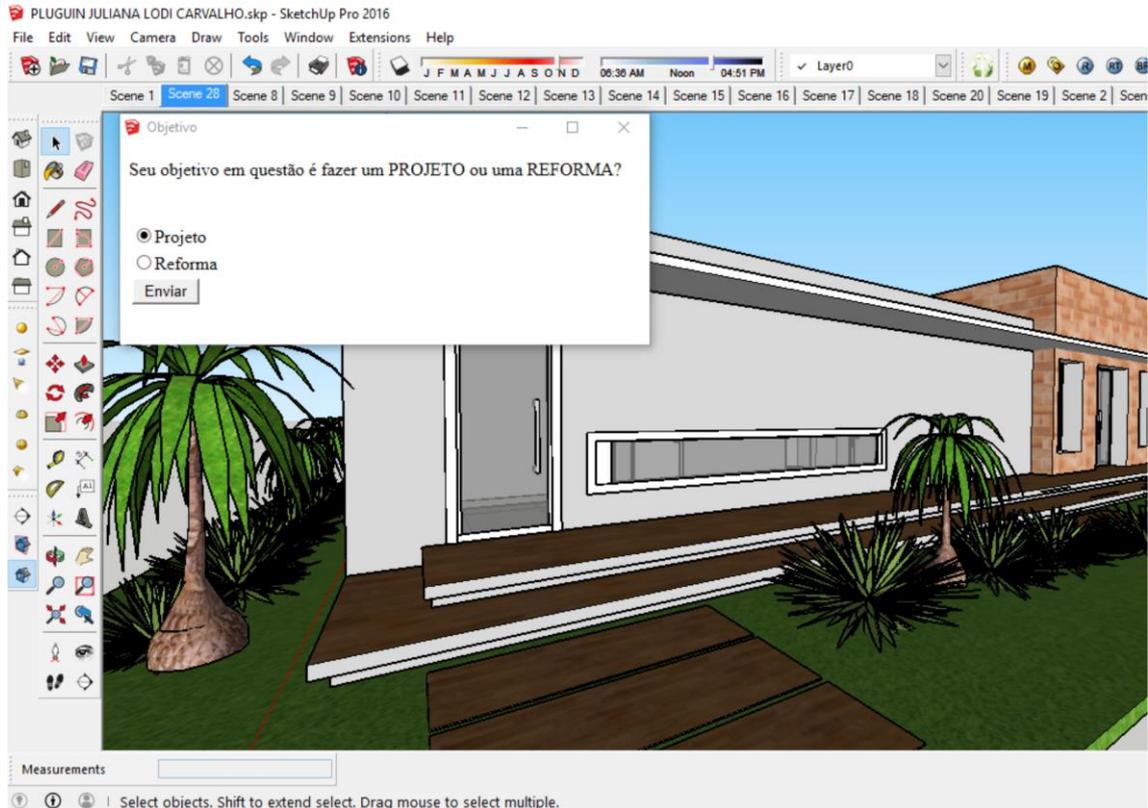


Fonte: Autora.

Num segundo momento, entramos em perguntas que afunilarão para que o usuário consiga chegar assim, nas melhores respostas para seus questionamentos.

A primeira pergunta é relacionada a qual o objetivo principal do projeto (Projeto do zero ou uma reforma) (figura 22).

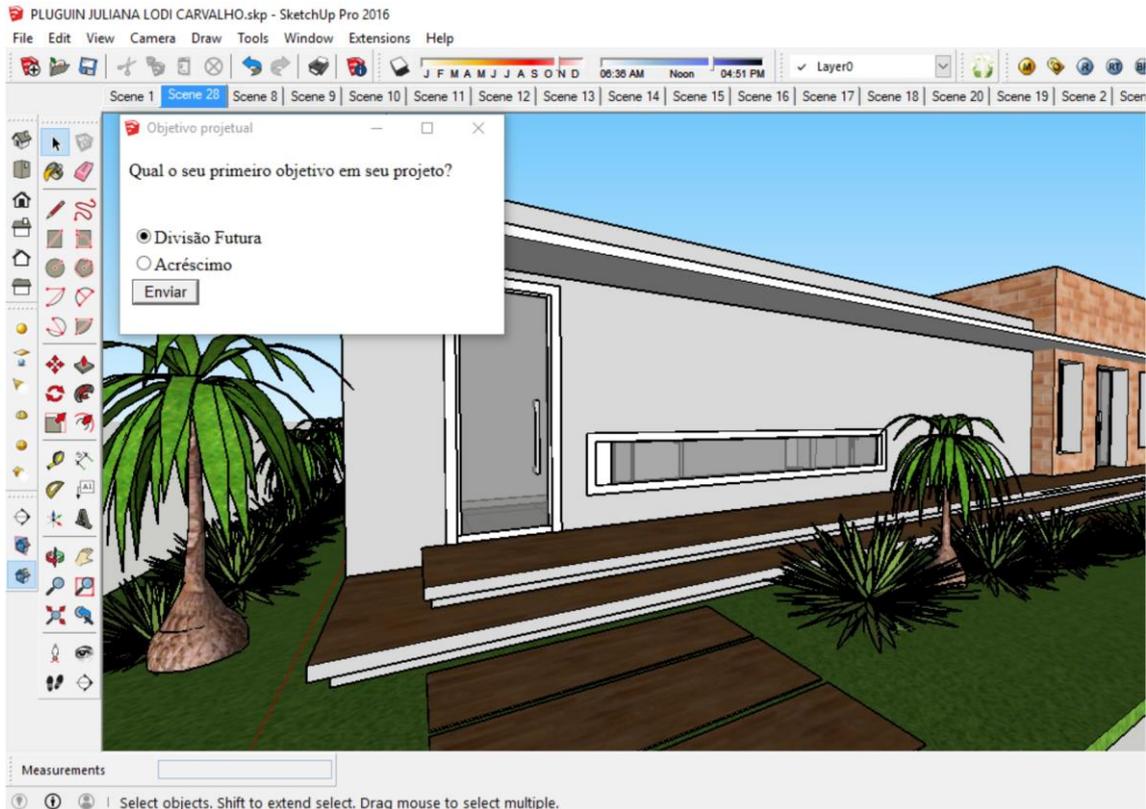
Figura 22 – Primeira pergunta - objetivo



Fonte: Autora.

A segunda pergunta é qual o objetivo desse Projeto ou reforma, sendo ele um acréscimo ou uma futura divisão do espaço a ser criado ou existente (figura 23).

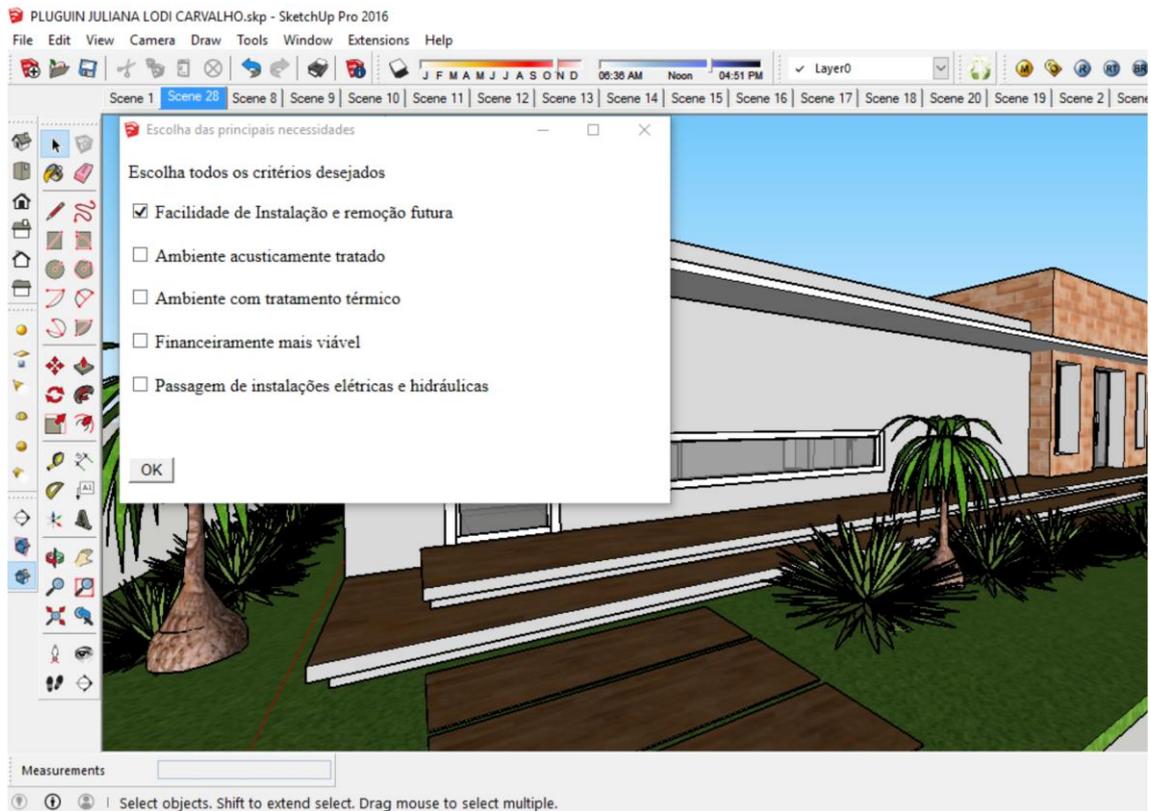
Figura 23 – Segunda pergunta – objetivo projetual



Fonte: Autora.

Em seguida, é colocado ao usuário, uma listagem de necessidades, advindas da norma de desempenho (NBR 15.575) e de estudos abordados no decorrer desta dissertação, conforme quadro apresentado no item anterior do trabalho (4.3). São elas, facilidade de Instalação e remoção futura, ambiente acusticamente tratado, ambiente com tratamento térmico, financeiramente viável e facilidade de instalação elétrica e hidráulica. Nesse momento, o usuário poderá selecionar quantas opções achar necessárias (conforme figura 24 a seguir) e dependendo do que selecionar, serão feitas combinações para que seja fornecido apenas os materiais ideais dentre os escolhidos a partir de um estudo.

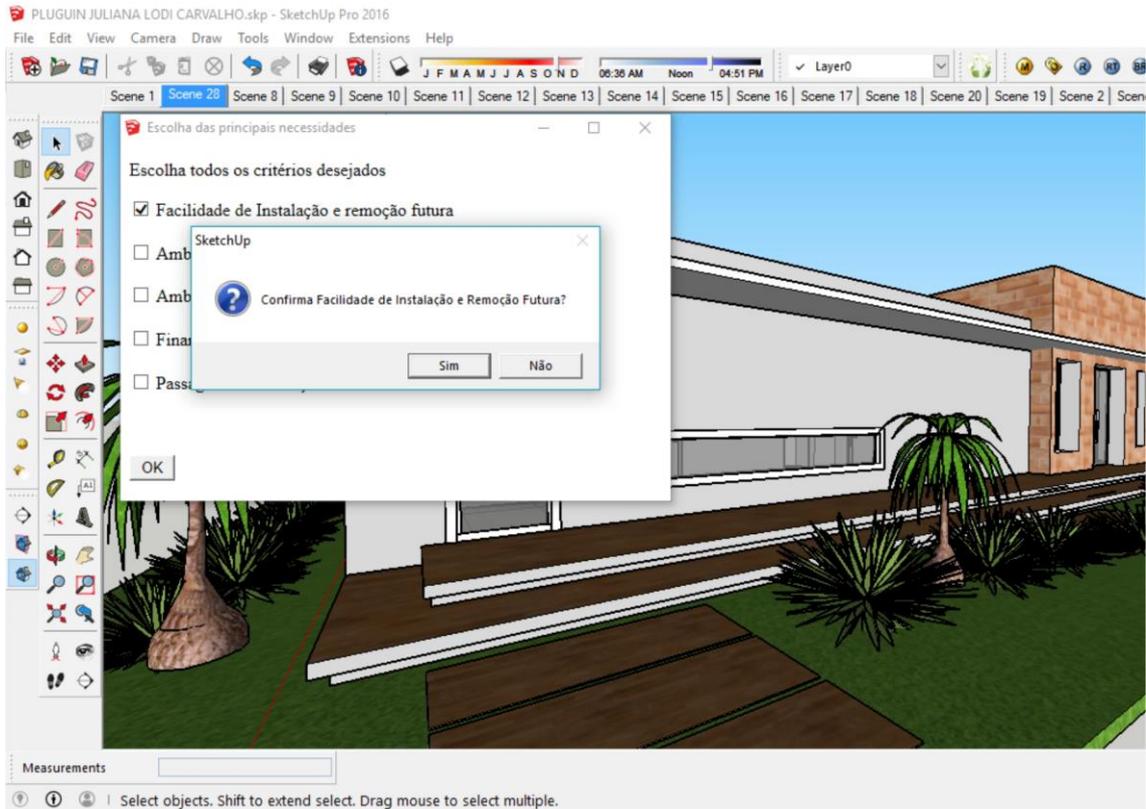
Figura 24 – Terceira pergunta – escolha das principais necessidades



Fonte: Autora.

