

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ROBERTO CALDEIRA DA SILVA

**POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E COMPONENTES
DE EDIFICAÇÕES: ANÁLISE CRÍTICA EM UM PROCESSO DE
REABILITAÇÃO**

TESE

CURITIBA

2020

ROBERTO CALDEIRA DA SILVA

**POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO DE MATERIAIS E COMPONENTES
DE EDIFICAÇÕES: ANÁLISE CRÍTICA EM UM PROCESSO DE
REABILITAÇÃO**

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Área de Concentração: Construção Civil
Linha de Pesquisa: Gestão e sustentabilidade da construção

Orientador: Prof. Dr. André Nagalli
Coorientador: Prof. Dr. João Pedro Couto

CURITIBA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Silva, Roberto Caldeira da

Potencial de recuperação de materiais e componentes de edificações [recurso eletrônico] : análise crítica em um processo de reabilitação / Roberto Caldeira da Silva. -- 2020.

1 arquivo texto (200 f.): PDF; 6,72 MB.

Texto em português com resumo em inglês

Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Curitiba, 2020

Bibliografia: f. 172-177.

1. Engenharia civil - Teses. 2. Construção civil - Estudo e ensino - Curitiba (PR). 3. Universidades e faculdades públicas - Curitiba (PR) - Construção. 4. Construção civil - Estimativas. 5. Construção civil - Fatores climáticos. 6. Construção civil - Reparos e reconstrução. 7. Construção civil - Projetos e construção. 8. Materiais de construção - Reaproveitamento. 9. Resíduos como material de construção. I. Nagalli, André. II. Couto, João Pedro. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. IV. Título.

CDD: Ed. 23 -- 624

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba
Bibliotecário: Adriano Lopes CRB-9/1429



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação

TERMO DE APROVAÇÃO DE TESE Nº15

A Tese de Doutorado intitulada: **Potencial de recuperação de materiais e componentes de edificações: análise crítica em um processo de reabilitação**, defendida em sessão pública pelo Candidato **Roberto Caldeira da Silva**, no dia 27 de maio de 2020, foi julgada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, área de concentração: Construção Civil, linha de pesquisa: Gestão E Sustentabilidade da Construção, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. André Nagalli- Presidente - UTFPR

Prof. Dr. Alfredo Iarozinski Neto - UTFPR

Prof. Dr. Cezar Augusto Romano - UTFPR

Prof. Dr. Sergio Fernando Tavares - UFPR

Prof. Dr. Carlos Mello Garcias - PUC-PR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, **27 de maio de 2020.**

Dedico este trabalho à minha querida e amada esposa Ludmila, pela paciência, apoio incondicional, por sempre estar comigo e cuidar de mim; e ao meu filho Thomas, pela inspiração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, professor André Nagalli, pela oportunidade de realizar este trabalho com esta temática, na qual acredito e sinto prazer em pesquisar; pela confiança, orientação e apoio.

Ao meu coorientador, professor João Pedro Couto, pelos ensinamentos e valiosas conversas.

Aos membros da banca de avaliação deste trabalho, professores Alfredo Iarozinski Neto, Cezar Augusto Romano, Sergio Fernando Tavares e Calos Mello Garcias, pelo incentivo e pela contribuição construtiva à pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e professores, por contribuir com minha formação acadêmica.

À minha instituição de trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por oportunizar a realização desta pesquisa, em especial ao Paulo Roberto Ienzura Adriano.

Aos meus pais, Roseli e Hamilton, por tudo, sobretudo pela vida e pela presença afetuosa, não medindo esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

À minha querida família, por todo apoio, meu filho Thomas e, em especial, minha esposa Ludmila, que sempre se dedicou com amor à realização dos meus objetivos.

Aos meus colegas de trabalho da Diretoria de Projetos e Obras, especialmente Carlos, Nicolle e Cleverson, por todo auxílio e amizade.

A Deus, por me dar forças e colocar tantos anjos para iluminar meu caminho.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para que este trabalho fosse realizado, mas que eventualmente não estejam citados aqui.

Muito obrigado!

“A persistência é o menor caminho do êxito”. (Charles Chaplin)

RESUMO

SILVA, R. C. **Potencial de recuperação de materiais e componentes de edificações: análise crítica em um processo de reabilitação.** 2020. 205 f. Tese (Área de concentração: Construção civil, Linha de pesquisa: Gestão e sustentabilidade da construção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2020.

Adaptar uma edificação às mudanças e demandas requeridas pelos usuários é uma tarefa que frequentemente apresenta dificuldades. As limitações envolvidas são fatores que levam à obsolescência antecipada e em consequência à necessidade de intervenções ou demolição. O objetivo geral do trabalho é avaliar o potencial de recuperação de materiais e componentes de edificações sujeitas a adequações em decorrência do fim de sua vida útil. O escopo da pesquisa contemplou o acompanhamento *in loco* do processo de reabilitação de duas edificações de médio porte, construídas entre as décadas 1950 e 60, pertencentes a uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) localizada na cidade de Curitiba/PR. A estratégia delineada foi a pesquisa participante (PP), aliada à técnica da observação participante (OP) e instrumentos de coleta de dados compostos por formulários e levantamento fotográfico. As investigações de campo foram divididas em três fases: planejamento, intervenção e análises. O planejamento compreendeu as atividades preparatórias à intervenção e previsão de cenários de fim de vida. A fase de intervenção contemplou acompanhar as ações realizadas durante a reabilitação. Já as análises envolveram a avaliação das operações de desagregação e recuperação, bem como verificação dos parâmetros definidos para a vida útil de projeto (VUP) e relato de problemas e soluções observados. Os resultados obtidos demonstraram que o potencial de recuperação determinado para os prédios foi semelhante, aproximadamente 88 e 90%. Além disso, foi recuperado ou desviado dos aterros 57,81m³, equivalente a 7% do volume total dos prédios juntos, desconsiderando o que foi reutilizado no próprio local. Ressalta-se que este montante, em parte, foi decorrente das operações de desagregação bem-sucedidas, sobretudo desconstrução e desmontagem. Os procedimentos definidos nesta pesquisa podem ser aplicados a edificações de pequeno a médio porte, tão somente em intervenções referentes a adequações, tais como obras de reabilitação, *retrofit* ou reformas. Foi possível concluir que a implementação de procedimentos de recuperação de materiais e componentes contribui para busca de soluções que visem aumentar a vida útil dos edifícios existentes e atenuar o problema da sobrecarga dos aterros.

Palavras-chave: Desconstrução. Reutilização. Cenários de fim de vida. Resíduos da construção civil.

ABSTRACT

SILVA, R. C. **Potential for the recovery of building materials and components: critical analysis in a rehabilitation process.** 2020. 205 f. Thesis (Concentration area: Civil Construction, Research line: Construction management and sustainability) – Post-Graduate Program in Civil Engineering, Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2020.

Adapting a building to the changes and demands required by users is a task that often presents difficulties. The limitations involved are factors that lead to early obsolescence and as a result of the need for interventions or demolition. The general objective of the work is to evaluate the potential for recovery of materials and components of buildings subject to adjustments due to the end of their useful life. The scope of the research included on-site monitoring of the rehabilitation process of two medium-sized buildings, built between the 1950s and 60s, belonging to a Federal Institution of Higher Education (IFES) located in the city of Curitiba / PR. The strategy outlined was participant research (PP), combined with the technique of participant observation (OP) and data collection instruments composed of forms and photographic survey. The field investigations were divided into three phases: planning, intervention and analysis. The planning included the preparatory activities for the intervention and prediction of end-of-life scenarios. The intervention phase included monitoring the actions taken during the rehabilitation. The analyzes involved the evaluation of the breakdown and recovery operations, as well as verification of the parameters defined for the project useful life (VUP) and reporting of problems and solutions observed. The results obtained showed that the recovery potential determined for the buildings was similar, approximately 88 and 90%. In addition, 57.81m³ of landfills was recovered or diverted, equivalent to 7% of the total volume of the buildings together, disregarding what was reused on the spot. It is noteworthy that this amount, in part, was due to the successful unbundling operations, above all deconstruction and dismantling. The procedures defined in this research can be applied to small to medium-sized buildings, only in interventions related to adjustments, such as rehabilitation works, retrofits or renovations. It was concluded that the implementation of material and component recovery procedures contributes to the search for solutions that aim to increase the useful life of existing buildings and to mitigate the problem of landfill overload.

Keywords: Deconstruction. Reuse. End-of-life scenarios. Construction waste.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1 – Abordagem da pesquisa | 22 |
| Figura 2 - Rede de artigos citados | 30 |
| Figura 3 - Rede de periódicos citados | 31 |
| Figura 4 - Tipos e propósitos do fim de vida de edifícios | 34 |
| Figura 5 - Cenário de ciclo de vida dominante e cenário alternativo para o ambiente construído | 45 |
| Figura 6 - Alocação de materiais recuperados de acordo com os cenários de fim de vida | 47 |
| Figura 7 - Ciclo de vida técnico versus ciclo de vida de utilização. Cenário 1: abordagem convencional (ciclo de vida útil longo). Cenário 2: potencial de mudança (ciclo de vida útil curto)..... | 56 |
| Figura 8 – Incidência dos tipos construtivos de paredes externas por região do Brasil | 67 |
| Figura 9 – Modelagem da pesquisa participante (PP) | 77 |
| Figura 10 – Estrutura geral do trabalho | 79 |
| Figura 11 – Vista da fachada dos prédios..... | 81 |
| Figura 12 – Vista aérea da localização dos prédios..... | 82 |
| Figura 13 – Fachada do prédio com 2 pavimentos | 85 |
| Figura 14 – Fachada do prédio com 3 pavimentos | 86 |
| Figura 15 – Projeto da reforma de 1975 | 88 |
| Figura 16 – Projeto <i>as built</i> do térreo (prédio A esquerda e prédio B a direita) | 88 |
| Figura 17 – Elevação das fachadas (prédio A esquerda e prédio B a direita) | 89 |
| Figura 18 – Projeto da reabilitação compatibilizado com a demolição..... | 89 |
| Figura 19 – Elevação da fachada dos prédios A e B | 90 |
| Figura 20– Fluxograma do processo de recuperação de materiais e componentes sob a ótica da pesquisa | 97 |
| Figura 21 – Disposição das tarefas de campo | 98 |
| Figura 22– Cronograma das tarefas de campo | 100 |
| Figura 23 – Fachada do Prédio A | 102 |
| Figura 25 - Banheiro e lavabo | 102 |
| Figura 24 - Entrada dos fundos do prédio | 102 |
| Figura 26 - Escada de acesso ao 2º pav. | 102 |
| Figura 27 - Sala | 102 |
| Figura 28 – Circulação | 102 |

| | |
|---|-----|
| Figura 29 - Fachada Prédio B | 103 |
| Figura 31 - Lavatórios | 103 |
| Figura 30 - Fundos do prédio | 103 |
| Figura 32 - Salas diversas 1º pav..... | 103 |
| Figura 33 - Escada de acesso ao 1º pav. | 103 |
| Figura 34 – Sala..... | 103 |
| Figura 35 - Desmontagem manual de armário de madeira..... | 121 |
| Figura 36 - Desmontagem de divisória naval..... | 121 |
| Figura 37 - Desmontagem de conduítes aparentes e fiação..... | 121 |
| Figura 39 - Desconstrução de forro modular acartonado | 121 |
| Figura 38 - Desmontagem de tomadas e interruptores de sobrepor | 121 |
| Figura 40 - Demolição destrutiva de forro de madeira..... | 121 |
| Figura 41 - Desmontagem de piso laminado | 122 |
| Figura 42 - Desconstrução de porta de madeira 80cm | 122 |
| Figura 43 - Desmontagem de forro de PVC | 122 |
| Figura 44 - Demolição destrutiva de parede de alvenaria para ampliação de banheiro | 122 |
| Figura 45 - Vaso sanitário e lavatório de coluna desmontados | 122 |
| Figura 46 - Demolição seletiva de estrutura de cobertura de madeira para substituição por estrutura metálica..... | 122 |
| Figura 47 - Armário de madeira desmontado..... | 127 |
| Figura 49 - Ripas de madeira empilhadas | 127 |
| Figura 48 - Porta de 80cm para divisória | 127 |
| Figura 50 - Chapas de revestimento de madeira separadas..... | 127 |
| Figura 51 - Lâmpadas fluorescentes..... | 127 |
| Figura 52 - Tomadas e interruptores de sobrepor..... | 127 |
| Figura 53 - Luminárias (vários tipos) de sobrepor 1,20m | 128 |
| Figura 54 - Régua de piso laminado e manta de polietileno 2mm | 128 |
| Figura 55 - Réguas de forro PVC | 128 |
| Figura 56 - Portas e batentes de madeira | 128 |
| Figura 57 - Janelas de ferro | 128 |
| Figura 58 - Vasos sanitários e lavatórios..... | 128 |
| Figura 59 - Luminárias e lâmpadas separadas para reutilização pela IFES | 133 |

| | |
|---|-----|
| Figura 61 - Ripas, forros e chapas deterioradas ou atacadas por cupins que foram destinadas à reutilização por incineração (recuperação de energia) | 133 |
| Figura 60 - Reutilização de piso de tacos que estava embaixo de 2 camadas de piso: carpete e piso laminado..... | 133 |
| Figura 62 - Réguas danificadas de forro de PVC separadas para reaproveitamento em usina de reciclagem..... | 133 |
| Figura 63 - Ripas, tábuas e chapas de madeira para reutilização no laboratório de construção civil da IFES | 134 |
| Figura 64 - Cortina reutilizada no local para proteção de esquadria de vidro..... | 134 |
| Figura 65 - Chapas de madeira reutilizadas no local para proteção de piso..... | 134 |
| Figura 66 - Vasos sanitários, mictórios, lavatórios e torneiras que serão reutilizados pelo setor de manutenção da IFES | 134 |
| Figura 67 - Tijolos de demolição reutilizados no local para fechamento de vãos..... | 134 |
| Figura 68 - Adequação de guarda-corpo existente para reutilização..... | 134 |
| Figura 69 - Tacos de madeira reutilizados no local..... | 135 |
| Figura 70 - Assoalho de madeira para reutilização no local..... | 135 |
| Figura 71 - Batentes e vistas de portas de madeira reutilizados no local como fôrma para requadro de paredes e vãos | 135 |
| Figura 72 - Vigas de madeira do telhado e mezanino separadas para reutilização no local como escoramento | 135 |
| Figura 73– Fluxo simplificado das operações de recuperação | 140 |
| Figura 74 – Imagens comparativas dos prédios antes e após a reabilitação..... | 163 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1 - Etapas para construção da pesquisa e análise bibliométrica (continua)..... | 23 |
| Quadro 2 - Composição dos termos para pesquisa..... | 24 |
| Quadro 3 - Formação das <i>strings</i> em função da combinação das palavras-chave e resultado da busca de artigos na base de dados <i>web of science</i> | 25 |
| Quadro 4 - Artigos mais citados | 27 |
| Quadro 5 - Periódicos que mais publicaram..... | 27 |
| Quadro 6 - Países em que os pesquisadores tiveram maior número de citações..... | 28 |
| Quadro 7 - Palavras-chave dos artigos selecionados..... | 29 |
| Quadro 8 - Categorias da <i>web of science</i> com maior frequência na pesquisa | 29 |
| Quadro 9 - Exemplo de materiais e componentes com potencial de reutilização e reciclagem | 42 |
| Quadro 10 - Tipos de obsolescência e exemplos..... | 51 |
| Quadro 11 - Categorias de vidas úteis de projeto para edifícios, norma CSA S478..... | 52 |
| Quadro 12 - Vida útil de projeto (VUP) | 52 |
| Quadro 13 - Categorias de vida útil de projeto (VUP) para as partes do edifício | 53 |
| Quadro 14 - Exemplos de aplicação de VUP (continua)..... | 53 |
| Quadro 15 - Tipos de usuários identificados | 61 |
| Quadro 16 – Resumo das técnicas construtivas ao longo de três períodos estipulados (continua) | 65 |
| Quadro 17 – Tipos de projetos de estudo de caso | 80 |
| Quadro 18 – Relatório de inspeção da edificação | 87 |
| Quadro 19 – Formulário de inventário | 90 |
| Quadro 20 – Condição dos materiais e componentes..... | 91 |
| Quadro 21 – Classificação e agrupamento | 91 |
| Quadro 22 – Formulário de inventário versus projeto..... | 92 |
| Quadro 23 – Caracterização de materiais e componentes | 93 |
| Quadro 24 – Relação de parâmetros aplicados à recuperação..... | 93 |
| Quadro 25 – Previsão de cenários de fim de vida | 94 |
| Quadro 26 – Opções de cenários de fim de vida | 94 |
| Quadro 27 – Escala qualitativa estimativa do potencial de recuperação..... | 95 |
| Quadro 28 – Demonstrativo do formulário de inventário referente ao Prédio A | 104 |
| Quadro 29 - Demonstrativo do formulário de inventário referente ao Prédio B..... | 105 |

| | |
|--|-----|
| Quadro 30 - Demonstrativo do formulário de classificação referente ao Prédio A | 106 |
| Quadro 31 - Demonstrativo do formulário de classificação referente ao Prédio B..... | 107 |
| Quadro 32 - Demonstrativo do formulário de compatibilização referente ao Prédio A..... | 108 |
| Quadro 33 - Demonstrativo do formulário de compatibilização referente ao Prédio B..... | 109 |
| Quadro 34 - Demonstrativo do formulário de caracterização referente ao Prédio A..... | 110 |
| Quadro 35 - Demonstrativo do formulário de caracterização referente ao Prédio B | 111 |
| Quadro 36 - Demonstrativo do formulário de previsão de cenários de fim de vida referente ao Prédio A..... | 112 |
| Quadro 37 - Demonstrativo do formulário de previsão de cenários de fim de vida referente ao Prédio B | 113 |
| Quadro 38 – Monitoramento das operações de desagregação dos Prédio A e B (continua).. | 116 |
| Quadro 39 – Triagem de materiais e componentes dos Prédio A e B (continua) | 123 |
| Quadro 40 – Recuperação de materiais e componentes dos Prédio A e B (continua) | 129 |
| Quadro 42 – Imprevistos constatados durante a reabilitação do Prédio B | 161 |
| Quadro 43 – Potencial de desagregação sob a ótica da reabilitação e da concepção dos prédios | 162 |
| Quadro 44 – Potencial de recuperação dos Prédios A e B | 164 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 – Volumes das partes do edifício..... | 95 |
| Tabela 2 – Demonstrativo das quantidades convertidas em volume referente ao Prédio A .. | 114 |
| Tabela 3 – Demonstrativo das quantidades convertidas em volume referente ao Prédio B... | 115 |
| Tabela 4 – Tabela de volumes referente aos cenários de recuperação realizados no prédio A | 155 |
| Tabela 5 – Tabela de volumes referente aos cenários de recuperação realizados no prédio B | 157 |
| Tabela 6 – Desagregação analisada de acordo com a concepção dos Prédios A e B | 162 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----|
| Gráfico 1- Número de artigos selecionados por ano | 26 |
| Gráfico 2 – Cenário de recuperação em função das operações de demolição destrutiva realizadas no Prédio A (% em função de volumes: m ³) | 141 |
| Gráfico 3 – Cenário de recuperação em função das operações de demolição seletiva no Prédio A (% em função de volumes: m ³)..... | 142 |
| Gráfico 4 – Cenário de recuperação em função das operações de desconstrução realizadas no prédio A (% em função de volumes: m ³)..... | 143 |
| Gráfico 5 – Cenário de recuperação em função das operações de desmontagem realizadas no prédio A (% em função de volumes: m ³)..... | 144 |
| Gráfico 6 – Cenário de recuperação em função das operações de demolição destrutiva realizadas no prédio B (% em função de volumes: m ³)..... | 145 |
| Gráfico 7 – Cenário de recuperação em função das operações de demolição seletiva realizadas no prédio B (% em função de volumes: m ³)..... | 146 |
| Gráfico 8 – Cenário de recuperação em função das operações de desconstrução realizadas no prédio B (% em função de volumes: m ³)..... | 147 |
| Gráfico 9 – Cenário de recuperação em função das operações de desmontagem realizadas no prédio B (% em função de volumes: m ³)..... | 147 |
| Gráfico 10 – Verificação da vida útil de serviço ou utilização do Prédio A | 149 |
| Gráfico 11 – Motivação para realização das intervenções no prédio A | 149 |
| Gráfico 12 - Verificação da vida útil de serviço/utilização do prédio B | 150 |
| Gráfico 13 - Motivação para realização das intervenções no prédio B | 151 |
| Gráfico 14 – Volume das operações de desagregação caracterizadas no Prédio A | 152 |
| Gráfico 15 – Ocorrência das operações de desagregação no Prédio A | 152 |
| Gráfico 16 - Percentual em função do volume das operações realizadas no Prédio A | 153 |
| Gráfico 17 – Volume das operações de desagregação caracterizadas no Prédio B..... | 153 |
| Gráfico 18 - Ocorrência das operações de desagregação no Prédio B | 154 |
| Gráfico 19 - Percentual em função do volume das operações realizadas no prédio B..... | 154 |
| Gráfico 20 – Cenários de fim de vida resultantes da reabilitação do Prédio A..... | 156 |
| Gráfico 21 – Ocorrência dos cenários de fim e vida resultantes da reabilitação do Prédio A | 156 |
| Gráfico 22 - Reutilização no próprio local resultante da reabilitação do Prédio A..... | 157 |
| Gráfico 23 - Cenários de fim de vida resultantes da reabilitação do Prédio B..... | 158 |
| Gráfico 24 - Ocorrência dos cenários de recuperação realizados no Prédio B..... | 158 |
| Gráfico 25 - Reutilização no próprio local resultante da reabilitação do Prédio B..... | 159 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|---------|---|
| ABNT | Associação Brasileira de normas técnicas |
| ABRELPE | Associação Brasileira de Emp. de Limp. Pública e Resíduos Especiais |
| BIM | <i>Building Information Modelling</i> |
| CONAMA | Conselho Nacional de Meio Ambiente |
| DfD | <i>Design for Deconstruction</i> |
| FT | Federação de Trabalhadores |
| Id | Identificação |
| IFES | Instituição Federal de Ensino Superior |
| OP | Observação Participante |
| PAV | Pavimento |
| PMC | Prefeitura Municipal de Curitiba |
| PNRS | Política Nacional de Resíduos Sólidos |
| PP | Pesquisa Participante |
| PpD | Projeto para Desconstrução |
| PSCIP | Plano de Segurança Contra Incêndio e Pânico |
| QTD | Quantidade |
| SINAPI | Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil |
| SPDA | Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas |
| UD | Unidade |
| V | Volume |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 17 |
| 1.1 | CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA | 18 |
| 1.2 | PREMISSAS | 19 |
| 1.3 | OBJETIVO | 20 |
| 1.4 | JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA | 20 |
| 1.5 | DELIMITAÇÃO DA PESQUISA | 22 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 23 |
| 2.1 | ANÁLISE GERAL DO TEMA BASEADA EM BIBLIOMETRIA | 23 |
| 2.1.1 | Etapas da pesquisa bibliográfica | 23 |
| 2.1.2 | Composição dos termos da pesquisa | 24 |
| 2.1.3 | Procedimentos de busca na base | 24 |
| 2.1.4 | Resultados da busca | 25 |
| 2.1.4.1 | Volume temporal das publicações selecionadas | 26 |
| 2.1.4.2 | Análise de citações dos artigos selecionados | 26 |
| 2.1.4.3 | Análise dos periódicos que mais publicaram | 27 |
| 2.1.4.4 | Análise dos países dos artigos selecionados | 28 |
| 2.1.4.5 | Análise das palavras-chave dos artigos relevantes | 28 |
| 2.1.4.6 | Análise dos cluster das categorias da <i>Web of Science</i> | 29 |
| 2.1.4.7 | Análise da rede de cocitações dos artigos mais citados | 29 |
| 2.1.4.8 | Análise da rede de cocitações dos periódicos mais citados | 30 |
| 2.2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 31 |
| 2.2.1 | Desconstrução | 31 |
| 2.2.2 | Recuperação de materiais e componentes | 37 |
| 2.2.3 | Cenários de fim de vida (<i>end-of-life</i>) | 44 |
| 2.2.4 | Reabilitação | 48 |
| 2.2.5 | Durabilidade e vida útil | 50 |
| 2.2.6 | Panorama local da recuperação de materiais e componentes | 57 |
| 2.3 | ANÁLISE DAS PESQUISAS RELACIONADAS | 68 |
| 2.3.1 | Trabalhos iniciais | 69 |
| 2.3.2 | Trabalhos semelhantes | 70 |
| 2.3.2.1 | Recuperação de materiais e componentes | 70 |

| | |
|--|------------|
| 2.3.2.2 Desconstrução..... | 71 |
| 2.3.2.3 Projeto para desconstrução (PpD) | 72 |
| 2.3.2.4 Reabilitação | 73 |
| 2.3.2.5 Durabilidade e Vida Útil..... | 73 |
| 3 ESTRATÉGIA DE PESQUISA | 75 |
| 3.1 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO | 80 |
| 3.1.1 Unidade de análise..... | 80 |
| 3.1.2 Caracterização do local de estudo | 80 |
| 3.1.3 Caracterização da intervenção | 82 |
| 3.2 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS | 84 |
| 3.2.1 Fontes de evidências..... | 84 |
| 3.2.1.1 Histórico dos prédios..... | 84 |
| 3.2.1.2 Relatório de inspeção..... | 87 |
| 3.2.1.3 Projetos | 87 |
| 3.2.2 Instrumentos de coleta de dados | 90 |
| 3.3 SISTEMATIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE INVESTIGAÇÃO..... | 96 |
| 3.3.1 Delineamento do processo de recuperação de materiais e componentes | 96 |
| 3.3.2 Organização das tarefas de campo..... | 98 |
| 3.3.3 Cronograma de desenvolvimento das tarefas de campo..... | 100 |
| 4 COLETA DE DADOS | 101 |
| 4.1 PLANEJAMENTO..... | 101 |
| 4.1.1 Inventário..... | 101 |
| 4.1.2 Classificação..... | 105 |
| 4.1.3 Compatibilização | 107 |
| 4.1.4 Caracterização | 109 |
| 4.1.5 Previsão de cenários de fim de vida | 111 |
| 4.1.6 Previsão de volumes (m ³) | 113 |
| 4.2 INTERVENÇÃO..... | 115 |
| 4.2.1 Monitoramento das operações de desagregação..... | 115 |
| 4.2.1.1 Registro fotográfico..... | 120 |
| 4.2.2 Triagem de materiais e componentes | 123 |
| 4.2.2.1 Registro fotográfico..... | 126 |

| | |
|--|------------|
| 4.2.3 Recuperação de materiais e componentes | 129 |
| 4.2.3.1 Registro fotográfico..... | 133 |
| 4.2.4 Constatções da intervenção..... | 135 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 140 |
| 5.1 RECUPERAÇÃO RELACIONADA ÀS OPERAÇÕES DE DESAGREGAÇÃO | 140 |
| 5.2 VIDA ÚTIL DE PROJETO (VUP)..... | 148 |
| 5.3 OPERAÇÕES DE DESAGREGAÇÃO | 151 |
| 5.4 RECUPERAÇÃO OPORTUNIZADA PELA REABILITAÇÃO | 154 |
| 5.5 PROBLEMAS E SOLUÇÕES ENCONTRADOS | 159 |
| 5.6 DIVERGÊNCIAS CONSTATADAS DURANTE A REABILITAÇÃO..... | 160 |
| 5.7 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL | 161 |
| 5.7.1 Potencial de desagregação | 161 |
| 5.7.2 Potencial de recuperação | 163 |
| 5.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA ANÁLISE DOS DADOS | 164 |
| 5.8.1 Proposta de ações | 166 |
| 6 CONCLUSÕES | 168 |
| 6.1 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS..... | 170 |
| REFERÊNCIAS | 172 |
| APÊNDICE A – PLANTAS ORIENTATIVAS DA INTERVENÇÃO | 178 |
| A.1. PRÉDIO A/B – PAREDE..... | 178 |
| A.2. PRÉDIO A/B – PISO | 181 |
| A.3. PRÉDIO A/B – FORRO..... | 184 |
| APÊNDICE B – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO | 187 |
| APÊNDICE C – ANÁLISE E COMPILAÇÃO DOS DADOS | 188 |
| C.1. PRÉDIO A | 188 |
| C.2. PRÉDIO B | 190 |
| ANEXO A – AS BUILT | 192 |
| A.1. PAVIMENTO TÉRREO | 192 |
| A.2. PRIMEIRO PAVIMENTO..... | 193 |
| A.3. SEGUNDO PAVIMENTO..... | 194 |
| ANEXO B – PLANTAS REABILITAÇÃO | 195 |
| B.1. PRÉDIO A/B – PAV. TÉRREO | 195 |

| | |
|--------------------------------------|-----|
| B.2. PRÉDIO A/B – PRIMEIRO PAV. | 196 |
| B.3. PRÉDIO A/B – SEGUNDO PAV. | 197 |
| B.4. PRÉDIO A/B – CORTES | 198 |
| B.5. PRÉDIO A/B – ELEVAÇÕES | 200 |

1 INTRODUÇÃO

Em virtude do aumento da urbanização e do consumo de recursos, uma abordagem diferente para o ambiente construído precisa ser tomada para garantir a sustentabilidade. Quando preocupações sobre emissões de carbono e quantidades de resíduos enviadas aos aterros são consideradas, os problemas parecem intransponíveis. Porém, para o enfrentamento destes obstáculos, estratégias como desconstrução, projeto para desconstrução (PpD) e reutilização de materiais são introduzidas como medidas positivas (TINGLEY, 2012).

Torna-se evidente a necessidade de procurar novas formas de produzir, formas estas que promovam maior sustentabilidade e competitividade, mediante a diminuição do consumo de recursos e a restrição da geração de resíduos. Neste sentido, é fundamental seguir uma hierarquia que priorize a prevenção (redução), valorização (reutilização e reciclagem) e adequada deposição final em aterro (SILVA, 2008).

Por outro lado, a disposição irregular de resíduos ocasiona problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública. No Brasil, estes resíduos, denominados como Resíduos da Construção Civil (RCC), podem representar de 50% a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos (IPEA, 2012). Cabe destacar que o país gera aproximadamente 123 mil toneladas/dia, sendo a região Sul, onde está inserida a análise desta pesquisa, a terceira maior geradora desses resíduos (ABRELPE, 2017).

Diante desse cenário, a Lei nº 12.305/2010, a qual dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece em seu artigo 9º que:

Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Em que pese a obrigação legal de atendimento à hierarquia designada na referida lei, os impactos ambientais decorrentes da sobrecarga dos aterros em parte são motivados pelo fato de que quando as edificações já não conseguem responder às necessidades para as quais foram criadas e não podem ser adaptadas para atender aos requisitos dos usuários, geralmente novos empreendimentos são construídos em seu lugar (MACHADO, 2014).

Nesse sentido, a norma ABNT NBR 15.575:2013 (ABNT, 2013) define que a durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional.

Contudo, os processos de intervenção que visam adaptações podem envolver a demolição e/ou a desconstrução do edifício. No caso de desconstrução, existe a oportunidade de recuperar

as partes ou mesmo fragmentos inteiros do edifício usado, para a construção de uma outra propriedade, enquanto a demolição é igual ao descomissionamento completo do objeto, sem preocupação com reaproveitamento (PLEBANKIEWICZ; ZIMA; WIECZOREK, 2019).

Queheille, Taillandier e Saiyouri (2019) mencionam que um trabalho típico de desconstrução pode ser resumido como o reverso da construção: o último elemento criado durante a construção do edifício é o primeiro elemento removido durante a desconstrução. Portanto, a desconstrução surgiu como uma estratégia alternativa à demolição, pois reduz a deposição de resíduos em aterro mediante o aumento das possibilidades de recuperação (GUY; SHELL; ESHERICK, 2006; SILVA, 2008; ZAHIR et al., 2016; ANURANJITA et al., 2018).

Ainda, os edifícios construídos em torno da década de 1950 são melhores candidatos à desconstrução, pois geralmente apresentam elementos de fixação menos complicados e atributos de projeto compatíveis com os critérios de projeto para desconstrução (PpD), tais como: construção modular, plantas baixas abertas, sistemas estruturais e mecânicos expostos e o uso de materiais recicláveis (GUY; SHELL; ESHERICK, 2006; ZAHIR et al., 2016).

Segundo Couto e Couto (2010), reabilitação e desconstrução são conceitos que se enquadram na estrutura geral da sustentabilidade das edificações, pois ambos se concentram na avaliação dos recursos existentes. Sousa (2016) argumenta que um processo de reabilitação consiste na reposição das características técnicas e funcionais existentes nos edifícios, integrando tanto quanto possível às exigências funcionais, de modo a proporcionar melhores condições de conforto e de habitabilidade aos usuários, intervindo na perspectiva da reutilização de materiais e de componentes preexistentes, promovendo práticas sustentáveis nestas operações.

Em face ao exposto, este trabalho aborda a determinação do potencial de recuperação de materiais e componentes de edificações, mediante uma análise crítica em um processo de reabilitação. Para tanto, torna-se necessária a análise e a viabilização das operações de desagregação - sobretudo desconstrução e desmontagem - e a definição e a efetivação de cenários de fim de vida, os quais relacionam as possibilidades de reutilização e destinação.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

A viabilidade da recuperação de materiais e componentes está vinculada ao nível de desmontagem dos edifícios e está relacionada com a quantidade e a qualidade dos materiais e componentes recuperados. Porém, a maioria dos prédios atuais apresentam baixos níveis de desconstrução, fator que dificulta a desmontagem, a coleta e separação dos elementos recuperados (AMÔEDA, 2009).

Nesse sentido, Durmisevic (2006) argumenta que os elementos que compõem as edificações são, em geral, fixados de forma integrada, o que por vezes impossibilita a sua separação, levando à demolição de todo o conjunto e à conseqüente geração de resíduos. No âmbito da realidade brasileira, o argumento é válido, tendo em vista a predominância de construções compostas por estruturas de concreto armado e paredes de alvenaria, bem como as altas taxas de geração de RCC registradas no país.

Além disso, Saghafi e Teshnizi (2011) ponderam que a baixa qualidade de construção, a falta de manutenção e a incapacidade de adaptação às mudanças e demandas dos usuários, são fatores que reduzem o tempo de vida dos edifícios. Em consequência, as operações de demolição apenas confirmam que o ciclo de vida de utilização dos materiais é muito menor que o seu ciclo de vida técnico (DURMISEVIC, 2006).

Outra dificuldade refere-se aos projetos de reabilitação de edifícios antigos, os quais frequentemente são elaborados com soluções correntes e sem levar em consideração princípios de sustentabilidade. Ainda, a tomada de decisão por parte do usuário deve ser amparada por práticas que avaliem as características e limitações destas edificações (OLIVEIRA, 2012). Cabe mencionar que sob a ótica da pesquisa, o projeto de reabilitação dos edifícios investigados previu a máxima reutilização dos materiais e componentes existentes.

Em função dos problemas apresentados, a estratégia adotada está em fechar o ciclo de vida dos materiais e componentes empregados nas edificações, de maneira que após o fim da vida útil, os possíveis resíduos tornem-se novamente recursos, que visem a sustentabilidade e a preservação das edificações existentes. Nesse contexto, o presente trabalho pretendeu responder à seguinte questão de pesquisa: Quais as possibilidades de recuperação de materiais e componentes para edificações sujeitas à reabilitação em decorrência do fim de sua vida útil?

1.2 PREMISSAS

Os edifícios existentes, em sua maioria, não foram concebidos para serem desconstruídos e nestes casos, a recuperação de materiais é uma tarefa trabalhosa (AMOÊDA, 2009). Pois, a técnica construtiva empregada no Brasil é predominantemente a concepção em alvenaria e concreto armado (SATO, 2011). Ainda, existem inúmeras barreiras técnicas para a recuperação bem-sucedida de materiais e componentes quando um edifício chega ao fim de sua vida útil, principalmente em função do padrão de construção atual (CROWTHER, 2005).

Corroborando e complementado os argumentos referenciados acima, pode-se relacionar as seguintes premissas iniciais:

- As edificações convencionais apresentam componentes com diferentes ciclos de vida técnicos;
- Em geral, a situação de obsolescência ocorre quando o ciclo de vida técnico é superior ao de utilização;
- A maioria das edificações sujeitas à reabilitação não foi concebida considerando a fase de desconstrução ou desmantelamento cuidadoso ao final de sua vida útil;
- A demolição de edifícios é frequentemente realizada sem a preocupação de recuperar componentes e elementos construtivos, ocasionando o conseqüente desperdício de materiais e energia, aumentando assim o volume de resíduos destinados a aterros.

1.3 OBJETIVO

O objetivo geral do trabalho é avaliar o potencial de recuperação de materiais e componentes de edificações de médio porte que, em decorrência do fim de sua vida útil, estão sujeitas a adequações, no caso em estudo uma reabilitação.

Os objetivos específicos traçados foram:

- Desenvolver instrumentos de coleta de dados e aplicá-los ao objeto de pesquisa;
- Propor cenários de fim de vida para os materiais e componentes inventariados;
- Avaliar o potencial de desagregação do objeto de pesquisa após a reabilitação.

1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Os edifícios são produtos industriais únicos em comparação com outros artefatos humanos devido à sua particularidade, longevidade e método de montagem. Infelizmente, são essas mesmas características que tornam o desempenho do ciclo de vida dos materiais muito baixo. Eles, na grande maioria, são montados usando métodos e técnicas de fixação mecânica, térmica e química. Além disso, alguns materiais utilizados são compósitos, o que dificulta ou até mesmo impossibilita o processo de desmontagem (KIBERT, 2003).

No Brasil, a principal técnica construtiva empregada é constituída por vedação em alvenaria e estrutura de concreto armado (SATO, 2011). Ainda, de acordo com o Censo Demográfico de 2010, aproximadamente 80% dos domicílios possuíam paredes em alvenaria, podendo presumir que a casa de alvenaria é predominante no território nacional (IBGE, 2010).

Nesse contexto, a pesquisa visa o atendimento à 3ª prioridade da hierarquia - reutilização - estabelecida na Lei nº 12.305/2010. Além disso, cabe mencionar que outros estudos (SILVA, 2008; ROCHA, 2008; AMOÊDA, 2009; SAGAFHI E TESHNIZI, 2011; OLIVEIRA, 2012;

MACHADO, 2014; DIYAMANDOGLU E FORTUNA, 2015) com propósitos semelhantes foram realizados. Porém, a maioria deles compreendeu análises em processos de demolição consistindo na desmobilização ou descomissionamento total do edifício. Já a pesquisa em tela está inserida num procedimento de reabilitação, que por sua vez é uma operação mais complexa, pois o intuito da intervenção é restabelecer as condições de desempenho de uma edificação obsoleta e torná-la habitável, segura e adequada ao novo uso à qual se destinará.

Quanto à relevância da pesquisa, é possível afirmar que o estudo de soluções práticas que possibilitem a recuperação de materiais e componentes construtivos proporciona melhorias do ponto de vista ambiental, econômico e social. Porém, a viabilidade da reutilização é dependente de um processo de desconstrução bem-sucedido, que oportunize aos materiais e componentes - revestimentos, coberturas, vedações, esquadrias, estruturas, instalações, entre outros - serem removidos em bom estado e em condições de reuso (SILVA, 2008).

Uma particularidade do objeto de estudo diz respeito a premissa de que os edifícios construídos em torno de 1950 são melhores candidatos à desconstrução, pois podem conter maiores quantidades de madeiras de lei e outras partes estruturais e ornamentais para recuperação. Além disso, eles normalmente possuem elementos de fixação menos complicados. Porém, podem ter maior probabilidade de imprevistos (ZAHIR *et al.*, 2016).

A proposta de estudar imóveis de pequeno a médio porte que atingiram o fim da vida útil de serviço é pertinente, visto que existe no Brasil um estoque de edifícios antigos e obsoletos que podem ser reabilitados ou ao menos terem suas partes reaproveitadas em outros projetos. Para tanto, a desconstrução em detrimento à habitual demolição torna-se uma ferramenta essencial para que os materiais e componentes existentes possam ser mantidos ou retirados em condições de serem reutilizados. Ainda, saber de antemão o potencial de recuperação de uma edificação é um critério de tomada de decisão importante em estudos de viabilidade.

Em síntese, do ponto de vista técnico e acadêmico, justificam a pesquisa os seguintes motivos:

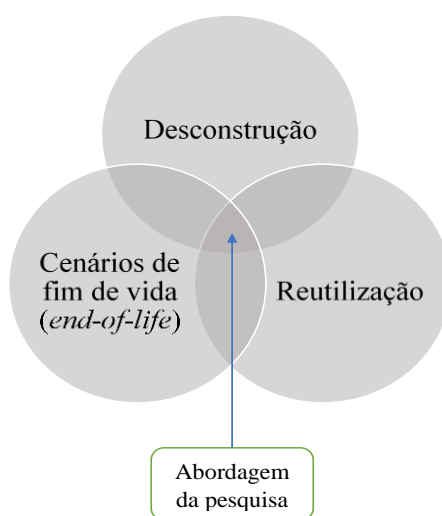
- Necessidade de adoção de critérios de sustentabilidade que possibilitem estender a vida útil das edificações;
- Possibilidade de contribuir para redução da sobrecarga dos aterros;
- Identificação da existência de um vasto campo para a pesquisa, quando se considera as características da construção civil no Brasil;
- Constatação de que as edificações possuem poucos aspectos que proporcionem a desconstrução e reutilização de seus materiais e componentes;

- Possibilidade de aproveitamento dos resultados deste trabalho em estudos futuros, bem como incentivo a pesquisa de novos processos construtivos e de materiais.

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa enquadra-se na Área "Construção Civil", na Linha de Pesquisa "Gestão e Sustentabilidade da Construção". Em relação à delimitação do tema, de acordo com a Figura 1 o trabalho compreendeu a convergência de três abordagens principais: Desconstrução, Reutilização e Cenários de fim de vida (*end-of-life*).

Figura 1 – Abordagem da pesquisa



Fonte: O autor (2019).

O foco do estudo limitou-se em avaliar o potencial de recuperação de materiais e componentes decorrentes de edificações de médio porte ao fim da vida útil de serviço ou utilização. Não faz parte do escopo da pesquisa investigar o gerenciamento e a destinação de resíduos direcionados a aterros e usinas de reciclagem.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para fundamentação da pesquisa, de acordo com os objetivos estabelecidos, este capítulo abordará a revisão bibliográfica em três subcapítulos. No primeiro será realizada uma análise geral do tema baseada em bibliometria, no intuito de verificar as principais publicações bem como identificar periódicos e autores pertinentes à área. Posteriormente, será apresentado o referencial teórico que trata dos temas relacionados à pesquisa, tais como: desconstrução, reutilização, cenários de fim de vida, reabilitação, durabilidade e vida útil, panorama local da recuperação de materiais e componentes. Para finalizar, serão discutidos os principais trabalhos que possuem aderência e relevância aos propósitos desta tese.

2.1 ANÁLISE GERAL DO TEMA BASEADA EM BIBLIOMETRIA

A pesquisa bibliográfica compreende uma investigação acerca de assuntos semelhantes àquele que está sendo investigado, sendo uma das primeiras etapas do método científico, contribuindo para evitar a ocorrência da duplicidade de trabalhos (MEDEIROS *et al.*, 2015). A análise bibliométrica é aplicada para avaliar a relevância das publicações selecionadas através de indicadores e direcionar o processo de seleção do referencial bibliográfico que melhor se aproxime do interesse do assunto pesquisado, utilizando técnicas quantitativas para analisar a produção acadêmica por meio de citações, cocitações, autoria, etc. (PRADO *et al.*, 2016).

2.1.1 Etapas da pesquisa bibliográfica

Os procedimentos adotados para a busca, organização e análise das publicações são elencados no Quadro 1. Estes foram baseados e adaptados da tabela de análise bibliométrica proposta por Prado *et al.* (2016).

Quadro 1 - Etapas para construção da pesquisa e análise bibliométrica (continua)

| Etapa | Descrição |
|----------------------------|---|
| Operacionalização | Definição do campo científico e teórico do trabalho |
| | Escolha da base científica |
| | Delimitação dos termos que representam o campo |
| Procedimentos de busca | Tópico (termo de busca) |
| | Utilização de operadores <i>booleanos</i> |
| | Filtro 1: Delimitação em somente artigos |
| | Filtro 2: Entre os anos de 2000 a 2019 |
| | Filtro 3: Todas as áreas |
| Filtro 4: Todos os idiomas | |

Fonte: Adaptado de Prado *et al.*, (2016).

Quadro 1 - Etapas para construção da pesquisa e análise bibliométrica (conclusão)

| Etapa | Descrição |
|--------------------------------|--|
| Coleta e organização dos dados | Definição do <i>software</i> de análise bibliométrica |
| | <i>Download</i> das referências para utilização no <i>software</i> CiteSpace |
| | <i>Download</i> das referências para o <i>software</i> Mendeley |
| | Organização das referências no Mendeley |
| | Organização para análise em planilha eletrônica |
| Análise da produção científica | Análise do volume temporal das publicações selecionadas |
| | Análise de citações dos artigos selecionados |
| | Análise dos periódicos que mais publicaram |
| | Análise dos países dos artigos selecionados |
| | Análise das palavras-chaves dos artigos selecionados |
| | Análise dos cluster das categorias da <i>Web of Science</i> |
| Análise da rede de cocitações | Análise da rede de cocitações dos artigos mais citados |
| | Análise da rede de cocitações dos periódicos mais citados |

Fonte: Adaptado de Prado *et al.*, (2016).

2.1.2 Composição dos termos da pesquisa

O procedimento para composição dos termos em português e inglês é demonstrado por meio do Quadro 2. Em função do assunto, delimitação e temática referente é possível identificar as palavras-chave que serão adotadas para pesquisa.

Quadro 2 - Composição dos termos para pesquisa

| Nível | Decomposição | Termo em inglês | Similares e sinônimos |
|-----------------|------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Assunto | Resíduos da construção civil (RCC) | <i>Construction and demolition waste (CDW)</i> | <i>Construction Waste</i> |
| | | | <i>Building and demolition waste</i> |
| Delimitação | Edificações | <i>Building</i> | <i>Construction</i> |
| | Reabilitação | <i>Rehabilitation</i> | <i>Refurbishing</i> |
| Tema | Recuperação | <i>Recovery</i> | <i>Recuperation</i> |
| | | | <i>Rescue</i> |
| Tema específico | Desconstrução | <i>Deconstruction</i> | <i>Disassembly</i> |
| | Reutilização | <i>Reuse</i> | <i>Reutilization</i> |

Fonte: O autor (2019).

2.1.3 Procedimentos de busca na base

Para coleta dos dados foi realizada busca na base *Web of Science* da *Clarivate Analytics* (Estados Unidos) em função do grande número de periódicos indexados, do padrão de operacionalização das buscas e da possibilidade de exportação dos arquivos para o processamento no *software* CiteSpace.

A composição das *strings* (sequência de caracteres, geralmente utilizada para representar palavras, frases ou texto) de busca do Quadro 3 foi baseada nos termos descritos no Quadro 2, associados a operadores *booleanos* (*and*, *or* e *not*), considerando somente as palavras-chaves no idioma em inglês. No intuito de ampliar os dados, foram estruturadas *strings* levando em conta a divisão pelo assunto *CDW* (*Construction and demolition waste*) e a delimitação *building*, além de uma *string* contemplando todos os termos.

Além disso, foram relacionados apenas documentos em formato de artigo científico, no período de 2000 a 2019. O artigo poderia estar em qualquer idioma e em qualquer área do conhecimento. Com as considerações elencadas, as buscas na base *Web of Science* realizadas em maio de 2019 retornaram o total 4.278 trabalhos.

Quadro 3 - Formação das *strings* em função da combinação das palavras-chave e resultado da busca de artigos na base de dados *web of science*

| Divisão | Formação das strings em função da combinação das palavras-chave | Somente artigos |
|-----------------|--|------------------------|
| C&DW | <i>Construction and demolition waste AND Deconstruction</i> | 258 |
| | <i>Construction and demolition waste AND Recovery</i> | 792 |
| | <i>Construction and demolition waste AND Rehabilitation</i> | 56 |
| | <i>Construction and demolition waste AND Recovery AND Deconstruction</i> | 52 |
| | <i>Construction and demolition waste AND Rehabilitation AND Deconstruction</i> | 1 |
| | <i>Construction and demolition waste AND Recovery AND Reuse</i> | 284 |
| | <i>Construction and demolition waste AND Reuse AND Deconstruction</i> | 88 |
| Building | <i>Building AND Deconstruction</i> | 2284 |
| | <i>Building AND Recovery AND Deconstruction</i> | 102 |
| | <i>Building AND Rehabilitation AND Deconstruction</i> | 2 |
| | <i>Building AND Rehabilitation AND Reuse</i> | 162 |
| | <i>Building AND Reuse AND Deconstruction</i> | 150 |
| Completa | <i>(Construction and demolition waste OR Building and demolition waste) AND (Building OR Rehabilitation) AND (Recovery OR Recuperation OR Rescue) AND (Deconstruction OR Disassembly) AND (Reuse OR Reutilization)</i> | 47 |
| Total | | 4.278 |

Fonte: O autor (2019).

2.1.4 Resultados da busca

Foi realizado *download* das referências selecionadas na base *Web of Science*, em formato compatível para utilização no CiteSpace, onde por meio do qual é possível a visualização gráfica da rede de relacionamento entre autores, obras, periódicos e palavras-chave. Para organização e consulta das referências selecionadas, também foi realizado o *download* no formato para o

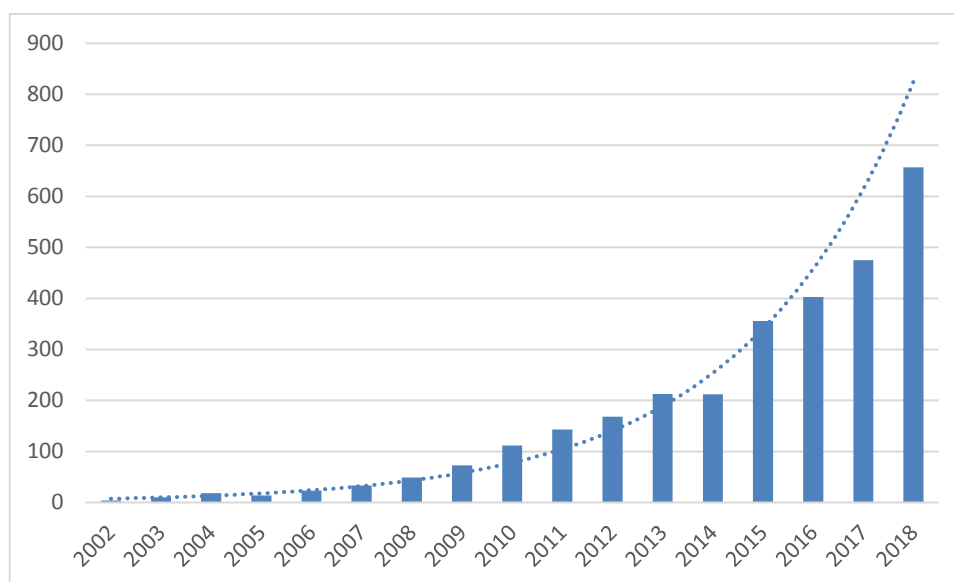
Mendeley. Posteriormente, os dados foram processados e organizados nesses *softwares* para início das análises.

Por meio das ferramentas de identificação de referências duplicadas do CiteSpace, o total de artigos do Quadro 3 reduziu para 3.206, ou seja, haviam 1.072 duplicatas. As análises foram realizadas desconsiderando os artigos repetidos. Para o processamento dos dados no CiteSpace foi configurado o tipo de seleção *Reference*, onde obteve-se uma rede de referências segmentada por 85 *clusters*. Deste total, tiveram aderência à temática da pesquisa somente 12 clusters, que foram: 0, 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12 e 26.

2.1.4.1 Volume temporal das publicações selecionadas

O número de publicações discriminado por ano é apresentado no Gráfico 1. É possível constatar que, apesar de algumas oscilações, até momento desta análise (o ano de 2019 foi excluído por apresentar dados parciais na data da análise), existe uma tendência de crescimento no número de publicações, sendo 2018 o ano com maior número de artigos publicados (657 artigos). Essa análise mostra o quanto a temática abordada pelos termos da pesquisa, conforme o Quadro 2, continua academicamente relevante no contexto mundial.

Gráfico 1- Número de artigos selecionados por ano



Fonte: O autor (2019)

2.1.4.2 Análise de citações dos artigos selecionados

No Quadro 4 são apresentados os 10 artigos mais citados da busca que possuem aderência ao tema da pesquisa. Nesta, constam a frequência de citação, o ano de publicação, referência e o período em anos que houve citação do trabalho. Cabe mencionar que os artigos que estão entre

os mais citados geralmente oferecem contribuições importantes e relevantes para área de conhecimento, no caso em questão Resíduos da Construção Civil (RCC) e Edificações. O foco da pesquisa está nos temas: reutilização, desconstrução e cenários de fim de vida.

Quadro 4 - Artigos mais citados

| Freq. | Referência citada | Período (anos) |
|-------|-----------------------------------|----------------|
| 13% | Yuan e Shen (2011) | 5 |
| 13% | Sólis-Guzmán <i>et al.</i> (2009) | 5 |
| 11% | Briga-Sá <i>et al.</i> (2013) | 3 |
| 10% | Llatas (2011) | 6 |
| 10% | Dahlbo (2015) | 3 |
| 9% | Cabeza <i>et al.</i> (2014) | 3 |
| 9% | Kofoworola e Gheewala (2009) | 7 |
| 8% | Roussat, Dujet e Méhu (2009) | 5 |
| 8% | Merino, Gracia e Azevedo (2010) | 5 |
| 8% | Silva, Brito e Dhir (2014) | 4 |

Fonte: O autor (2019)

2.1.4.3 Análise dos periódicos que mais publicaram

Os periódicos que mais publicaram em relação aos artigos resultantes da busca na base de dados estão relacionados no Quadro 5. Neste, constam informações sobre a frequência, a centralidade, o periódico e o ano de início na amostra, o período em anos que vem ocorrendo publicações, o ISSN e o fator de impacto registrado no ano de 2018.

Quadro 5 - Periódicos que mais publicaram

| Freq. | Periódico/Ano de início | Período (anos) | ISSN | IF (2018) |
|-------|--|----------------|-----------|-----------|
| 17% | <i>Resources, Conservation & Recycling</i> (2004) | 13 | 0921-3449 | 5.12 |
| 15% | <i>Journal of Cleaner Production</i> (2006) | 12 | 0959-6526 | 5.651 |
| 15% | <i>Waste Management</i> (2005) | 12 | 0956-053X | 4.723 |
| 10% | <i>Building and Environment</i> (2007) | 10 | 0360-1323 | 4.539 |
| 8% | <i>Construction and Building Materials</i> (2014) | 3 | 0950-0618 | 3.485 |
| 8% | <i>Renewable & Sustainable Energy Reviews</i> (2008) | 9 | 1364-0321 | 9.184 |
| 7% | <i>Energy and Buildings</i> (2008) | 9 | 0378-7788 | 4.457 |
| 7% | <i>Journal of Environmental Management</i> (2007) | 10 | 0301-4797 | 4.005 |
| 7% | <i>Waste Management & Research</i> (2008) | 12 | 0734-242X | 1.631 |
| 7% | <i>Environmental Science & Technology</i> (2006) | 11 | 1520-5851 | 6.198 |

Fonte: O autor (2019)

A maioria dos artigos relacionados à área de conhecimento e ao tema de pesquisa foram encontrados nos seguintes periódicos: *Resources Conservation and Recycling*, *Journal of Cleaner Production*, *Waste Management*, *Building and Environment* e *Construction and*

Building Materials. A identificação destes é importante para que os pesquisadores saibam onde se concentram seus pares e as publicações relevantes a respeito da temática de estudo.

2.1.4.4 Análise dos países dos artigos selecionados

No que se refere à produção acadêmica e à relação entre os países, observa-se no Quadro 6 que os que apresentaram maior número de publicações são: Estados Unidos (670 artigos), China (441) e Inglaterra (294), sendo que o Brasil (91) aparece na 11ª posição.

Quadro 6 - Países em que os pesquisadores tiveram maior número de citações

| Freq. | Centr. | País/Ano de início |
|-------|--------|-----------------------|
| 24% | 0,33 | Estados Unidos (2003) |
| 16% | 0,04 | China (2005) |
| 11% | 0,26 | Reino Unido (2003) |
| 6% | 0,06 | Austrália (2006) |
| 6% | 0,15 | Espanha (2007) |
| 5% | 0,11 | Canadá (2004) |
| 5% | 0,09 | Itália (2009) |
| 5% | 0,19 | Alemanha (2009) |
| 4% | 0,11 | França (2004) |
| 3% | 0,03 | Suécia (2003) |
| 3% | 0,02 | Brasil (2011) |
| 3% | 0,01 | Coreia do Sul (2009) |
| 3% | 0,10 | Japão (2003) |
| 2% | 0,05 | Suíça (2005) |
| 2% | 0,04 | Holanda (2008) |
| 2% | 0,00 | Portugal (2009) |
| 2% | 0,12 | Turquia (2008) |

Fonte: O autor (2019)

2.1.4.5 Análise das palavras-chave dos artigos relevantes

A análise das palavras-chave permite identificar e relacionar as principais temáticas discutidas no campo de estudo. As palavras-chave mais frequentes nos artigos da amostra e que estão elencados no Quadro 7 são: *management, construction e performance*. Porém, os termos que possuem aderência à pesquisa são: *model, design, Demolition waste, sustainability, building, Construction and demolition waste e recycling*.

Quadro 7 - Palavras-chave dos artigos selecionados

| Freq. | Centr. | Palavras-chave/Ano de início |
|--------------|---------------|--|
| 13% | 0,12 | Management (2004) |
| 10% | 0,14 | Construction (2006) |
| 9% | 0,13 | Performance (2003) |
| 8% | 0,06 | System (2007) |
| 7% | 0,04 | Lifecycle assessment (2008) |
| 7% | 0,06 | Model (2006) |
| 6% | 0,12 | Impact (2008) |
| 6% | 0,23 | Design (2009) |
| 6% | 0,06 | Demolition waste (2006) |
| 5% | 0,04 | Sustainability (2011) |
| 5% | 0,05 | Waste (2006) |
| 5% | 0,07 | Energy (2007) |
| 4% | 0,02 | Building (2010) |
| 3% | 0,01 | Construction and demolition waste (2011) |
| 3% | 0,00 | Recycling (2009) |
| 2% | 0,02 | Strategy (2008) |
| 2% | 0,01 | Waste management (2006) |

Fonte: O autor (2019).

2.1.4.6 Análise dos cluster das categorias da *Web of Science*

O Quadro 8 apresenta as categorias da base *Web of Science* relacionadas a temática de pesquisa e resultante da amostra de trabalhos relevantes. Cabe mencionar que a análise das categorias permite inferir em que áreas das ciências determinada temática tem sido estudada e, por conseguinte verificar se é um termo disciplinar ou interdisciplinar.

Quadro 8 - Categorias da *web of science* com maior frequência na pesquisa

| Freq. | Centr. | Categoria da WOS/ano de início |
|--------------|---------------|---|
| 24% | 0,42 | Engineering (2004) |
| 20% | 0,02 | Environmental sciences & ecology (2003) |
| 18% | 0,07 | Environmental sciences (2004) |
| 13% | 0,00 | Engineering, environmental (2004) |
| 7% | 0,01 | Green & sustainable Science & technology (2007) |
| 7% | 0,06 | Engineering, civil (2008) |
| 7% | 0,00 | Construction & building technology (2009) |
| 4% | 0,20 | Environmental studies (2010) |

Fonte: O autor (2019).

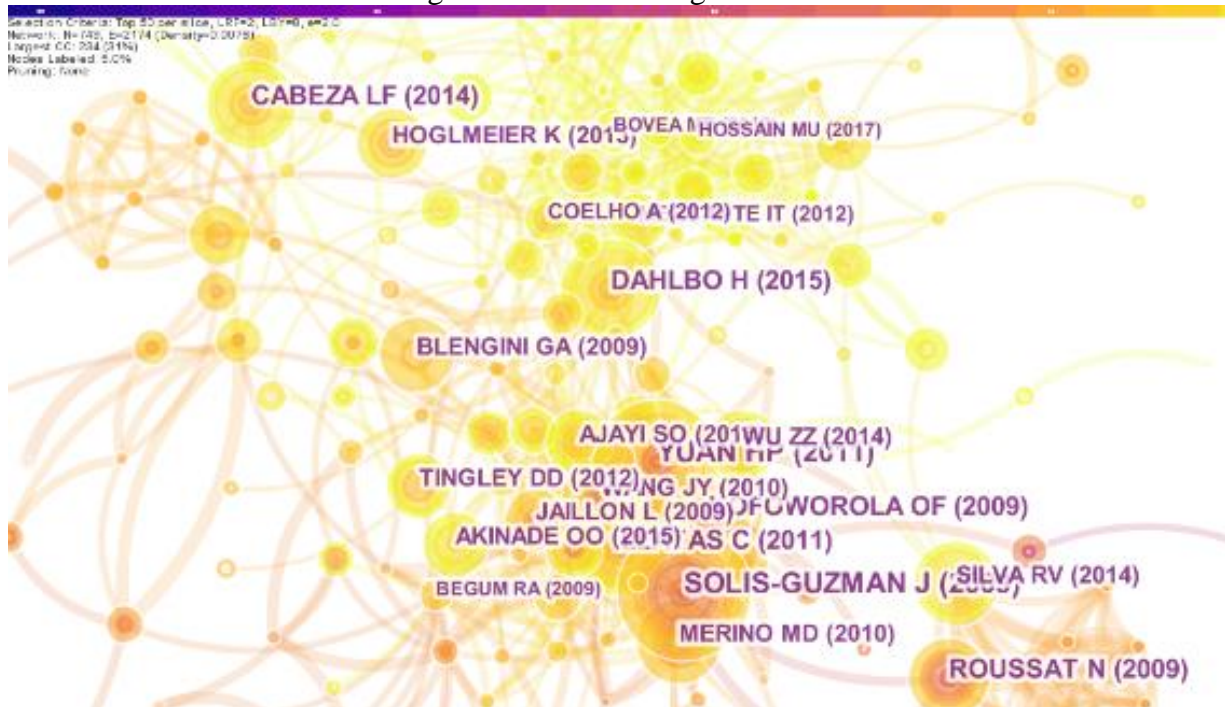
2.1.4.7 Análise da rede de citações dos artigos mais citados

A análise da rede dos trabalhos mais citadas entre os artigos relevantes na busca, demonstra as principais contribuições no que se refere à aceitação pelos seus pares, ou seja,

permite identificar quais as obras que mais têm influenciado novos trabalhos dentro do campo de estudos em questão.

Alguns dos trabalhos do Quadro 4 aparecem na rede de artigos mais citados da Figura 2, sendo destaque em relação à temática as obras de Cabeza (2014), Roussat (2009), Merino (2010), Dahlbo (2015) e Yuan (2011). Porém, os trabalhos que apresentaram aderência aos objetivos da presente pesquisa e, portanto, fazem parte da fundamentação teórica foram: Akinade (2015), Tyngley (2012) e Coelho e Brito (2012).

Figura 2 - Rede de artigos citados

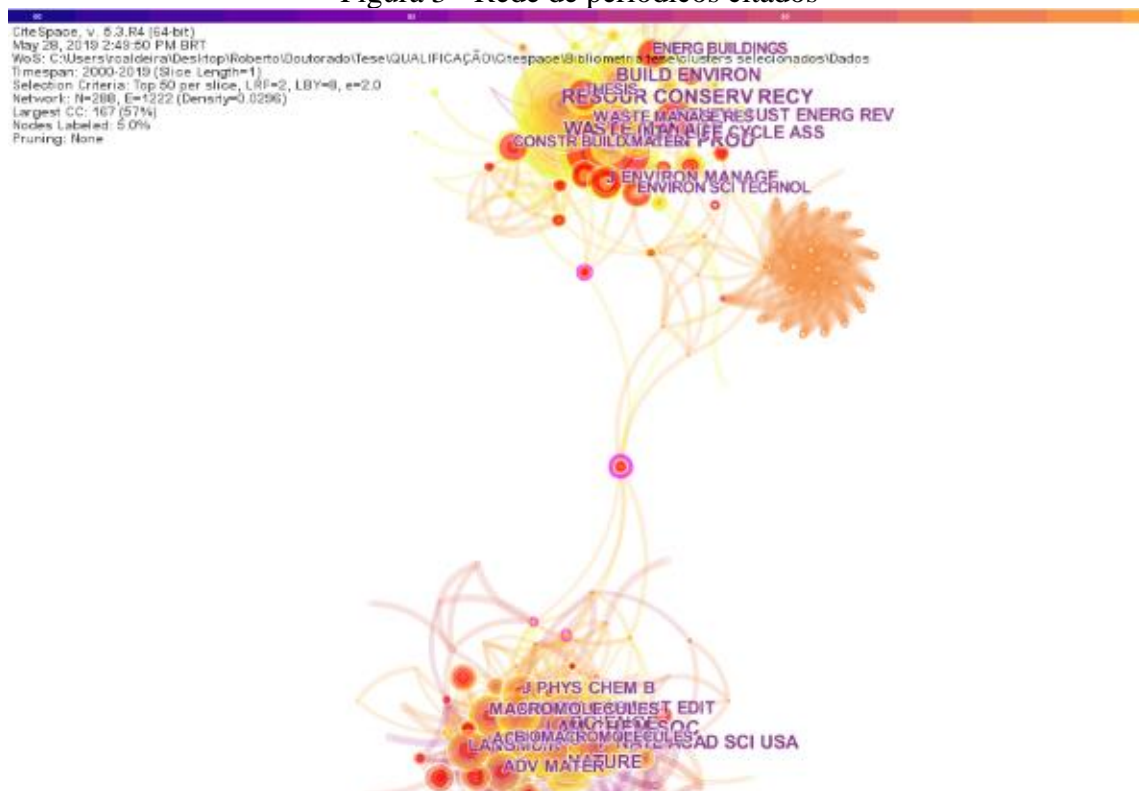


Fonte: O autor (2019).

2.1.4.8 Análise da rede de citações dos periódicos mais citados

A Figura 3 apresenta a rede dos periódicos mais citados dentre os artigos resultantes da busca. Foi constatada a divisão dos periódicos em 2 *clusters* distintos, onde o aglomerado localizado na parte superior possui aderência à temática da pesquisa e o da parte inferior não possui relação alguma.

Figura 3 - Rede de periódicos citados



Fonte: O autor (2019).

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.2.1 Desconstrução

O início do desenvolvimento da sociedade, quando o homem começava a se ver como um ser nômade, foi caracterizado pela mobilidade e brevidade das estruturas e abrigos provisórios. Tempos depois, o conceito de arquitetura efêmera foi um marco importante para o desenvolvimento dos grandes pavilhões e estandes voltados para eventos destinados às feiras mundiais do século XIX. Um exemplo de destaque deste período é o Palácio de Cristal em Londres, desenhado de tal forma que pudesse ser desmontado e reutilizado após a exposição, sendo realocado em 1854 (FREITAS, 2017).

Embora o projeto para desmontagem de edifícios não seja uma prática comum, existem vários exemplos históricos importantes de edifícios que foram desmontados, seja por projeto ou não, que podem oferecer informações significativas sobre os aspectos técnicos de desmontagem, tais como: construções de madeira tipo vernacular; prédios temporários para uso militar, como a cabana Nissen; os projetos Dymaxion de Buckminster Fuller; o Palácio Fun de Cedric Price; e o Centro George Pompidou (CROWTHER, 2005; MACHADO, 2014).

Ainda, a desconstrução, também conhecida como “construção ao contrário”, é uma terminologia mais nova para uma prática antiga. Os nativos americanos, através de seus padrões migratórios, construíam seus abrigos de maneira a facilitar a desmontagem futura (RIOS; CHONG; GRAU, 2015).

Contudo, o conceito de *Design for deconstruction* (DfD), por vezes designado como *Design for disassembly*, surgiu apenas no início dos anos 90, visando fechar o ciclo de materiais de construção incluindo princípios que permitem a sua desconstrução. Embora o conceito esteja se popularizando, ainda há poucos edifícios projetados de acordo com as diretrizes do DfD (KIBERT, 2003).