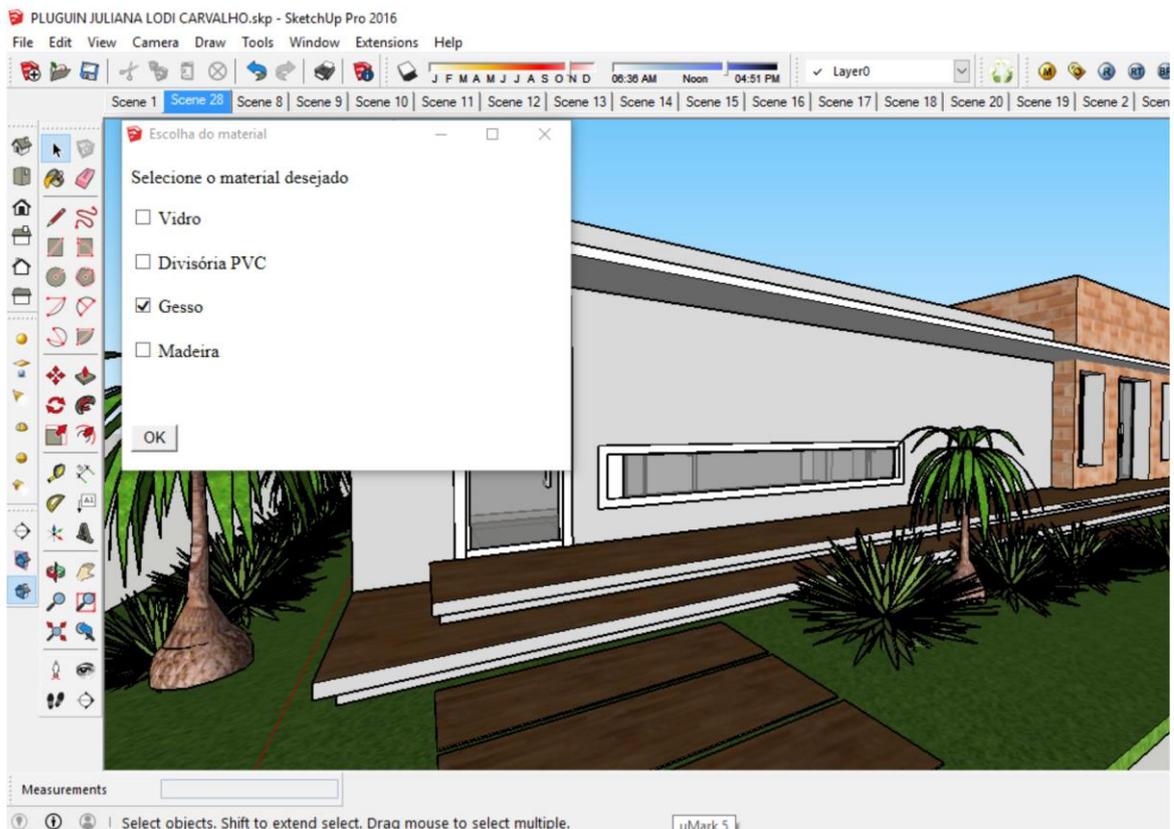
Antes da tela indicando os melhores materiais, será feita a pergunta que confirma a(s) escolha(s) daquela (s) opção (opções) (figura 25, a seguir). O usuário confirmando então sua escolha, entrará em uma outra tela com os materiais previamente selecionados de acordo com combinações anteriormente feitas advindas do quadro 9, no ítem 4.3 desse trabalho. (figura 26, a seguir).

Figura 25 – Quarta pergunta – confirmação da escolha



Fonte: Autora.

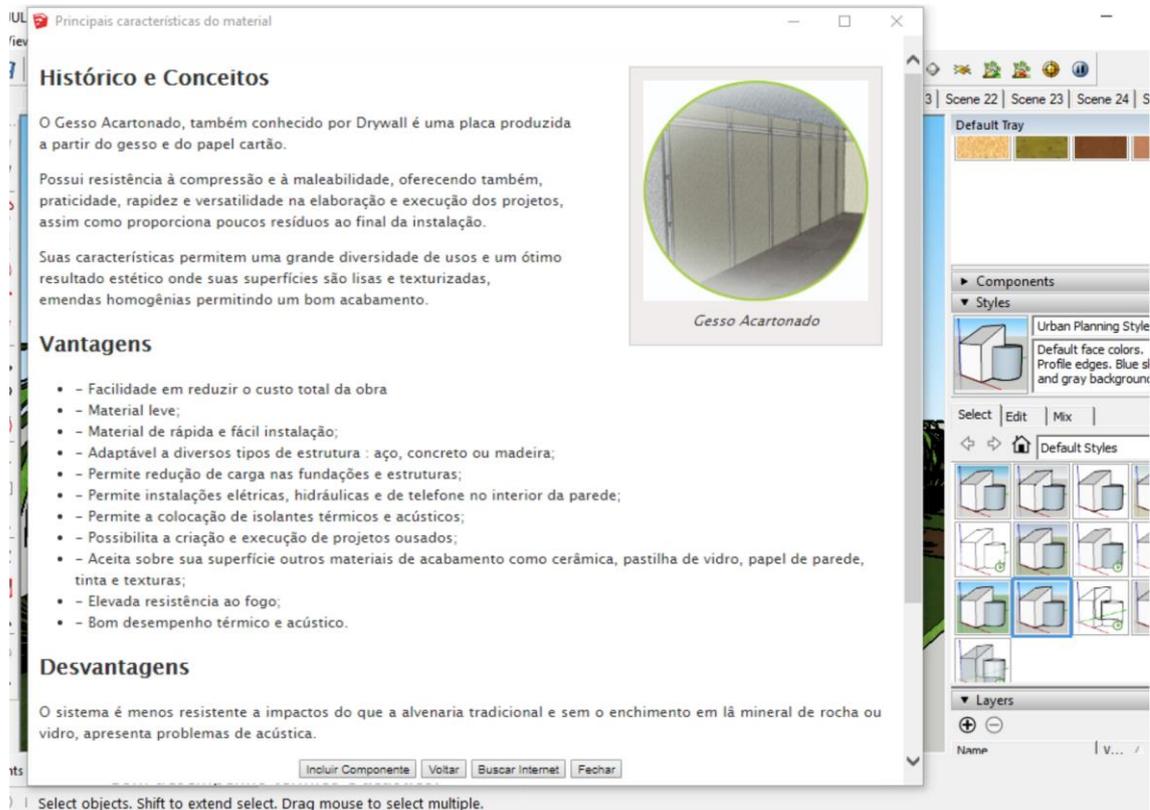
Figura 26 – Quinta pergunta – escolha do material



Fonte: Autora.

Nesse momento, ele define um material e logo em seguida é levado para uma página (figura 27) contendo informações diversas sobre aquele material como histórico, conceito, vantagens de uso e desvantagens.

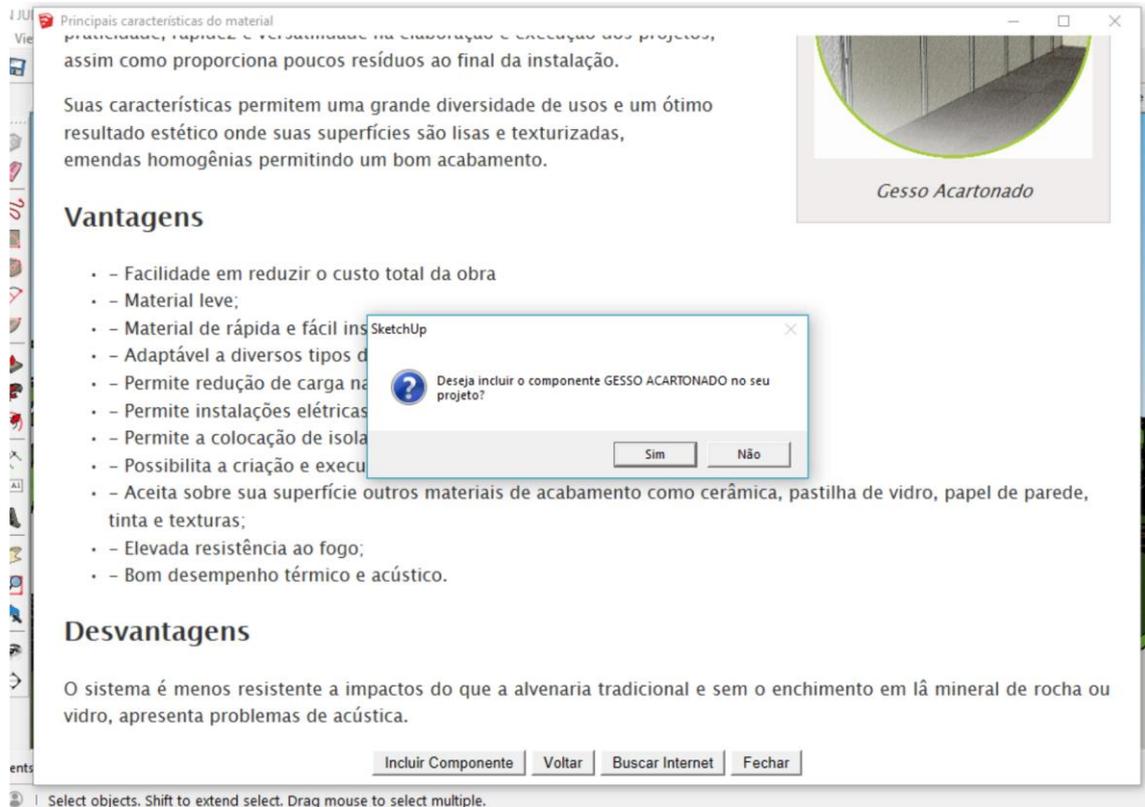
Figura 27 – Características do material escolhido



Fonte: Autora.