Cabe esclarecer que a pesquisa bibliográfica realizada identificou que a maioria dos trabalhos adota a palavra "desconstrução" e um número menor utiliza "desmontagem" com objetivo de expressar a mesma intenção. Este fato decorre principalmente da tradução das expressões em inglês *Design for deconstruction* (DfD) e *Design for disassembly* (DfD). Tais expressões demonstram o ato de projetar ou planejar a desconstrução ou desmontagem de um edifício ou construção de maneira prévia, ou seja, em fase de concepção.

Porém, existe uma diferenciação que por vezes não é muito evidente. A palavra desmontagem é melhor empregada quando um objeto ou um produto foi concebido inicialmente para ser desmantelado e separado suas partes, como ocorre frequentemente na indústria automobilística ou de eletrônicos. Já o termo desconstrução seria mais adequado para situações em que algo não foi planejado para ser desmontado tal como as edificações em alvenaria e estruturas de concreto.

Segundo Amoêda (2015) e Kibert (2003) os edifícios tradicionais e atuais não foram e não são projetados para fins de desmontagem ou desconstrução. Saghafi e Teshnizi (2011) corroboram exemplificando que não é fácil desconstruir edifícios convencionalmente concebidos em estrutura de concreto armado, paredes de alvenaria, acabamentos cerâmicos e com encanamentos e condutores embutidos nas paredes.

Em parte isso se deve à tendência de pensar um edifício como único: eles são concebidos, projetados, construídos, usados e descartados como entidades completas. Esta noção do edifício singular é falha e decorre da nossa leitura do edifício ao longo de um período de tempo limitado. Normalmente, a estrutura de um edifício pode ser mantida enquanto os espaços internos são alterados com componentes removidos e substituídos, incluindo a renovação das instalações (CROWTHER, 2005).

Em contrapartida, Guy, Shell e Esherick (2006) relatam que as décadas de 1940, 50 e 60 se destacaram por alguns atributos de projeto compatíveis com os critérios de DfD, tais como:

construção modular, plantas baixas abertas, sistemas estruturais e mecânicos expostos e o uso de materiais recicláveis (concreto, pedra, aço e vidro). Kibert (2003) argumenta que a desconstrução tem várias vantagens sobre a demolição convencional. Porém, enfrenta vários desafios. Algumas das vantagens são:

- Desvio de resíduos de demolição que teriam o aterro como destinação final;
- Potencial reutilização de materiais e componentes de construção;
- Maior facilidade de reciclagem de materiais;
- Melhor proteção ambiental, tanto a nível local como global.

Para o autor, os desafios enfrentados pela desconstrução são significativos, mas podem ser facilmente superados se ocorrerem mudanças na fase de concepção dos projetos e na legislação aplicável. Eles incluem:

- Os edifícios existentes não foram projetados para desmontagem;
- Componentes de construção não foram projetados para desmontagem;
- Ferramentas para desconstruir prédios existentes geralmente não existem;
- Os custos de eliminação de resíduos de demolição são frequentemente baixos;
- A desmontagem de edifícios requer tempo adicional;
- A recertificação ou garantia de componentes usados nem sempre é possível;
- Os códigos de construção geralmente não abordam a reutilização de componentes de construção;
- Os benefícios econômicos e ambientais não estão bem estabelecidos.

Guy, Shell e Esherick (2006) e Silva (2008) corroboram afirmando que a desconstrução é uma alternativa à demolição. Mais que isso, a desconstrução serve como um meio para um fim, sua finalidade é a recuperação de elementos, componentes, subcomponentes e materiais de construção para reutilização ou reciclagem da maneira mais econômica possível.

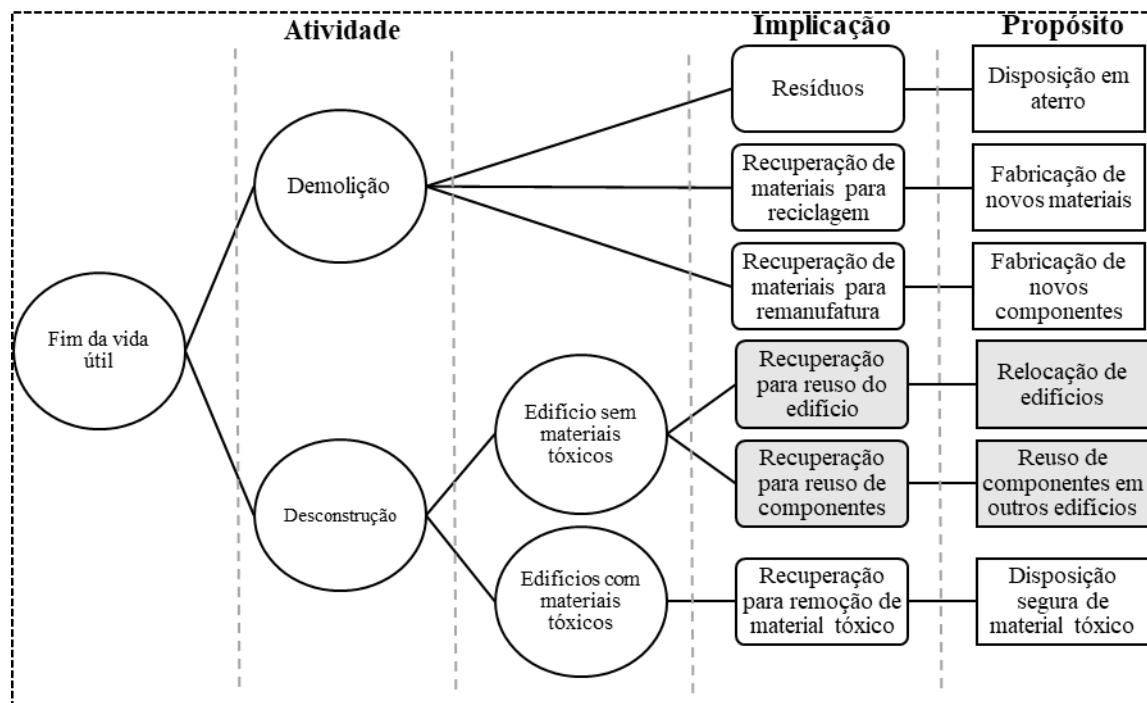
Rocha (2008) apresenta a seguinte classificação em relação aos processos de desagregação:

- Desmontagem ou desconstrução: é o processo de desagregação buscando manter o maior grau de função e conformação das partes;
- Demolição seletiva: é a combinação dos processos de demolição destrutiva e desconstrução;
- Demolição destrutiva: é a desagregação de um todo (edifício) em parcelas menores, geralmente materiais amorfos.

Segundo Akinade *et al.* (2015), duas atividades são possíveis ao final da vida útil dos edifícios, conforme a Figura 4: demolição e desconstrução. A demolição como estratégia de remoção de edifícios visa principalmente o aterro de descarte, com pouca consideração pela recuperação do material. Por outro lado, a desconstrução é realizada para recuperar materiais tóxicos de edifícios para descarte seguro ou para desviar o desperdício do aterro através da recuperação de materiais.

A proposta de pesquisa desta tese está em concordância com a opção pela desconstrução em detrimento à demolição, e de suas implicações decorrentes do processo de recuperação de materiais e componentes do edifício.

Figura 4 - Tipos e propósitos do final de vida de edifícios



Fonte: Adaptado de Akinade *et al.* (2015).

Uma questão importante apontada por Machado, Souza e Veríssimo (2018) é fato de que a desconstrução deve ser analisada em termos do custo dos investimentos necessários para promover a recuperação dos recursos materiais utilizados em uma construção que chegou ao fim de seu ciclo de vida. No entanto, cabe destacar que mesmo quando o custo é maior, a desconstrução pode ser considerada viável, dependendo da importância do aspecto ambiental.

Nesse sentido, é importante levar em consideração que o tempo necessário para a desmontagem pode variar entre três a oito vezes o da demolição mecânica. Desta forma, quando o tempo é um fator crítico, a desconstrução pode não ser uma alternativa viável à demolição (RIOS; CHONG; GRAU, 2015).

Segundo os autores há uma percepção comum de que o custo relativo à desconstrução é maior do que a demolição e o descarte. Porém, estudos mostraram que isso nem sempre é verdade. As variáveis que influenciam os custos incluem: 1) armazenamento de material antes do destino final; 2) custos trabalhistas mais elevados; 3) transporte de resíduos; 4) remoção de materiais perigosos; 5) despesas com treinamento; 6) demanda por materiais usados; 7) condições dos materiais; e 8) taxas de aterro. Existem também variáveis que podem reduzir custos. Estas incluem: 1) valor de revenda; 2) parcerias entre organizações públicas, privadas e sem fins lucrativos que possam ajudar a arrecadar fundos e compartilhar benefícios; 3) incentivos financeiros fornecidos pelos governos; e 4) economia relacionada ao uso de equipamentos, já que nas atividades de desconstrução o único grande equipamento mecânico muitas vezes necessário é a empilhadeira.

Em síntese, o maior critério para o sucesso do processo é que o custo final da desconstrução bruta não exceda os custos de descarte evitados, mais o valor de reutilização ou reciclagem dos componentes e materiais, além dos custos de remoção de um edifício não projetado para desconstrução. Também, a viabilidade econômica da desconstrução em regiões com baixo custo de descarte é, portanto, dependente do maior e melhor valor de reutilização ou reciclagem dos materiais recuperados e da eficiência do processo de desconstrução, ou seja, custos de mão de obra (GUY; SHELL; ESHERICK, 2006).

Silva (2008) desenvolveu um método fundamentado em técnicas de desconstrução para maximizar a reutilização de materiais e elementos construtivos resultantes de operações de manutenção e demolição de edifícios. Alguns dos pontos contemplados na referida metodologia são relacionados a seguir.

a) Estudo de viabilidade

Numa primeira fase é necessário averiguar se os trabalhos a desenvolver, através de um exame geral ao edifício, viabilizam a aplicação da técnica da desconstrução e o respectivo reaproveitamento de materiais. Neste exame deve-se proceder à análise de alguns aspectos muito importantes que visam determinar a aplicação, ou não, desta técnica:

- Procurar danos devido a água, fogo ou insetos;
- Procurar materiais e elementos que contêm materiais perigosos;
- Procurar sinais de instabilidade estrutural;
- Procurar materiais e elementos específicos com elevado potencial de reutilização;
- Analisar a cobertura e verificar o tipo de soluções construtivas e se existem danos visíveis;

- Analisar os revestimentos de paredes e de pisos;
- Analisar o projeto para a identificação de potenciais elementos construtivos existentes nas diversas soluções construtivas;
- Analisar acessibilidades e espaços para montagem de canteiro.

b) Inventário do edifício

Para potencializar a desconstrução, deve-se realizar o inventário dos materiais e dos elementos construtivos que fazem parte do projeto de reabilitação/manutenção ou demolição do edifício. O dicionário *online* da língua portuguesa Michaelis (2019) define a palavra inventário como sendo um “documento que se acham escritos e descritos bens” ou “elaboração minuciosa; registro, relação, rol”. A proposição de formulários e tabelas se enquadram nesta definição.

Como resultado, o sucesso da recuperação e consequente diminuição da produção de resíduos está implícito no sucesso da aplicação deste procedimento. Num processo de desconstrução de um edifício existem vários tipos de materiais e de elementos que, não fazendo parte da construção propriamente dita do edifício, precisam ser removidos.

É neste sentido, e seguindo as etapas básicas da desconstrução, que se atribui a cada elemento ou material um nível de intervenção que reflete a ordem pela qual este deve ser retirado:

1) Desmontagem manual dos objetos:

- Remoção dos resíduos para tratamento especial;
- Remoção de mobílias e equipamentos;
- Remoção de instalações elétricas e equipamentos.

2) Demolição seletiva manual e com ferramentas, de elementos de construção e materiais reutilizáveis:

- Janelas, portas, escadas e batentes reutilizáveis;
- Tábuas de pavimento e vigas de madeira reutilizáveis;
- Elementos metálicos, tubulação e elementos de ferro fundido reutilizáveis;
- Placas de gesso e superfícies de vidro reutilizáveis.

3) Demolição feita com máquinas:

- Demolição do telhado;
- Demolição da estrutura;
- Triagem de materiais reutilizáveis e recicláveis: tijolos, argamassas, madeira, metais.

4) Limpeza do local de intervenção, feita com máquinas:

- Desenterrar as fundações;
- Remover tanques de combustíveis;
- Limpar árvores e vegetação.

2.2.2 Recuperação de materiais e componentes

Com tantas demolições ocorrendo anualmente, seus impactos ambientais e econômicos não podem ser ignorados porque os materiais de construção se tornam irrecuperáveis e, eventualmente, enviados para aterros. O enfrentamento desse problema exige uma abordagem estratégica ao planejamento da recuperação de materiais e componentes de construção para reutilização ou reciclagem (AKINADE *et al.*, 2015).

Atualmente, a recuperação dos materiais é uma preocupação crucial para evitar a exaustão dos recursos naturais. É fundamental a minimização dos fluxos de resíduos e a maximização da recuperação de materiais e componentes, por meios de reutilização ou de reciclagem (AMÔEDA, 2009).

Segundo Couto e Couto (2010) existem duas maneiras de recuperar materiais: desconstruir o edifício ou realizar uma operação de salvamento seletivo abrangendo a remoção de certos materiais valiosos e reutilizáveis antes da demolição.

Para Diyamandoglu e Fortuna (2015) a recuperação de materiais e componentes com potencial vitalício evita a extração de materiais virgens, evita a liberação associada de gases de efeito estufa, economiza energia, consumo de água e evita custos de descarte de resíduos sólidos. Claramente, a reutilização de elementos de construção deve ter prioridade sobre a sua reciclagem, sempre que possível, para ajudar a satisfazer a primeira prioridade de prevenção de resíduos na fonte (COUTO; COUTO, 2010).

Machado, Souza e Veríssimo (2018) apresentam conceitos importantes para o entendimento dos métodos e procedimentos relacionados a recuperação. Para os autores, os materiais são vistos como as partes básicas dos edifícios que podem ser conectados para formar uma submontagem: "componente". Por sua vez, os componentes podem ser conectados para formar uma montagem de nível superior: "sistema". O termo "reutilização" é usado para a ação ou prática de usar algo novamente, seja para seu propósito original ou para cumprir uma função diferente. O termo "reciclagem" é usado quando o material de construção é usado como matéria-prima, para substituir recursos naturais e fazer um novo material de construção ou outro produto.

Nesse sentido, relaciona-se outros termos e definições pertinentes:

a) ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013)

- Sistema: a maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir com uma macrofunção que a define (exemplos: fundação, estrutura, vedações verticais, instalações hidrossanitárias, cobertura);
- Elemento: parte de um sistema com funções específicas. Geralmente é composto por um conjunto de componentes (exemplo: parede de vedação de alvenaria, painel de vedação pré-fabricado, estrutura de cobertura);
- Componente: unidade integrante de determinado elemento da edificação, com forma definida e destinada a cumprir funções específicas (exemplos: bloco de alvenaria, telha, folha de porta).

b) ABNT NBR 15.965-1:2011 (ABNT, 2011)

- Material: insumo para a construção não formado como uma unidade distinta;
- Produto: componente ou conjunto de componentes para incorporação permanente em unidades de construção.

c) ABNT NBR ISO 12.006-2:2018 (ABNT, 2018)

- Resultado da construção (3E e 3R): objeto da construção que é formado, ou tem seu estado modificado, como resultado de um ou mais processos da construção, que utilizem um ou mais recursos da construção;
- Recursos da construção (2C): objetos da construção utilizados em um processo da construção para alcançar um resultado da construção;
- Objeto da construção (0M): objeto de interesse e relevância no contexto do processo da construção.

Em relação a morfologia dos materiais resultantes, considerando a edificação como um sistema composto por partes, Rocha (2008) adota as seguintes definições:

- Parte (da edificação): todo e qualquer produto que compõe uma edificação (por exemplo: materiais amorfos, materiais elaborados, componentes, elementos, subsistemas e sistema construtivo);
- Materiais amorfos: são aqueles sem conformação e função específica;
- Componente: é o produto com conformação e função definida;

- Elemento construtivo: decorre da combinação de materiais elaborados e componentes, para construir uma parte da edificação;
- Materiais elaborados: são aqueles beneficiados e conformados sem função específica.

De acordo com Mattaraia, Martins e Fabricio (2016), analisar como serão as conexões também é imprescindível, pois pode tornar o processo de desmontagem mais rápido e eficiente, bem como garantir o desmonte não destrutivo dos materiais. Segundo os autores, as conexões feitas por meio de encaixes são as que menos danificam as peças do edifício quando é necessário o desmonte. A utilização de acessórios externos ou outras peças (pregos, parafusos etc.) para unir os elementos, por sua vez, podem danificar as peças na desmontagem. Já quando são usadas ligações químicas (cola, argamassa etc.), os materiais são ainda mais danificados na desmontagem, dificultando, ou até impossibilitando o seu reuso e reciclagem.

Além disso, a reutilização de materiais e de elementos construtivos depende das características e das propriedades que estes possuem no ato da desconstrução. Este aspecto é muito subjetivo e necessita por vezes da sensibilidade do responsável pela avaliação do edifício. A metodologia proposta por Silva (2008) estabelece critérios que devem ser analisados no ato da decisão, tais como:

- Estado de conservação;
- Contaminação;
- Resistência;
- Quantidade;
- Dimensão;
- Facilidade de limpeza e tratamento;
- Facilidade de remoção;
- Possível função a desempenhar.

Para o autor, estes aspectos permitem de uma forma subjetiva classificar os materiais e os elementos construtivos quanto à sua condição:

- 5 - Excelente estado de conservação;
- 4 - Bom estado de conservação;
- 3 - Suficiente estado de conservação;
- 2 - Fraco estado de conservação;
- 1 - Danificado por completo.

Assim, é com base na condição em que eles se encontram e com base nos aspectos acima mencionados, que se classificam os materiais e os elementos construtivos quanto ao seu destino:

- 1 - Reutilizar;
- 2 - Reciclar;
- 3 - Aterro;
- 4 - Contaminados.

Por outra perspectiva, Saraiva (2013) apresenta um modelo desenvolvido na Universidade de Delft na Holanda, denominado Delft Ladder, relativo ao ciclo de vida útil de materiais e componentes. Neste modelo são identificados diferentes estágios de deterioração e de uso, até o final do seu ciclo de vida, conforme demonstra-se a seguir:

- a) Prevenção - pode-se evitar o desperdício através de um bom planejamento de um sistema de construção que tenha como objetivo a desmontagem, a remontagem e a reciclagem;
- b) Reutilização - reformar a edificação e seus componentes, evitando a demolição;
- c) Reutilização de componentes - as partes removidas podem ser melhoradas através da manutenção, recondicionamento ou reforma e serem reutilizadas em uma nova edificação com a mesma função original;
- d) Reutilização de materiais - alguns materiais originados de uma desconstrução podem ser melhorados e reincorporados ou utilizados em um novo projeto;
- e) Aplicação útil - os componentes ou materiais podem ser utilizados em uma nova situação, podendo ter também especificações de menor desempenho;
- f) Imobilização com aplicação útil - um material perigoso pode se tornar inofensivo quando for reutilizado na fabricação de um novo componente;
- g) Imobilização - um material perigoso pode ser transformado em inofensivo antes de ser depositado em um aterro;
- h) Incineração com recuperação de energia - é feita a queima de materiais combustíveis gerando energia que será reutilizada;
- i) Incineração - queima de material combustível que não fornece energia aproveitável;
- j) Aterro - destino final de todos os materiais que não possuem alternativa de uso.

Segundo Akambi *et al.* (2018) todos os fatores que influenciam a reutilização de materiais de construção recuperáveis também influenciam indiretamente a reciclabilidade dos materiais. Por exemplo, um material reutilizável pode não ser utilizável como recuperado devido a danos ou desgaste. No entanto, ele pode ser considerado para reciclagem. Outro exemplo, o carpete que

é usado em um prédio por vários anos, depois arrancado e instalado em um novo projeto de construção, seria considerado reutilizável. No entanto, o carpete que é instalado em um prédio, retirado e remanufaturado como isolamento de parede seria considerado reciclável. Da mesma forma, uma viga de aço em um edifício que é recuperado no final da vida útil e usada como viga em uma nova construção é um exemplo de reutilização direta. Na mesma linha, o acondicionamento da mesma viga de aço em um material totalmente diferente, como resultado de danos na viga de aço original, é um exemplo de reciclagem.

Outra colocação importante é sobre a possibilidade de atribuir vários padrões de recuperação a um material ou componente de acordo com as taxas de recuperação estabelecidas previamente (metodologia) e com o tipo de conexões usadas. Como exemplo, para uma estrutura de madeira desmontável seria possível considerar uma recuperação parcial para fins estruturais em um cenário de reuso, e uma recuperação parcial da madeira que não seria possível reutilizar como aparas de madeira para produção de compensado em um cenário de reciclagem (AMÔEDA, 2009).

Nesse sentido, Silva (2008) relaciona alguns materiais e elementos construtivos que apresentam alto potencial de reutilização:

a) Concreto

O concreto resultante da desconstrução de edifícios dá origem ao aço e a agregados residuais da britagem do concreto. O aço é separado do concreto e posteriormente recuperado para a reciclagem. Quando à fração de agregados de concreto, esta pode ser usada como base para enchimento de valas para tubulação, lastros e até mesmo como sub-base na construção de estradas.

b) Tijolo

Atribui aos tijolos maciços um alto potencial de reutilização. Em obra deve-se proceder à triagem dos tijolos inteiros e dos partidos. Os tijolos partidos são posteriormente britados e utilizados em aterros, por outro lado, os tijolos inteiros devem ser recolhidos e armazenados. A qualidade dos tijolos usados é muitas vezes idêntica ou superior à dos tijolos novos, e servem perfeitamente para a construção de novas alvenarias.

c) Madeira

A madeira é uma matéria-prima versátil e por isso utilizada de diversas formas nas construções. Portas, janelas, assoalhos, vigas, são alguns exemplos de elementos que têm um grande potencial de reutilização, porque depois de limpos e tratados, ficam praticamente novos

e funcionais. Muitas vezes, a madeira usada é preferível à madeira nova, dado a sua umidade já ter atingido um ponto ótimo e a tendência a criar fissuras já estar visível. Além disso, para a reutilização de elementos em madeira deve-se proceder a uma remoção cuidadosa, separando e acondicionando devidamente todos os tipos de elementos para evitar contaminações e estragos, que possam inviabilizar a sua reutilização.

d) Alumínio e aço

As portas, as janelas e portões de alumínio ou aço são alguns exemplos de materiais que podem ser diretamente reutilizados, após a sua remoção. No caso de estes apresentarem más condições é recomendado proceder à sua reciclagem. Os perfis estruturais de aço também têm um elevado potencial de reutilização.

e) Vidro

O vidro é um material frágil, visto que o descuido em obra condiciona a sua futura reutilização. Considera-se que os vidros partidos têm como destino final a reciclagem. Por outro lado, os vidros inteiros têm um grande potencial de reutilização, desde que em bom estado, pois podem naturalmente ser aplicados num outro local.

Em síntese, no intuito de subsidiar o responsável pela avaliação do edifício o Quadro 9 apresenta uma lista com alguns materiais e componentes com potencial de reutilização e uma outra com potencial de reciclagem (SILVA, 2008).

Quadro 9 - Exemplo de materiais e componentes com potencial de reutilização e reciclagem

| Reutilizáveis | Recicláveis |
|---------------------------------|--------------------|
| • Dispositivos elétricos | • Concreto |
| • Tijolos | • Agregados |
| • Mobiliário | • Papel |
| • Telhas | • Vidro |
| • Madeiras | • Asfalto |
| • Portas | • Aço e metais |
| • Tubulações | • Tintas |
| • Revestimentos | • Madeiras |
| • Isolamento térmico e acústico | • Plásticos |
| • Luminárias | • Gesso acartonado |
| • Granitos, mármore e pedras | • Lâmpadas |
| • Aço e outros metais | |
| • Janelas | |
| • Lâmpadas | |
| • Vidro | |

Fonte: Adaptado de Silva (2008).

Logo, para que a gestão do processo de desconstrução seja eficiente, deve-se proceder à descrição geral de cada componente a analisar, isto é, descrever as características gerais que o definem, e à identificação do local de onde este irá ser retirado. É também muito importante que cada componente tenha um registro fotográfico, que deve estar em correspondência com a tabela - ID (identificação), para facilitar todo o processo a jusante da desconstrução (SILVA, 2008).

Ainda, a remoção de materiais de um edifício existente para integração em novos edifícios exige que os empreiteiros se tornem fornecedores de materiais. Além dos processos de desconstrução e recuperação, eles devem abordar questões de estoque e armazenamento de materiais. As quantidades e a qualidade dos materiais recuperados são um fator quando um projeto deve corresponder aos tamanhos disponíveis e às quantidades de componentes recuperados, ou enfrentar a incerteza de que componentes recuperados suficientes e apropriados serão encontrados para corresponder ao projeto. A relação custo-benefício da recuperação de materiais variados e pequenos, como fiação, pregos e parafusos, também pode ser negativa. Uma exceção é a fiação de cobre (GUY; SHELL; ESHERICK, 2006).

Segundo Amêda (2009) a viabilidade econômica e ambiental da recuperação de materiais e componentes estão relacionadas com a quantidade e a qualidade dos materiais e componentes recuperados. Parece razoável supor que esses dois aspectos são o resultado do nível de desmontagem dos edifícios ou elementos de construção. Edifícios existentes e a maioria dos prédios atuais exibem baixos níveis de desconstrução, que aumentam os custos de desmontagem, coleta e separação dos materiais recuperados, diminuem sua qualidade técnica e limitam as opções técnicas de reprocessamento.

A título de exemplo, o autor pondera que em Portugal e no sul da Europa em geral, os sistemas construtivos pesados de estrutura em concreto e tijolo oco dificultam cada vez mais a reutilização, em oposição ao que se deveria esperar. Curiosamente, os edifícios com mais de 50 anos apresentam componentes mais facilmente reutilizáveis e têm um impacto ambiental inicial muito menor. Nestes edifícios, os sistemas eram simples, muitas vezes com paredes de alvenaria de pedra justapostas, pavimento de madeira e estruturas de telhado com telhas de cerâmica.

De acordo com Silva (2008) a reutilização de materiais e de elementos construtivos pode muitas vezes mostrar-se mais vantajosa, quer a nível econômico, funcional e estético, que a adoção de materiais e elementos novos. Esta análise deve ser feita tendo em consideração alguns aspectos, como os custos, a aparência, a funcionalidade, a manutenção e o tempo de vida útil pretendido para o material ou para o elemento construtivo.

Contudo, deve-se levar em consideração as oportunidades e limitações que compreendem a capacidade de adaptação do edifício, o seu estado de conservação, o desempenho mecânico e

estético dos materiais e a viabilidade de recuperação de componentes e materiais. Importante reiterar a constatação de que a maioria dos edifícios existentes não foram construídos para serem desconstruídos e a recuperação de materiais nestes casos é uma tarefa trabalhosa, enfrentando obstáculos como conexões não reversíveis que geralmente destroem a integridade dos materiais (AMÔEDA, 2015).

Não menos importante, a reutilização de elementos construtivos de um edifício auxilia a preservação da sua arquitetura. Muitos dos materiais e elementos construtivos que faziam parte da construção de antigamente, já não são produzidos e dificilmente se encontram. São materiais considerados geralmente de uma qualidade estética mais elevada que os de hoje em dia, motivo pelo qual existe uma grande procura no mercado destes materiais usados (SILVA, 2008).

2.2.3 Cenários de fim de vida (*end-of-life*)

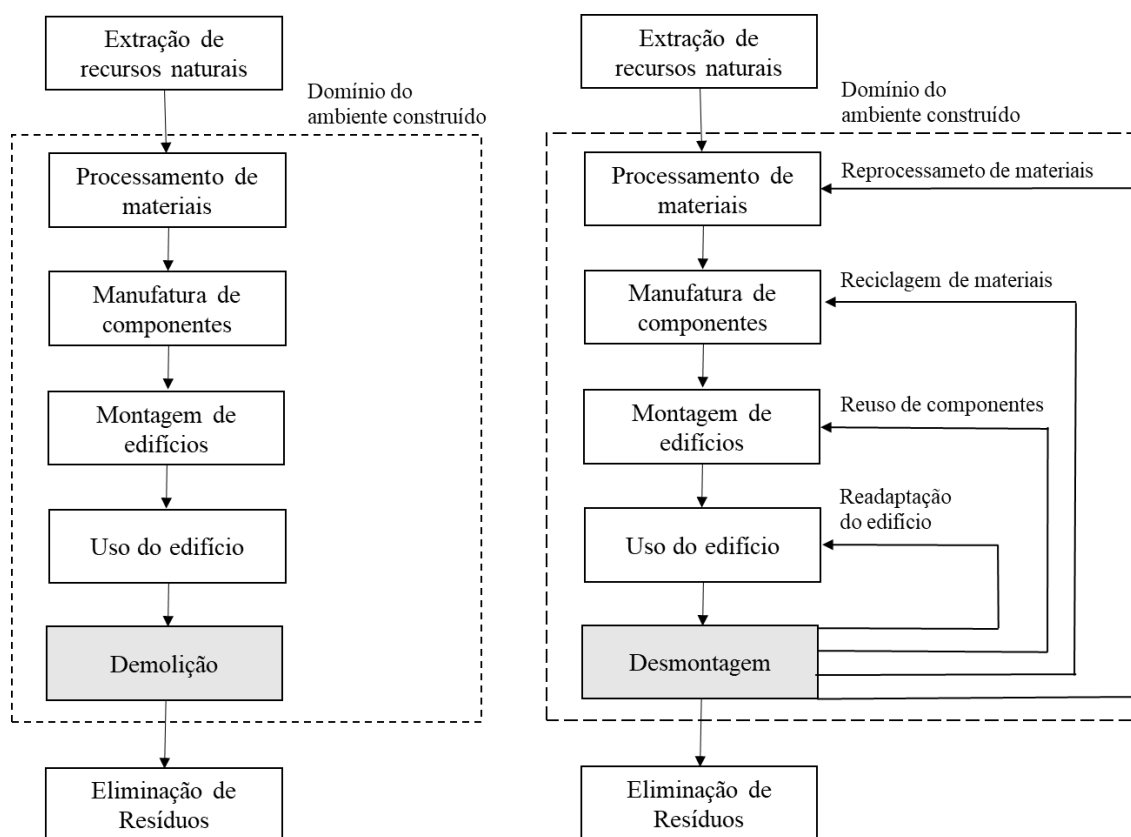
Crowther (2005) em seu estudo revela que existem inúmeras barreiras técnicas para a recuperação bem-sucedida e reutilização de componentes e materiais. Essas barreiras derivam principalmente do padrão de construção atual, que vê a montagem de materiais e componentes como uma atividade unidirecional com o objetivo de produzir um edifício imutável. Essa visão linear do ambiente construído limita severamente as opções de recuperação quando um edifício chega ao fim de sua vida útil.

O autor continua seu raciocínio explicando que o modo usual de operação em nossa sociedade industrializada é de uso único e descarte. Os materiais são extraídos do ambiente natural, processados, fabricados, usados uma vez e depois descartados, geralmente de volta ao ambiente natural, resultando em poluição, esgotamento de recursos, perda de habitat e consumo excessivo de energia. Na indústria da construção, esse modo de operação é certamente o dominante. Este chamado "ciclo de vida" não é de forma alguma cíclico, mas sim linear, começando com a extração de material e terminando com o despejo de resíduo indesejado. Esse modelo de como os materiais passam pelo ambiente construído identifica vários estágios do ciclo de vida: extração, processamento, fabricação, montagem, uso, demolição e disposição.

No entanto, tal modelo não é a única opção, e não é difícil reconfigurar esses estágios em um ciclo real de vida útil no qual materiais e componentes de construção indesejados, ou mesmo edifícios inteiros, podem ser reciclados ou reutilizados (ver Figura 5). Existem quatro cenários de final de vida (ou estratégias de recuperação) para materiais e componentes de construção ou para todo o edifício (CROWTHER, 2005):

1. Reutilização ou remanejamento de edifícios, que consistem em uma realocação de todo o edifício;
2. Reutilização ou realocação de componentes em um novo edifício;
3. Reutilização de materiais na fabricação de novos componentes de construção;
4. Reciclagem de materiais (*downcycling*) em novos materiais de construção, que é a reciclagem de resíduos onde o material reciclado é de menor qualidade e funcionalidade do que o material original.

Figura 5 - Cenário de ciclo de vida dominante e cenário alternativo para o ambiente construído



Fonte: Adaptado de Crowther (2005).

De acordo com Amôda (2009) as condições e restrições gerais de recuperação para estabelecer uma correspondência entre um material ou componente e um Cenário de Fim de Vida (*end-of-life*) baseiam-se em sua Vida Útil Prevista (FSL), Vida Útil (LS), tipo de conexões empregadas e sua composição, ou seja, ser ou não um material composto (compósito) ou não contendo substâncias perigosas. Essas propriedades influenciam a qualidade geral dos materiais recuperados e componentes, não apenas restringindo sua alocação a um cenário de fim de vida, mas também restringindo processos de recuperação técnica viáveis.

Nesse sentido, a metodologia desenvolvida pelo autor define os cenários de fim de vida em quatro opções simplificadas:

- a) reutilização;
- b) reciclagem;
- c) recuperação de calor;
- d) aterro.

No entanto, os materiais recuperados são alocados nos quatro diferentes cenários de fim de vida, desde que cumpridas determinadas condições estabelecidas conforme descrito a seguir:

a) Cenário de reutilização

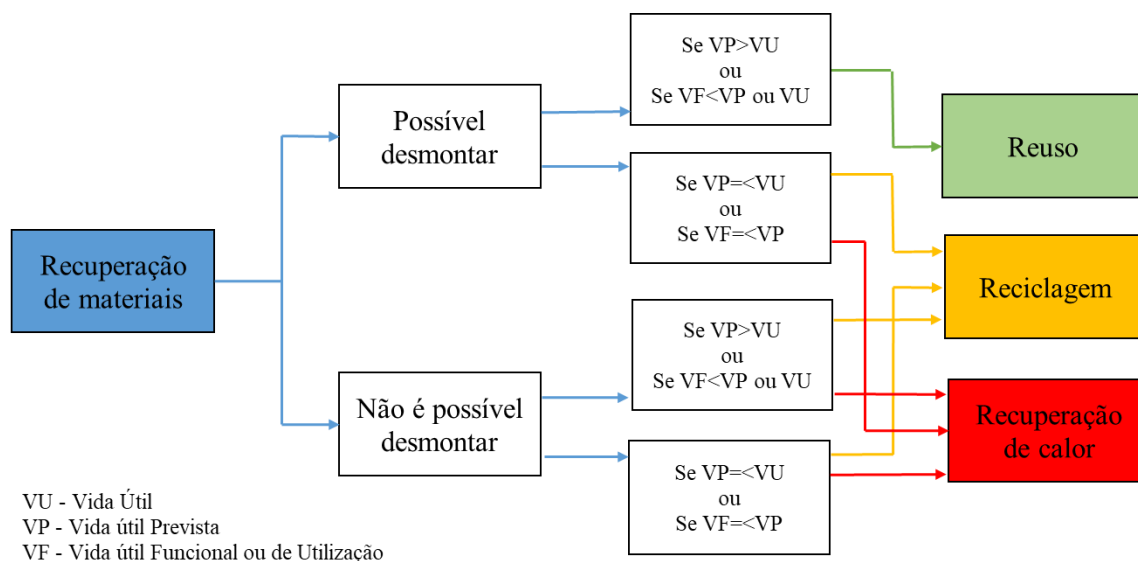
É considerado para aqueles materiais e componentes que preenchem todas ou parte das seguintes condições (ver Figura 6):

- Cujas Vida Útil Prevista (VP) é maior do que a Vida Útil (VU) do edifício;
- Cujas Vida de Utilização ou Funcional (VF) é menor do que a Vida Útil Prevista (VP) ou vida útil (VU) do edifício;
- Que pode ser desmontado ou parcialmente removido;
- Que mantenham sua forma ou função após serem desmontados ou parcialmente removidos;
- Não estar incorporando materiais perigosos.

O raciocínio é complementado com o argumento de que os componentes estruturais e desmontáveis são geralmente adequados para reutilização, tais como: perfis de aço, vigas de madeira e elementos pré-moldados de concreto, desde que atendam aos requisitos relacionados.

Além disso, os materiais não estruturais podem também ser adequados para reutilização, tais como: materiais de acabamento com capacidade de redimensionamento (ex.: pisos e forros de madeira, painéis de vidro, caixilhos de janelas e portas ou painéis metálicos). Elementos não desmontáveis podem ser cortados sem perder sua forma e parcialmente reutilizados posteriormente para um mesmo objetivo ou para um propósito diferente.

Figura 6 - Alocação de materiais recuperados de acordo com os cenários de fim de vida



Fonte: Adaptado de Amêda (2009).

b) Cenário de reciclagem

No modelo proposto, a opção de cenário de reciclagem deve ser considerada para os materiais e componentes que preenchem todos ou parte dos seguintes critérios (ver Figura 6):

- Cuja Vida Útil Prevista (VP) é maior do que a Vida Útil (VU) do elemento de construção ou edifício, mas a desmontagem não é possível;
- Cuja Vida Útil Prevista (VP) seja igual ou menor do que a Vida Útil (VU) do elemento de construção ou edifício;
- Cuja Vida de Utilização ou Funcional (VF) corresponder ou for menor que a Vida Útil Prevista (VP);
- Que não pode ser desmontado;
- Que não mantêm sua forma apesar de estarem desmontados;
- Que pode ser separado por processos mecânicos ou químicos se for um material compósito, ou reciclado como é;
- Que pode ser limpo se for um material contaminado;
- Não estar ou não incorporando materiais perigosos.

O autor contrapõe que a possibilidade de desmontagem não é uma condição primária para a reciclagem se processos mecânicos ou químicos forem aplicados para separação e limpeza. Bons exemplos são os casos de separação de papel de gesso em reciclagem de placas de gesso acartonado, ou aço de concreto em reciclagem de concreto estrutural.

Ainda, materiais que não são viáveis para serem separados para fins de reciclagem, como materiais colados, podem ser alocados em cenários de Recuperação de Calor ou Aterro, dependendo de sua composição e nível de contaminação.

c) Recuperação de calor

É mencionado que o cenário de Recuperação de Calor é considerado como uma opção viável para os materiais que não são adequados para fins de reutilização ou reciclagem, mas que são recuperados para produção de energia por meio de processos de combustão ou químicos (ver Figura 6). Por exemplo, madeira descartada e materiais plásticos que não estão contaminados são adequados para este propósito.

d) Aterro

Segundo o autor o cenário de aterro é considerado como a opção final para os materiais que não são adequados para os três cenários anteriores. Os materiais não removidos separadamente, que apresentam substâncias químicas e contaminação física, materiais compósitos não separáveis e materiais classificados como perigosos são alocados a este cenário de fim de vida útil.

2.2.4 Reabilitação

Todo o edifício tem um período de vida estimado que pode ser prolongado ou encurtado tendo em conta diversos fatores e decisões. Durante esse horizonte temporal os edifícios são utilizados, promovendo-se operações de conservação e de manutenção programadas para que os níveis de conforto sejam mantidos, prolongando a durabilidade do edifício e sem patologias (OLIVEIRA, 2012).

Além do mais, após a construção de um edifício o ser humano tende a adaptá-lo face às necessidades sentidas, com intuito de melhorar as suas condições de vida. Porém, quando este deixa de ter a função para o qual foi concebido, é sujeito a alterações face ao projeto inicial, de modo a continuar a dar utilidade, no presente, aos padrões e exigências que lhe são requeridas pelo modo de vida da atualidade (SOUSA, 2016).

Oliveira (2012) argumenta que as operações de manutenção nem sempre são suficientes para manter o edifício em perfeitas condições de conforto e de salubridade. O passar dos anos promove desenvolvimento e aumento dos níveis de desempenho, acabando os edifícios por ficarem desatualizados e obsoletos, caso não acompanhem essa evolução tecnológica. Pequenas remodelações nos edifícios os aproximam das atuais exigências funcionais, distanciando a

desatualização, mas tendo custos. Neste contexto, é preciso tomar decisões relativas ao edifício, existindo diversas soluções que passam pela demolição, demolição seletiva, desconstrução ou reaproveitamento do mesmo promovendo práticas de reabilitação.

Sousa (2016) complementa explicando que existem diversos conceitos relacionados às intervenções num edifício, evidenciando-se: conservação, manutenção, restauro, reconstrução e reabilitação. No entanto, há diferenças entre cada uma destas intervenções.

- A conservação é a prática de preservar, para que os elementos preexistentes permaneçam, retardando a sua degradação;
- A manutenção é a prática de ações periódicas, para que o edifício não perca o funcionamento das suas instalações e equipamentos, preservando assim, a sua funcionalidade e integridade;
- A reconstrução é normalmente recomendada em casos de desaparecimento recente e drástico, estando ligado à perpetuidade da arquitetura, com ação preservadora do patrimônio e de ter em conta a historiografia. Admite que algo reconstituído nunca será o original, mas similar a este, enquadrando-se a reconstrução na teoria do restauro;
- O conceito de restauro é baseado, principalmente, em intervenções monumentais em elementos de reconhecido valor cultural, respeitando os princípios da conservação e fundamentando-se num cuidadoso conhecimento prévio que vise restituir ao objeto, nos limites do possível, uma relativa legibilidade e, sempre que necessário o seu uso;
- A reabilitação consiste na reposição das características técnicas e funcionais existentes nos edifícios, integrando tanto quanto possível às exigências funcionais, de modo a proporcionar melhores condições de conforto e de habitabilidade aos utilizadores, intervindo na perspectiva da reutilização de materiais e de componentes preexistentes, promovendo práticas sustentáveis nestas operações.

Além desses conceitos, pode-se dizer que a reforma é o processo de atualização ou a substituição de um número de componentes ou serviços com a intenção de melhorar o desempenho do edifício. Já *Retrofit* é predominantemente um termo americano, que descreve uma "mudança de uso ou propósito do qual um edifício foi projetado após a construção" (TINGLEY, 2012).

A norma ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013) define “retrofit” como remodelação ou atualização do edifício ou de sistemas, através da incorporação de novas tecnologias e

conceitos, normalmente visando valorização do imóvel, mudança de uso, aumento da vida útil, eficiência operacional e energética.

Contudo, frequentemente a reabilitação de um edifício vai parar na preservação ou restauração da fachada, desconsiderando a reutilização dos materiais no interior, mesmo que em alguns casos possa ser recuperado e empregado na nova intervenção (COUTO; COUTO, 2007).

De acordo com Sousa (2016) é importante salientar a escassez de informação acerca dos edifícios antigos, visto que cada caso é um caso e daí a dificuldade em adotar padrões de intervenção. É necessário haver bom senso e o conhecimento empírico que rege estas operações de reabilitação. Além disso, é fundamental documentar a intervenção realizada para que progressivamente se tenha mais informação.

2.2.5 Durabilidade e vida útil

A vida útil dos edifícios no mundo desenvolvido é tipicamente especificada em torno de 50 a 100 anos. No entanto, esta vida útil acaba sendo imprevisível porque os principais componentes do ambiente construído se desgastam em taxas diferentes, o que complica os cronogramas de substituição e reparo. Por exemplo, componentes elétricos e eletrônicos em um edifício típico de escritórios se desgastam ou se tornam obsoletos a uma taxa relativamente alta em comparação com a estrutura que possui vida longa. Em algum limiar crítico, a motivação para manter o edifício em geral diminui e o prédio rapidamente cai em desuso e degradação, simplesmente devido à degradação mais rápida de componentes dependentes da tecnologia (KIBERT, 2003).

Santos (2010) explica que frequentemente existe confusão entre os vários conceitos relacionados à vida útil. Estabelecer uma terminologia comum é importante. Assim, para melhor compreensão do assunto um conjunto de termos e definições fundamentais serão relacionados a seguir.

a) Vida útil

É o período em anos, desde o fim da construção até o momento em que o edifício, no seu todo ou os seus elementos ou equipamentos, atinge determinados estados limite de deterioração física, de degradação de comportamento ou obsolescência econômica ou funcional. O patamar limite de vida útil pressupõe a tomada de ações de reparação e renovação destinadas a prolongar a utilização plena do edifício no seu todo.

Segundo a norma ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013), vida útil (VU) é o período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram

projetados e construídos (sistemas complexos, do próprio sistema e de suas partes: subsistemas; elementos e componentes) considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção.

b) Durabilidade

É a capacidade de uma construção ou qualquer um dos seus componentes para realizar as funções requeridas no seu ambiente de serviço, durante um intervalo de tempo, sem custos imprevistos para manutenção ou reparação.

A norma ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013) define durabilidade como a capacidade da edificação ou de seus sistemas de desempenhar suas funções, ao longo do tempo e sob condições de uso e manutenção especificadas. Também, é comumente utilizado como termo qualitativo para expressar a condição em que a edificação ou seus sistemas mantém seu desempenho requerido durante a vida útil.

c) Obsolescência

A obsolescência não é um processo decorrente de degradação, mas sim de mudanças nas exigências do usuário. Pode ser considerada como a vida útil de serviço, funcional ou de utilização definida socialmente. Como não é possível estimar as mudanças sociais que irão ocorrer a longo prazo, não se pode controlar a durabilidade perante a obsolescência. A norma internacional ISO 15686-1 (2000) *apud* Santos (2010) define o termo como “a perda de aptidão de um determinado item para desempenhar satisfatoriamente as suas funções devido a alterações no nível de desempenho exigido”. De acordo com o Quadro 10, é possível distinguir três tipos de obsolescência nos edifícios: a funcional, a tecnológica e a econômica.

Quadro 10 - Tipos de obsolescência e exemplos

| Tipo de obsolescência | Ocorrência típica | Exemplos |
|------------------------------|---|---|
| Funcional | A função em causa já não é requerida | Processo industrial obsoleto, instalações desnecessárias, divisória removida (em escritório, por ex.) |
| Tecnológica | Alternativas atuais com melhor desempenho, mudança de padrões de uso | Mudança do isolamento térmico para um melhor desempenho, mudança para esquadrias mais estanques |
| Econômica | Item ainda totalmente funcional, mas menos eficiente e econômico que novas alternativas | Mudança do sistema de aquecimento |

Fonte: Adaptado da norma ISO 15686-1 (2000) *apud* Santos (2010)

d) Vida útil de projeto (VUP)

Santos (2010) menciona que a norma ISO 15.686-1 (2000) define vida útil de projeto como sendo “a vida útil considerada pelo projetista como base para as suas especificações”. O autor também pondera que a norma canadense CSA S478-95 *Guideline on Durability in Buildings* vai mais longe - conforme Quadro 11 - envolvendo as exigências dos proprietários da construção e definindo-a então como “a vida útil especificada pelo projetista de acordo com as expectativas (ou requisitos) dos proprietários do edifício ou construção”.

Quadro 11 - Categorias de vidas úteis de projeto para edifícios, norma CSA S478

| Categoria | Vida útil de projeto edifícios | Exemplos |
|------------------|---------------------------------------|---|
| Temporários | Até 10 anos | Construções não permanentes, estandes de venda; Construções para exposições temporárias |
| Curta duração | 10 a 24 anos | Salas de aulas temporárias |
| Média duração | 25 a 49 anos | Maioria das construções industriais; Maioria das construções para estacionamentos |
| Longa duração | 50 a 99 anos | Maioria das construções habitacionais, comerciais, para escritórios e serviços |
| Permanente | Período mínimo de 100 anos | Monumentos (museus, galerias de arte e arquivos); Patrimônio |

Fonte: Adaptado da norma CSA S478 *apud* Santos (2010).

Logo, a norma ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013) define Vida Útil de Projeto (VUP) como o período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nesta norma, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o cumprimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados.

Para tanto, de acordo com o Quadro 12, a referida norma define de maneira geral os seguintes períodos mínimos para VUP: 50 anos para o sistema estrutural; 40 anos para a vedação vertical externa e 20 anos para a vedação interna; 20 anos para a cobertura e instalações hidrossanitárias; e 13 anos para pisos internos.

Quadro 12 - Vida útil de projeto (VUP)

| Sistema | VUP mínima anos |
|--------------------------|------------------------------------|
| Estrutura | ≥ 50 segundo ABNT NBR 8681:2003 |
| Pisos internos | ≥ 13 |
| Vedação vertical externa | ≥ 40 |
| Vedação vertical interna | ≥ 20 |
| Cobertura | ≥ 20 |
| Hidrossanitário | ≥ 20 |

Fonte: ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013).

O Quadro 13 relaciona a VUP em categorias, as quais variam de 1 a 3, sendo respectivamente: substituível, manutenível e não manutenível.

Quadro 13 - Categorias de vida útil de projeto (VUP) para as partes do edifício

| Categoria | Descrição | Vida útil | Exemplos típicos |
|------------------|------------------|---|---|
| 1 | Substituível | Vida útil mais curta que o edifício, sendo sua substituição fácil e prevista na etapa de projeto | Muitos revestimentos de pisos, louças e metais sanitários |
| 2 | Manutenível | São duráveis, mas necessitam de manutenção periódica, e são passíveis de substituição ao longo da vida útil do edifício | Revestimentos de fachadas e janelas |
| 3 | Não-manutenível | Devem ter a mesma vida útil do edifício por não possibilitarem manutenção | Fundações e muitos elementos estruturais |

Fonte: ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013).

De acordo com o Quadro 14, a norma recomenda a VUP mínima para as diversas partes do edifício, adotando o período de 50 anos para a VUP mínima da estrutura do edifício, de modo a compatibilizar, para a construção de habitações de interesse social (HIS), as limitações quanto ao custo inicial com as exigências do usuário em relação à durabilidade e aos custos de manutenção e de reposição, visando garantir, por um prazo razoável, a utilização em condições aceitáveis do edifício habitacional. Para a VUP superior do edifício, recomenda-se o prazo de 75 anos de modo a balizar o setor da construção de edificações em relação ao que é tecnicamente possível de ser obtido, empregando os materiais e componentes e as técnicas e processos construtivos hoje disponíveis.

Quadro 14 - Exemplos de aplicação de VUP (continua)

| Parte da edificação | Exemplos | VUP anos | |
|----------------------------------|--|-----------------|------------|
| | | Mín | Sup |
| Estrutura principal | Fundações, elementos estruturais (pilares, vigas, lajes e outros), paredes estruturais, estruturas periféricas, contenções e arrimos | ≥ 50 | ≥ 75 |
| Estruturas auxiliares | Muros divisórios, estrutura de escadas externas | ≥ 20 | ≥ 30 |
| Vedação externa | Paredes de vedação externas, painéis de fachada, fachadas-cortina | ≥ 40 | ≥ 60 |
| Vedação interna | Paredes e divisórias leves internas, escadas internas, guarda-corpos | ≥ 20 | ≥ 30 |
| Cobertura | Estrutura da cobertura e coletores de águas pluviais embutidos | ≥ 20 | ≥ 30 |
| | Telhado | ≥ 13 | ≥ 20 |
| | Calhas de beiral e coletores de águas pluviais aparentes, subcoberturas facilmente substituíveis | ≥ 4 | ≥ 6 |
| | Rufos, calhas internas e demais complementos (de ventilação, iluminação, vedação) | ≥ 8 | ≥ 12 |
| Revestimento interno aderido | Revestimento de piso, parede e teto: de argamassa, de gesso, cerâmicos, pétreos, de tacos e assoalhos e sintéticos | ≥ 13 | ≥ 20 |
| Revestimento interno não-aderido | Revestimentos de pisos: têxteis, laminados ou elevados; lambris; forros falsos | ≥ 8 | ≥ 12 |

Fonte: ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013).

Quadro 14 - Exemplos de aplicação de VUP (continua)

| Parte da edificação | Exemplos | VUP anos | |
|---|---|----------|------|
| | | Mín | Sup |
| Revestimento de fachada aderido e não aderido | Revestimento, molduras, componentes decorativos e cobre-muros | ≥ 20 | ≥ 30 |
| Piso externo | Pétreo, cimentados de concreto e cerâmico | ≥ 13 | ≥ 20 |
| Pintura | Pinturas internas e papel de parede | ≥ 3 | ≥ 4 |
| | Pinturas de fachada, pinturas e revestimentos sintéticos texturizados | ≥ 8 | ≥ 12 |
| Impermeabilização manutenível sem quebra de revestimentos | Componentes de juntas e rejuntamentos; mata-juntas, sancas, golas, rodapés e demais componentes de arremate | ≥ 4 | ≥ 6 |
| | Impermeabilização de caixa d'água, jardineiras, áreas externas com jardins, coberturas não utilizáveis, calhas e outros | ≥ 8 | ≥ 12 |
| Impermeabilização manutenível apenas com a quebra dos revestimentos | Impermeabilizações de áreas internas, de piscina, de áreas externas com pisos, de coberturas utilizáveis, de rampas de garagem etc.) | ≥ 20 | ≥ 30 |
| Esquadrias externas (de fachada) | Janelas (componentes fixos e móveis), portas-balcão, gradis, grades de proteção, cobogós, brises. Inclusos complementos de acabamento como peitoris, soleiras, pingadeiras e ferragens de manobra e fechamento | ≥ 20 | ≥ 30 |
| Esquadrias internas | Portas e grades internas, janelas para áreas internas, boxes de banho | ≥ 8 | ≥ 12 |
| | Portas externas, portas corta-fogo, portas e gradis de proteção à espaços internos sujeitos a queda > 2 m | ≥ 13 | ≥ 20 |
| | Complementos de esquadrias internas, como ferragens, fechaduras, trilhos, folhas mosquiteiras, alisares e demais complementos de arremate e guarnição | ≥ 4 | ≥ 6 |
| Esquadrias internas | Portas e grades internas, janelas para áreas internas, boxes de banho | ≥ 8 | ≥ 12 |
| | Portas externas, portas corta-fogo, portas e gradis de proteção à espaços internos sujeitos a queda > 2 m | ≥ 13 | ≥ 20 |
| | Complementos de esquadrias internas, como ferragens, fechaduras, trilhos, folhas mosquiteiras, alisares e demais complementos de arremate e guarnição | ≥ 4 | ≥ 6 |
| Instalações prediais embutidas em vedações e manuteníveis apenas por quebra das vedações ou dos revestimentos (inclusive forros falsos e pisos elevados não-acessíveis) | Tubulações e demais componentes (inclui registros e válvulas) de instalações hidrossanitários, de gás, de combate a incêndio, de águas pluviais, elétricos | ≥ 20 | ≥ 30 |
| | Reservatórios de água não facilmente substituíveis, redes alimentadoras e coletoras, fossas sépticas e negras, sistemas de drenagem não acessíveis e demais elementos e componentes de difícil manutenção e ou substituição | ≥ 13 | ≥ 20 |
| | Componentes desgastáveis e de substituição periódica, como gaxetas, vedações, guarnições e outros | ≥ 3 | ≥ 4 |

Fonte: ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013).

Quadro 14 - Exemplos de aplicação de VUP (conclusão)

| Parte da edificação | Exemplos | VUP anos | |
|--|--|----------|------|
| | | Mín | Sup |
| Instalações aparentes ou em espaços de fácil acesso | Tubulações e demais componentes | ≥ 4 | ≥ 6 |
| | Aparelhos e componentes de instalações facilmente substituíveis como louças, torneiras, sifões, engates flexíveis e demais metais sanitários, sprinklers, mangueiras, interruptores, tomadas, disjuntores, luminárias, tampas de caixas, fiação e outros | ≥ 3 | ≥ 4 |
| | Reservatórios de água | ≥ 8 | ≥ 12 |
| Equipamentos funcionais manuteníveis e substituíveis - Médio custo de manutenção | Equipamentos de recalque, pressurização, aquecimento de água, condicionamento de ar, filtragem, combate a incêndio e outros | ≥ 8 | ≥ 12 |
| Equipamentos funcionais manuteníveis e substituíveis - Alto custo de manutenção | Equipamentos de calefação, transporte vertical, proteção contra descargas atmosféricas e outros | ≥ 13 | ≥ 20 |

Fonte: ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013).

e) Outros conceitos aplicáveis da ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013)

- Desempenho: comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas.
- Degradação: redução do desempenho devido à atuação de um ou de vários agentes de degradação
- Usuário: pessoa que ocupa a edificação habitacional.

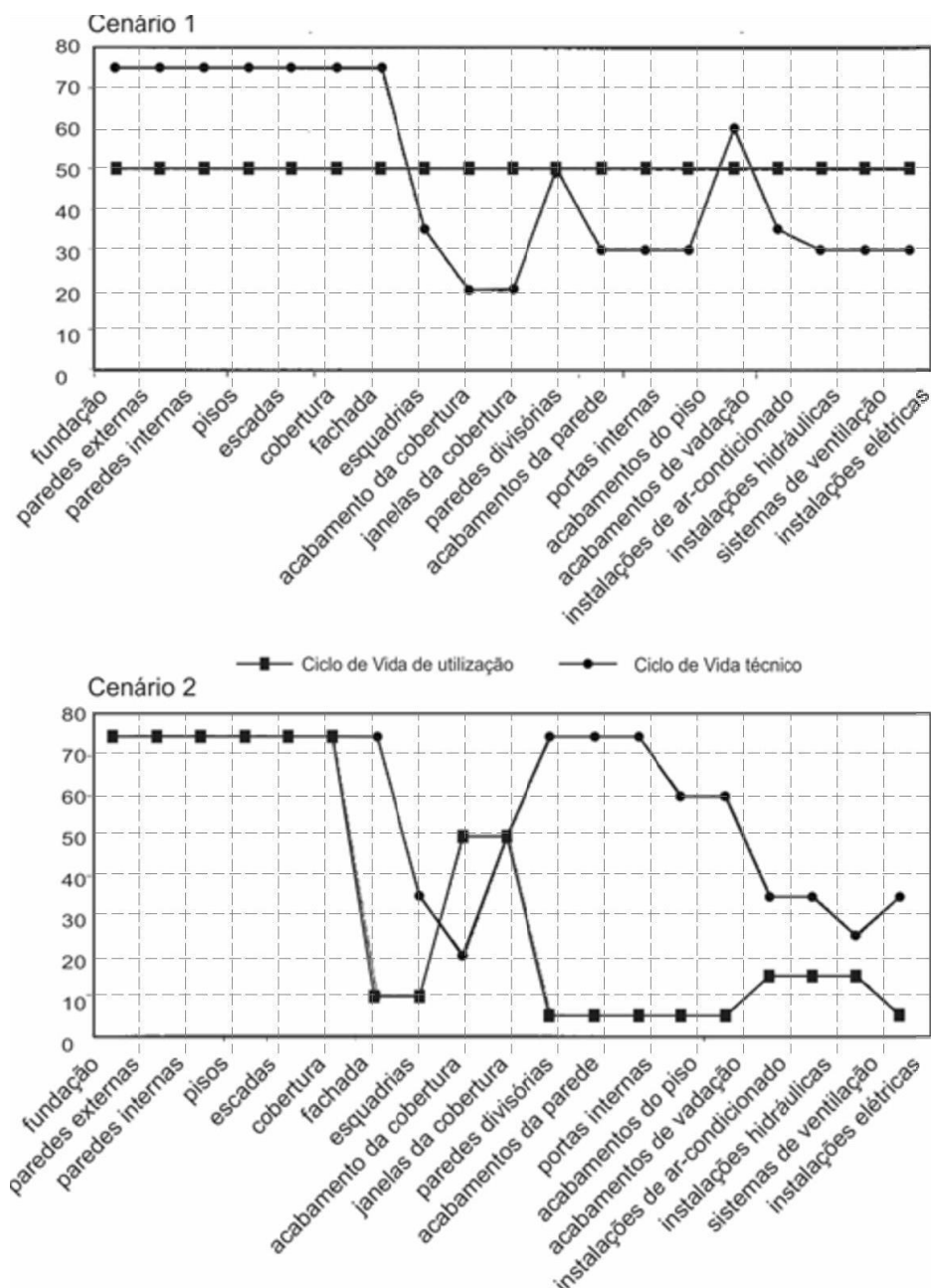
Segundo Durmisevic (2006) o tempo de vida funcional ou de utilização está relacionado ao uso do edifício, enquanto o tempo de vida técnico é determinado por seu estado técnico. A vida útil do edifício é resultado do equilíbrio entre oferta (vida útil técnica) e demanda (vida útil utilização). Em alguns casos, o tempo de vida econômico também é visto como resultado desse equilíbrio entre oferta e demanda. Isso implica que a vida útil econômica termina quando os requisitos funcionais não são atendidos pelas especificações técnicas. Isso causa ações econômicas, como investimento na substituição de componentes ou investimento na demolição da estrutura.

Para a autora a diferença entre utilização e ciclo de vida técnico de um componente depende do cenário de uso do edifício e da durabilidade dos materiais utilizados. O cenário 1 na Figura 8 ilustra o ciclo de vida de utilização de todos os componentes de construção, considerando a sua durabilidade técnica de 50 anos. A principal questão operacional dentro deste

edifício é a manutenção e reposição dos componentes que têm um ciclo de vida técnico inferior a 50 anos. A maioria dos componentes dessas estruturas não tem potencial de reutilização.

O cenário 2, da Figura 7, se baseia em pesquisa de mercado em habitação realizada na Holanda, o que indica fases muito mais curtas no uso de habitações. Considerando que a mudança dos padrões de utilização já começa depois de cinco anos, esta mudança afeta a durabilidade das paredes, acabamentos, instalações, portas, janelas e fachadas, sendo que estão associados com um ciclo de vida de utilização menor.

Figura 7 - Ciclo de vida técnico versus ciclo de vida de utilização. Cenário 1: abordagem convencional (ciclo de vida útil longo). Cenário 2: potencial de mudança (ciclo de vida útil curto).



Fonte: Durmisevic (2006) *apud* Freitas (2017).

Um caso de aplicação da norma ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013) seria o projeto de um sistema ou um elemento (por exemplo, a impermeabilização de uma laje), onde é possível escolher entre uma infinidade de técnicas e materiais. Alguns, pelas suas características, podem ter Vida Útil de Projeto (VUP) de 20 anos, sem manutenção, e outros não mais que 5 anos. Evidentemente, as soluções têm custo e desempenho ao longo do tempo muito diferentes. Outro exemplo, um revestimento de fachada em argamassa pintado pode ser projetado para uma VUP de 25 anos, desde que a pintura seja refeita a cada 5 anos, no máximo. Se o usuário não realizar a manutenção prevista, a VU real do revestimento pode ser seriamente comprometida. Por consequência, as eventuais patologias resultantes podem ter origem no uso inadequado e não em uma construção falha.

Segundo Durmisevic (2006) um ciclo de vida de utilização mais curto envolve uma taxa de mudança de materiais mais elevada. Isto significa que os materiais têm um maior potencial de reutilização. Por exemplo, um elemento cujo ciclo de vida técnico é de 50 anos e cujo ciclo de vida de utilização é de 5 anos, pode-se concluir que o mesmo pode ser reutilizado 10 vezes. Se esse potencial de reutilização não é explorado, então o grande número de alterações das taxas de sistemas espaciais resulta no aumento na quantidade de material utilizado, da energia incorporada, e da produção de resíduos.

2.2.6 Panorama local da recuperação de materiais e componentes

Esta seção tem pretensão de apresentar algumas ações realizadas, a nível nacional, sobre a temática da recuperação de materiais e componentes. Para tanto, relaciona-se a legislação pertinente e indicadores. Na sequência, casos sobre reciclagem de RCD para produção de agregados e exemplos de práticas de reutilização provenientes da recuperação de partes de edificações. Após, comenta-se resumidamente a evolução das técnicas construtivas empregadas no Brasil e indicadores do Censo Demográfico de 2010. Para finalizar, apresenta-se ações divulgadas na mídia abordando os assuntos tratados e uma síntese retratando o cenário exposto.

2.2.6.1 Políticas públicas

O poder público deve exercer um papel decisivo para disciplinar o processamento dos resíduos, utilizando instrumentos para regular, fiscalizar e criar condições de um tratamento correto, estimulando uma logística reversa (BAPTISTA JUNIOR; ROMANEL, 2013). Segundo John (2000), o estudo da reutilização e da reciclagem de resíduos tornou-se prioritário quanto ao aspecto ambiental. Assim, o aproveitamento de resíduos de construção e demolição (RCD) pode

apresentar diversos benefícios técnicos, econômicos e ambientais. Brasileiro e Matos (2015) ponderam que nas cidades brasileiras o RCD representa de 41 a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos (RSU).

Em 2002 entrou em vigor a Resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a qual estabeleceu diretrizes, critérios, procedimentos de gestão e classificação dos resíduos. Nesse contexto, quanto à segregação dos resíduos em classes, ficou definido: Classe A - resíduos inertes que podem ser reciclados sem processos de transformação, por exemplo: tijolos, cerâmicas, concreto, argamassas, telhas de barro etc; Classe B - resíduos que precisam de processos industriais para possibilitar o reaproveitamento, tais como: plástico, papel, metal, vidro etc; Classe C - resíduos para os quais ainda não existem processos para reinserção, como o gesso; e Classe D - resíduos considerados perigosos: tinta, solvente, óleo, hospitalar, amianto etc.

Agregando força à Resolução nº 307 do CONAMA, no ano de 2010 o Brasil aprovou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, a qual estabeleceu a forma como o país deve dispor os seus resíduos, incentivando a reciclagem e a sustentabilidade. A lei se baseia no princípio de responsabilidade compartilhada, visto que todos os agentes envolvidos na fabricação, distribuição, venda e consumo são responsáveis pelos seus resíduos.

Corroborando a importância das políticas públicas definidas pela legislação, os dados publicados pela Abrelpe (2017) demonstram que os municípios brasileiros coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCD em 2017. A nível local, a região sul do país apresentou uma taxa de 16.472 t/dia, que corresponde a aproximadamente 14% do total nacional.

2.2.6.2 Reciclagem de RCD para produção de agregados

Uma das maneiras de minimizar a deposição de RCD em aterros, ou por vezes lançados em locais não autorizados para este fim, é o reaproveitamento destes resíduos por meio da reciclagem em usinas para produção de agregados.

Nesta linha de raciocínio, a pesquisa de Baptista Junior e Romanel (2013) realizada na cidade do Rio de Janeiro, em pequenas obras, constatou que a dificuldade de segregação na origem e o posterior transporte são os maiores entraves para a reciclagem de materiais de construção. Além disso, a indisponibilidade de espaço para armazenamento e processamento, bem como o custo do transporte, inviabilizam a prática de um processo seletivo. Em decorrência, todos os tipos de resíduos são misturados na mesma caçamba.

Os autores identificaram, no caso em questão, que é economicamente vantajoso substituir a deposição irregular de RCD pela sua reciclagem. É mencionado que o custo para uma

administração municipal é de aproximadamente US\$ 10,00 por metro cúbico de resíduo clandestinamente depositado, incluindo os gastos com a posterior recuperação do local e o controle e tratamento de doenças. Por outro lado, estima-se que o custo da reciclagem implicaria apenas 25% desse total, com a produção de agregados com base em resíduos de construção civil, podendo gerar economia de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais.

Ainda, o uso bruto do RCD como material é a maneira mais barata de reaproveitamento, porém está condicionada à distância de aplicação, com o transporte muitas vezes encarecendo e desencorajando seu uso. Os principais produtos reciclados são: pó de concreto, pedrisco, britas 1, 2, 3 e 4, e bica corrida para aplicação em reforço de subleitos e sub-bases para pavimentação de estradas e estacionamentos; cobertura de estradas vicinais, passeios para ciclistas e pedestres, camadas de drenagem, base para trabalhos de terraplanagem, concretos não estruturais, agregados para produção de materiais de construção etc.

Rocha e Rezende (2018) mencionam que uma das principais formas de aplicação de RCD é em pavimentação, onde os resíduos podem ser empregados na forma de brita ou misturas com solos, em bases, sub-base e revestimento primário. Esta é a melhor forma de reciclagem, pois exige menos utilização de tecnologia, implicando em menor custo de processamento e permitindo a utilização de todas as variações do resíduo, sem a necessidade de separação. Ainda, como agregado para concreto, os resíduos substituem em parte os agregados convencionais – brita e areia – utilizados em concretos com ou sem função estrutural. O RCD também pode ser aplicado como agregado para argamassas de assentamento e revestimento, devendo-se analisar o teor de finos, a fim de se controlar a fissuração da argamassa.