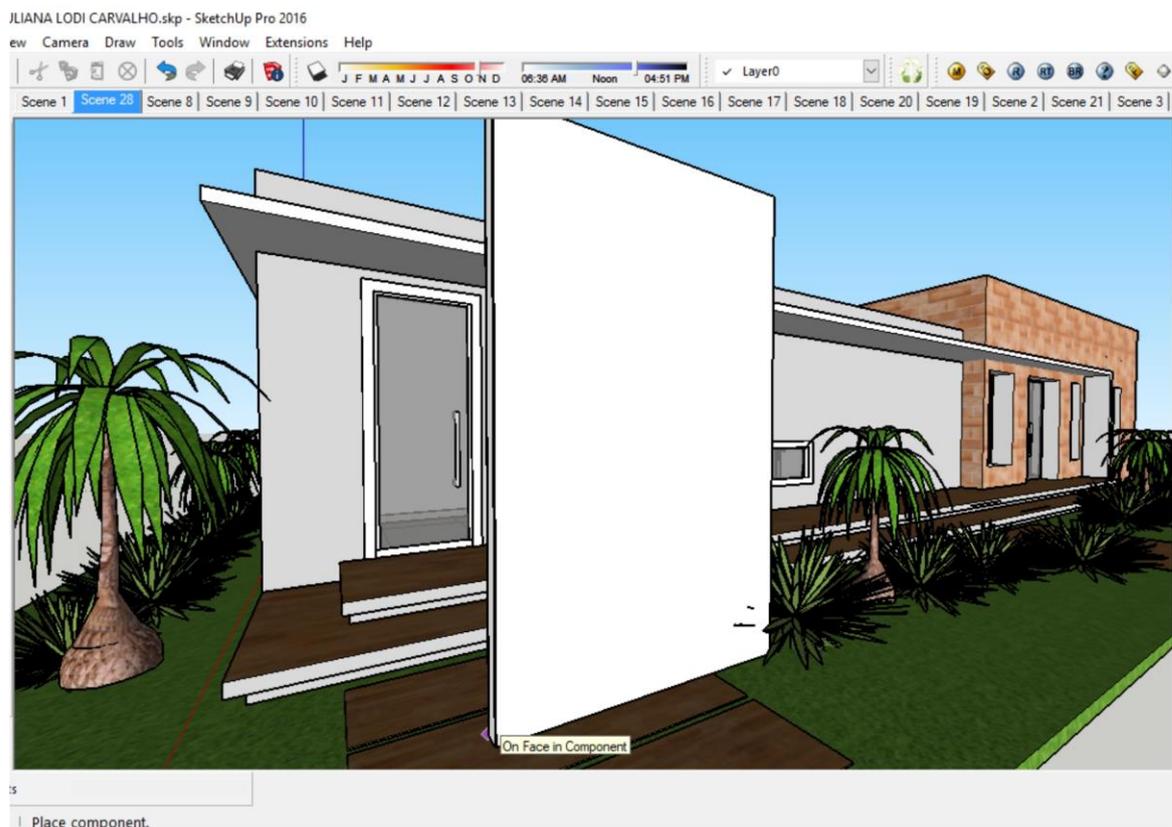
Para finalizar, o usuário pode tanto incluir um componente, (figura 28 e 29 a seguir) desenvolvido pela autora ao longo da pesquisa, daquele material, pode buscar um componente de acordo com sua preferência na plataforma *3D Warehouse* (figura 30), voltar na tela anterior e escolher um outro material e repetir esse procedimento ou finalizar o *plug in* não adicionando nenhum bloco ao seu projeto.

Figura 28 – Sexta pergunta – confirmação quanto a inclusão do componente no projeto



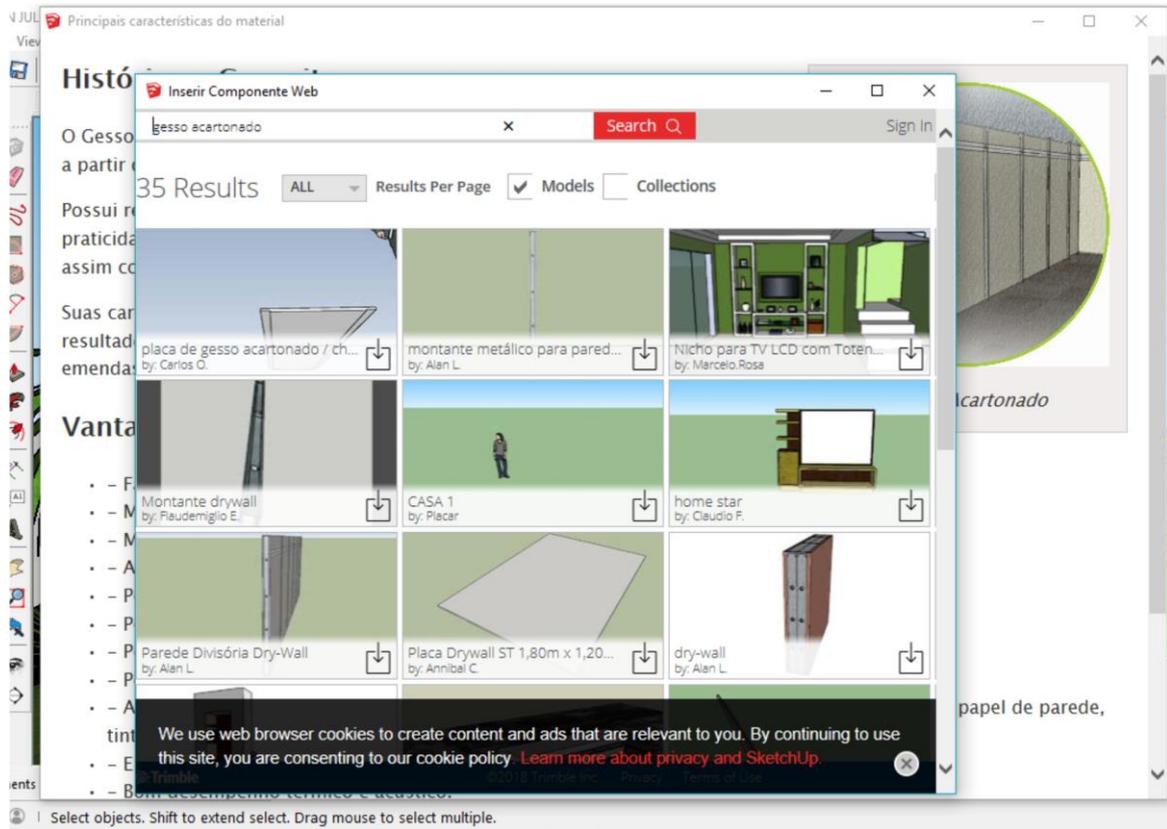
Fonte: Autora.

Figura 29 – Inclusão do componente no projeto



Fonte: Autora.

Figura 30 – Inclusão do componente existente na plataforma *online*



Fonte: Autora.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil tem grande destaque no crescimento social e econômico no mundo. O ciclo de vida das construções vai além do projeto e sua execução, contemplando as pesquisas de mercado, de clientes e usuários, passando pela execução da obra até seu uso, manutenção, desmontagem e reutilização.

Como os empreendimentos envolvem questões complexas e advindas de diferentes profissionais como arquitetos, engenheiros civis, engenheiros hidráulicos, engenheiros elétricos, etc., existe a necessidade de coordenação do processo como um todo para que haja uma otimização. É importante que não se perca qualidade no produto final, procurando satisfação dos envolvidos pelo processo, assim como, dos usuários finais.

Como visto durante este trabalho, é de grande importância as diretrizes do conceito de projeto para desmontagem (PPD) e para reutilização de materiais advindos dos processos construtivos e, atualmente, existem diversas bibliografias que propõem metodologias pertinentes sobre o tema. Esta pesquisa apresentou então, as necessidades observadas nas fases iniciais do processo de projeto, onde se relacionam à seleção de materiais e métodos construtivos, introduzindo conceitos de coleta, reuso e reciclagem de produtos advindos da obra, levando a criação de um procedimento e de uma ferramenta computacional que serve de auxílio no processo de desmontagem.

Para o desenvolvimento do produto, a metodologia exposta pela *Design Science Research*, mostrou-se adequada para tal, e foi aplicada, uma vez que, seu método, fundamenta e operacionaliza a condução da pesquisa, cujo o objetivo, sendo um artefato, diminui o distanciamento entre a teoria e a prática. A etapa de testes e avaliação feita em laboratório, mostrou as falhas e potencialidades do produto e foram sanadas.

Como visto durante o trabalho, a fase de projeto tem grande relevância para a edificação final, e, atualmente, existem diversas bibliografias que propõem metodologias de aplicação do projeto integrado na construção civil.

A ferramenta de projeto escolhida, foi definida, num primeiro momento, através de um levantamento com alunos do Mestrado em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora, MG. O levantamento teve a finalidade da escolha da ferramenta de projeto criada (*plug-in* para o *SketchUp*). Este programa mostrou-se mais pertinente por ser para modelagem em três dimensões, ser aberto a criação de *plug-ins* e muito utilizado por projetistas. Após o planejamento e escolha do conceito, foi desenvolvido o protótipo que, através de constantes testes e aprimoramento, chegou em uma versão sem inconsistências e que, em teste de usabilidade,

comprovou que pode ser desenvolvido por completo já que, todos os algoritmos foram criados, atendendo assim, ao que foi proposto.

Diante disso, acredita-se que o *plug-in* desenvolvido, é um norteador dos demais projetos complementares dentro do ramo da arquitetura e engenharia, auxiliando nos processos de cada projeto executado.

O protótipo da ferramenta foi desenvolvido e refinado para apresentação final neste trabalho. A versão em que se encontra está livre de erros, de forma que pode ser instalada, para teste, em outros computadores, através de seu instalador e banco de dados de imagens e blocos que alimentam a mesma.

O *plug-in* ainda não foi disponibilizado para maior público porque espera-se melhor refinamento em questões gráficas e de apresentação do mesmo, assim como, a finalização de todas as suas funções, de acordo com os algoritmos já criados. Com essas demandas sanadas, sua disponibilização concreta, poderá ocorrer, de acordo com os passos expostos, num segundo momento. Seu teste e refinamento ocorreu em laboratório, com utilização do *software* pelos principais envolvidos na pesquisa (orientador, coorientadora, bolsista de iniciação científica e orientanda).

O método de funcionamento do *plug-in* é através de perguntas e respostas entre o *software* e o usuário, dentro do qual, o projetista alimenta dados e o *plug-in* gera informações acerca do assunto, ajudando ao mesmo, a tomar suas decisões de acordo com seu projeto.

Como continuidade em futuras pesquisas, espera-se a melhoria de aspectos gráficos do *software* assim como seu término e, ainda, sua disponibilização *online* aos diversos usuários do programa de forma livre e gratuita.

Dessa maneira, o objetivo geral da pesquisa foi alcançado, através da execução do *software* e funcionamento para teste, assim como os objetivos específicos, contribuindo com a resposta do objetivo geral, e demonstrando a relevância do tema, e suas lacunas na construção civil atual.

Dentre as limitações da pesquisa, percebeu-se que a bibliografia que alimenta o tema é de grande extensão, por isso, pelo tempo de investigação e estudo, acredita-se que a continuação de forma exploratória, abarcaria novas contribuições ao produto final.

Como contribuições dessa pesquisa, espera-se o aperfeiçoamento do processo de projeto, convergente com o conceito de projeto para desmontagem, cujo intuito é a melhoria constante na geração de ambientes construídos em torno da sustentabilidade e reutilização, aumentando a vida útil da edificação e propondo diretrizes de fácil entendimento e aplicação nos empreendimentos.

REFERÊNCIAS

_____. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Lei 12.305. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/.../lei/112305.html. Acesso em: 10 jan. 2018.

ABDOL, R. C.; BALACHANDRAN, S. **Anticipating and responding to deconstruction through building design**. In: Design for deconstruction and material reuso, CIB Publication 272, paper n°.14, Karlsruhe, Germany, 2000.

ABRECON, **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil, 2003** Retirado de: <http://abrecon.org.br/>. Acesso em: 15 dez 2015.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014**. 2014. Retirado de: < <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 31 mai. 2017.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015**. 2015. Retirado de: < <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 31 mai. 2017.

ADDIS, B. **Reuso de materiais e elementos de construção**. 1ª Ed. Local de publicação: Oficina de textos, 2010. 368 p.

ALMEIDA, M; BRAGANÇA, L; MATEUS, R. (2008). **Tecnologias para a Sustentabilidade da Construção**. Universidade do Minho, Escola de Engenharia. 2008.

ALVES, G. M., **O desenho analógico e o desenho digital: a representação do projeto arquitetônico influenciado pelo uso do computador**. In: SIGRADI 2009, 2009, São Paulo. SIGRADI – anais. São Paulo: Mackenzie, 2009. V.1. p. 07-453.

ANDERY, M. A. *et al.* **Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica**. Rio de Janeiro: Editora EDUC, 2004.

ANDRADE, Max Lira V. X. de. **Computação Gráfica tridimensional e ensino de arquitetura: uma experiência pedagógica**. Graphica. Curitiba – Paraná. 2007. Disponível em: http://www.degraf.ufpr.br/artigos_graphica/COMPUTACAO.pdf. Acesso em: 29 dez. 2017.

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil**. In: IV Seminário Desenvolvimento sustentável a reciclagem na construção – práticas recomendadas, 2001, São Paulo. IV Seminário Desenvolvimento sustentável a reciclagem na construção – práticas recomendadas, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575: Edificações Habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BARBOSA, M. T. G.; ALMEIDA, M. M. de O. G. **Construção Sustentável: contributo das ferramentas de avaliação**. Curitiba: CRV, 2016.

BARONI, M. **Ambiguidades e deficiências do conceito de desenvolvimento sustentável.** Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 14-24, abr./jun. 1992.

BATISTA, G. **O início da sustentabilidade.** Atitudes Sustentáveis, 2017. Disponível em:<www.atitudessustentaveis.com.br/sustentabilidade/o-inicio-da-sustentabilidade/>. Acesso em: 30 mai. 2017.

BERGE, B. **The Ecology of Building Materials.** Oxford: Architectural Press, 2009.

CARNEIRO, F. P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana, Gerenciamento e Planejamento do Uso da Água e Resíduos) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB, 2005.

CARNEIRO, A. O.; BRUM, I. A. S.; CASSA, J. C. S. (org.). (2001). **Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção: projeto entulho bom.** Salvador: EDUFBA – Caixa Econômica Federal, 2001.

CODECADEMY. Disponível em :< <https://www.codecademy.com/>>. Acesso em: 29 mai. 2017.

CONAMA, Resolução 307, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 de jul. 2002. S.1, p. 95-96.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL. **Guia para arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho: ABNT NBR 15575.** 2015. Disponível em: http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf. Acesso em: 19 de julho de 2018.

CORRÊA, L., R. **Sustentabilidade na Construção Civil.** 2009. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte. 2009.

COUTO, A. B.; COUTO, J. P.; TEIXEIRA, J. C. **Desconstrução – uma ferramenta para sustentabilidade da construção.** Nutau, 2006.

CROWTHER, P. **Design for Disassembly – Themes and Principles.** BDP Environment Design Guide, 2005.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. **Design Science Research: Método de pesquisa para o avanço da ciência e tecnologia.** Porto Alegre: Bookman, 2015.

DORSTHORST, B. J. H.; HENDRIKS, C. F. **Re-use of construction and demolition waste in the EU.** In: CIB Symposium: Construction and Environment – theory into practice., São Paulo, 2000. Proceedings. São Paulo, EPUSP, 2000.

ELKINGTON, J. **Cannibals With Forks: The Triple Bottom Line of 21 Century Business.** New Society Publishers. Gabriola Island BC: Canada, 1998.

ELLIS, P. G.; TORCELLINI, P. A.; CRAWLEY, D. B. **Energy Design Plugin: An EnergyPlus Plugin for SketchUp**. IBPSA-USA SimBuild Conference. 2008. National Renewable Energy Laboratory, Berkeley, California. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43569.pdf>>. Acesso em 29 dez. 2017.

FRAGMAQ. **A importância da reciclagem de resíduos da construção civil**. Pensamento Verde, 5 mar. 2014. Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/reciclagem/importancia-da-reciclagem-de-residuos-da-construcao-civil/>>. Acesso em: 29 de mai. 2017.

FRAGMAQ. **O que é desenvolvimento sustentável**. Pensamento Verde, 23 fev. 2015. Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/sustentabilidade/o-que-e-desenvolvimento-sustentavel/>>. Acesso em: 29 de mai. 2017.

GARCIA, F. B. **Surgimento da sustentabilidade**. Mundo da Sustentabilidade, 12 out. 2009. Disponível em: <sustentabilidade.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=37>. Acesso em: 30 mai. 2017.

GEHBAUER, FRITZ. **Racionalização na construção civil**. Recife, Projeto Competir (SENAI, SENRAE, GTZ) 2004.

GO, T. F.; WEHAB, A.; *et al.* **Disassemblability of end-of-life vehicle: a critical review of evaluation methods**. Journal of Cleanet Production, v.19, p.1536-1546, set. 2011.

GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais de manejo sustentável com inclusão social**. Ciência e Saúde Coletiva (Impresso), v. 17, p. 1503-1510, 2012.

GOUVINHAS, R. P.; ROMEIRO FILHO, E. Projeto do Produto para o Meio Ambiente. In: ROMEIRO FILHO, E.; FERREIRA, C. V.; MIGUEL, P. A. C.; GOUVINHAS, R. P.; NAVEIRO, R. M. (Org.). **Projeto do produto**. São Paulo: Elsevier, 2010. P. 215-228.

GUY, B.; ROCHA, C. **A building lifecycle model based on a design for deconstructions approach**. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, IV., 2005, Porto Alegre.

GUY, B.; SHELL, S. **Design for deconstruction and material reuse**. In: Design for deconstruction and material reuse, CIB Publication 272, paper n. 15 Karklsruhe, Germany, 2002.

HALMEMAN, M. C. R.; SOUZA, P. C.; CASARIN, A. N. **Caracterização dos resíduos de construção e demolição na unidade de recebimento de resíduos sólidos no município de Campo Mourão – PR**. Revista Tecnológica, Edição especial ENTECA 2009, p. 203-209.

FERNANDEZ, J. A. B. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. 2012. 42 p. (Relatório de Pesquisa) – IPEA, Brasília. 2012. – retirei de

http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriospesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf. Acesso em: 30 mai. 2017.

FIRJAN, **Construção Civil: Desafios 2020**, 2014. Retirado de: www.firjan.com.br/construcao-civil/desafios.html. Acesso em: 14 out. 2017.

FONSECA, Gizelle Lira. **Modelagem Tridimensional do Campus Pampulha da UFMG – Uma proposta exploratória utilizando a ferramenta Google SketchUp**. Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento de Cartografia. Belo Horizonte, 2007.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2000.

KARPINSK, L. A...[et \l.]. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre: Edipucrs, 2009. 163 p.

LACERDA, D. P. *et al.* Design Science Research: método de pesquisa para engenharia de produção. **Gestão e produção**, São Carlos, v.20, n. 4, p. 741-761, 2013.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (Tese de Doutorado)**. Escola de Engenharia Civil da universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

LIMA, A. S.; CABRAL, A. E. B. **Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE)**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 18, p. 169-176, 2013.

LIMA, Fábio. **Abordagens criativas de ferramentas computacionais e técnicas de modelagem paramétrica adequadas às realidades das salas de aula. Projeto digital e fabricação na arquitetura: ensino, pesquisa e desafios**. In: IV ENANPARQ, Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Porto Alegre, 2016.

MACHADO, A. G. B. **Definição de Resíduos da Construção Civil no Brasil**. PRS Portal Resíduos Sólidos, 16 mar. 2015. Disponível em: <www.portalresiduossolidos.com/deinicao-de-residuos-da-construcao-civil-no-brasil/>. Acesso em: 30 mai. 2017.

MAGALHÃES, Leandro S.; NASCIMENTO, Fernando P. do . **Desenvolvimento de sistema exclusivo com conceitos bim através de plugin do software sketchUp: gestão em processos de indústria de divisórias**. VII Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção - TIC. 2015. Recife - PE. Disponível em: < <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/tic2015/069.pdf>>. Acesso em 29 dez. 2017.

MAIA, A. L... [et al.]. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil – PGIRCC**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente: Fundação Israel Pinheiro, 2009. 44 p.; il.

MAIA, M. F. F.; FONSECA, R. A. S. **A gestão da areia utilizada na construção civil. (Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Educação Ambiental).** Centro de Estudos e Pesquisa Educacionais de Minas Gerais: 2006.

MANEGOTTO, A. B.; MIERLO, F. **A linguagem Ruby.** São Leopoldo: UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. RS, nov. 2002.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 7. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

MATTARAIA, L.; MARTINS, A.; FABRICIO, M. M. **Critérios para Avaliação do Potencial de Desmonte e Reciclagem de Materiais de Sistemas Construtivos Inovadores.** In: Cláudio de Souza Kazmierczak; Márcio Minto Fabricio. (Org.). Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Materiais e Sustentabilidade. 1ed.: Editora Scienza, 2016, v. , p. 315-338.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Ministério do Meio Ambiente, sem data. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 29 dez. 2017.

MIRANDA, L. F. R.; ÂNGULO, S. C.; CARELI, E. D. . **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008.** Ambiente Construído (Online), v. 9,p.57-71, 2009.

MORGAN, C; STEVENSON, F. Design for deconstruction, **SEDA Design Guides for Scotland:** nº.1, 2005.

MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M. T. P. **Sustentabilidade e processos de projetos de edificações.** Gestão & tecnologia de projetos, v.4, p. 84-119, 2009.

NETO, J. C.; IMAMURA, M. M. **Uma abordagem dos tipos de ferramentas computacionais utilizados para auxiliar o processo ensino-aprendizagem da matemática.** 2012. Disponível em: < www2.unifap.br/midias/files/2012/04/midiaspea.pdf >. Acesso em 10 jul. 2018.

NORDBY, A. S.; BERGE, B.; HESTNES, A. G. **Salvageability of building materials.** Department of Architectural Design, History and Technology, Norwegian University of SP. Anais. CD- Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, 2008.

NUNO, F. G. T. **Contribuição para a Sustentabilidade na Construção Civil: Reciclagem e Reutilização de Materiais.** 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 2011.

OLIVEIRA, O. F.; PEREIRA, W. E. N.; MEDEIROS, P. N. . **Uma breve descrição da construção civil no Brasil, destacando o emprego formal e os estabelecimentos no nordeste.** In: XX Seminário de Pesquisa do Centro de Ciências Sociais Aplicadas/UFRN, 2015, Natal. Estudos e Pesquisas em Espaço, Trabalho, Inovação e Sustentabilidade, 2015.

OLIVEIRA, V. F. **O papel da indústria da Construção Civil na organização do espaço e do desenvolvimento regional.** Congresso Internacional de Cooperação Universidade Indústria. Taubaté (SP), 2012.

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil.** Brasília: CEF, 2005. V. 1. 196 p. (Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios, v. 1), 2005.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** 2ª ed. Nova Hamburgo: Feevale, 2013.

QUINTELLA, B. **Resíduos Urbanos – repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar.** iCook Green. Jan. 2017. Disponível em: < <http://www.icookgreen.com/noticias/residuos-urbanos/>>. Acesso em 6 de fev. 2017.

RECICLAGEM. Dicionário Online de Português, 20 out. 2017. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/reciclagem/>>. Acesso em 20 out. 2017.

REDAÇÃO. **A importância da lei de resíduos sólidos.** Pensamento Verde, 14 jun. 2013. Disponível em:< <http://www.pensamentoverde.com.br/governo/a-importancia-da-lei-de-residuos-solidos/>>. Acesso em: 29 de mai. 2017.

ROCHA, C. G.; SATTler, M. A. **A discussion on the reuse of building components in Brazil: An analysis of major social, economical and legal factors.** Resources Conservation and Recycling, v.54, p.9, 2009.

ROCHA, J. C.; CHERIAF, M. J. Aproveitamento de resíduos na construção. In: ROCHA, J. C.; CHERIAF, M. J. **Utilização de Resíduos na Construção Habitacional.** Coletânea Habitare. V. 4, 2003. p. 73-93.

ROMEIRO FILHO, E.; FERREIRA, C. V.; MIGUEL, P. A. C.; GOUVINHAS, R. P.; NAVEIRO, R. M. **Projeto do produto,** Elsevier Editora Ltda, Rio de Janeiro, 2010, 408 p.

SÁ, A. J. de O. **Diretrizes para a elaboração de projetos arquitetônicos: Sustentabilidade das edificações.** 2008. 61 f. Monografia de pós graduação – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2008.

SANTINI, A.; HERMAN, C.; PASSARINI, F.; VASSURA, I.; LUGER, T; MORSELLI, L. **Resources. Conservation and Recycling.** (2010).

SARAIVA, T. S. **Diretrizes de projeto para possibilitar a desconstrução de edificações e seus componentes.** 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2013.