Além disso, estratégias de redução de resíduos, de reaproveitamento das construções e de suas partes são necessárias para um desenvolvimento sustentável (JOHN, 2000). A recuperação de materiais após a vida útil dos prédios e da infraestrutura das cidades é um tema que também é tratado pela mineração urbana, a qual contempla a transformação de RCD em agregados reciclados. Uma das etapas mais importantes desta mineração é a separação dos resíduos na fonte de produção, sendo viável somente com a demolição seletiva do bem construído. Porém, devido aos custos associados a esta prática e ao incipiente mercado de agregados reciclados este método é pouco empregado no Brasil (LIMA *et al.*, 2015).

2.2.6.3 Reutilização de materiais e componentes recuperados

O potencial de reutilização de materiais e componentes depende igualmente de fatores de mercado e custo. A reutilização, entendida como o prolongamento da vida útil na mesma função original, oferece benefícios ambientais similares ao da reciclagem, embora com menores riscos

ambientais, visto que, para serem reutilizados, os materiais necessitam pouco ou nenhum processamento (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Nesse sentido, Rocha (2008) realizou um estudo na cidade de Porto Alegre - RS, investigando os agentes envolvidos na cadeia de suprimentos de materiais usados. Foram identificados os principais tipos de agentes envolvidos no processo de reuso: contratante do serviço de demolição; empresa demolidora; empresa demolidora e revendedora; projetista de edificações; e cliente final.

A autora observou que usualmente não há preocupação por parte das empresas contratantes sobre como se dá o transporte e destinação dos resíduos. O atributo mais valorizado pelos contratantes do serviço de demolição foi o cumprimento do prazo. Mencionou-se que existem pequenas empresas que apenas retiram as partes da edificação que tem valor de revenda (esquadrias, metais, peças de madeira, telhas) deixando a “carcaça” (estrutura do edifício, paredes, lajes, vigas e pilares). Além disso, os transportadores são contratados por empresas demolidoras ou revendedoras para remoção dos resíduos ou entulhos (restos de concreto, cerâmica, ferragens de vigas e lajes). Geralmente as empresas demolidoras pagam para remoção do entulho, sendo o serviço cobrado na forma de fretes ou carga do caminhão.

Após a remoção dos componentes das edificações a serem reutilizados, eles são revendidos. Os projetistas de edificações geralmente compram esquadrias de ferro antigas ou em madeira de lei, gradis, tijolos maciços e caibros em madeira de lei (esses componentes, usualmente, têm um custo mais elevado do que se fosse comprado o equivalente em produtos novos - qualidade superior). Antiquários procuram também por esquadrias antigas, que são posteriormente recuperadas e vendidas. Marceneiros compram peças em madeira de lei, que são utilizadas na confecção de mobiliário (sobretudo mesas e cadeiras), que exploram o aspecto rústico e já danificado delas.

Clientes finais são consumidores ou usuário dos produtos de demolição. Pode-se classifica-los em três grupos: cliente de alta, média e baixa renda. Os primeiros contratam projetistas para elaboração dos seus projetos e buscam por produtos específicos de demolição, tais como tijolos, gradis antigos e peças em madeiras de lei. Os dois últimos clientes não contratam projetistas, adquirindo e empregando os produtos de demolição por conta própria. A diferença entre o cliente de média e baixa é que este último adquire produtos com condições de desempenho baixa, geralmente bastante degradados e que por isso, geralmente são vendidos a custo cerca de 50% inferior ao novo.

Além disso, geralmente os clientes de baixa renda compram uma ampla variedade de componentes, tais como ferragens para lajes e vigas de concreto, esquadrias de madeira não

nobres, louças sanitárias, forros de madeira, portas de banheiro, grades simples, telhas de cimento-amianto, fiação elétrica e tubulação hidráulica, entre diversos outros. Já os clientes de médio poder aquisitivo são aqueles que estão realizando pequenas reformas nas suas casas e buscam por produtos com custo reduzido, adquirindo apenas alguns produtos. São produtos com condições de desempenho média, assim como em termos de estado de conservação. Exemplos são janelas de ferro, telhas cerâmicas, telhas metálicas, cubas, tampos de pedra, etc.

Por outra perspectiva, a pesquisa realizada por Dalvi, Rembiski, Alvarez (2011) objetivou verificar a existência e a utilização de materiais de construção denominados “sustentáveis” disponíveis no Estado do Espírito Santo. Para tanto, foi avaliada a adequação aos seguintes princípios: a) Material de reuso ou reaproveitamento; b) Material reciclável; c) Material constituído a partir do reaproveitamento de outros produtos; d) Material local (raio de 500 km); e) Material com baixa perda durante sua aplicação; f) Material isento de substâncias tóxicas e/ou com percentual reduzido em sua composição; g) Material que consome pouca energia em seu processo de beneficiamento; h) Material com alta durabilidade e praticidade na instalação e manutenção; i) Material que forneça adequação térmica à realidade em que está sendo aplicado.

Com o levantamento dos materiais realizado, os autores identificaram três tipos de usuários principais, conforme demonstrado no Quadro 15.

Quadro 15 - Tipos de usuários identificados

| USUÁRIO | DESCRIÇÃO DO PERFIL |
|-----------------------------------|---|
| TIPO 1: Ambientalmente consciente | Também pode ser descrito como naturalista ou ambientalmente correto. Adota modo de vida que se aproxima aos ciclos da natureza. Faz uso, por opção, de materiais alternativos, simples e recicláveis. Geralmente suas construções estão em áreas afastadas dos centros urbanos. Nesse tipo de usuário o poder aquisitivo não influencia na escolha. |
| TIPO 2: Criativo por necessidade | Também pode ser descrito como usuário carente. Utiliza materiais recicláveis por condições financeiras precárias. Acaba utilizando-os numa situação alternativa. Geralmente são moradores de áreas de risco ou pessoas de menor poder aquisitivo. |
| TIPO 3: Ambientalmente chique | Também pode ser descrito como usuário seletivo. Adota materiais reciclados por “estar na moda”, por opção. Na maioria das vezes os materiais são produzidos em escala industrial. São pessoas de melhor poder aquisitivo. |

Fonte: Dalvi, Rembiski, Alvarez (2011)

Ainda, os autores relatam que o desconhecimento dos arquitetos e consumidores das potencialidades dos materiais considerados sustentáveis, dificulta sua aplicação em larga escala no mercado local. Verificou-se que para os usuários de baixo poder aquisitivo, a incorporação acontece de forma alternativa, em suas próprias habitações. Já o usuário de melhor poder

aquisitivo, na maioria das vezes, o emprego do material acontece em edificações de uso comercial, onde o apelo ecológico e o *marketing* são impulsionadores de mercado.

Do estudo realizado, constatou-se que ainda não há uma efetiva relação entre procura e oferta dos materiais construtivos de menor impacto ambiental no mercado capixaba. Ademais, recomendou-se a adoção de incentivos, seja através de divulgação aos profissionais da construção civil ou pela redução da carga tributária, para que a sua comercialização possa se concretizar, diminuindo deste modo, custo final do material para o consumidor.

O trabalho de Machado (2014) abordou a investigação do processo de desconstrução de um ginásio de esportes localizado na cidade de Mariana - MG. A oportunidade de pesquisa decorreu do projeto de requalificação urbanística do município, o qual contemplou a retirada do ginásio de esportes para construção de um Centro de Convenções. Diante da situação, viabilizou-se a possibilidade de desconstruir parte da edificação, visando o reuso dos componentes de estrutura metálica na construção do novo Ginásio, a ser implantado em outro local. Ao fim, além da estrutura metálica, foram aproveitadas na construção da nova edificação algumas partes da arquibancada em concreto e a cobertura.

A autora pondera que a recuperação de produtos obsoletos é um aspecto crucial para a minimização de RCD. A crescente consciência ambiental e o desenvolvimento de novas estratégias de fabricação e de minimização de resíduos contribuíram para o desenvolvimento de produtos que permitem a desmontagem no seu fim de vida. No entanto, geralmente os produtos não são concebidos para terem seus materiais e componentes recuperados. Para modificar esse cenário é necessária uma mudança no processo de projeto e concepção dos produtos.

Diante desse cenário, os resultados esperados para os próximos anos no Brasil incluem a aceleração no ritmo de reutilização de componentes na construção civil e uma mudança de concepção do projeto para a desmontagem ou desconstrução, consequências do novo paradigma da sustentabilidade que vem sendo incorporado na construção civil.

Ainda, para o Brasil, onde as discussões sobre desconstrução até agora são incipientes, ponderou-se ser mais útil o desenvolvimento de um sistema de avaliação do potencial de desconstrução que também sirva para orientar os profissionais durante a concepção projetual, possibilitando a otimização da desconstrução de acordo com o atendimento a parâmetros considerados mais relevantes no processo.

Corroborando, o trabalho de Saraiva (2013) abordou uma proposta de princípios de projetos de desconstrução, baseado em projetos constantes em revistas de arquitetura do ano de 2012. De maneira preliminar, percebeu-se haver pouca informação dos arquitetos relacionada ao

tema. Assim, por se tratar de um assunto relativamente novo no Brasil, o objetivo do estudo foi checar se os princípios do projeto para desconstrução estão sendo utilizados nos projetos.

Com a análise nos manuais de projeto de desconstrução presentes na literatura e a análise dos projetos de arquitetura das revistas brasileiras, concluiu-se que a arquitetura brasileira tem muito pouca preocupação com os princípios de desconstrução.

Para finalizar, Henriqson, Rocha e Sattler (2008) analisaram cinco demolições na cidade de Porto Alegre - RS, realizadas por três diferentes empresas demolidoras. Cada uma das obras foi acompanhada e observada diretamente, do início ao fim do processo, por meio de visitas periódicas. O objetivo principal foi caracterizar o processo de demolição, no que tange aos aspectos físico-constructivos e identificar barreiras e oportunidades para o reuso de componentes.

A partir da análise e discussão dos dados coletados, foram propostas algumas melhorias visando facilitar e agilizar o processo de desmontagem da edificação, assim como permitir um maior reuso de suas partes componentes.

No caso estudado, para a cidade de Porto Alegre, os autores observaram a grande influência de fatores relacionados à economia, sociedade e cultura. Por exemplo, a venda de componentes usados, como esquadrias, equipamentos elétricos e hidrossanitários de baixo valor, sugere a existência de compradores de baixo poder aquisitivo, o que torna viável a retirada de tais peças. Outros componentes de maior valor, entretanto, por exigirem mais tempo na retirada e serem de difícil transporte, não se tornam atraentes às empresas demolidoras, como é o caso das telhas cerâmicas, por exemplo. Já o reuso de tijolos de demolição levanta a questão da influência cultural como fator importante no estímulo ao reuso. Isso sugere que a valorização de componentes de demolição em novas edificações pode, em alguns casos, superar dificuldades relativas a aspectos físico-constructivos dos componentes e estimular o reuso.

Não obstante, os autores identificaram a necessidade de mais estudos dentro da temática de reuso de componentes, os quais contemplem, de maneira mais profunda, atributos que vão além dos físicos ou técnico-constructivos. Além disso, pesquisas em outras cidades do Brasil também poderiam vir a contribuir na discussão sobre o assunto e ajudar na elaboração de diretrizes que estimulem um maior reuso de componentes de edificações.

2.2.6.4 As técnicas construtivas brasileiras

A referência utilizada para o assunto foi o trabalho de Sato (2011), que abordou de maneira bastante detalhada e consistente a evolução das técnicas construtivas em São Paulo. Nesse sentido, considerando que as técnicas apresentadas no trabalho e a região de estudo são

representativas em termos de abrangências nacional, pretende-se extrapolar as ideias apresentadas no intuito de delinear e retratar o padrão de construção brasileira.

Nesse contexto, a autora pondera que foram os imigrantes italianos e alemães, por volta do ano de 1850, quem introduziram as técnicas de alvenaria de tijolos no Brasil. Ao ser comparada à taipa de pilão - caracterizada por grandes volumes de terra socada, com função estrutural e de vedação – a alvenaria resistia à ação da água, permitia maior precisão de execução e possibilitava inovações estilísticas. A partir de então, a técnica construtiva em alvenaria rapidamente se difundiu por todo território nacional.

Quanto ao processo, além do tijolo, as vedações eram executadas com argamassa de assentamento que poderiam ser compostas por cimento ou cal, areia ou saibro. A cal só teve produção significativa no início do século XIX, visto que a partir de 1920 proibiu-se o emprego de argamassa de argila ou saibro. A alvenaria de tijolos somente passa a ter caráter secundário quando o concreto armado se demonstra capaz de assumir a função estrutural, até então desempenhada por ela.

No trabalho é relatado que algumas paredes internas, sem função estrutural, eram executadas em madeira. Conhecidas como “tabiques”, eram compostas por um arranjo de tábuas de madeira preenchidas por argamassa de cal e areia, em duas camadas sobrepostas. A técnica se aplicava em situações que não havia uma parede correspondente no pavimento inferior. Outras características dessas construções eram piso impermeável, telhado com platibanda e telhas cerâmicas. Os sobrados eram compostos por assoalhos de madeira (com barrotes). Os forros em madeira ou estuque (trama de madeira, tela de arame e camadas de argamassa).

À medida que o conhecimento sobre os materiais de construção foi sendo aprofundado e a técnica construtiva se consolidando, em meados de 1930 o emprego da estrutura de concreto dominaria até mesmo para as edificações mais singelas, como as residências de dois pavimentos. A alvenaria passaria a ser tema de estudo novamente apenas na década de 1960, quando retomou a possibilidade de função estrutural.

De 1940 a 1950, as construtoras constituídas investiam em condomínios horizontais, também conhecidos como “casas de vila”. Com a chegada dos anos 1970 as técnicas desenvolvidas para construção em altura puderam ser utilizadas para materializar a arquitetura moderna. Também influenciou fortemente a produção de casas, explorando as possibilidades promovidas pelo concreto armado. A partir dos anos 90 o setor da construção civil passa a implementar processos de racionalização da execução e inicia a construção em massa de habitações de interesse social.

O Quadro 16 apresenta um resumo das técnicas construtivas empregadas no Brasil, identificadas ao longo de períodos definidos. Consta a relação por subsistema da edificação, sendo: estrutura, vedações verticais, vedações horizontais e esquadrias.

Quadro 16 – Resumo das técnicas construtivas ao longo de três períodos estipulados (continua)

| Subsistema/Período | | 1554 a 1849 | 1850 - 1920 | 1930 – atual |
|----------------------|-------------------|--|---|---|
| Estrutura | Alicerces | Fundações rasas | Fundações raramente profundas: estacas de madeira | Fundações rasas ou profundas: brocas, estacas de concreto, tubulões |
| | Superestruturas | Parede estrutural de terra socada (taipa de pilão) | Parede estrutural de tijolos maciços (23x11x5,5) cm | Estrutura reticulada de concreto armado, alvenaria estrutural de blocos |
| Vedações verticais | Vedações externas | Parede estrutural de terra socada (taipa de pilão) | Parede estrutural de tijolos maciços (23x11x5,5) cm | Alvenaria de vedação de tijolos maciços e blocos cerâmicos |
| | | Revestimento de cal | Revestimento em argamassa decorativa e azulejos (neocolonial) | Revestimento em argamassa industrializada |
| | Vedações internas | Taipa de mão: malha de paus roliços preenchida com barro | Tabiques: machas de tábuas de madeira preenchida com argamassa de cal e areia | Alvenaria de vedação: blocos de vedação, blocos estruturais |
| | | Não foi localizado referência de revestimento | Revestimento em azulejo (áreas úmidas), papel de parede, madeira (lambris), mármore, granito, granilite | Revestimento em peças cerâmicas (áreas úmidas), gesso |
| Vedações horizontais | Inferiores | Material: terra batida, tábuas de madeira | Material: pedras ou argamassa impermeável | Material: concreto armado |
| | Superiores | Estruturação: telhado de madeira com quatro águas | Estruturação: telhado de madeira com ou sem mansarda, com ou sem platibanda | Estruturação: telhado com ou sem platibanda, terças apoiadas em pilaretes, apoiados na laje, e laje plana |
| | | Material: palha ou telhas | Material: telha cerâmica (planas ou canal), de ardósia | Material: telhas cerâmicas, fibrocimento, asfalto, concreto armado aparente |
| | Intermediárias | Sobrado: barrotes e assoalho de madeira | Sobrado: barrotes de madeira ou perfis metálicos | Laje de concreto armado ou laje mista (vigotas e lajotas cerâmicas) |
| | | Forro: de madeira (quando houver) | Forro: de madeira ou estuque | Forro: (quando houver) de gesso etc. |

Fonte: Sato (2011)

Quadro 16 – Resumo das técnicas construtivas ao longo de três períodos estipulados (conclusão)

| Subsistema/Período | | 1554 a 1849 | 1850 - 1920 | 1930 – atual |
|--------------------|---------|--|---|---|
| Estruturas | Janelas | Vergas: de madeira | Vergas: sobre-arcos de tijolos maciços | Vergas: concreto armado |
| | | Fechamento: chapas de madeira maciças escuras, grades de balaústres de madeira (quando houver) | Fechamento: persianas de madeira, caixilhos de madeira com vidros | Fechamento: persianas (quando houver), caixilhos metálicos, de madeira ou PVC, com vidros |
| | Portas | Dimensões e frequência: vãos pequenos, pouca abertura | Dimensões e frequência: vãos mais altos, maior número de aberturas | Dimensões e frequência: vãos de grande largura, em alguns casos de piso ao teto |
| | | Fechamentos: chapas de madeira maciça escuras | Fechamento: quadros de madeira, preenchidos com chapas de madeira maciça (almofadas) e vidros | Fechamento: chapas de madeira planas, maciças, ou mais recentemente não maciças |

Fonte: Sato (2011)

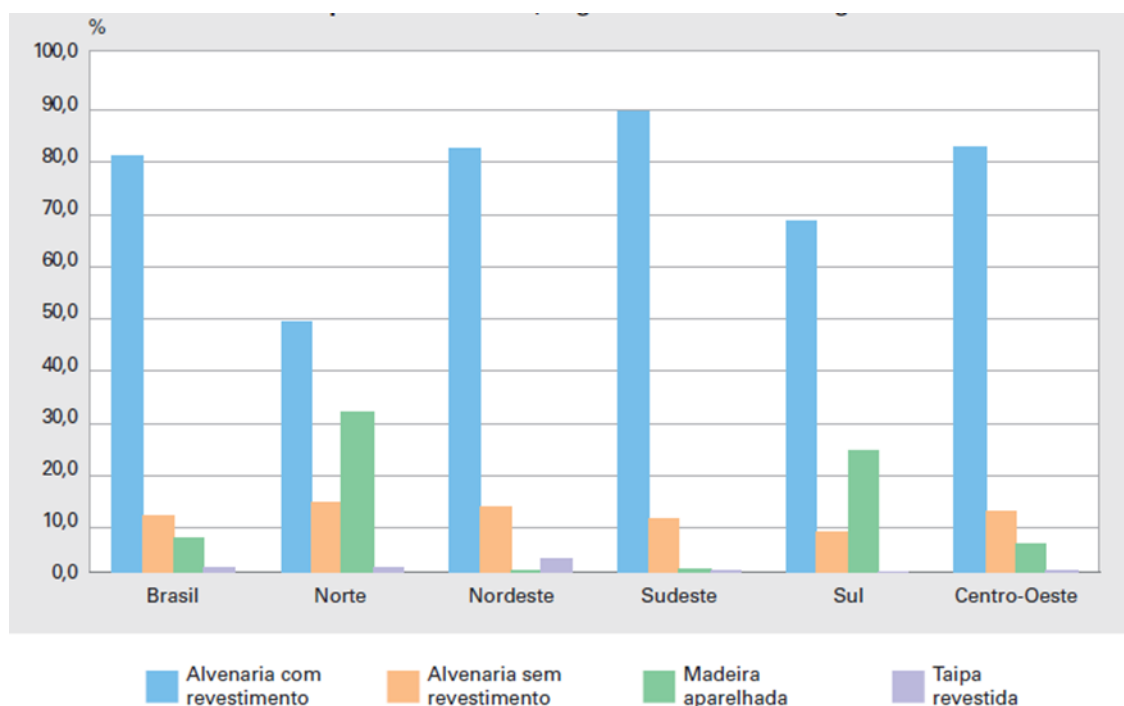
No intuito de apresentar as tipologias construtivas em termos quantitativos e corroborar com os dados históricos aprestados por Sato (2011), o Censo Demográfico 2010, Famílias e Domicílios (IBGE, 2010) revelou que houve crescimento nas últimas décadas do número de domicílios com paredes externas de alvenaria, sendo este quesito uma característica que contribui para discriminar a qualidade da habitação. Ainda, por meio dos dados levantados, foi possível identificar os tipos de materiais predominantes nas edificações brasileiras, sendo eles:

- Alvenaria com revestimento - quando as paredes externas fossem de tijolo com revestimento (emboço, reboco, chapisco), de pedra, concreto pré-moldado ou aparente, como, também, as recobertas de mármore, metal, vidro ou lambris;
- Alvenaria sem revestimento - quando as paredes externas fossem de tijolo sem revestimento (emboço, reboco, chapisco);
- Madeira aparelhada - quando as paredes externas fossem feitas de qualquer tipo de madeira apropriada para construção;
- Taipa revestida - quando as paredes externas fossem feitas de barro ou de cal e areia, com estacas e varas de madeira, tabique, estuque ou pau-a-pique com revestimento (emboço, reboco, chapisco);
- Taipa não revestida - quando as paredes externas fossem feitas de barro ou de cal e areia, com estacas e varas de madeira, tabique, estuque ou pau-a-pique sem revestimento (emboço, reboco, chapisco);

- Madeira aproveitada - quando as paredes externas fossem feitas de madeira de embalagens, tapumes, andaimes etc.;
- Palha - quando as paredes externas fossem feitas de sapê, folha ou casca de vegetal etc.;
- Outro material - quando as paredes externas fossem feitas de qualquer outro material que não se enquadrasse nos descritos anteriormente, como, por exemplo, zinco, plástico etc.;
- Sem paredes - quando a habitação, localizada em terras indígenas, não possuísse paredes, sendo a sua cobertura sustentada por estacas de madeira ou similares.

Nesse sentido, o cenário apresentado na Figura 8, demonstrou que 97,8% dos domicílios no Brasil tinham as paredes externas construídas com algum tipo de material durável, com predomínio de alvenaria com revestimento (80,0%). Entre as Grandes Regiões do País, a Região Sudeste era a que apresentava a mais alta incidência de domicílios com paredes externas de alvenaria com revestimento (88,6%), seguida das Regiões Centro-Oeste (81,4%) e Nordeste (81,2%). As Regiões Norte (47,9%) e Sul (67,6%), com as mais baixas proporções de domicílios de alvenaria com revestimento, eram as que mais utilizavam madeira aparelhada para a construção das paredes externas (30,6% e 23,1%, respectivamente). Os domicílios com paredes externas de alvenaria sem revestimento eram mais frequentes na Região Norte (13,3%), seguida da Região Nordeste (12,3%) e da Região Sudeste (10,2%).

Figura 8 – Incidência dos tipos construtivos de paredes externas por região do Brasil



Fonte: IBGE (2010)

2.2.6.5 Entendimento geral sobre a realidade local

O Brasil dispõe de legislação que abrange o reaproveitamento de RCD, tendo como ideal evitar que estes resíduos sejam descartados ao meio ambiente. Além disso, é possível considerar os princípios da lei no que tange os aspectos relacionados à reutilização de partes de edificações que chegam ao fim da vida útil, principalmente quanto ao planejamento ou plano de logística reversa para recuperação ou reinserção de materiais e componentes existentes.

Verifica-se práticas de reciclagem de RCD com objetivo de produção de agregados para reaproveitamento como: britas, reforços de subleitos, coberturas de estacionamentos, estradas vicinais, concreto não estrutural e argamassas. Já a recuperação de materiais e componentes, proveniente de operações de demolição, é ainda incipiente, principalmente pela carência de uma logística que viabilize a retirada dos elementos – por meio de processos de desmontagem e desconstrução – que possibilite condições de reutilização.

Os “materiais de demolição” são como popularmente são conhecidos no Brasil os elementos retirados de edifícios obsoletos e disponibilizados para reutilização, para a mesma finalidade original ou outra função diversa. Em relação a estes materiais, observou-se que eles são adquiridos por diferentes classes de consumidores: alta, média e baixa renda. Todas consomem produtos deste “mercado de demolição”, porém, cada classe procura por elementos e quantidades específicas de acordo com seus objetivos e possibilidades.

Observou-se ações divulgadas pela mídia sobre RCD e reutilização de materiais de demolição, em jornais de circulação regional e pela Prefeitura Municipal de Curitiba. Tais atitudes foram vistas como positiva e incentivadora de práticas sustentáveis.

Foi apresentado um histórico resumido dos principais marcos evolutivos referentes às técnicas construtivas empregadas no Brasil, com intuito de traçar as principais características das edificações brasileiras. Com a técnica da construção em alvenaria, trazida para o Brasil em meados do século passado, associada ao concreto armado a partir dos anos de 1930, foi possível difundir em todo território o modelo que se tornou o padrão de construção atual. Ainda, por meio do Censo Demográfico de 2010 foi constatado que 80% dos domicílios possuíam paredes em alvenaria, podendo assim presumir que o padrão construtivo brasileiro é a casa em alvenaria.

2.3 ANÁLISE DAS PESQUISAS RELACIONADAS

Em consequência dos estudos bibliométricos desenvolvidos no item 2.1, associada a uma pesquisa complementar empregando a opção “artigos relacionados” da ferramenta de pesquisa

Google Acadêmico, foi possível identificar e elencar os principais trabalhos que possuem aderência e relevância aos objetivos desta tese.

Cabe esclarecer que a bibliometria não resultou quantidade significativa de trabalhos relacionados aos propósitos desta tese. Possivelmente devido ao caráter de ineditismo da pesquisa, além da dificuldade de encontrar trabalhos semelhantes envolvendo os temas: reabilitação, reutilização, desconstrução e vida útil. Desta forma, a pesquisa complementar, conforme mencionado anteriormente, foi fundamental pois, ampliou as possibilidades de resultados por semelhança. Outra ampliação importante realizada em relação ao subcapítulo 2.1 foi a consideração de *proceedings*, que são artigos resultantes de anais de congressos, além de dissertações e teses.

Dito isso, o propósito desta parte é investigar e relacionar os trabalhos que contribuíram com metodologias semelhantes à proposta de pesquisa e que podem ser utilizados como referencial ou partido no desenvolvimento dos estudos iniciais. Tais trabalhos serão elencados e abordados sucintamente, de maneira a posicionar a referida pesquisa em relação à temática da área.

Primeiramente serão apresentados alguns dos trabalhos precursores ao identificarem as lacunas existentes e formar o referencial teórico que instigou pesquisadores de várias partes do mundo a seguirem contribuindo para evolução do estado da arte. Posteriormente serão relacionados os trabalhos com objetivos ou metodologias semelhantes ao escopo da presente pesquisa.

2.3.1 Trabalhos iniciais

Organizando de maneira cronológica o raciocínio e a ordem dos fatos, registra-se em 1999 nos Estados Unidos da América um estudo considerando pioneiro junto ao *International Council for Research and Innovation in Civil Construction* (CIB). Nesta ocasião esta instituição formou o *Task Group 39* (TG39) cujo objetivo foi produzir uma análise abrangente e relatar a desconstrução de edifícios em todo o mundo e programas de reutilização, a fim tornar os procedimentos de desconstrução e reutilização de materiais de construção uma opção viável, como alternativa à demolição e aterro como destinação final.

O grupo conduziu diversas reuniões durante quatro anos seguidos, onde cada uma resultou em publicação contendo artigos de pesquisadores de vários países: CIB 252 (2000) - *Overview of Deconstruction in Selected Countries*, CIB 266 (2001) - *Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economics and Policy*, CIB 272 (2002) - *Design for Deconstruction and Materials Reuse* e CIB 287 (2003) - *Deconstruction and Materials Reuse*.

Além desse fato, cabe destacar os trabalhos de Kibert (2003) [53 citações], Crowther (2005) [57 citações] e Guy, Shell e Esherick (2006) [88 citações] juntamente com o registro do número de citações de cada um no *Google Acadêmico*, acesso em 10/09/2019. Estes foram precursores que versaram a respeito do tema *Design for Deconstruction* (DfD) identificando critérios e diretrizes que serviram de base para a evolução e continuidade das pesquisas sucessoras.

2.3.2 Trabalhos semelhantes

A seguir serão relacionados os trabalhos em função dos assuntos atinentes à temática da presente pesquisa.

2.3.2.1 Recuperação de materiais e componentes

Amôeda (2009) abordou em sua tese a elaboração de um modelo para avaliar a efetividade da recuperação de materiais de construção em Portugal, através da aplicação dos princípios de desconstrução e da teoria da Emergia, a fim de estabelecer um índice de Eficácia da Recuperação de acordo com a vida útil do edifício. Posteriormente em Amôeda *et al.* (2015) os autores se propuseram a verificar a eficácia da reutilização de edifícios e reutilização de materiais no local, com objetivo de demonstrar as vantagens ambientais relacionadas à extensão da vida útil dos materiais de construção.

O trabalho de Diyamandoglu e Fortuna (2015) apresenta uma metodologia aplicada à desconstrução de casas estudadas nos Estados Unidos, com intuito de maximizar a recuperação efetiva de materiais. Para tanto, quatro cenários hipotéticos de gerenciamento de resíduos envolvendo materiais recuperados são estudados e um comparativo do impacto das emissões e consumo de energia é considerado para identificar a alternativa ambientalmente mais segura.

Já a elaboração de um guia para a reutilização de materiais e de elementos construtivos provenientes de operações de reabilitação, manutenção e demolição é abordado por Silva (2008) em sua pesquisa desenvolvida em Portugal. O autor relata que os resultados obtidos no caso prático foram muito satisfatórios, pois demonstrou-se que a reutilização de materiais e de elementos construtivos é possível e viável.

Saghafi e Teshnizi (2011) relacionam a necessidade de desconstrução e recuperação de materiais de construção, no que diz respeito ao estado atual do setor de construção do Irã e as principais ações que devem ser tomadas são investigadas com base na análise da demolição de um prédio residencial típico na cidade de Teerã no Irã.

Um conjunto de ações estratégicas necessárias para melhorar e promover a gestão de resíduos da construção em Portugal é abordada no estudo de Couto e Couto (2010). Para os autores a reutilização, baseada no processo de desconstrução, deve ser considerada uma boa solução e um mercado de oportunidades, visto que a reutilização de elementos de construção deve ter prioridade sobre a sua reciclagem, sempre que possível.

O trabalho de Akambi *et al.* (2018), desenvolvido no Reino Unido, abordou a elaboração de um estimador de desempenho de vida útil baseado em BIM (BWPE) para avaliar o desempenho de salvamento de componentes estruturais de edifícios desde o estágio de projeto. Os autores mencionam que o estudo revelou que o BWPE é um meio para determinar quanto dos materiais recuperáveis dos edifícios são reutilizáveis e recicláveis no final de sua vida útil.

De maneira exemplificativa, o livro de Addis (2010) objetiva desenvolver confiança na ideia de reuso de materiais e fomentar o resgate de valiosos materiais e elementos de construção, contribuindo com a redução da quantidade de resíduos despejados em aterros por meio da promoção do uso de materiais e componentes residuais. O autor ainda apresenta alguns estudos de caso do Reino Unido e orientações com relação às oportunidades de aplicação dos conceitos abordados.

Rocha e Sattler (2009) apresentam um estudo com foco na análise dos principais fatores sociais, econômicos e legais, que podem atuar como barreiras ou oportunidades na reutilização de componentes de construção. A estratégia de pesquisa empregada é um estudo de caso abordando o processo de reutilização no setor de demolição na cidade de Porto Alegre (Brasil). Os autores relatam que os resultados sugerem que a reutilização de componentes de construção é apoiada principalmente por aspectos econômicos e sociais, como o custo da mão de obra da desconstrução e a demanda por produtos reutilizados.

2.3.2.2 Desconstrução

Um estudo avaliando as implicações econômicas dos processos de demolição e desconstrução em Portugal é analisado por Coelho e Brito (2011). A abordagem contemplou um projeto de regeneração urbana que envolveu a remoção de várias moradias construídas entre 1900 e 1945. Além disso, alguns cenários são considerados, com base em possíveis opções de gerenciamento de resíduos, alguns dos quais favorecem a demolição seletiva ou desconstrução em relação ao tipo convencional.

Santos e Brito (2007) apresentam em seu trabalho um estudo de caso de desconstrução envolvendo o processo de transferência e adaptação do antigo Pavilhão de Macau da EXPO 98, da sua localização original para um parque da cidade de Loures em Portugal. Ainda, uma análise

da lucratividade geral da operação também é feita, estimando a quantidade de material desviado do aterro e a quantidade de energia incorporada economizada através da reutilização do material.

Uma visão sobre a implementação e viabilidade da desconstrução como uma técnica inovadora no processo de reforma, contribuindo para a sustentabilidade econômica do referido processo são assuntos tratados no trabalho de Couto e Couto (2007). As razões pelas quais os benefícios da desconstrução não são considerados, bem como suas barreiras e oportunidades também são discutidas.

Por meio de revisão bibliográfica e da realização de estudos empíricos Mattaraia, Martins e Fabricio (2016) relacionaram critérios de avaliação que possibilitam auxiliar o desmonte e a reciclagem de materiais, podendo servir de parâmetros para avaliar a facilidade do desmonte de sistemas construtivos inovadores, com possibilidade de aplicação no Brasil.

A pesquisa realizada no Brasil por Machado (2014) propõe o desenvolvimento de um sistema de análise aplicável a edifícios estruturados em aço já existentes ou em fase de projeto, para classificar o potencial de desconstrução dos componentes ou elementos estruturais em aço. Logo Machado, Souza e Veríssimo (2018) apresentam uma análise das diretrizes de projeto para desconstrução (PpD), propondo identificar características que estão influenciando o processo de reutilização de componentes de um edifício no final de seu ciclo de vida, a fim de estabelecer parâmetros que possam auxiliar no desenvolvimento de uma metodologia para avaliar potencial de desconstrução do edifício.

2.3.2.3 Projeto para desconstrução (PpD)

Uma avaliação e discussão da sustentabilidade do projeto para a desconstrução (PpD) é proposta na tese de Tingley (2012). O trabalho contemplou uma análise pelo sistema *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), que demonstrou a realização mínima de créditos de reutilização, provavelmente devido à disponibilidade limitada de materiais reutilizados. Para realidade dos Estados Unidos, a autora apresenta uma metodologia contemplando a reutilização projetada no futuro, no estágio inicial do projeto, considerando a economia que ocorre projetando para a desconstrução.

O trabalho de Akinade *et al.* (2015), desenvolvido no Reino Unido, propõe um indicador para medir a desconstrutibilidade dos projetos de construção, baseado em *Building Information Modeling* (BIM) para determinar até que ponto uma construção pode ser desconstruída desde o estágio de projeto.

Rios, Chong e Grau (2015) desenvolveram um estudo nos Estados Unidos, com objetivo de encontrar os desafios na prática atual das atividades de desconstrução e as lacunas entre sua

teoria e implementação. Conceitos como desconstrução, reciclagem e projeto para desconstrução (PpD) são exemplos de melhores métodos de gerenciamento de resíduos de construção. Os autores relatam que embora algumas organizações tenham publicado guias valiosos sobre os princípios do PpD, existem apenas alguns edifícios já desenvolvidos nesta área.

2.3.2.4 Reabilitação

Couto e Mendonça (2011) realizaram um trabalho de pesquisa bibliográfica recolhendo dados sobre novas construções e obras de reabilitação em Portugal. Como resultado os autores identificaram um enorme estoque de construção que está esperando para ser reformado. Porém a falta de interesse neste tipo de intervenção sustenta comportamentos que limitam a melhoria da sustentabilidade no setor de construção.

A tese de Oliveira (2012) apresenta uma proposta de sistema de gestão adaptado às especificidades da reabilitação de edifícios antigos em Portugal, articulando as atividades da gestão de empreendimentos ao longo do ciclo de vida do edifício. O autor revela que a atividade de reabilitação de edifícios antigos envolve práticas de melhoria do desempenho geral e de conforto em particular dos edifícios que dando continuidade ao seu ciclo de vida, tendem a ser diferentes das práticas de construção nova.

Uma abordagem geral sobre reabilitação, recolhendo informações por meio de uma revisão bibliográfica foi o objetivo do estudo de Sousa (2016) em Portugal. A autora explica que a reabilitação consiste na reposição das características técnicas e funcionais existentes nos edifícios, integrando tanto quanto possível as exigências funcionais, de modo a proporcionar melhores condições de conforto e de habitabilidade aos utilizadores, intervindo na perspectiva da reutilização de materiais e de componentes preexistentes, promovendo práticas sustentáveis nestas operações.

Santos (2010) partiu para uma linha de investigação sobre as metodologias de previsão da vida útil de materiais, sistemas ou componentes de edificações existentes, fazendo uma revisão do seu estado da arte. A motivação do estudo partiu da constatação de que mesmo estruturas bem projetadas e construídas, estão sujeitas à ocorrência de deteriorações inesperadas e as preocupações ambientais fazem com que seja urgente repensar as atuais construções.

2.3.2.5 Durabilidade e Vida Útil

Kibert (2003) em seu trabalho precursor sobre desconstrução apresenta conceitos e argumentos importantes a respeito dos assuntos relacionados a durabilidade e vida útil. O autor

pondera que a vida útil dos edifícios no mundo desenvolvido é tipicamente especificada em torno de 50 a 100 anos. No entanto, a vida útil de uma edificação é imprevisível porque os principais componentes do ambiente construído se desgastam em taxas diferentes, o que complica os cronogramas de substituição e reparo. Logo, essas taxas variáveis de decaimento, referidas como “camadas de mudança de cisalhamento”, criam uma tensão temporal constante nos edifícios. A exemplo disso, componentes elétricos e eletrônicos em um edifício típico de escritórios se desgastam ou se tornam obsoletos a uma taxa relativamente alta em comparação com a estrutura do próprio edifício, que é de vida longa.

Durmisevic (2006) em sua tese apresenta um estudo desenvolvido na Holanda, demonstrando que os processos de demolição são responsáveis em grande parte pelo impacto ambiental negativo dos edifícios e o principal problema reside no fato de que a maioria dos materiais montados/instalados não têm potencial de recuperação, visto que os métodos de construção existentes usam apenas uma pequena porcentagem do potencial de durabilidade dos materiais de construção. Ainda, a autora menciona que há uma desproporção entre o uso e o ciclo de vida técnico dos materiais de construção e essa desproporção separa as estruturas dos edifícios e é responsável pelo impacto ambiental negativo das montagens dos edifícios.

Assim, o delineamento da revisão bibliográfica partiu do ponto de vista mais abrangente da pesquisa, com a bibliometria, passando pelo referencial teórico dos temas relacionados, finalizando com a exposição dos trabalhos relevantes aos objetivos desta tese.

É importante mencionar que o subcapítulo 2.2 Referencial teórico aborda os principais conceitos e termos utilizados para fundamentação do trabalho. Deste modo, é recomendada a sua consulta em caso de dúvida durante a leitura dos Capítulos 3 e 4.

3 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Este trabalho é classificado como uma pesquisa exploratória, uma vez que pretende descobrir as possibilidades de recuperação de materiais e componentes e investigar as operações de desagregação realizadas na edificação. Pesquisas exploratórias buscam proporcionar visão geral acerca de determinado fato, onde parte dos estudos exploratórios podem envolver levantamento bibliográfico e documental (GIL, 2008).

O delineamento da pesquisa refere-se ao planejamento em sua dimensão mais ampla, que envolve tanto a diagramação quanto a previsão de análise e interpretação de coleta de dados (GIL, 2002). Para tanto, primeiramente realizou-se pesquisa bibliográfica a partir do registro disponível em materiais tais como livros, artigos científicos, teses etc. Utilizou-se de dados e informações já trabalhadas por outros pesquisadores e devidamente registradas, buscando familiaridade com o tema (SEVERINO, 2007). Nesta parte da pesquisa, foi levantado o referencial teórico do Capítulo 2, referente aos temas: desconstrução, recuperação, cenários de fim de vida, reabilitação e vida útil.

Depois, quanto aos procedimentos técnicos utilizados, a estratégia de pesquisa foi delineada como pesquisa participante (PP). Nesta, o pesquisador para realizar a observação dos fenômenos, compartilha a vivência dos sujeitos pesquisados, participando, de forma sistemática e permanente ao longo do tempo de pesquisa (NOVAES; GIL, 2009).

Em relação a forma de abordagem do problema, a PP contempla preferencialmente técnicas qualitativas de coleta de dados. No entanto, para evitar subjetividade o pesquisador pode utilizar concomitantemente técnicas estruturadas de análise que proporcionam maior significação e generalidade aos dados obtidos (GIL, 2002). Assim, o levantamento das possibilidades de recuperação e desconstrução dos edifícios definem a parte qualitativa da pesquisa, enquanto as análises decorrentes dos dados coletados implicam estudos quantitativos.

Cabe esclarecer que a justificativa para estudar dois edifícios em separado (no caso Prédio A e B) partiu da possibilidade de realizar comparativos durante o inventário e o processo de reabilitação, bem como verificações simultâneas quanto ao potencial de recuperação de cada prédio. Além disso, no momento de dúvida quanto a um dado ou análise realizada, a confrontação permite efetuar a conferência ou verificação preliminar. Contudo, esta concepção resulta em quantidade maior de dados para compilar e analisar e conseqüentemente em mais trabalho.

O delineamento da estratégia como PP foi motivada em função da disponibilidade do objeto de estudo e da oportunidade de o pesquisador estar inserido no ambiente, interagindo, observando, relatando e coletando dados. Isto foi possível pelo fato de o pesquisador fazer parte

do quadro de servidores da Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) proprietária dos imóveis objeto de estudo e além disso ter atuado como integrante da comissão de fiscalização dos serviços de engenharia que compreenderam a reabilitação dos edifícios.

Nesse sentido, a técnica utilizada para coleta de dados foi observação participante (OP), a qual se trata de uma modalidade especial de observação onde o pesquisador não é apenas um observador passivo, ele assume uma variedade de funções dentro de uma pesquisa, participando dos eventos que estão sendo estudados (YIN, 2005).

Os instrumentos utilizados na coleta de dados compreenderam formulários, documentos e levantamento fotográfico. O formulário pode ser definido como a técnica de coleta de dados em que o pesquisador formula questões previamente elaboradas e anota as respostas, possibilitando a obtenção de dados facilmente tabuláveis e quantificáveis, sendo uma das mais práticas e eficientes técnicas de coleta de dados (GIL, 2002). Além disso, tem-se como fontes de documentos no sentido amplo: jornais, fotos, filmes, gravações e documentos legais (SEVERINO, 2007). Isto posto, em função da possibilidade de obtenção de dados facilmente tabuláveis e quantificáveis, foi adotado o formulário para o levantamento em campo, tanto na etapa de inventário quanto durante o processo de reabilitação dos edifícios.

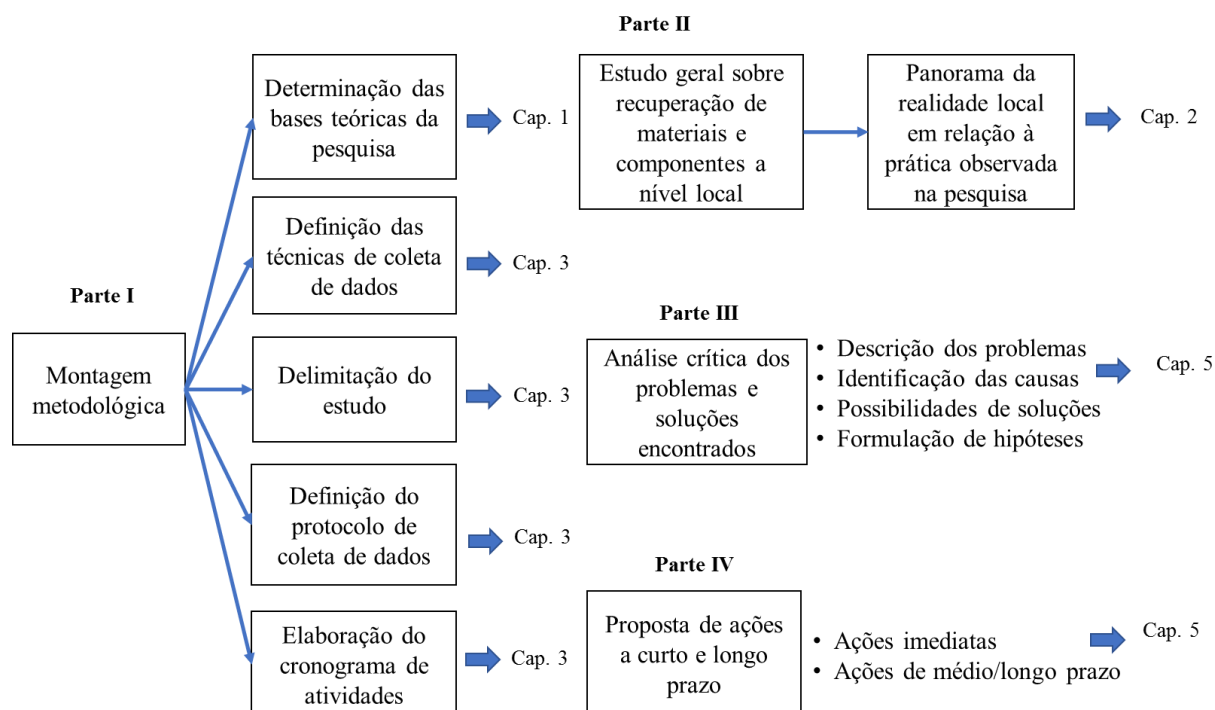
Os procedimentos para avaliação do potencial de recuperação podem ser aplicados a edificações de pequeno a médio porte, tão somente em intervenções que visem adequações, tais como obras de reabilitação, *retrofit* ou reformas.

a) Planejamento da Pesquisa Participante (PP)

Segundo Gil (2002), o planejamento de uma pesquisa participante (PP), na maioria dos casos, tende a ser bastante flexível. Torna-se difícil, portanto, prever com precisão os passos a serem seguidos, bem como não há consenso por parte dos diversos autores em torno de um paradigma de pesquisa participante. Apresenta-se um modelo muito adotado e bastante discutido, o qual comporta quatro partes: montagem institucional e metodológica; estudo preliminar e provisório da região ou população pesquisadas; análise crítica dos problemas; e programação ou aplicação de um plano de ação (GIL, 2002).

Contudo, é necessário alinhar o modelo genérico apresentado pelo autor aos objetivos definidos para a pesquisa, ou seja, descrever o modelo para configurar uma investigação inserida num processo de reabilitação de duas edificações, com foco nas possibilidades de recuperação de materiais e componentes. Assim, de maneira geral, a Figura 9 apresenta o modelo sistematizado e ajustado para pesquisa, dividido em quatro partes:

Figura 9 – Modelagem da pesquisa participante (PP)



Fonte: Adaptado de Gil (2002).

Em cada parte está definido o objetivo, as ações e o capítulo de referência do trabalho em que estará enquadrado. Ressalta-se que o objetivo da pesquisa não é a proposição de método, mas sim adotar um modelo para sistematizar as investigações.

b) Estrutura das etapas do trabalho

Uma vez definida a estratégia da pesquisa, o planejamento e desenvolvimento dos trabalhos são descritos conforme a seguir:

- DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

- Unidade de análise: Enfoque que define o projeto de pesquisa e direciona a uma estratégia de coleta de dados e análise;
- Caracterização do local de estudo: Contextualização do edifício e descrição da situação física em que o mesmo se encontra;
- Caracterização da intervenção: Descrição e abrangência dos serviços que contemplam a reabilitação.

- PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

- Fontes de evidências: Documentos do imóvel, projetos antigos, formulário de inspeção do edifício, *as built* (levantamento antes da intervenção), projeto de reabilitação, e demais;
- Instrumentos de coleta de dados: Desenvolvimento das ferramentas para coleta de dados e análise da edificação, antes e durante a reabilitação;
- Sistematização dos procedimentos de investigação: Delineamento do processo adotado para recuperação de materiais e componentes, organização das tarefas de campo e cronograma de implementação da investigação.

- COLETA DE DADOS

- Planejamento: Estudos preparatórios ou preliminares realizados antes da intervenção (Inventário, Classificação, Compatibilização, Caracterização, Previsão de cenários de fim de vida e Previsão de volumes);
- Intervenção: Estudos realizados durante os procedimentos de reabilitação (Monitoramento, Registro fotográfico, Triagem, Recuperação de materiais e componentes, e Constatações).

- ANÁLISES

- Estudos de verificação e avaliação realizados após a intervenção (Recuperação relacionada as operações de desagregação, Vida útil de projeto (VUP), Operações de desagregação, Recuperação oportunizada pela reabilitação).

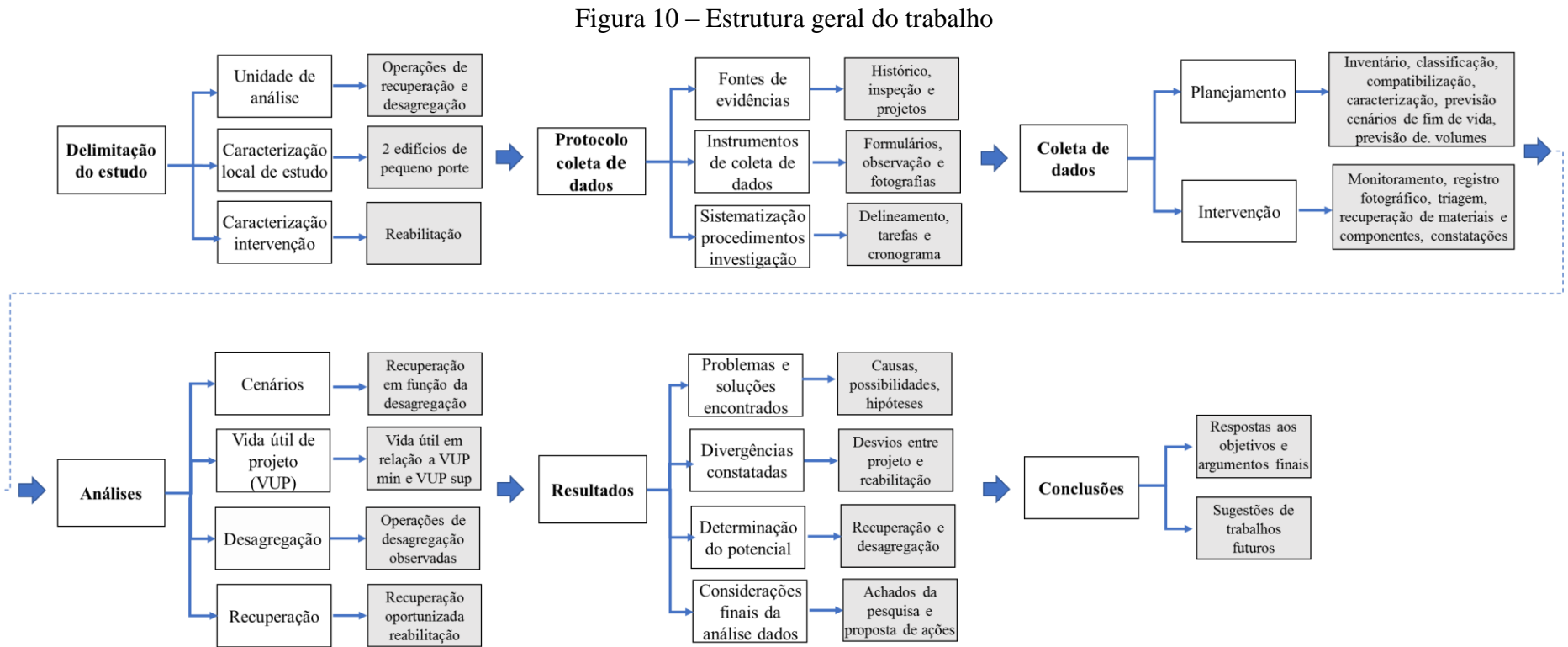
- RESULTADOS

- Problemas e soluções encontradas: descrição dos problemas, identificação das causas e possibilidades de soluções;
- Divergências constatadas: Desvios entre projeto e reabilitação ou imprevistos;
- Determinação do potencial: Em relação a recuperação e desagregação observados;
- Discussão dos resultados: Resposta aos objetivos e premissas, achados da pesquisa e proposta de ações de curto e longo prazo;

- CONCLUSÕES

- Considerações, síntese dos resultados obtidos e recomendações para estudos futuros.

A Figura 10 apresenta a estrutura geral do trabalho. Por meio da figura é possível visualizar, de maneira esquemática, as etapas estabelecidas, bem como os propósitos da pesquisa.



Fonte: O autor (2020).

3.1 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

3.1.1 Unidade de análise

No entendimento de Yin (2005), a unidade de análise de uma pesquisa pode ser do tipo caso único ou múltiplo e dentro de cada uma dessas categorias, holístico ou integrado. A combinação dessas possibilidades gera quatro tipos de projeto, conforme exposto no Quadro 17 a seguir.

Quadro 17 – Tipos de projetos de estudo de caso

| | PROJETO DE CASO ÚNICO | PROJETO DE CASOS MÚLTIPLOS |
|---|-------------------------------------|--|
| Holístico (uma unidade de análise) | Holístico de caso único (Tipo 1) | Holístico de casos múltiplos (Tipo 3) |
| Integrado (mais de uma unidade de análise) | Integrado de caso único (Tipo 2) | Integrado de casos múltiplos (Tipo 4) |

Fonte: Adaptado de Yin (2005).

O presente trabalho se enquadra no tipo 2: integrado de caso único. Segundo Yin (2005), projetos de caso único e integrados são definidos quando há mais de uma unidade de análise.

No caso serão duas unidades de análise:

- Principal: as possibilidades de recuperação de materiais e componentes decorrentes da reabilitação;
- Secundária: as operações de desagregação realizadas no edifício (desmontagem, desconstrução, demolição seletiva, demolição destrutiva).

A definição de duas unidades de análise foi motivada pelo fato de que para viabilizar a recuperação é necessário realizar operações de desagregação/desmonte ou separação das partes do edifício. Assim, o estudo foi discriminado em unidade de análise principal e secundária.

3.1.2 Caracterização do local de estudo

O estudo envolveu dois edifícios contíguos construídos com alvenaria e estrutura de concreto armado (ver Figura 11) localizados à Av. Silva Jardim, 775 e 791, região central da cidade de Curitiba/PR. Estes imóveis são de propriedade de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES), onde os mesmos foram adquiridos de uma Federação de Trabalhadores (FT) em meados de 2013, visando consolidar o plano de expansão da Universidade. Um dos principais motivos da aquisição foi a proximidade do imóvel ao câmpus Sede.

Figura 11 – Vista da fachada dos prédios



Fonte: Google Maps. Acesso em 2019.

Originalmente, os referidos prédios foram construídos para uso misto (residencial e comercial). Posteriormente, com a aquisição dos imóveis por uma Federação de Trabalhadores (FT), ocorrida no início dos anos 1970, esta entidade realizou a intervenção que alterou o uso dos prédios conforme suas necessidades à época.

Cabe pontuar que, apesar de legalmente se tratar de dois imóveis distintos, internamente os prédios foram fisicamente interligados no intuito de unificar e ampliar o uso pela FT. Diante desse fato, e de modo a possibilitar uma análise mais abrangente (parcial de cada edificação, e total relativa a utilização efetiva do prédio), optou-se neste trabalho em tratar cada edificação em separado. Desta forma, para fins de nomenclatura e organização desta pesquisa, foram atribuídas as seguintes denominações aos edifícios:

- Prédio A: edifício com a numeração predial nº 775 (direita na Figura 12), existente desde 1954, que contempla 3 pavimentos com área total aproximada de 670,0m²;
- Prédio B: edifício adjacente, com numeração predial nº 791 (esquerda na Figura 13), existente desde 1968, também com 3 pavimentos e área total aproximada de 525,0 m².

Figura 12 – Vista aérea da localização dos prédios



Fonte: Google Maps. Acesso em 2019.

Contudo, apesar da robustez das alvenarias e estruturas de concreto, o estado de conservação das edificações é ruim. A maioria dos materiais e componentes de acabamento, bem como instalações elétricas e hidráulicas são originários da época da construção ou da intervenção de 1975, última registrada.

Outro fator agravante é a disposição confusa dos ambientes internos (*layout*) dos edifícios, que foi adequada para a utilização do proprietário anterior (por mais de 40 anos), mas que para a IFES é inadequada.

Diante da constatação da obsolescência técnica e funcional das edificações, foram cogitadas algumas possibilidades de intervenção, e a mais drástica considerou a demolição total para aproveitamento do terreno em um novo projeto. Porém, a IFES viabilizou a opção pela reabilitação dos edifícios de modo a proporcionar plenas condições de utilização e habitabilidade dos imóveis à comunidade acadêmica da Universidade.

A IFES iniciou em 2016 a elaboração dos projetos para reabilitação das edificações e providenciou em 2018 a licitação para contratação de empresa especializada para execução da intervenção, iniciando os serviços em agosto do mesmo ano.

3.1.3 Caracterização da intervenção

A Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC), por meio do Alvará de Reforma Simplificada emitido, denominou a intervenção como uma reforma. No entanto, conforme abordado no referencial teórico e na caracterização do local de estudo, é mais apropriada a designação

reabilitação ao invés de reforma. Assim, no desenvolvimento deste trabalho será adotado o termo reabilitação no que se refere a intervenção realizada nos edifícios.

Logo, a proposta da IFES considerou a adequação dos ambientes de acordo com as necessidades de uso da instituição, prevendo o maior aproveitamento possível das partes existentes dos edifícios, conforme é possível visualizar pelos projetos constantes do Anexo B deste trabalho. O objetivo foi proporcionar condições de habitabilidade aos imóveis, levando em consideração a economia de recursos e agilidade no cronograma de execução. Contudo, na prática foi necessário prever uma modificação substancial, compreendendo: adequação de *layout*, acessibilidade, segurança, instalações, reforço estrutural, correções de patologias etc.

De maneira geral, a reabilitação contemplou inicialmente as seguintes etapas e serviços:

- Demolições e retiradas: alvenaria; divisórias; revestimentos de piso, forro e parede; estruturas de concreto e madeira; portas e janelas; louças; metais; luminárias; tomadas; interruptores; quadro elétrico; coberturas etc.
- Fechamentos: alvenaria; gesso acartonado; painel Eucatex/naval.
- Cobertura: telha fibrocimento e policarbonato; calhas, rufos e condutores em chapa galvanizada.
- Instalações hidrossanitárias: louças e metais; tubulações e conexões; registros e válvulas; caixas d'água; caixas de passagem etc.
- Instalações de PSCIP: hidrantes, engates e mangueiras; tubulações e conexões; reservatório e bomba; placas de sinalização; iluminação emergência; alarme; extintores.
- Instalações elétricas: fios, cabos, luminárias, interruptores e tomadas; eletrodutos e perfilados; quadros e disjuntores; SPDA; racks, equipamentos e cabeamento estruturado.
- Esquadrias: janelas de alumínio, vidros, portas, soleiras e peitoris.
- Pavimentação: piso vinílico, cerâmico, porcelanato; lixamento e polimento de taco em madeira; fita antiderrapante; bloco intertravado de concreto; grama.
- Pintura: correção, emassamento e tinta acrílica; pintura de elementos de metal e madeira; textura externa.
- Forro: manta isolamento térmico; forro de fibra mineral; gesso acartonado.
- Serralheria: estrutura para marquise na fachada; guarda corpo e corrimão.
- Limpeza: limpeza final de obra.

Porém, no decorrer da reabilitação foi constatada a necessidade de serviços não previstos, sobretudo por impossibilidade de aproveitamento de partes existentes do edifício. Este fato motivou o aumento de serviços em contrato, reprogramação da obra e a dilatação do cronograma físico-financeiro de 90 para 270 dias.

3.2 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

O protocolo de coleta de dados é o instrumento que orienta o desenvolvimento da pesquisa e eleva a confiabilidade do estudo. O propósito deste instrumento é dar instruções ao pesquisador dos meios para a coleta de dados necessários para atingir os objetivos, como uma estratégia de pesquisa (YIN, 2005).

Cabe mencionar que para o desenvolvimento da estratégia de pesquisa e elaboração dos instrumentos de coleta de dados, quando não houver a necessidade de especificidade, será empregado os termos “edifício”, “edificação” e “prédio” com intenção de denominar os imóveis objeto de estudo. Além disso, será utilizado a terminologia genérica “materiais e componentes” para representar os seguintes termos:

- Componentes, elementos e sistemas (ABNT, 2011);
- Produtos e materiais (ABNT, 2011);
- Componentes para construção, recursos da construção e elementos (ABNT, 2018);
- Material amorfo, material elaborado e elemento construtivo (ROCHA, 2008).

Com objetivo de criar ferramentas para o levantamento de campo, foram elaborados formulários e listas de verificação baseadas no referencial teórico descrito no item 2.2 deste trabalho e nas fontes de evidências expostas a seguir.

3.2.1 Fontes de evidências

Definiu-se como fontes de evidências da pesquisa o levantamento das seguintes informações: histórico dos prédios, relatório de inspeção e projetos (antigos, *as built* e reabilitação).

3.2.1.1 Histórico dos prédios

Para obtenção de informações sobre o histórico de intervenções realizadas nos edifícios e época de construção dos mesmos, foi efetuada consulta aos seguintes documentos:

- Registro de imóveis;
- Alvarás de construção e reforma;
- Projetos antigos.

Da análise dos documentos mencionados acima, relacionaram-se as seguintes informações pertinentes a cada edificação:

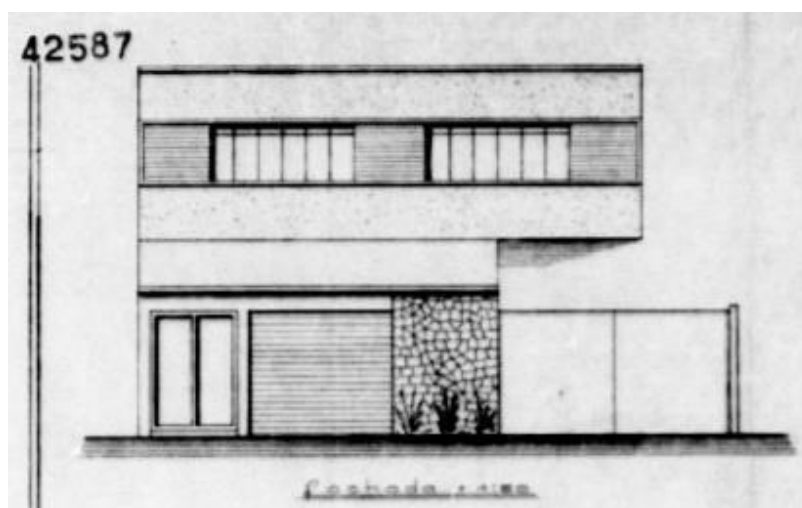
a) Prédio A (nº 775)

- O Alvará de reforma simplificada emitido pela Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC) em 2018, para execução da Reabilitação em questão, apresenta o seguinte dado: “edificação existente desde 1954, com 816,80m²”;
- O documento de registro do imóvel indica que o prédio foi adquirido pela Federação de Trabalhadores (FT) em 1971. Também consta a seguinte descrição: “Prédio com 3 pavimentos, destinado o térreo à loja e os superiores a apartamentos residenciais”;
- Em 1975 a FT realizou uma reforma para atender à necessidade de utilização comercial, sendo esta a última intervenção registrada do prédio;
- Cabe pontuar que não foi localizado documentos da época da construção. Este fato pode ser atribuído a dificuldade de se obter informações sobre edifícios antigos, no caso em questão, com mais de 60 anos.

b) Prédio B (nº 791)

- Foi localizado um Alvará de reforma e ampliação datado de 1968, contemplando o projeto de uma edificação contendo 2 pavimentos (ver Figura 13);

Figura 13 – Fachada do prédio com 2 pavimentos



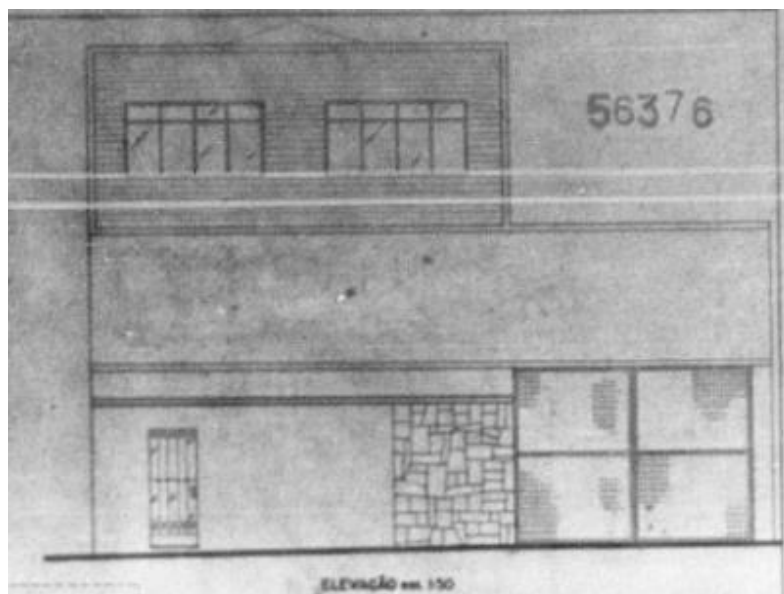
Fonte: Arquivos da Prefeitura Municipal de Curitiba.

- O documento de registro do imóvel indica que em 1973 o prédio foi adquirido pela Federação de Trabalhadores (FT). Ainda, no referido documento consta a seguinte

descrição: “Prédio com 2 pavimentos, sendo o térreo escritório e o superior um apartamento residencial”;

- O Alvará de reforma e ampliação de 1975 indica que a FT realizou uma intervenção aumentando a área construída e incluindo mais um pavimento no edifício (ver Figura 14) para atender às suas necessidades de utilização.

Figura 14 – Fachada do prédio com 3 pavimentos



Fonte: Arquivos da Prefeitura Municipal de Curitiba.

Em síntese, o Prédio A foi construído em 1954, momento em que teve sua concepção como um edifício residencial, contendo salas comerciais no pavimento térreo. A FT adquiriu o imóvel em 1971 e em 1975 realizou a reforma que alterou uso do prédio para comercial.

Já o Prédio B foi construído em 1968, concebido com 2 pavimentos de uso misto (comercial e residencial). Em 1973 a FT adquiriu o prédio e em 1975 realizou a reforma de ampliação para 3 pavimentos.

Apesar de tratar-se de 2 imóveis distintos, com documentação própria, há indícios de que a Federação dos Trabalhadores (FT) realizou uma única intervenção contemplando os dois prédios. Este fato se evidencia diante da interligação realizada entre os prédios, visto que a intervenção de 1975 relativa ao Prédio B foi a última documentada junto à PMC.

Em 2013 a Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) adquiriu os imóveis com objetivo de atender ao plano de expansão da Universidade.

3.2.1.2 Relatório de inspeção

A elaboração de um relatório abordando as condições gerais do edifício em estudo é fundamental para evidenciar os principais aspectos que indicam a viabilidade da intervenção e o potencial de recuperação dos elementos construtivos. Nesse sentido, a estrutura de relatório proposta foi baseada no trabalho de Silva (2008), visto que as informações coletadas por meio do Quadro 18 são pertinentes e se enquadram aos propósitos da pesquisa em questão.

Quadro 18 – Relatório de inspeção da edificação

| Relatório de Inspeção da Edificação | |
|--|--|
| Projeto | |
| Proprietário | |
| Endereço | |
| Uso do edifício | |
| Ano de construção | |
| Tipologia construtiva | |
| Número de pavimentos | |
| Acessibilidade | |
| Área construída | |
| Tipo e condições do terreno | |
| Aspectos positivos observados | |
| Aspectos negativos observados | |
| Observações gerais | |
| Data de inspeção | |
| Condições meteorológicas | |

Fonte: Silva (2008)

Cabe mencionar que o relatório de inspeção fornece informações importantes, sendo recomendado que o mesmo seja elaborado na fase de estudos preliminares ou de viabilidade.