SARAIVA, T. S.; BORGES, M. M.; COLCHETE FILHO, A. F. . **Diretrizes para a elaboração de um manual de projeto para desconstrução de acordo com a realidade brasileira.** In: ENTAC, 2012, Juiz de Fora / MG. ENTAC: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora / MG: ANTAC, 2012. V. 1. P. 3431-3437.

SILVA, P. D. R. **Reutilização de Elementos Construtivos na Construção**. 2008. 122 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil – Especialização em Construções) – Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Porto, Portugal, 2008.

SILVA, R.; ARNOSTI JR., S. **Caracterização do resíduos de construção e demolição (RCD) reciclado**. *Holos Environment*, v. 5, n. 2, 2007, p. 137-151.

SIMON, H. A. **The Science of the Artificial**. 3rd ed. Cambridge: MIT Press, 1996.

SKETCHUP. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Wikimedia, 2017. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/SketchUp>>. Acesso em 29 de dezembro de 2017.

SOURCEFORGET.net: 2009 CCA: Winners. Disponível em: <sourceforge.net>. Acesso em 19 de julho de 2018.

SOUZA, U.E.L. et al. **Desperdício de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito**. In: SIMPÓSIO NACIONAL – DESPERDÍCIO DE MATERIAIS NOS CANTEIROS DE OBRAS: A QUEBRA DO MITO. São Paulo, 1999. *Anais*. São Paulo (PCC/EPUSP), 1999.

SPADOTTO, A.; WERGENES, T. N.; TURELLA, E. C. L.; NORA, D. D.; BARBISAN, A. O. **Impactos ambientais causados pela construção civil**. *Unoesc e Ciência – ACSA*, v. 2, p. 173-180, 2011.

STEELE, J. **Arquitectura y revolucion digital**. México: Gistavo Gili, 2001.

STIEGERT, I. **Segurança do trabalho em altura na manutenção externa de fachadas: criação de ferramentas computacional para operacionalizar o conceito no processo projetual arquitetônico**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2017.

TAKEDA, H. *et al.* Modeling Design Processes. *AI Magazine*, v.11, n.4, p. 37-48, 1990.

TERA, **Obra sustentável: saiba mais sobre a reciclagem dos resíduos da construção civil**, 2014. Disponível em:< <http://www.teraambiental.com.br>> Acesso em 17 nov. 2015

THORMARK, C. **Recycling Potential and Design for Disassembly in Building**. Lund, Suécia: KFS AB. 104p. 2001.

UNITED NATIONS. **Um documents Cooperations circles gathering: a body of global agreements**. Report of the World Commission on Environment and development: Our Common Future. Disponível em <http://www.um-documents.net/ocf-02htm#I>. Acesso em 22 de maio de 2017.

VAN AKEN, J. E. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: **The Quest for Field-Tested and Grounded Technological Rules**. *Journal of Management Studies*, V. 41, n.2, p. 219-246, 2004.

VAZQUEZ, E. **Aplicação de nuevos materiales reciclados em la construcción civil**. In: Seminário de Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, 4 Anais... São Paulo: IBRACON. 2001.

VIVA DECORA. **Os 20 melhores plug-ins para SketchUp para facilitar o seu trabalho**. 2018. Disponível em: < www.vivadecora.com.br/pro/tecnologia/plugins-para-sketchup/ >. Acesso em: 12 jul. 2018

WEBSTER, M. D., COSTELLO, D. T. **Designing structural systems for deconstruction: How to extend a new building's useful life and prevent it from going to waste when the end finally comes**. Greenbuild, Conference, Atlanta, GA. Nov. 2005.

WWF. **O que é desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/>. Acesso em: 10 jan. 2018.

YUBA, A. N. **Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes construtivos de madeira de plantios florestais**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

ZAMBRANO, L. M. A.; BASTOS, L. E. G.; FERNANDEZ, P. . **Integração da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura**. In: NUTAU 2008 – 7º Seminário Internacional – Espaço Sustentável. Inovações em edifícios e cidades, 2008.

APÊNDICE A

APÊNDICE A – Perguntas, opções de resposta do questionário e respostas adquiridas

Apresentação:

Devido ao aumento da competitividade no setor da construção civil, cresce a preocupação em torno da gestão do processo de projeto. Visando atender às novas demandas do mercado, o presente questionário, tem como objetivo, coletar informações para que seja possível, a criação de uma nova ferramenta de auxílio ao processo de projeto, permitindo uma maior integração entre suas fases, desde a concepção até o uso.

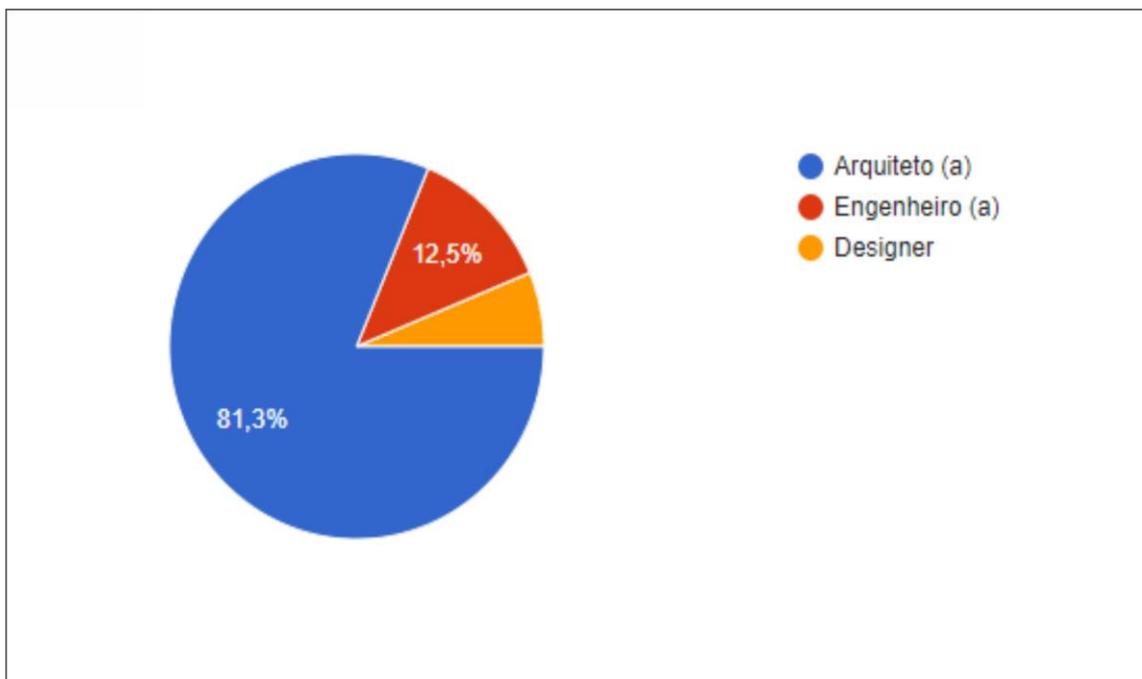
Tabela 9: Questionário aplicado

PERGUNTA	OPÇÕES DE RESPOSTA
1 - Qual sua profissão?	<input type="checkbox"/> Arquiteto (a) <input type="checkbox"/> Engenheiro (a) <input type="checkbox"/> Outros...
2 - Qual sua cidade de atuação profissional?	Texto de resposta curta e livre
3 - Quais das ferramentas abaixo são mais utilizadas no seu dia a dia. Marque quantas julgar necessárias	<input type="checkbox"/> 3DMAX <input type="checkbox"/> ARCHICAD <input type="checkbox"/> AUTOCAD <input type="checkbox"/> REVIT <input type="checkbox"/> RHINOCEROS + GRASSHOPPER <input type="checkbox"/> SKETCHUP <input type="checkbox"/> SOLIDWORKS <input type="checkbox"/> VECTORWORKS <input type="checkbox"/> Outros...
4 - O que acredita possuir maior funcionalidade para permitir maior integração no processo de projeto?	<input type="checkbox"/> Manual textual (PDF) <input type="checkbox"/> Planilha sintetizada <input type="checkbox"/> Aplicativo para smartphone <input type="checkbox"/> Plug in inserido em uma ferramenta de projeto <input type="checkbox"/> Outros...
5 - Dê nota nas ferramentas abaixo julgando as que considera menos relevante para mais relevante. Nota 0 a 4 sendo: 0 MENOS relevante e 4 MUITO relevante.	3DMAX <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 ARCHICAD

	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 AUTOCAD <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 REVIT <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 RHINOCEROS + GRASSHOPPER <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 SKETCHUP <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 SOLIDWORKS <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 VECTORWORKS <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4
6 - Deseja acrescentar algo?	Texto de resposta longa e livre
7 - Que tipo de informação julga importante acrescentar no questionário apresentado?	Texto de resposta longa e livre
8 - Dê nota para esse questionário. Nota de 0 a 4 sendo 0 ruim e 4 excelente.	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4

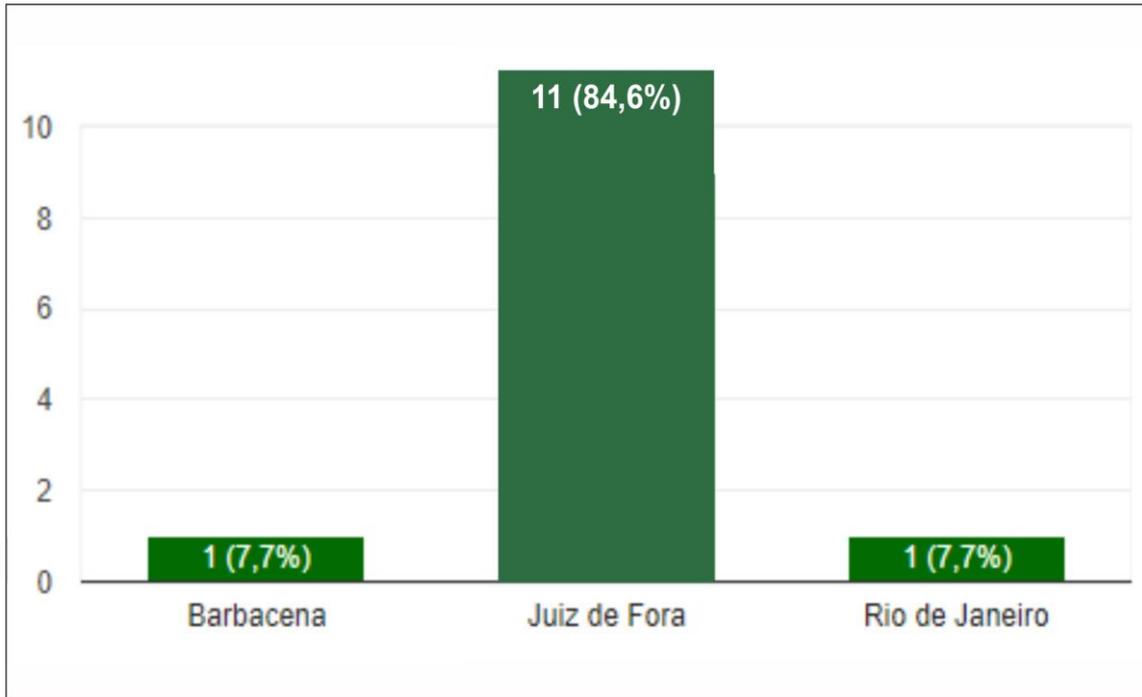
Fonte: Autora.