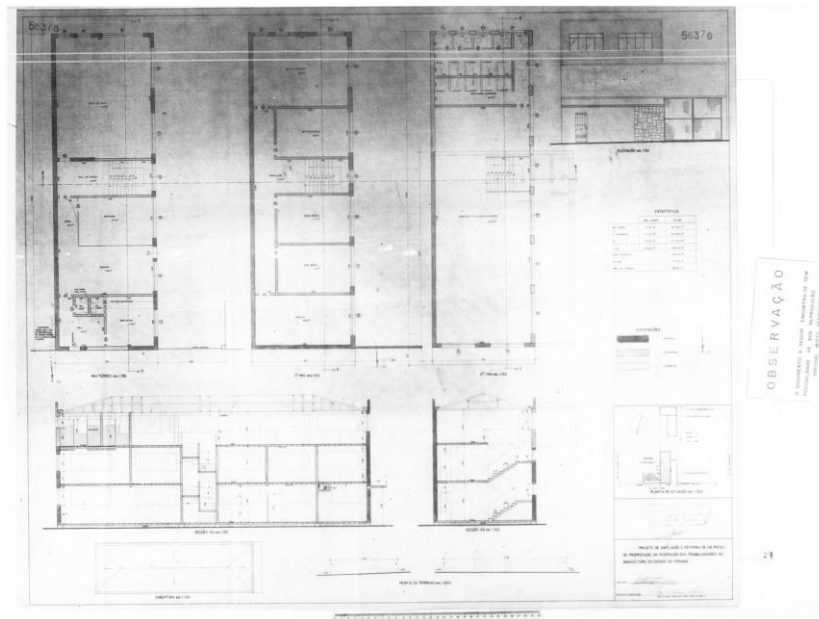
3.2.1.3 Projetos

a) Antigos

Foi localizado o projeto executivo de aprovação da reforma e ampliação do Prédio B. Entretanto, trata-se de um projeto com baixo nível de detalhamento e parte das plantas está ilegível e rasurada pelo tempo, conforme é possível verificar pela Figura 15.

Em concordância com o exposto na seção anterior, não foram localizados projetos referentes ao Prédio A, possivelmente pela idade (tempo de uso) do edifício.

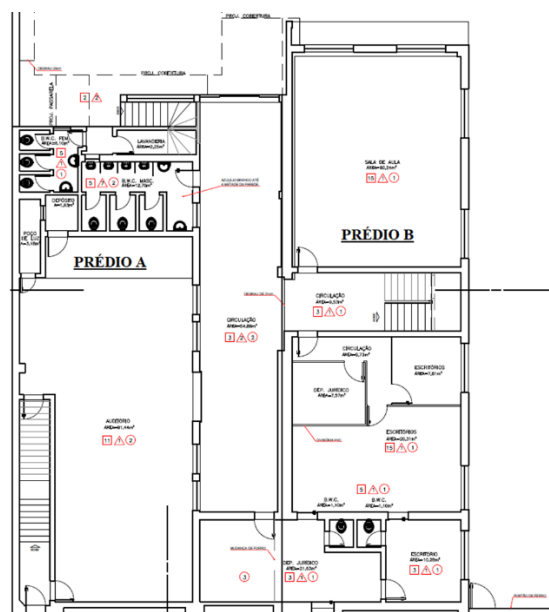
Figura 15 – Projeto da reforma de 1975



Fonte: Arquivos da Prefeitura Municipal de Curitiba.

b) *As built*

De posse dos imóveis, a IFES por meio de sua equipe de projetos e obras (engenheiros e arquitetos) iniciou os trabalhos de levantamento de informações, com o propósito de realizar um *As built* (como construído) dos prédios, para utilizar de base no desenvolvimento dos estudos preliminares e de viabilidade, conforme ilustrado nas Figura 16 e 17.

Figura 16 – Projeto *as built* do térreo (prédio A esquerda e prédio B a direita)

Fonte: Arquivos da IFES.

Figura 17 – Elevação das fachadas (prédio A esquerda e prédio B a direita)



Fonte: Arquivos da IFES.

c) Reabilitação

Após a realização do *As built*, a IFES iniciou a elaboração dos estudos para consecução da reabilitação com o propósito de utilização dos ambientes por três Pró-Reitorias.

Nesse sentido, o projeto executivo de arquitetura foi desenvolvido em função das condicionantes e necessidades estipuladas. Por exemplo, na Figura 18 visualiza-se a planta e cortes do 1º pavimento. As linhas em vermelho e tracejado no projeto indicam os elementos que serão retirados em função da nova configuração de *layout* proposta pela reabilitação.

Figura 18 – Projeto da reabilitação compatibilizado com a demolição



Fonte: Arquivos da IFES

A Figura 19 apresenta a elevação da fachada dos prédios, prevista no projeto de reabilitação, conforme as necessidades definidas pela IFES.

Figura 19 – Elevação da fachada dos prédios A e B



Fonte: Arquivos da IFES

3.2.2 Instrumentos de coleta de dados

O registro e controle das informações coletadas neste trabalho serão realizados por meio da técnica de observação participante (OP), elaboração de formulários e levantamento fotográfico. A seguir serão apresentados os formulários utilizados como ferramenta de coleta de dados, tabulação, análise e verificação de resultados preliminares.

3.2.2.1 Formulário de inventário

É uma ficha ou lista que apresenta um conjunto de informações localizadas em sua parte superior, conforme Quadro 19, onde os campos são preenchidos durante o levantamento *in loco*. O campo local será registrado conforme a denominação do ambiente do prédio (sala, cozinha, banheiro etc.) antes da intervenção. Importante ressaltar que, as informações levantadas no inventário (pavimento, local e descrição) serão utilizadas como referência, ou estrutura básica, para elaboração dos demais formulários. Por exemplo, no editor de planilhas *Microsoft Excel* esses campos serão mantidos e somente acrescentado novas colunas ao lado, referentes às informações pertinentes a elaboração do formulário em questão.

Quadro 19 – Formulário de inventário

| Id | Pav | Local | Descrição | Condição |
|-----------|------------|--------------|------------------|-----------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

Fonte: Adaptado de Silva (2008)

Onde:

- **Id:** sequência numérica;
- **Pav:** pavimento do edifício (T, 1 ou 2);
- **Local:** localização no edifício (ambiente);
- **Descrição:** apresentação genérica do item avaliado;
- **Condição:** avaliação conforme Quadro 18.

O Quadro 20 apresenta uma ferramenta, relacionada ao formulário de inventário, que permite classificar de maneira subjetiva os materiais e componentes quanto à sua condição.

Quadro 20 – Condição dos materiais e componentes

| Grau | Condição | Característica |
|-------------|----------------------------------|---|
| 5 | Excelente estado de conservação | Novo ou funcionando perfeitamente |
| 4 | Bom estado de conservação | Atende satisfatoriamente ao uso |
| 3 | Suficiente estado de conservação | Sinais de desgaste/necessidade manutenção |
| 2 | Fraco estado de conservação | Não é viável a recuperação para mesmo uso |
| 1 | Danificado por completo | Deve ser substituído |

Fonte: Adaptado de Silva (2008).

3.2.2.2 Formulário de classificação e agrupamento

A estrutura proposta no Quadro 21 é utilizada para identificação dos materiais e componentes após a realização inventário. Este formulário possibilita a vinculação dos itens levantados anteriormente a uma tabela de referência codificada e com composição unitária detalhada, no caso a SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices - além de possibilitar uma classificação normalizada por meio da ABNT NBR 15.965:2011 (ABNT, 2011).

A relação em macrogrupo (edifício), grupo (andar) e subgrupo (ambientes) possibilita a localização precisa de determinado item na edificação. Para tanto, é atribuído uma numeração sequencial (1, 2, 3 e etc.) para os ambientes (ex.: escritório, banheiro, sala de espera etc.) de cada pavimento do edifício, iniciando em local arbitrado.

Um exemplo disso seria a situação em que um tipo de torneira pode se repetir em diversos locais no edifício. Porém, pode haver a necessidade de se obter informações, de maneira rápida e efetiva, sobre a torneira do banheiro do 1º pavimento do Prédio B.

Quadro 21 – Classificação e agrupamento

| Id | Pav | Local | Descrição | SINAPI | NBR 15965 | Macro Grupo | Grupo | Sub Grupo |
|-----------|------------|--------------|------------------|---------------|------------------|--------------------|--------------|------------------|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |

Fonte: O autor (2019).

Onde:

- **Id:** sequência numérica;
- **Pav:** pavimento do edifício (T, 1 ou 2);
- **Local:** localização no edifício;
- **Descrição:** apresentação genérica do item avaliado;
- **SINAPI:** referência de insumos e composições (códigos) – SINAPI de 05/2019-PR - utilizada para caracterização do item analisado;
- **NBR 15.965/2011:** sistema de classificação da informação da construção (0M – materiais, 2C – componentes, 3E – elementos, 3R – resultados);
- **Macrogrupo:** 1 ou 2 (se refere ao Prédio A ou B);
- **Grupo:** 0, 1, 2 (se refere aos pavimentos T, 1 ou 2);
- **Subgrupo:** determinado na planta de *as built* (numeração atribuída de um ponto de início do edifício, sendo 1, 2, 3, 4 e assim por diante).

3.2.2.3 Formulário de compatibilização entre inventário e projeto

Este formulário é aplicado após a elaboração do projeto e antes da intervenção. Por meio da estrutura proposta no Quadro 22, faz-se a compatibilização entre inventário e projeto de reabilitação, no intuito de avaliar se os materiais e componentes levantados serão mantidos na edificação ou não, bem como registrar suas quantidades resultantes.

Quadro 22 – Formulário de inventário versus projeto

| Id | Pav | Local | Descrição | Análise | Unidade | Qtd |
|----|-----|-------|-----------|---------|---------|-----|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |

Fonte: O autor (2019).

Onde:

- **Id:** sequência numérica;
- **Pav:** pavimento do edifício (T, 1 ou 2);
- **Local:** localização no edifício;
- **Descrição:** apresentação genérica do item avaliado;
- **Análise:** Manter ou Retirar o material e componentes conforme projeto;
- **Unidade:** unidade de medida do item em análise;
- **Qtd:** quantidade resultante após análise.

3.2.2.4 Formulário de caracterização de materiais e componentes

O propósito da estrutura apresentada do Quadro 23 é caracterizar as partes do edifício em análise, de maneira a viabilizar a elaboração da estratégia de recuperação. Importante mencionar que alguns desvios em relação ao previsto podem ocorrer quando no momento da intervenção. Caso ocorram, estes serão objeto de análise específica a ser realizada posteriormente.

Quadro 23 – Caracterização de materiais e componentes

| Id | Pav | Local | Descrição | Ligação | Desagregação | Resultado |
|-----------|------------|--------------|------------------|----------------|---------------------|------------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |

Fonte: O autor (2019).

Onde:

- **Id:** sequência numérica;
- **Local:** localização no edifício;
- **Descrição:** apresentação genérica do item avaliado;
- **Ligação, Desagregação e Resultado:** conforme Quadro 22.

O Quadro 24 apresenta a relação de parâmetros utilizados para auxiliar o pesquisador na realização de avaliação subjetiva (tátil e visual), quanto às características dos materiais e componentes levantados, tendo em vista sua concepção.

Quadro 24 – Relação de parâmetros aplicados à recuperação

| | |
|---------------------|--|
| Ligação | <ol style="list-style-type: none"> 1. Química 2. Aparafusada 3. Pregada 4. Encaixada |
| Desagregação | <ol style="list-style-type: none"> 1. Desmontagem 2. Desconstrução 3. Demolição seletiva 4. Demolição destrutiva |
| Resultado | <ol style="list-style-type: none"> 1. Material elaborado 2. Material amorfo 3. Componente 4. Elemento |

Fonte: Adaptado de Mattaraia, Martins e Fabricio (2016) e Rocha (2008).

3.2.2.5 Formulário de previsão de cenários de fim de vida

Após realizar inventário, compatibilização, classificação e caracterização dos materiais e componentes, o Quadro 25 contempla a definição dos cenários de fim de vida. Importante mencionar que o formulário se refere a uma previsão que posteriormente deverá ser confirmada *in loco* durante a intervenção, visto que alguns desvios podem ocorrer. Caso ocorram, estes serão objeto de análise específica a ser realizada posteriormente.

Quadro 25 – Previsão de cenários de fim de vida

| Id | Pav | Local | Descrição | Cenários de fim de vida | Potencial estimado |
|-----------|------------|--------------|------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

Fonte: O autor (2019).

Onde:

- **Id**: identificação ou número de ordem;
- **Local**: localização no edifício;
- **Descrição**: apresentação genérica do item avaliado;
- **Cenários de fim de vida**: destinação conforme Quadro 24;
- **Potencial estimado**: escala qualitativa estimativa para realização dos cenários de fim de vida, conforme Quadro 25.

O Quadro 26 apresenta as possibilidades de cenários de fim de vida a serem atribuídas aos materiais e componentes levantados.

Quadro 26 – Opções de cenários de fim de vida

| Cenários de fim de vida | |
|--------------------------------|---|
| 1 | Reutilização no próprio local |
| 2 | Reutilização em outro local |
| 3 | Aplicação útil |
| 4 | Reciclagem |
| 5 | Incineração para recuperação de energia |
| 6 | Aterro |

Fonte: Adaptado de Saraiva (2013) e Amoêda (2009).

A definição de uma escala qualitativa para estimar o potencial de realização para cada cenário de fim de vida previsto é representada pelo Quadro 27. Nesta etapa, o referido potencial é definido de maneira subjetiva, levando em consideração as condições dos materiais e componentes no momento da análise. Já a recuperação pode ser representada por percentuais de aproveitamento em relação ao total previsto, utilizado para as estimativas de volumes parciais.

Quadro 27 – Escala qualitativa estimativa do potencial de recuperação

| Escala qualitativa estimativa | |
|-------------------------------|-------------|
| Potencial | Recuperação |
| Nulo | 0% |
| Baixo | 25% |
| Regular | 50% |
| Alto | 75% |
| Integral | 100% |

Fonte: Silva, Nagalli e Couto (2018).

3.2.2.6 Tabela de volumes

O propósito da Tabela 1 é fazer a conversão das quantidades levantadas das diversas partes do edifício para unidade de volume em m³ (metro cúbico). É nessa unidade que as análises e comparativos serão realizados. A exemplo disso a conversão de unidades para uma porta de madeira de 80cm foi realizada da seguinte maneira:

- a) Conversão de todos elementos da porta para unidade de m²
 - 0,8m (largura folha da porta) x 2,1m (altura da porta) + [(2,1m x 2+0,8m) x (0,2m + 0,05m)] (caixilho ou batente e vistas) = 2,68m² (área total calculada)
- b) Conversão de m² para unidade de volume em m³
 - 2,68m² (área da porta) x 0,03m (espessura média da porta) = 0,08m³

Para revestimentos (cerâmico, madeira ou granito) e forros (madeira, gesso ou PVC) foi multiplicada a área aferida pela espessura média do material aplicado. Já para elementos tais como luminárias, tomadas e interruptores, por exemplo, foi realizado o cálculo geométrico (B x L x H). Foi desconsiderado dos cálculos possíveis coeficientes de empolamento ou majoração dos volumes geométricos. Porém, para alguns elementos e componentes com formas e dimensões irregulares (assento sanitário, válvula de descarga, vaso sanitário, papelreira etc.) atribuiu-se dimensões para efeito de cálculo aproximado.

Tabela 1 – Volumes das partes do edifício

| Id | Local | Descrição | Volume (m ³) |
|----|-------|-----------|--------------------------|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |

Fonte: O autor (2019).

Onde:

- **Id:** identificação ou número de ordem;
- **Local:** localização no edifício;
- **Descrição:** apresentação genérica do item avaliado;
- **Volume (m³):** conversão dos itens em análise para unidade de volume.

3.3 SISTEMATIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE INVESTIGAÇÃO

Este subcapítulo pretende apresentar a esquematização dos procedimentos de recuperação, bem como a organização das tarefas de campo e o cronograma de investigação.

3.3.1 Delineamento do processo de recuperação de materiais e componentes

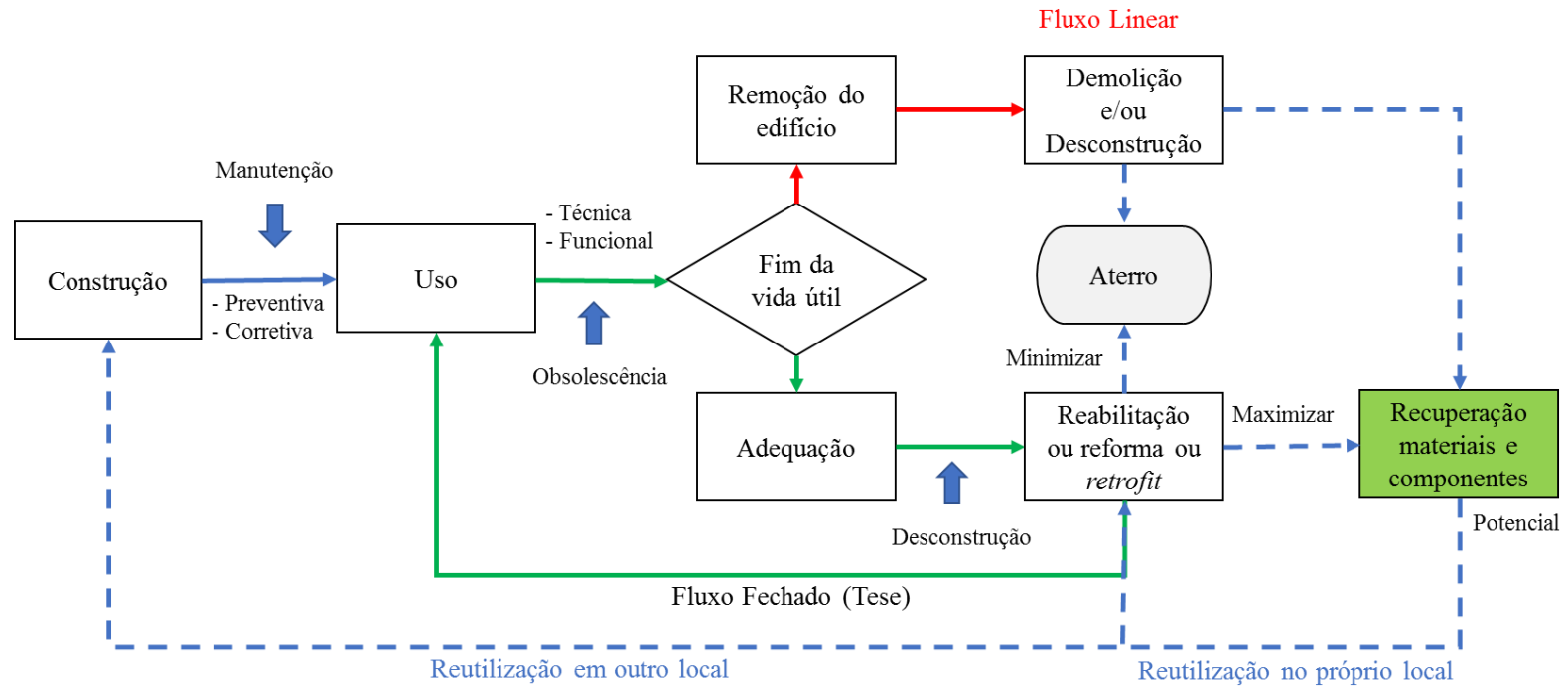
O processo de investigação do potencial de recuperação de materiais e componentes é representado pelo fluxograma da Figura 20. Neste, é possível observar que após o término da construção, inicia-se o uso da edificação de acordo com as especificidades definidas. Ao longo do tempo é necessária a realização de manutenções periódicas e corretivas visando manter o imóvel em condições satisfatórias. No entanto, chega um momento em que a edificação atinge um patamar de obsolescência tecnológica ou funcional que requer do usuário uma tomada de decisão, a qual envolverá uma intervenção. Esta, pode contemplar uma adequação (reabilitação, reforma, *retrofit* etc) ou a remoção do edifício visando a realização de outro projeto.

Analisando a tomada de decisão a respeito da intervenção, verifica-se pela Figura 20 duas possibilidades de fluxos: Linear e Fechado. O fluxo linear (vermelho) compreende a remoção da edificação por meio de processos de demolição ou desconstrução quando possível. A maioria das partes removidas será destinada aos aterros, havendo pouca possibilidade de reaproveitamento. Nessa situação, a remoção da edificação compreenderá o fim de sua vida útil.

Porém, o foco está no fluxo fechado (verde). Este envolve operações de adequação da edificação, pois o objetivo é mantê-la e torná-la satisfatória às necessidades dos usuários. Assim, presume-se que com a opção pela reabilitação e a consecução por meio de operações de desconstrução, será possível valorizar recursos existentes, bem como maximizar o potencial de recuperação e minimizar os resíduos destinados aos aterros. Ainda, o potencial de recuperação de materiais e componentes é condicionado a capacidade de reaproveitamento das partes da edificação. Pode ocorrer a recuperação através da reutilização no próprio local (quando uma parte da edificação é mantida) ou a reutilização em outro local (quando uma parte da edificação é aproveitada fora do local de origem). O fechamento do ciclo é configurado quando a edificação adequada retorna para utilização.

Especificamente em relação a pesquisa, trata-se da reabilitação de dois edifícios de médio porte, que atingiram o fim da vida útil, sobretudo em função de obsolescência funcional. O intuito de investigar a intervenção é verificar o potencial de recuperação que estão sujeitos os edifícios, bem como observar de que maneira decorre efetivamente as operações de desconstrução e os processos de reutilização dos materiais e componentes recuperados.

Figura 20– Fluxograma do processo de recuperação de materiais e componentes sob a ótica da pesquisa



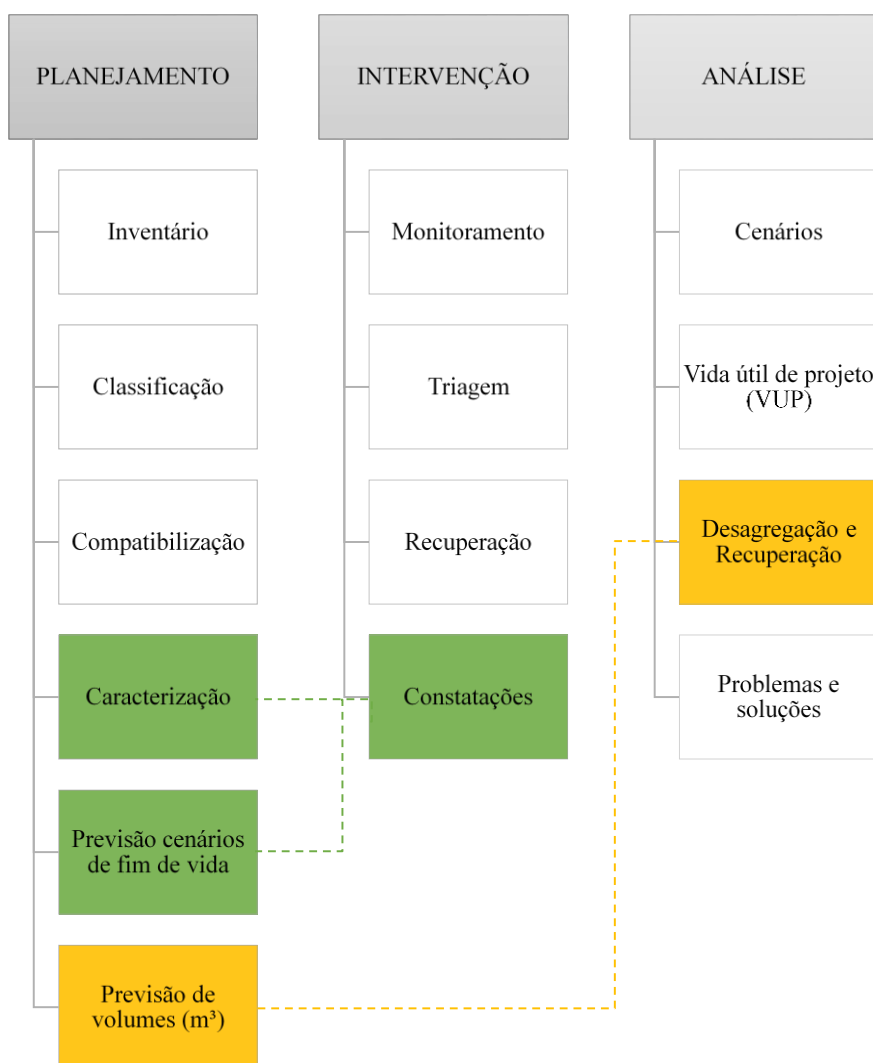
Fonte: O autor (2020).

3.3.2 Organização das tarefas de campo

A estrutura da Figura 21 apresenta de maneira geral as tarefas de campo, as quais foram divididas em três fases: planejamento, intervenção e análise. De maneira geral, o intuito desta parte do trabalho é focar nas atividades vinculadas ao objeto de estudo: antes, durante e depois do processo de reabilitação de duas edificações de médio porte.

Ainda, é possível observar na figura que as etapas de caracterização e previsão de cenários de fim de vida, do planejamento, serão confirmadas posteriormente nas constatações durante a intervenção, bem como a previsão de volumes (m^3) será confirmada durante as operações de desagregação e análise da recuperação oportunizada pela reabilitação. Esta conferência foi adotada em função das divergências que podem ocorrer entre o planejamento e a intervenção, e para tanto deve-se proceder ajustes que retratem o efetivamente realizado.

Figura 21 – Disposição das tarefas de campo



Na fase de planejamento são realizadas as atividades preparatórias ou preliminares antes da reabilitação, que no caso são:

- Inventário: levantamento, antes da intervenção, das partes do edifício que apresentam potencial de recuperação;
- Classificação: identificação por meio da vinculação das partes levantadas às tabelas de referência codificadas;
- Compatibilização: verificação das interferências entre inventário e projeto de reabilitação;
- Caracterização: verificação de parâmetros relativos às partes do edifício, designadas como: ligação, desagregação e resultado;
- Previsão de cenários de fim de vida: estimativa de cenários realizada com base nos dados disponíveis, considerando as possibilidades de recuperação e destinação relacionadas inicialmente;
- Previsão de volumes (m³): cálculo do volume das partes do edifício.

Durante a intervenção são realizadas as atividades a seguir:

- Monitoramento: investigação das operações de desagregação (desmontagem, desconstrução, demolição seletiva e demolição destrutiva);
- Triagem: inspeção visual e registro dos materiais resultantes das operações de desagregação;
- Recuperação: investigação dos cenários realizados (reutilização no próprio local, reutilização em outro local, aplicação útil, incineração para recuperação de energia, reciclagem e aterro);
- Constatações: verificação do previsto nas atividades de caracterização, previsão de cenários de fim de vida e previsão de volumes (m³).

Já as análises são realizadas para verificação e avaliação após a reabilitação, conforme relacionado a seguir:

- Cenários em função das operações de desagregação: averiguação dos resultados das operações de desagregação, considerando os cenários de fim de vida definidos;
- Vida útil de projeto (VUP): avaliação dos materiais e componentes recuperados, quanto aos parâmetros definidos pela ABNT NBR 15.575:2013 (ABNT, 2013);
- Desagregação: operações de desagregação observadas durante a reabilitação;

- Recuperação: verificação dos cenários de fim de vida confirmados durante a reabilitação;
- Problemas e soluções: análise conjunta dos desvios constatados durante a reabilitação dos Prédios A e B.

3.3.3 Cronograma de desenvolvimento das tarefas de campo

As tarefas definidas foram organizadas em um cronograma físico, conforme é possível visualizar na Figura 22. Cabe mencionar que o cronograma apresentado já contempla os ajustes necessários. Foi levado em consideração os desvios em função de imprevistos e incertezas constatados pelo pesquisador em campo, ou seja, durante a aplicação da técnica de observações participante (OP).

Figura 22– Cronograma das tarefas de campo

| TAREFA | | 2018 | | | | | | | | | | | | 2019 | | | | | | | | | | | | 2020 | | | |
|--------------|----------------------|------|---|---|---|---|----|----|----|---|---|---|---|------|---|---|---|---|----|----|----|---|---|---|---|------|---|---|---|
| | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | | | | | |
| Planejamento | Inventário | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Classificação | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Compatibilização | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Caracterização | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Previsão de cenários | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Intervenção | Monitoramento | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | Triagem | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | Recuperação | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | Constatações | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Análise | Cenários | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | Vida útil de projeto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | Desagregação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | |
| | Recuperação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | |
| | Problemas e soluções | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | |

Fonte: O autor (2020).

As tarefas de planejamento foram realizadas antes da reabilitação, durante os meses de maio a julho de 2018. A obra iniciou em agosto e foi concluída em junho de 2019. As tarefas de monitoramento, triagem e recuperação foram sendo acompanhadas durante todo período de intervenção. Após a conclusão da obra, as análises perduraram entre julho de 2019 e março de 2020.

4 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada conforme a estrutura prevista no item 3.3.2 organização das tarefas de campo, considerando as ferramentas e instrumentos definidos no item 3.2 protocolo de coleta de dados - observação participante (OP), formulários e levantamento fotográfico.

4.1 PLANEJAMENTO

O planejamento compreendeu as atividades preparatórias à intervenção, bem como o levantamento dos dados das edificações antes do início da reabilitação e análises preliminares.

4.1.1 Inventário

Para fins desta pesquisa, melhor compreensão e organização das informações, os imóveis foram tratados em separado e denominados como Prédio A e Prédio B, conforme definido no item 3.1.2 caracterização do local de estudo.

Uma avaliação geral das edificações foi realizada mediante o item 3.2.1.2 relatório de inspeção. O resultado deste relatório (Apêndice B) sinalizou que as edificações apresentam potencial para recuperação de materiais e componentes existentes.

A localização dos ambientes dentro do prédio foi realizada utilizando as plantas do *as built* (Anexo A) conforme item 3.2.1.3 projetos. No caso em questão, a IFES elaborou este projeto. Porém, numa situação onde não exista um *as built* ou projeto de construção é necessário pelo menos um croqui para identificação dos espaços.

O inventário foi executado aplicando a ferramenta do item 3.2.2 instrumentos de coleta de dados. No momento do preenchimento do formulário, também é realizado o registro fotográfico da parte do edifício em análise, bem como a sua identificação no *as built* ou croqui.

4.1.1.1 Registro fotográfico

O registro fotográfico desta etapa contempla a seleção de algumas imagens no intuito de caracterizar as partes das edificações, demonstrando ambientes, materiais e componentes. A denominação dos ambientes foi registrada conforme atribuída pelo proprietário anterior quando em uso dos espaços.

a) Prédio A

Foram selecionadas seis imagens para demonstrar o Prédio A, retratando: fachada, entrada fundos, banheiro, escadaria, sala de escritório e área de circulação interna.

Figura 23 – Fachada do Prédio A



Fonte: O autor (2018)

Figura 25 - Entrada dos fundos do prédio



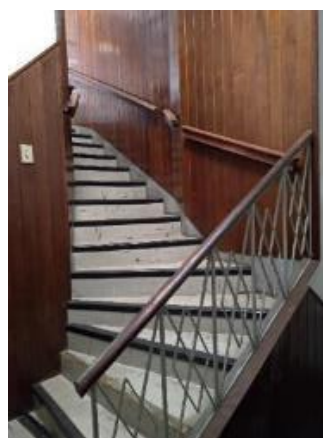
Fonte: O autor (2018)

Figura 24 - Banheiro e lavabo



Fonte: O autor (2018)

Figura 26 - Escada de acesso ao 2º pav.



Fonte: O autor (2018)

Figura 27 - Sala



Fonte: O autor (2018)

Figura 28 – Circulação



Fonte: O autor (2018)

b) Prédio B

Da mesma maneira, foram selecionadas seis imagens para demonstrar o Prédio B, retratando: fachada, fundos do prédio, área lavatório e vestiário, salas diversas, escadaria e sala de escritório.

Figura 29 - Fachada Prédio B



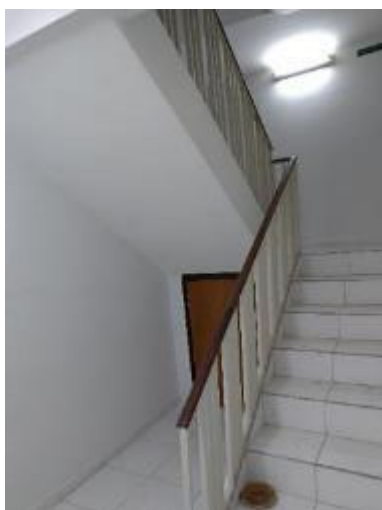
Fonte: O autor (2018)

Figura 30 - Lavatórios



Fonte: O autor (2018)

Figura 33 - Escada de acesso ao 1º pav.



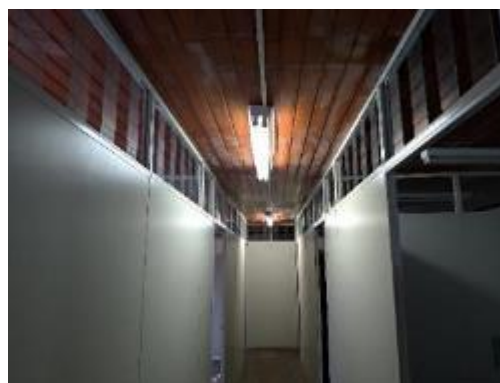
Fonte: O autor (2018)

Figura 31 - Fundos do prédio



Fonte: O autor (2018)

Figura 32 - Salas diversas 1º pav.



Fonte: O autor (2018)

Figura 34 – Sala



Fonte: O autor (2018)

4.1.1.2 Levantamento de campo

Esta tarefa compreendeu o levantamento das informações *in loco*, identificando, registrando e determinando a condição dos elementos de cada edificação. Como resultado, foram contabilizados 508 itens do Prédio A e 216 do Prédio B, que representam as edificações em sua totalidade. Os Quadros 28 e 29 apresentam o demonstrativo, contemplando alguns itens, do inventário realizado para os Prédios A e B respectivamente.

Por exemplo: no Prédio A o item 111, referente a Luminária 1,20m sobrepor, da sala denominada Política Agrícola, localizada no 1º pavimento, foi classificada como suficiente quanto a sua condição. Já no Prédio B o item 40, referente à Divisória naval da sala de escritórios, localizada no pavimento térreo, apresentou condição excelente.