Gráfico 7: Resposta à pergunta 01



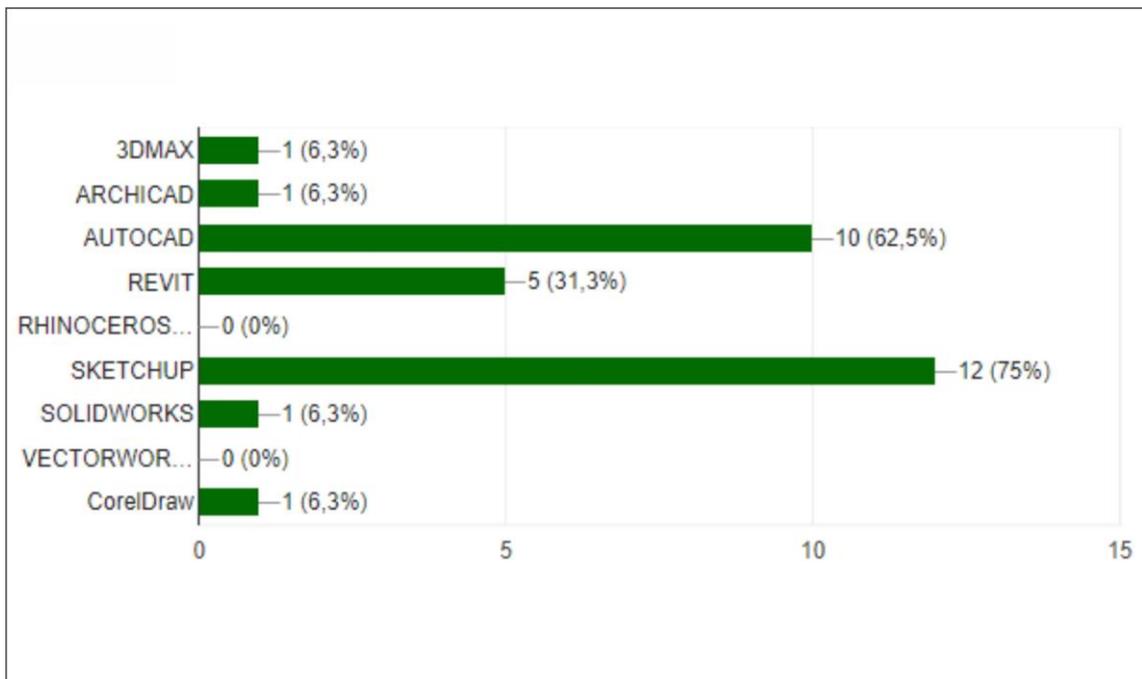
Fonte: Autora.

Gráfico 8: Resposta à pergunta 02



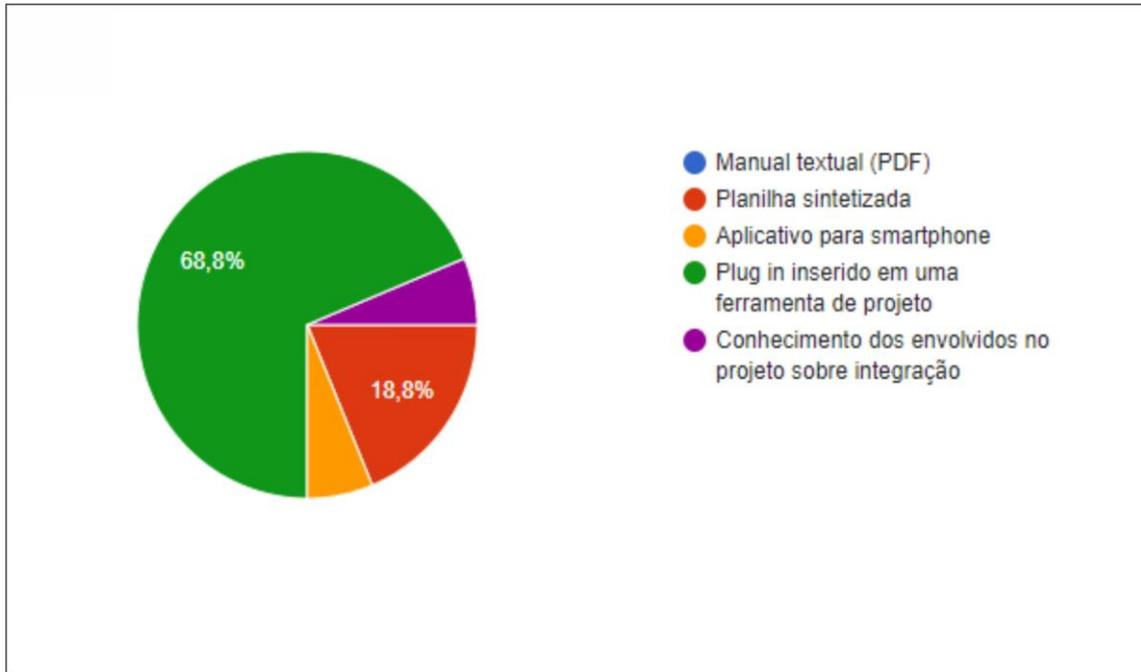
Fonte: Autora.

Gráfico 9: Resposta à pergunta 03



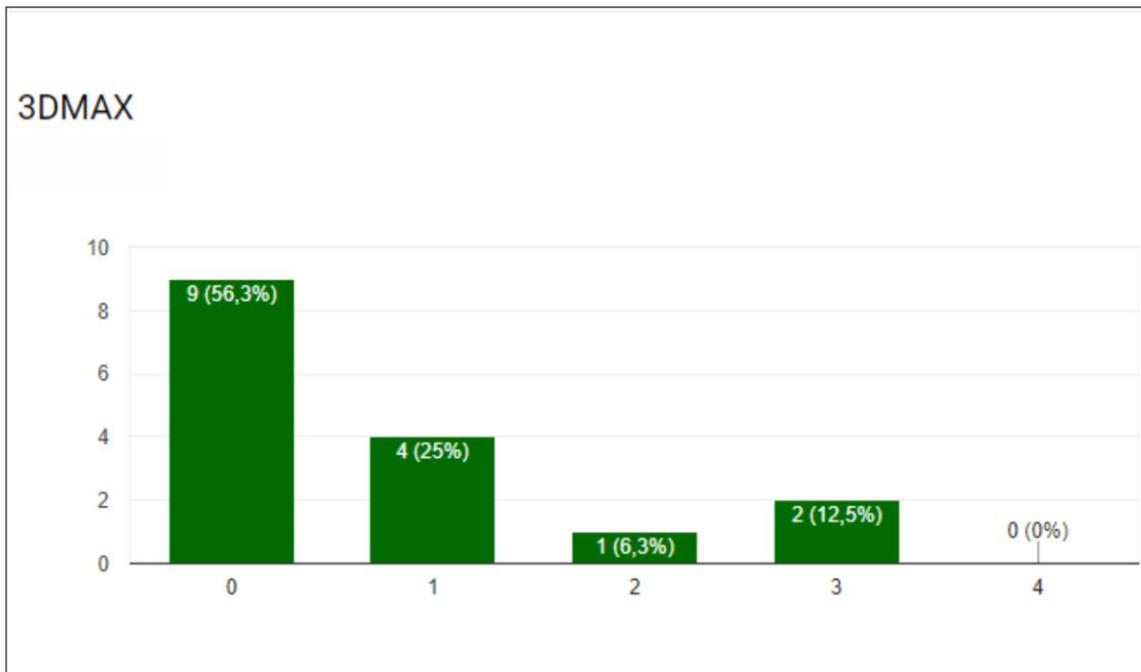
Fonte: Autora.

Gráfico 10: Resposta à pergunta 04

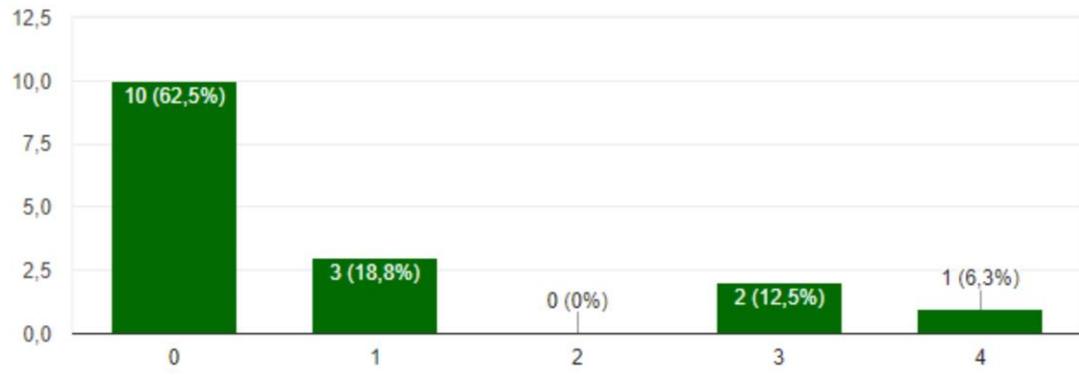


Fonte: Autora.

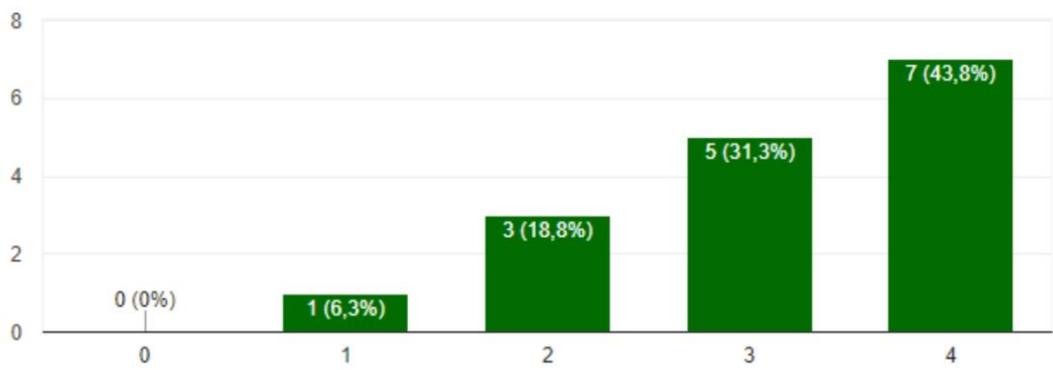
Gráfico 11: Respostas à pergunta 05

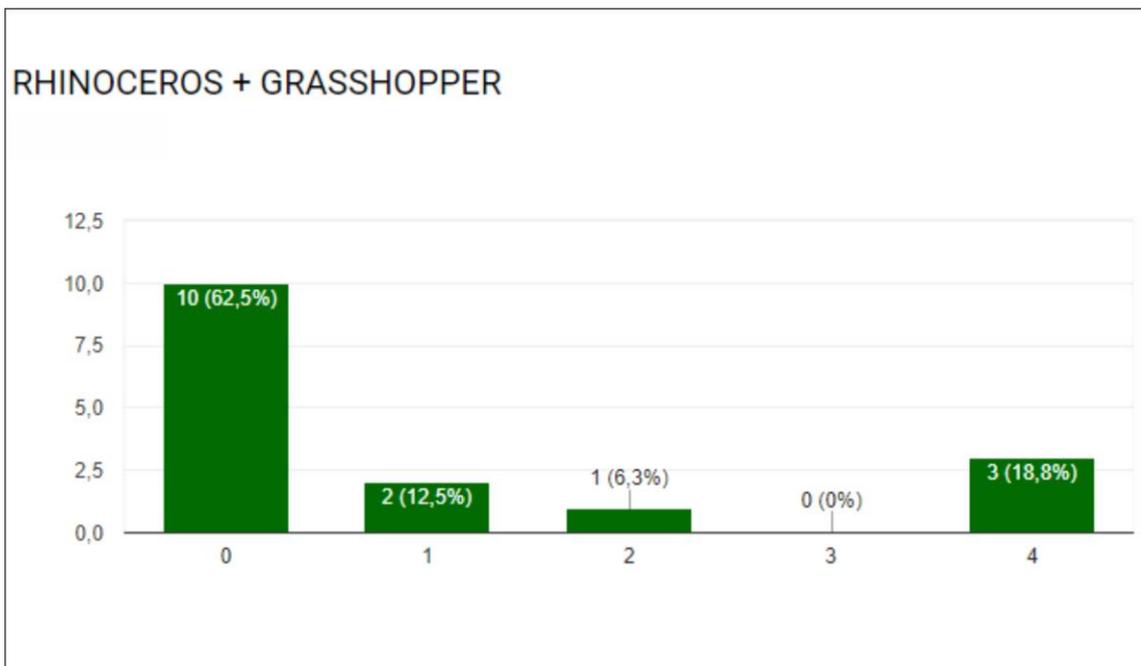
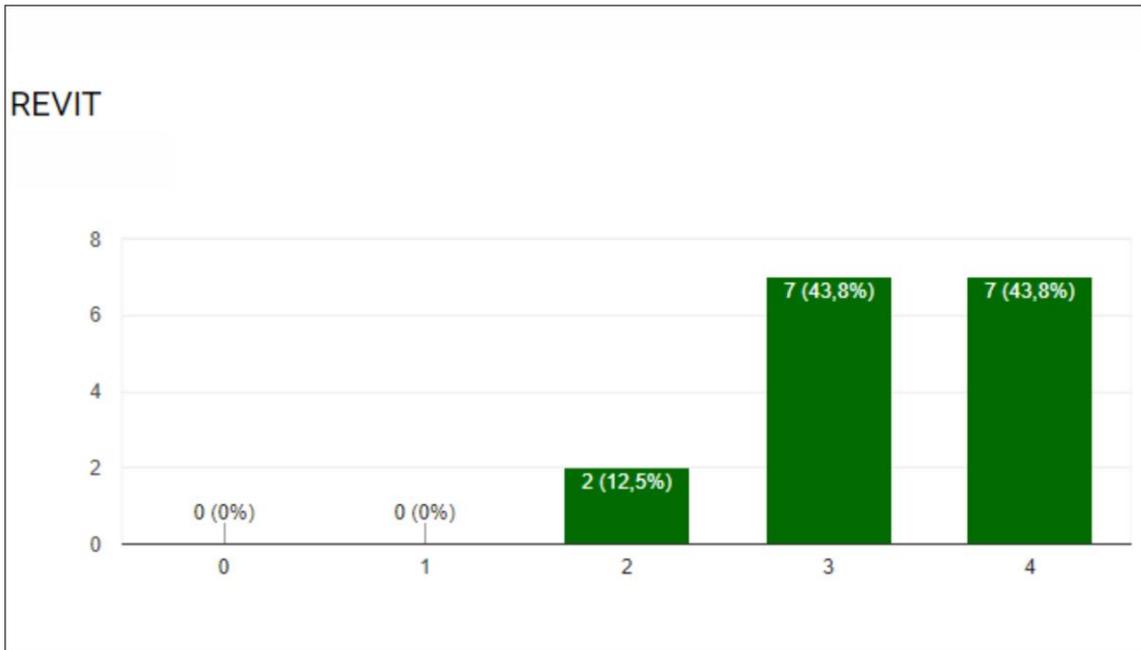


ARCHICAD

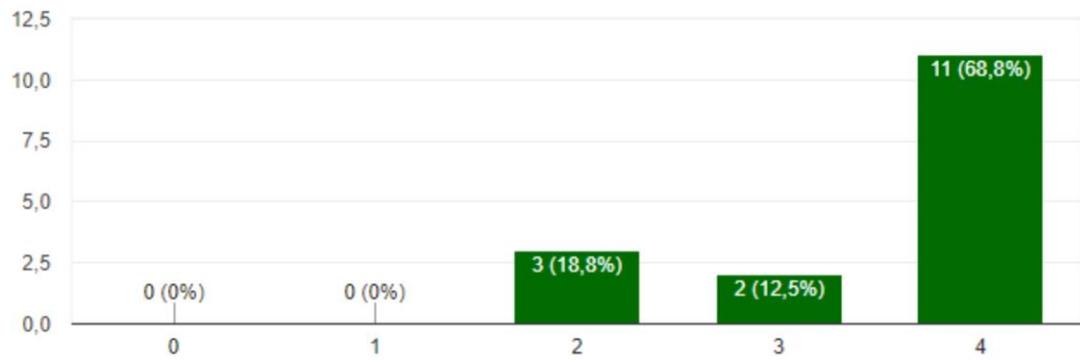


AUTOCAD

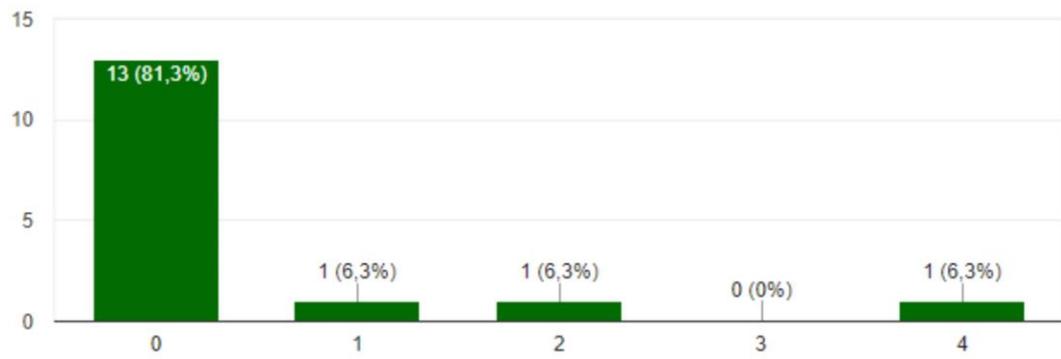


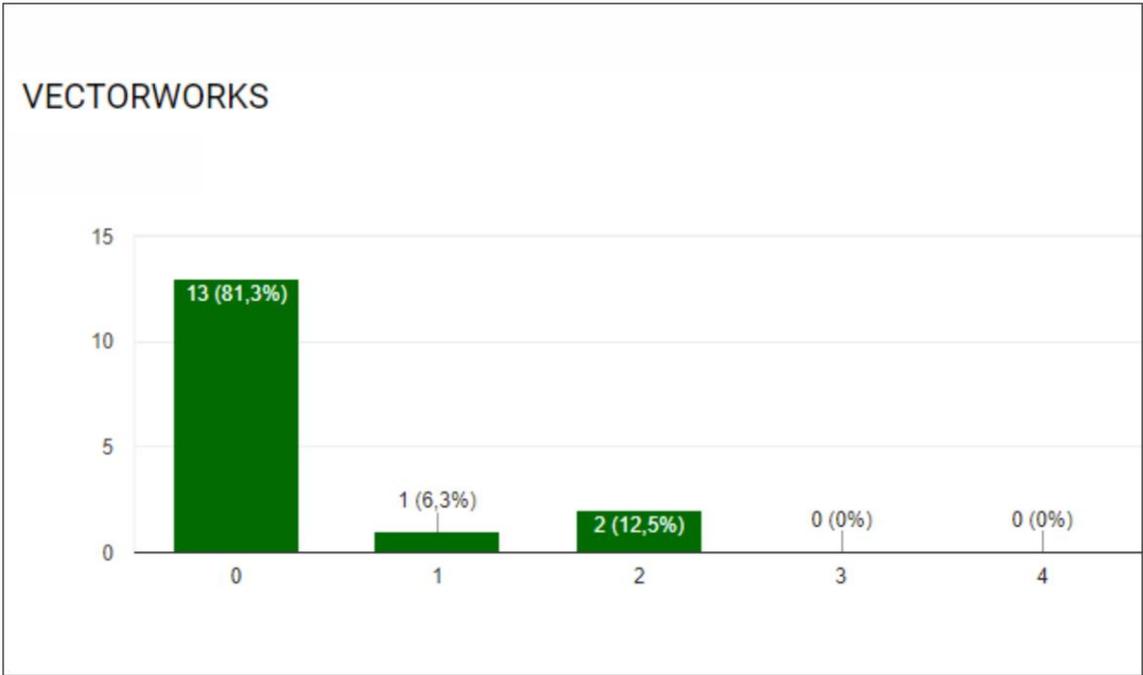


SKETCHUP



SOLIDWORKS





Fonte: Autora.

APÊNDICE B**APÊNDICE B** – Esboço do código

Após o clique no botão ícone (REUTILIZAÇÃO – diretrizes projetuais):

[MENSAGEM AO USUÁRIO]: Tela de abertura

[MENSAGEM AO USUÁRIO]: Diretrizes de projeto para a criação de um procedimento que auxilie a montagem e desconstrução de materiais da sua edificação para a sua reutilização e reaproveitamento futuro.

(OK)

[MENSAGEM AO USUÁRIO]: A seguir serão perguntados os critérios para a tomada das diretrizes.

(OK)

[MENSAGEM AO USUÁRIO]: Seu objetivo em questão é fazer um Projeto ou uma Reforma?

Projeto Reforma

A próxima pergunta é direcionada de acordo com a resposta anterior: Projeto ou Reforma.

[MENSAGEM AO USUÁRIO]: Qual o seu primeiro objetivo em seu projeto?

Divisão futura Acréscimo

[MENSAGEM AO USUÁRIO]: Escolha todos os critérios desejados:

- Facilidade de instalação e remoção futura
- Ambiente acusticamente tratado
- Ambiente com tratamento térmico
- Financeiramente mais viável
- Passagem de instalações elétricas e hidráulicas

A próxima pergunta é direcionada de acordo com a resposta anterior: Facilidade de instalação e remoção futura, Ambiente acusticamente tratado, Ambiente com tratamento térmico, Financeiramente mais viável, Passagem de instalações elétricas e hidráulicas.

[MENSAGEM AO USUÁRIO]: Confirma escolhas x, y, z?

Sim Não

[MENSAGEM AO USUÁRIO]: Selecione o material desejado

As opções aqui listadas dependerão das escolhas anteriores. Para chegada nessas opções foi realizada uma série de combinações possíveis entre as opções, conforme já explicado no decorrer do trabalho (tabela 5).

Dessa forma, as possíveis combinações são, conforme tabela 6.

Assim, cada uma das opções, levam a alguns tipos de material específico, conforme tabela 7.

O resultado que aparecerá para o usuário, para quando especificados mais de uma opção, será o aparecimento de materiais que se repetem, por exemplo, conforme tabela 8, onde definimos, por exemplo, a escolha do material A e B. Se for essa e escolha, o usuário receberá, na tela seguinte a combinação dos materiais advindos de A e de B, resultando assim, na tela com as opções de vidro e gesso.

[MENSAGEM AO USUÁRIO]: Principais características do material.

Nesse momento, o usuário será enviado à tela referente ao material que definiu anteriormente. Nela estarão listados histórico e conceitos do material assim como as vantagens e desvantagens do mesmo.

Ainda nesse momento, o usuário irá definir:

Incluir componente Voltar Buscar na internet Fechar

Onde, Incluir componente, aparecerá na tela de desenhos do *SketchUp* o material definido desenvolvido pela autora do trabalho; Voltar, onde o usuário poderá escolher outro material; Buscar na internet, onde será direcionado para a página do 3D Warehouse, mostrando diversos blocos já preexistentes, daquele material ou, Fechar, onde nada será aplicado ao seu trabalho, apenas a finalização do *Plug in*.

APÊNDICE C

APÊNDICE C – Código Elaborado no Notepad++

```

require 'sketchup.rb'
require "langhandler.rb"

toolbar = UI::Toolbar.new "Reutilização"

cmd = UI::Command.new("Reutilização") {
  #abertura do plugin
  #configura as janelas
  dialog = UI::WebDialog.new("Reutilização de resíduos na construção
civil",false,"",500, 500, 100, 100, false )
  dialog2 = UI::WebDialog.new("Objetivo",false,"",480, 210, 100, 100,
false )
  dialog3 = UI::WebDialog.new("Reutilização de resíduos na construção
civil",false,"",380, 350, 100, 100, false )
  dialog4 = UI::WebDialog.new("Critérios",false,"",310, 310, 100, 100,
false )

  #colocando o HTML na janela "dialog"
  path = Sketchup.find_support_file "paginas/abertura.html", "Plugins"
  dialog.set_file path
  dialog.show

  #callback da janela "dialog"
  dialog.add_action_callback("inicio"){|wd6, params|

    dialog.close
    dialog2.close

    #inclui o HTML na janela inicial
    path = Sketchup.find_support_file "paginas/mensagem1.html",
"Plugins"
    dialog3.set_file path
    dialog3.show
    #inicio do callback
    dialog3.add_action_callback("clicou"){|wd6, params|

      dialog.close
      dialog3.close
      #inclui o HTML na janela inicial
      path = Sketchup.find_support_file
"paginas/mensagem2.html", "Plugins"
      dialog4.set_file path
      dialog4.show
      #inicio do callback
      dialog4.add_action_callback("clicou2"){|wd6, params|

        #-----
        ESCOLHER ENTRE PROJETO E REFORMA-----
        #inclui o HTML na janela inicial
        path = Sketchup.find_support_file
"paginas/escolhaprojetoreforma.html", "Plugins"
        dialog2.set_file path
        dialog2.show
        dialog4.close
        #inicio do callback na janela inicial

```

```

        dialog2.add_action_callback("projeto"){|wd7,
params|
        #UI.messagebox "Entrei no callback projeto"
        dialog2.close
        #chamar classe projeto
        teste = Projeto.new("projeto")
        }
        dialog2.add_action_callback("reforma"){|wd7,
params|
        #UI.messagebox "Entrei no callback reforma"
        dialog2.close
        #chamar classe reforma
        teste = Reforma.new("reforma")
        }
    }
}
} #cmd
cmd.small_icon = "reforma.png"
cmd.large_icon = "reforma.png"
cmd.tooltip = "Reutilização"
cmd.status_bar_text = "diretrizes projetuais"
cmd.menu_text = "XXXXXXXXXXXXXXXXXX"
toolbar = toolbar.add_item cmd
toolbar.show

###-----
class Projeto
###-----
    def initialize(nome)
    @nome = nome
    #result = UI.messagebox "Entrando #{@nome}!"
    janeladivacresc = UI::WebDialog.new("Objetivo
projetal",false,"",350, 200, 100, 100, false )
    #inclui o HTML na janeladivacresc
    path = Sketchup.find_support_file "paginas/escolhadivacresc.html",
"Plugins"
    janeladivacresc.set_file path
    janeladivacresc.show
    #inicio do callback div
    janeladivacresc.add_action_callback("div"){|wd8, params|
        janeladivacresc.close
        #UI.messagebox "Entrei no callbackdiv"
        #chama classe div
        teste1 = Div.new("div")
        }
    #inicio do callback acresc
    janeladivacresc.add_action_callback("acresc"){|wd9, params|
        janeladivacresc.close
        #UI.messagebox "Entrei no callbackacresc"
        #chama classe acresc
        teste2 = Acresc.new("acresc")
        }
    end #def
end #classe projeto

###-----
class Reforma
###-----
    def initialize(nome)
    @nome = nome

```

```

        result = UI.messagebox "Entrando #{@nome}!"
    end #def
end #classe reforma

###-----
class Div
###-----
    def initialize(nome)
        @nome = nome
        #result = UI.messagebox "Entrando #{@nome}!"
        #inclui o html na janelaprincipal
        janelaprincipal = UI::WebDialog.new("Escolha das principais
necessidades",false,"",500, 350, 100, 100, false )
        path = Sketchup.find_support_file "paginas/escolha.html", "Plugins"
        janelaprincipal.set_file path
        janelaprincipal.show

        #inicio do callback da janelaprincipal
        janelaprincipal.add_action_callback("clicou"){|wd, params|

            #UI.messagebox "Entrei no callback da janela principal"
            if params.to_s.length == 0
                UI.messagebox "Não retornou parâmetros."
            else
                opcao = params.to_s.split(",")

                if opcao.length==1
                    #-----Uma
                    única opção-----
                        if opcao[0].to_s=="A"
                            #chamar classe facinst
                            facilidade = UI.messagebox "Confirma
Facilidade de Instalação e Remoção Futura?", MB_YESNO
                            if facilidade == IDYES
                                teste7 = Facinst.new("facinst")
                            end
                        end
                        if opcao[0].to_s=="B"
                            UI.messagebox "Confirma Ambiente Acusticamente
Tratado?", MB_YESNO
                        end
                        if opcao[0].to_s=="C"
                            UI.messagebox "Confirma Ambiente com
Tratamento Térmico?", MB_YESNO
                        end
                        if opcao[0].to_s=="D"
                            UI.messagebox "Confirma Financeiramente mais
viável?", MB_YESNO
                        end
                        if opcao[0].to_s=="E"
                            UI.messagebox "Confirma Facilidade de Passagem
de Instalações Elétricas e Hidráulicas?", MB_YESNO
                        end
                    end
                    if opcao.length==2
                        #-----Duas
                        opções-----
                            if opcao[0].to_s=="A" and opcao[1].to_s=="B"

```

```

        UI.messagebox "Confirma ter selecionado A e
B?", MB_YESNO
    end

    if opcao[0].to_s=="A" and opcao[1].to_s=="C"
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado A e
C?", MB_YESNO
    end

    if opcao[0].to_s=="A" and opcao[1].to_s=="D"
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado A e
D?", MB_YESNO
    end

    if opcao[0].to_s=="A" and opcao[1].to_s=="E"
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado A e
E?", MB_YESNO
    end

    if opcao[0].to_s=="B" and opcao[1].to_s=="C"
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado B e
C?", MB_YESNO
    end

    if opcao[0].to_s=="B" and opcao[1].to_s=="D"
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado B e
D?", MB_YESNO
    end

    if opcao[0].to_s=="B" and opcao[1].to_s=="E"
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado B e
E?", MB_YESNO
    end

    if opcao[0].to_s=="C" and opcao[1].to_s=="D"
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado C e
D?", MB_YESNO
    end

    if opcao[0].to_s=="C" and opcao[1].to_s=="E"
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado C e
E?", MB_YESNO
    end

    if opcao[0].to_s=="D" and opcao[1].to_s=="E"
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado D e
E?", MB_YESNO
    end
end
if opcao.length==3
#-----Três
opções-----
    if opcao[0].to_s=="A" and opcao[1].to_s=="B" and
opcao[2].to_s=="C"
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado ABC?",
MB_YESNO
    end

    if opcao[0].to_s=="A" and opcao[1].to_s=="B" and
opcao[2].to_s=="D"
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado ABD?",
MB_YESNO
    end
end

```

```

opcao[2].to_s=="E"
MB_YESNO
    if opcao[0].to_s=="A" and opcao[1].to_s=="B" and
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado ABE?",
    end

opcao[2].to_s=="D"
MB_YESNO
    if opcao[0].to_s=="A" and opcao[1].to_s=="C" and
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado ACD?",
    end

opcao[2].to_s=="E"
MB_YESNO
    if opcao[0].to_s=="A" and opcao[1].to_s=="C" and
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado ACE?",
    end

opcao[2].to_s=="E"
MB_YESNO
    if opcao[0].to_s=="A" and opcao[1].to_s=="D" and
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado ADE?",
    end

opcao[2].to_s=="E"
MB_YESNO
    if opcao[0].to_s=="B" and opcao[1].to_s=="D" and
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado BDE?",
    end

opcao[2].to_s=="D"
MB_YESNO
    if opcao[0].to_s=="B" and opcao[1].to_s=="C" and
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado BCD?",
    end

opcao[2].to_s=="E"
MB_YESNO
    if opcao[0].to_s=="B" and opcao[1].to_s=="C" and
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado BCE?",
    end

opcao[2].to_s=="E"
MB_YESNO
    if opcao[0].to_s=="C" and opcao[1].to_s=="D" and
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado CDE?",
    end
end
if opcao.length==4
#-----
Quatro opções-----
    if opcao[0].to_s=="A" and opcao[1].to_s=="B" and
opcao[2].to_s=="C" and opcao[3].to_s=="D"
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado
ABCD?", MB_YESNO
    end

    if opcao[0].to_s=="A" and opcao[1].to_s=="B" and
opcao[2].to_s=="C" and opcao[3].to_s=="E"
        UI.messagebox "Confirma ter selecionado
ABCE?", MB_YESNO
    end
end

```

```

        if opcao[0].to_s=="B" and opcao[1].to_s=="C" and
opcao[2].to_s=="D" and opcao[3].to_s=="E"
            UI.messagebox "Confirma ter selecionado
BCDE?", MB_YESNO
        end

        if opcao[0].to_s=="C" and opcao[1].to_s=="D" and
opcao[2].to_s=="E" and opcao[3].to_s=="A"
            UI.messagebox "Confirma ter selecionado
CDEA?", MB_YESNO
        end

        if opcao[0].to_s=="D" and opcao[1].to_s=="E" and
opcao[2].to_s=="A" and opcao[3].to_s=="B"
            UI.messagebox "Confirma ter selecionado
DEAB?", MB_YESNO
        end
    end
    if opcao.length==5
#-----
Cinco opções-----
        if opcao[0].to_s=="A" and opcao[1].to_s=="B" and
opcao[2].to_s=="C" and opcao[3].to_s=="D" and opcao[4].to_s=="E"
            UI.messagebox "Confirma ter selecionado as
cinco opções?", MB_YESNO
        end
    end

    end
    janelaprincipal.close
}
end #def
end #classe div

###-----
class Acresc
###-----
    def initialize(nome)
        @nome = nome
        result = UI.messagebox "Entrando #{@nome}!"
    end #def
end #classe acresc

###-----
class Facinst
###-----
    def initialize(nome)
        @nome = nome

        janelaescolhaA = UI::WebDialog.new("Escolha do
material",false,"",400, 310, 100, 100, false )
        path = Sketchup.find_support_file "paginas/escolhaA.html", "Plugins"
        janelaescolhaA.set_file path
        janelaescolhaA.show

        #inicio do callback RETORNA
        janelaescolhaA.add_action_callback("retornaA"){|wdl, params|

            if params.to_s.length == 0
                UI.messagebox "Não retornou parâmetros."
            else

```

```

opcao1 = params.to_s.split(",")

if opcao1[0]=="A"
  #vidro
  teste3 = Vidro.new("vidro")
end
if opcao1[0]=="B"
  #divisoria pvc
  teste4 = Divisoria.new("divisoria pvc")
end
if opcao1[0]=="C"
  #chamar classe gesso
  teste5 = Gesso.new("gesso")
end
if opcao1[0]=="D"
  #madeira
  teste6 = Madeira.new("madeira")
end
end
janelaescolhaA.close
}
end #def
end #classe facinst

###-----
class Gesso
###-----
  def initialize(nome)
    @nome = nome
    #result = UI.messagebox "Entrando #{@nome}!"
    janelainicial = UI::WebDialog.new("Principais características do
material",false,"",1000, 700, 100, 100, false )
    #apresentar a descrição do gesso
    path = Sketchup.find_support_file "paginas/gesso.html",
"Plugins"
    janelainicial.set_file path
    janelainicial.show

    #inicio do callback 1
    janelainicial.add_action_callback("retornaB"){|wd2, params|
      result = UI.messagebox "Deseja incluir o componente GESSO
ACARTONADO no seu projeto?", MB_YESNO
      if result == IDYES
        #UI.messagebox "Entrei no sim"
        #incluir o componente ou as linhas de geração do
gesso acartonado
        path = Sketchup.find_support_file
"componentes/gesso.skp", "Plugins"
        status =Sketchup.active_model.import(path, true)
        janelainicial.close
      else
        #se não confirmar
      end
    }

    #inicio do callback 2 - Volta pra tela anterior - OK
    janelainicial.add_action_callback("retornaC"){|wd3, params|
      teste8 = Facinst.new("facinst")
      janelainicial.close
    }
  }
end

```

```
        #inicio do callback 3 - Inserir Link Internet - OK
        janelainicial.add_action_callback("retornaD"){|wd4,
params|
        #incluir link internet aqui
        janelafinal = UI::WebDialog.new("Inserir Componente
Web",true,"ShowSketchupDotCom", 739, 641, 150, 150, true);
        janelafinal.set_url
"https://3dwarehouse.sketchup.com/search/?q=gresso%20acartonado&searchTab=mo
del"
        janelafinal.show
    }

        #inicio do callback 4 - Fechar - OK
        janelainicial.add_action_callback("retornaE"){|wd4,
params|
        janelainicial.close
    }

    end #def

end #classe gresso
```