Quadro 28 – Demonstrativo do formulário de inventário referente ao Prédio A

| Id | Pav | Local | Descrição genérica do item avaliado | Condição |
|-----------|------------|-------------------|--|-----------------|
| 107 | 1 | Política agrícola | Janela basculante ferro 1,0x1,40m | Suficiente |
| 108 | 1 | Política agrícola | Janela correr ferro 2,0x1,40m | Fraco |
| 109 | 1 | Política agrícola | Persiana | Fraco |
| 110 | 1 | Política agrícola | Porta madeira 80cm | Bom |
| 111 | 1 | Política agrícola | Luminária 1,20m sobrepor | Suficiente |
| 112 | 1 | Política agrícola | Tomada | Danificado |
| 113 | 1 | Política agrícola | Interruptor | Suficiente |
| 114 | 1 | Política agrícola | Piso laminado | Suficiente |
| 115 | 1 | Política agrícola | Manta polietileno 2mm | Suficiente |
| 116 | 1 | Política agrícola | Piso em tacos de madeira 7x21cm | Suficiente |
| 117 | 1 | Política agrícola | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Suficiente |
| 118 | 1 | Política agrícola | Rodapé laminado 7cm | Suficiente |
| 119 | 1 | Política agrícola | Parede alvenaria | Suficiente |
| 120 | 1 | Circulação | Janela correr ferro 1,7x1,4m | Fraco |
| 121 | 1 | Circulação | Forro acartonado | Danificado |
| 122 | 1 | Circulação | Tarugamento de madeira para forro | Danificado |
| 123 | 1 | Circulação | Piso em tacos de madeira 7x21cm | Suficiente |
| 124 | 1 | Circulação | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Suficiente |
| 125 | 1 | Circulação | Interruptor | Suficiente |
| 126 | 1 | Circulação | Armário madeira 3,0x2,1m | Fraco |
| 127 | 1 | Circulação | Tomada | Danificado |
| 128 | 1 | Circulação | Porta madeira 80cm | Bom |
| 129 | 1 | Circulação | Luminária sobrepor 0,60x0,60cm | Danificado |
| 130 | 1 | Circulação | Revestimento madeira parede, chapa e ripa | Danificado |
| 131 | 1 | Circulação | Mola hidráulica porta | Fraco |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 29 - Demonstrativo do formulário de inventário referente ao Prédio B

| Id | Pav | Local | Descrição genérica do item avaliado | Condição |
|-----------|------------|---------------|--|-----------------|
| 40 | T | Escritórios | Divisória naval | Excelente |
| 41 | T | Escritórios | Luminária 1,20m sobrepor | Suficiente |
| 42 | T | Escritórios | Interruptor | Suficiente |
| 43 | T | Escritórios | Tomada | Fraco |
| 44 | T | Escritórios | Porta naval 80cm | Excelente |
| 45 | T | Escritórios | Porta madeira 80cm | Suficiente |
| 46 | T | Escritórios | Janela correr ferro 2,0x1,2m | Suficiente |
| 47 | T | Escritórios | Rodapé madeira | Suficiente |
| 48 | T | Escritórios | Piso em tacos de madeira 7x21cm | Suficiente |
| 49 | T | Escritórios | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Suficiente |
| 50 | T | Escritórios | Persiana | Suficiente |
| 51 | T | Dep. Jurídico | Porta madeira 60cm | Suficiente |
| 52 | T | Dep. Jurídico | Porta madeira 80cm | Suficiente |
| 53 | T | Dep. Jurídico | Luminária 1,20m sobrepor | Bom |
| 54 | T | Dep. Jurídico | Tomada | Fraco |
| 55 | T | Dep. Jurídico | Piso cerâmico | Suficiente |
| 56 | T | Dep. Jurídico | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Suficiente |
| 57 | T | Dep. Jurídico | Rodapé madeira 7cm | Suficiente |

Fonte: O autor (2020).

4.1.2 Classificação

A classificação realizada possibilita a vinculação dos itens levantados no inventário à tabela SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices, a qual apresenta referências codificadas e composição unitária detalhada. Também foi possível a vinculação à um sistema de classificação normalizado por meio da ABNT NBR 15.965:2011 (ABNT, 2011). Além disso, a atribuição dos parâmetros macrogrupo (edifício), grupo (andar) e subgrupo (ambientes) possibilita a localização precisa de determinado item na edificação.

Por exemplo: no Quadro 30 o item 111 referente a Luminária 1,20m sobrepor, da sala denominada Política Agrícola, localizada no 1º pavimento, possui código SINAPI 73953/008, classificação ABNT NBR 15.965:2011 como 3E – Elemento, Macrogrupo 1 (Prédio A), Grupo 1 (pavimento térreo) e subgrupo 1 (ambiente no prédio). O item 40 do Quadro 31, possui código SINAPI 2413, classificação ABNT NBR 15.965:2011 como 3E – Elemento, Macrogrupo 2 (Prédio B), Grupo 1 (pavimento térreo) e subgrupo 1 (ambiente no prédio).

Os Quadros 30 e 31 a seguir apresentam o demonstrativo do processo de classificação e agrupamento realizado para os Prédios A e B respectivamente.

Quadro 30 - Demonstrativo do formulário de classificação referente ao Prédio A

| Id | Pav | Local | Descrição genérica do item avaliado | SINAPI | NBR 15.965:2011 | Macro grupo | Grupo | Sub grupo |
|-----------|------------|-------------------|--|---------------|------------------------|--------------------|--------------|------------------|
| 107 | 1 | Política agrícola | Janela basculante ferro 1,0x1,40m | 94564 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 1 |
| 108 | 1 | Política agrícola | Janela correr ferro 2,0x1,40m | 94562 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 1 |
| 109 | 1 | Política agrícola | Persiana | 34804 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 1 |
| 110 | 1 | Política agrícola | Porta madeira 80cm | 91314 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 1 |
| 111 | 1 | Política agrícola | Luminária 1,20m sobrepor | 73953/008 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 1 |
| 112 | 1 | Política agrícola | Tomada | 91996 | 2C - Componente | 1 | 1 | 1 |
| 113 | 1 | Política agrícola | Interruptor | 91952 | 2C - Componente | 1 | 1 | 1 |
| 114 | 1 | Política agrícola | Piso laminado | 73655 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 1 |
| 115 | 1 | Política agrícola | Manta polietileno 2mm | 73655 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 1 |
| 116 | 1 | Política agrícola | Piso em tacos de madeira 7x21cm | 84181 | 3R - Resultado | 1 | 1 | 1 |
| 117 | 1 | Política agrícola | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | 87620 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 1 |
| 118 | 1 | Política agrícola | Rodapé laminado 7cm | 73886/001 | 2C - Componente | 1 | 1 | 1 |
| 119 | 1 | Política agrícola | Parede alvenaria | 72131 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 1 |
| 120 | 1 | Circulação | Janela correr ferro 1,7x1,4m | 94562 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 2 |
| 121 | 1 | Circulação | Forro acartonado | 96110 | 3R - Resultado | 1 | 1 | 2 |
| 122 | 1 | Circulação | Tarugamento de madeira para forro | 96112 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 2 |
| 123 | 1 | Circulação | Piso em tacos de madeira 7x21cm | 84181 | 3R - Resultado | 1 | 1 | 2 |
| 124 | 1 | Circulação | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | 87620 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 2 |
| 125 | 1 | Circulação | Interruptor | 91952 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 2 |
| 126 | 1 | Circulação | Armário madeira 3,0x2,1m | 34671 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 2 |
| 127 | 1 | Circulação | Tomada | 91996 | 2C - Componente | 1 | 1 | 2 |
| 128 | 1 | Circulação | Porta madeira 80cm | 91314 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 2 |
| 129 | 1 | Circulação | Luminária sobrepor 0,60x0,60cm | 97590 | 3E - Elemento | 1 | 1 | 2 |
| 130 | 1 | Circulação | Revestimento madeira parede, chapa e ripa | 74220/001 | 3R - Resultado | 1 | 1 | 2 |
| 131 | 1 | Circulação | Mola hidráulica porta | 11560 | 2C - Componente | 1 | 1 | 2 |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 31 - Demonstrativo do formulário de classificação referente ao Prédio B

| Id | Pav | Local | Descrição genérica do item avaliado | SINAPI | NBR 15.965:2011 | Macro grupo | Grupo | Sub grupo |
|-----------|------------|---------------|--|---------------|------------------------|--------------------|--------------|------------------|
| 40 | T | Escritórios | Divisória naval | 2413 | 3E - Elemento | 2 | 0 | 4 |
| 41 | T | Escritórios | Luminária 1,20m sobrepor | 73953/008 | 3E - Elemento | 2 | 0 | 4 |
| 42 | T | Escritórios | Interruptor | 91952 | 2C - Componente | 2 | 0 | 4 |
| 43 | T | Escritórios | Tomada | 91996 | 2C - Componente | 2 | 0 | 4 |
| 44 | T | Escritórios | Porta naval 80cm | 11366 | 3E - Elemento | 2 | 0 | 4 |
| 45 | T | Escritórios | Porta madeira 80cm | 91314 | 3E - Elemento | 2 | 0 | 4 |
| 46 | T | Escritórios | Janela correr ferro 2,0x1,2m | 94562 | 3E - Elemento | 2 | 0 | 4 |
| 47 | T | Escritórios | Rodapé madeira | 73886/001 | 2C - Componente | 2 | 0 | 4 |
| 48 | T | Escritórios | Piso em tacos de madeira 7x21cm | 84181 | 3R - Resultado | 2 | 0 | 4 |
| 49 | T | Escritórios | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | 87620 | 3E - Elemento | 2 | 0 | 4 |
| 50 | T | Escritórios | Persiana | 34804 | 3E - Elemento | 2 | 0 | 4 |
| 51 | T | Dep. Jurídico | Porta madeira 60cm | 90847 | 3E - Elemento | 2 | 0 | 5 |
| 52 | T | Dep. Jurídico | Porta madeira 80cm | 91314 | 3E - Elemento | 2 | 0 | 5 |
| 53 | T | Dep. Jurídico | Luminária 1,20m sobrepor | 73953/008 | 3E - Elemento | 2 | 0 | 5 |
| 54 | T | Dep. Jurídico | Tomada | 91996 | 2C - Componente | 2 | 0 | 5 |
| 55 | T | Dep. Jurídico | Piso cerâmico | 87250 | 3R - Resultado | 2 | 0 | 5 |
| 56 | T | Dep. Jurídico | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | 87620 | 3E - Elemento | 2 | 0 | 5 |
| 57 | T | Dep. Jurídico | Rodapé madeira 7cm | 73886/001 | 2C - Componente | 2 | 0 | 5 |

Fonte: O autor (2020).

4.1.3 Compatibilização

A compatibilização no caso em questão refere-se ao procedimento de conciliação entre o inventário e o projeto de reabilitação. O objetivo é avaliar se os materiais e componentes levantados serão mantidos na edificação ou não, bem como registrar suas quantidades resultantes.

No Quadro 32 o item 111 referente a Luminária 1,20m sobrepor, mesmo item já utilizado nos exemplos anteriores, pela análise realizada foi definida a retirada de 1 unidade do elemento. Para o Quadro 33, de maneira semelhante, o item 40 foi definido na análise para ser retirado no quantitativo correspondente a 35m².

De maneira complementar, os referidos Quadros 32 e 33 apresentam o demonstrativo de parte da compatibilização realizada para os Prédios A e B respectivamente.

Quadro 32 - Demonstrativo do formulário de compatibilização referente ao Prédio A

| Id | Pav | Local | Descrição genérica do item avaliado | Análise | unidade | Qty |
|-----------|------------|-------------------|--|----------------|----------------|------------|
| 107 | 1 | Política agrícola | Janela basculante ferro 1,0x1,40m | Manter | m ² | 1,40 |
| 108 | 1 | Política agrícola | Janela correr ferro 2,0x1,40m | Manter | m ² | 2,80 |
| 109 | 1 | Política agrícola | Persiana | Retirar | m ² | 2,80 |
| 110 | 1 | Política agrícola | Porta madeira 80cm | Retirar | m ² | 2,68 |
| 111 | 1 | Política agrícola | Luminária 1,20m sobrepor | Retirar | ud | 1,00 |
| 112 | 1 | Política agrícola | Tomada | Retirar | ud | 6,00 |
| 113 | 1 | Política agrícola | Interruptor | Retirar | ud | 1,00 |
| 114 | 1 | Política agrícola | Piso laminado | Retirar | m ² | 13,12 |
| 115 | 1 | Política agrícola | Manta polietileno 2mm | Retirar | m ² | 13,12 |
| 116 | 1 | Política agrícola | Piso em tacos de madeira 7x21cm | Retirar | m ² | 13,12 |
| 117 | 1 | Política agrícola | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Retirar | m ² | 13,12 |
| 118 | 1 | Política agrícola | Rodapé laminado 7cm | Retirar | m | 15,17 |
| 119 | 1 | Política agrícola | Parede alvenaria | Retirar | m ² | 8,91 |
| 120 | 1 | Circulação | Janela correr ferro 1,7x1,4m | Manter | m ² | 2,38 |
| 121 | 1 | Circulação | Forro acartonado | Retirar | m ² | 7,40 |
| 122 | 1 | Circulação | Tarugamento de madeira para forro | Retirar | m ² | 7,40 |
| 123 | 1 | Circulação | Piso em tacos de madeira 7x21cm | Retirar | m ² | 7,40 |
| 124 | 1 | Circulação | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Retirar | m ² | 7,40 |
| 125 | 1 | Circulação | Interruptor | Retirar | ud | 1,00 |
| 126 | 1 | Circulação | Armário madeira 3,0x2,1m | Retirar | m ² | 6,30 |
| 127 | 1 | Circulação | Tomada | Retirar | ud | 1,00 |
| 128 | 1 | Circulação | Porta madeira 80cm | Manter | m ² | 2,68 |
| 129 | 1 | Circulação | Luminária sobrepor 0,60x0,60cm | Retirar | ud | 1,00 |
| 130 | 1 | Circulação | Revestimento madeira parede, chapa e ripa | Retirar | m ² | 33,48 |
| 131 | 1 | Circulação | Mola hidráulica porta | Retirar | ud | 1,00 |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 33 - Demonstrativo do formulário de compatibilização referente ao Prédio B

| Id | Pav | Local | Descrição genérica do item avaliado | Análise | unidade | Qtd |
|-----------|------------|---------------|--|----------------|----------------|------------|
| 40 | T | Escritórios | Divisória naval | Retirar | m ² | 35,00 |
| 41 | T | Escritórios | Luminária 1,20m sobrepor | Retirar | ud | 9,00 |
| 42 | T | Escritórios | Interruptor | Retirar | ud | 4,00 |
| 43 | T | Escritórios | Tomada | Retirar | ud | 19,00 |
| 44 | T | Escritórios | Porta naval 80cm | Manter | m ² | 5,04 |
| 45 | T | Escritórios | Porta madeira 80cm | Manter | m ² | 5,36 |
| 46 | T | Escritórios | Janela correr ferro 2,0x1,2m | Manter | m ² | 4,80 |
| 47 | T | Escritórios | Rodapé madeira | Retirar | m | 28,30 |
| 48 | T | Escritórios | Piso em tacos de madeira 7x21cm | Manter | m ² | 41,42 |
| 49 | T | Escritórios | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Manter | m ² | 41,42 |
| 50 | T | Escritórios | Persiana | Retirar | m ² | 4,80 |
| 51 | T | Dep. Jurídico | Porta madeira 60cm | Manter | m ² | 2,22 |
| 52 | T | Dep. Jurídico | Porta madeira 80cm | Retirar | m ² | 4,68 |
| 53 | T | Dep. Jurídico | Luminária 1,20m sobrepor | Retirar | ud | 1,00 |
| 54 | T | Dep. Jurídico | Tomada | Retirar | ud | 3,00 |
| 55 | T | Dep. Jurídico | Piso cerâmico | Manter | m ² | 9,54 |
| 56 | T | Dep. Jurídico | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Manter | m ² | 9,54 |
| 57 | T | Dep. Jurídico | Rodapé madeira 7cm | Manter | m | 14,59 |

Fonte: O autor (2020).

4.1.4 Caracterização

A etapa de caracterização contemplou a avaliação subjetiva (tátil e visual), em relação às características dos materiais e componentes levantados, de acordo com a sua concepção.

Utilizando como exemplo o item 114 do Quadro 34, verifica-se que o Piso laminado apresenta ligação do tipo encaixada, o método para sua desagregação é a desmontagem e o resultado da intervenção é um componente, no caso régua. Outra situação seria o item 52 do Quadro 35, referente a Porta de madeira 80cm, a qual possui ligação do tipo pregada, o método de desagregação é definido como desconstrução, visto que alguns componentes do elemento porta não foram concebidas para desmontagem, tais como caixilhos e batentes.

O demonstrativo do processo de caracterização realizado para os Prédios A e B consta nos Quadros 34 e 35 a seguir.

Quadro 34 - Demonstrativo do formulário de caracterização referente ao Prédio A

| Id | Pav | Local | Descrição genérica do item avaliado | Ligação | Desagregação | Resultado |
|-----------|------------|-------------------|--|----------------|----------------------|--------------------|
| 107 | 1 | Política agrícola | Janela basculante ferro 1,0x1,40m | Química | Demolição seletiva | Elemento |
| 108 | 1 | Política agrícola | Janela correr ferro 2,0x1,40m | Química | Demolição seletiva | Elemento |
| 109 | 1 | Política agrícola | Persiana | Encaixada | Desmontagem | Componente |
| 110 | 1 | Política agrícola | Porta madeira 80cm | Pregada | Desconstrução | Elemento |
| 111 | 1 | Política agrícola | Luminária 1,20m sobrepor | Encaixada | Desmontagem | Elemento |
| 112 | 1 | Política agrícola | Tomada | Aparafusada | Desmontagem | Componente |
| 113 | 1 | Política agrícola | Interruptor | Aparafusada | Desmontagem | Componente |
| 114 | 1 | Política agrícola | Piso laminado | Encaixada | Desmontagem | Componente |
| 115 | 1 | Política agrícola | Manta polietileno 2mm | Encaixada | Desconstrução | Componente |
| 116 | 1 | Política agrícola | Piso em tacos de madeira 7x21cm | Química | Demolição seletiva | Material elaborado |
| 117 | 1 | Política agrícola | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Química | Demolição destrutiva | Material amorfo |
| 118 | 1 | Política agrícola | Rodapé laminado 7cm | Química | Desconstrução | Componente |
| 119 | 1 | Política agrícola | Parede alvenaria | Química | Demolição destrutiva | Material amorfo |
| 120 | 1 | Circulação | Janela correr ferro 1,7x1,4m | Química | Demolição seletiva | Elemento |
| 121 | 1 | Circulação | Forro acartonado | Encaixada | Demolição destrutiva | Material amorfo |
| 122 | 1 | Circulação | Tarugamento de madeira para forro | Pregada | Demolição seletiva | Material elaborado |
| 123 | 1 | Circulação | Piso em tacos de madeira 7x21cm | Química | Demolição seletiva | Material elaborado |
| 124 | 1 | Circulação | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Química | Demolição destrutiva | Material amorfo |
| 125 | 1 | Circulação | Interruptor | Aparafusada | Desmontagem | Componente |
| 126 | 1 | Circulação | Armário madeira 3,0x2,1m | Aparafusada | Desmontagem | Material elaborado |
| 127 | 1 | Circulação | Tomada | Aparafusada | Desmontagem | Componente |
| 128 | 1 | Circulação | Porta madeira 80cm | Pregada | Desconstrução | Elemento |
| 129 | 1 | Circulação | Luminária sobrepor 0,60x0,60cm | Encaixada | Desmontagem | Elemento |
| 130 | 1 | Circulação | Revestimento madeira parede, chapa e ripa | Pregada | Desconstrução | Material elaborado |
| 131 | 1 | Circulação | Mola hidráulica porta | Aparafusada | Desmontagem | Componente |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 35 - Demonstrativo do formulário de caracterização referente ao Prédio B

| Id | Pav | Local | Descrição genérica do item avaliado | Ligação | Desagregação | Resultado |
|-----------|------------|---------------|--|----------------|----------------------|--------------------|
| 40 | T | Escritórios | Divisória naval | Aparafusada | Desmontagem | Material elaborado |
| 41 | T | Escritórios | Luminária 1,20m sobrepor | Aparafusada | Desmontagem | Elemento |
| 42 | T | Escritórios | Interruptor | Aparafusada | Desmontagem | Componente |
| 43 | T | Escritórios | Tomada | Aparafusada | Desmontagem | Componente |
| 44 | T | Escritórios | Porta naval 80cm | Aparafusada | Desmontagem | Elemento |
| 45 | T | Escritórios | Porta madeira 80cm | Pregada | Desconstrução | Elemento |
| 46 | T | Escritórios | Janela correr ferro 2,0x1,2m | Química | Demolição seletiva | Elemento |
| 47 | T | Escritórios | Rodapé madeira | Pregada | Desconstrução | Componente |
| 48 | T | Escritórios | Piso em tacos de madeira 7x21cm | Química | Demolição seletiva | Material elaborado |
| 49 | T | Escritórios | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Química | Demolição destrutiva | Material amorfo |
| 50 | T | Escritórios | Persiana | Aparafusada | Desmontagem | Componente |
| 51 | T | Dep. Jurídico | Porta madeira 60cm | Pregada | Desconstrução | Elemento |
| 52 | T | Dep. Jurídico | Porta madeira 80cm | Pregada | Desconstrução | Elemento |
| 53 | T | Dep. Jurídico | Luminária 1,20m sobrepor | Aparafusada | Desmontagem | Elemento |
| 54 | T | Dep. Jurídico | Tomada | Aparafusada | Desmontagem | Componente |
| 55 | T | Dep. Jurídico | Piso cerâmico | Química | Demolição destrutiva | Material amorfo |
| 56 | T | Dep. Jurídico | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Química | Demolição destrutiva | Material amorfo |
| 57 | T | Dep. Jurídico | Rodapé madeira 7cm | Pregada | Desconstrução | Componente |

Fonte: O autor (2020).

4.1.5 Previsão de cenários de fim de vida

A definição dos cenários de fim de vida está relacionada à previsão da destinação e aproveitamento dos materiais e componentes que serão atingidos pela reabilitação.

Nesse sentido, é possível visualizar no item 108 do Quadro 36, referente a Janela de correr 2,0x1,4m de ferro, que foi atribuído ao elemento a previsão de reutilização no próprio local, sendo considerado como alto o potencial de concretização deste aproveitamento. De maneira semelhante, para a Tomada especificada no item 54 do Quadro 37, a previsão do cenário de fim de vida é a reciclagem do componente, sendo o potencial de realização classificado como regular.

O demonstrativo contendo a previsão de cenários de fim de vida para os Prédios A e B é demonstrado nos Quadros 36 e 37 a seguir.

Quadro 36 - Demonstrativo do formulário de previsão de cenários de fim de vida referente ao Prédio A

| Id | Pav | Local | Descrição genérica do item avaliado | Cenários de fim de vida | Potencial estimado |
|-----------|------------|-------------------|--|---|---------------------------|
| 107 | 1 | Política agrícola | Janela basculante ferro 1,0x1,40m | Reutilização no próprio local | Alto |
| 108 | 1 | Política agrícola | Janela correr ferro 2,0x1,40m | Reutilização no próprio local | Alto |
| 109 | 1 | Política agrícola | Persiana | Reutilização em outro local | Baixo |
| 110 | 1 | Política agrícola | Porta madeira 80cm | Reutilização em outro local | Regular |
| 111 | 1 | Política agrícola | Luminária 1,20m sobrepor | Reutilização em outro local | Baixo |
| 112 | 1 | Política agrícola | Tomada | Reciclagem | Alto |
| 113 | 1 | Política agrícola | Interruptor | Reutilização em outro local | Baixo |
| 114 | 1 | Política agrícola | Piso laminado | Reutilização em outro local | Regular |
| 115 | 1 | Política agrícola | Manta polietileno 2mm | Reciclagem | Regular |
| 116 | 1 | Política agrícola | Piso em tacos de madeira 7x21cm | Reutilização no próprio local | Alto |
| 117 | 1 | Política agrícola | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Reutilização em outro local | Alto |
| 118 | 1 | Política agrícola | Rodapé laminado 7cm | Reutilização em outro local | Baixo |
| 119 | 1 | Política agrícola | Parede alvenaria | Aterro | Integral |
| 120 | 1 | Circulação | Janela correr ferro 1,7x1,4m | Reutilização no próprio local | Alto |
| 121 | 1 | Circulação | Forro acartonado | Incineração para recuperação de energia | Regular |
| 122 | 1 | Circulação | Tarugamento de madeira para forro | Aplicação útil | Regular |
| 123 | 1 | Circulação | Piso em tacos de madeira 7x21cm | Reutilização em outro local | Regular |
| 124 | 1 | Circulação | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Aterro | Integral |
| 125 | 1 | Circulação | Interruptor | Reutilização em outro local | Baixo |
| 126 | 1 | Circulação | Armário madeira 3,0x2,1m | Aplicação útil | Baixo |
| 127 | 1 | Circulação | Tomada | Reciclagem | Alto |
| 128 | 1 | Circulação | Porta madeira 80cm | Reutilização no próprio local | Regular |
| 129 | 1 | Circulação | Luminária sobrepor 0,60x0,60cm | Reutilização em outro local | Baixo |
| 130 | 1 | Circulação | Revestimento madeira parede, chapa e ripa | Aplicação útil | Baixo |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 37 - Demonstrativo do formulário de previsão de cenários de fim de vida referente ao Prédio B

| Id | Pav | Local | Descrição genérica do item avaliado | Cenários de fim de vida | Potencial estimado |
|-----------|------------|---------------|--|---|---------------------------|
| 40 | T | Escritórios | Divisória naval | Reutilização no próprio local | Alto |
| 41 | T | Escritórios | Luminária 1,20m sobrepor | Reutilização em outro local | Regular |
| 42 | T | Escritórios | Interruptor | Reutilização em outro local | Baixo |
| 43 | T | Escritórios | Tomada | Reciclagem | Regular |
| 44 | T | Escritórios | Porta naval 80cm | Reutilização no próprio local | Alto |
| 45 | T | Escritórios | Porta madeira 80cm | Reutilização no próprio local | Regular |
| 46 | T | Escritórios | Janela correr ferro 2,0x1,2m | Reutilização no próprio local | Alto |
| 47 | T | Escritórios | Rodapé madeira | Incineração para recuperação de energia | Regular |
| 48 | T | Escritórios | Piso em tacos de madeira 7x21cm | Reutilização no próprio local | Alto |
| 49 | T | Escritórios | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Reutilização no próprio local | Alto |
| 50 | T | Escritórios | Persiana | Reutilização em outro local | Baixo |
| 51 | T | Dep. Jurídico | Porta madeira 60cm | Reutilização no próprio local | Regular |
| 52 | T | Dep. Jurídico | Porta madeira 80cm | Reutilização em outro local | Regular |
| 53 | T | Dep. Jurídico | Luminária 1,20m sobrepor | Reutilização em outro local | Regular |
| 54 | T | Dep. Jurídico | Tomada | Reciclagem | Regular |
| 55 | T | Dep. Jurídico | Piso cerâmico | Reutilização no próprio local | Alto |
| 56 | T | Dep. Jurídico | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | Reutilização no próprio local | Alto |
| 57 | T | Dep. Jurídico | Rodapé madeira 7cm | Reutilização no próprio local | Regular |

Fonte: O autor (2020).

4.1.6 Previsão de volumes (m³)

A previsão de volumes foi realizada com intuito de converter as unidades (m, m² e ud) das diversas partes do edifício para unidade de volume em m³ (metro cúbico), conforme descrito no 3.2.2.6, visto que parte das análises e comparativos do Capítulo 5 deste trabalho serão efetuadas nesta unidade de medida.

A exemplo disso, para o item 116 da Tabela 2, Piso em tacos de madeira 7x21cm, foi multiplicada a área de 13,12m² pela espessura do taco 0,02m (2cm), resultado no volume de 0,26m³. O item 45 da Tabela 3, correspondente a duas Portas de madeira 80cm, totalizam a área de 5,36m² (incluído batente de 20cm), a qual multiplicada pela espessura da folha da porta de 3 cm resulta no volume de 0,16m³.

Seguindo o mesmo raciocínio, as referidas Tabelas 2 e 3 apresentam o demonstrativo de volumes calculados para diversas partes dos Prédios A e B.

Tabela 2 – Demonstrativo das quantidades convertidas em volume referente ao Prédio A

| Id | Pav | Local | Descrição genérica do item avaliado | Volume (m³) |
|-----------------|------------|-------------------|--|-------------------------------|
| 107 | 1 | Política agrícola | Janela basculante ferro 1,0x1,40m | 0,04 |
| 108 | 1 | Política agrícola | Janela correr ferro 2,0x1,40m | 0,08 |
| 109 | 1 | Política agrícola | Persiana | 0,06 |
| 110 | 1 | Política agrícola | Porta madeira 80cm | 0,08 |
| 111 | 1 | Política agrícola | Luminária 1,20m sobrepor | 0,02 |
| 112 | 1 | Política agrícola | Tomada | 0,00 |
| 113 | 1 | Política agrícola | Interruptor | 0,00 |
| 114 | 1 | Política agrícola | Piso laminado | 0,13 |
| 115 | 1 | Política agrícola | Manta polietileno 2mm | 0,13 |
| 116 | 1 | Política agrícola | Piso em tacos de madeira 7x21cm | 0,26 |
| 117 | 1 | Política agrícola | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | 0,33 |
| 118 | 1 | Política agrícola | Rodapé laminado 7cm | 0,02 |
| 119 | 1 | Política agrícola | Parede alvenaria | 1,78 |
| 120 | 1 | Circulação | Janela correr ferro 1,7x1,4m | 0,07 |
| 121 | 1 | Circulação | Forro acartonado | 0,09 |
| 122 | 1 | Circulação | Tarugamento de madeira para forro | 0,09 |
| 123 | 1 | Circulação | Piso em tacos de madeira 7x21cm | 0,15 |
| 124 | 1 | Circulação | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | 0,19 |
| 125 | 1 | Circulação | Interruptor | 0,00 |
| 126 | 1 | Circulação | Armário madeira 3,0x2,1m | 0,95 |
| 127 | 1 | Circulação | Tomada | 0,00 |
| 128 | 1 | Circulação | Porta madeira 80cm | 0,08 |
| 129 | 1 | Circulação | Luminária sobrepor 0,60x0,60cm | 0,04 |
| 130 | 1 | Circulação | Revestimento madeira parede, chapa e ripa | 0,84 |
| Subtotal | | | | 5,43 |

Fonte: O autor (2020).

Tabela 3 – Demonstrativo das quantidades convertidas em volume referente ao Prédio B

| Id | Pav | Local | Descrição genérica do item avaliado | Volume (m³) |
|-----------------|------------|---------------|--|--------------------|
| 40 | T | Escritórios | Divisória naval | 1,05 |
| 41 | T | Escritórios | Luminária 1,20m sobrepor | 0,22 |
| 42 | T | Escritórios | Interruptor | 0,00 |
| 43 | T | Escritórios | Tomada | 0,00 |
| 44 | T | Escritórios | Porta naval 80cm | 0,15 |
| 45 | T | Escritórios | Porta madeira 80cm | 0,16 |
| 46 | T | Escritórios | Janela correr ferro 2,0x1,2m | 0,14 |
| 47 | T | Escritórios | Rodapé madeira | 0,04 |
| 48 | T | Escritórios | Piso em tacos de madeira 7x21cm | 0,83 |
| 49 | T | Escritórios | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | 1,04 |
| 50 | T | Escritórios | Persiana | 0,10 |
| 51 | T | Dep. Jurídico | Porta madeira 60cm | 0,07 |
| 52 | T | Dep. Jurídico | Porta madeira 80cm | 0,14 |
| 53 | T | Dep. Jurídico | Luminária 1,20m sobrepor | 0,02 |
| 54 | T | Dep. Jurídico | Tomada | 0,00 |
| 55 | T | Dep. Jurídico | Piso cerâmico | 0,06 |
| 56 | T | Dep. Jurídico | Contrapiso argamassa cimento 2,5cm | 0,24 |
| 57 | T | Dep. Jurídico | Rodapé madeira 7cm | 0,02 |
| Subtotal | | | | 4,28 |

Fonte: O autor (2020).

4.2 INTERVENÇÃO

A fase de intervenção contemplou as ações viabilizadas por meio da técnica da observação participante (OP) durante o processo de reabilitação, as quais compreenderam as etapas de monitoramento, triagem, recuperação e constatações. A investigação abordou as edificações em sua totalidade, tendo como foco as partes ou materiais e componentes definidos no item 4.1.1, os quais totalizaram 508 itens do Prédio A e 216 do Prédio B, que no somatório resultaram em 724 elementos.

4.2.1 Monitoramento das operações de desagregação

Abrange a investigação das operações de desagregação (desmontagem, desconstrução, demolição seletiva e demolição destrutiva), as quais estão definidas no Apêndice A.

O Quadro 38 apresenta de maneira resumida as ocorrências observadas durante a intervenção realizada nos prédios A e B. Foi utilizada como lógica de organização a divisão em etapas de construção e a separação de acordo com as partes da edificação elegidas para análise.

Quadro 38 – Monitoramento das operações de desagregação dos Prédio A e B (continua)

| Etapa | Parte | Operação realizada | Ocorrências | Macro grupo |
|---------------------------|-----------------------------|----------------------|--|-------------|
| Estrutura concreto armado | Fundação | Nenhuma | Sem ocorrências | Prédio A/B |
| | Baldrame | Nenhuma | Sem ocorrências | Prédio A/B |
| | Pilar | Nenhuma | Houve alteração da localização de duas janelas a serem instaladas no 1º pavimento, em função da interferência com pilares passando embutido na parede da fachada | Prédio B |
| | Vigas | Demolição destrutiva | Retirada de duas vigas e reforço estrutural para instalação de plataforma elevatória | Prédio A/B |
| | Escada | Nenhuma | Sem ocorrências | Prédio A/B |
| | Laje | Demolição destrutiva | Abertura de vão de laje em dois ambientes e reforço estrutural para instalação de plataforma elevatória | Prédio A/B |
| Alvenaria | Parede 20cm | Demolição destrutiva | Abertura em parede para atender a disposição do novo <i>layout</i> ou instalação de esquadrias | Prédio A/B |
| | Parede 25cm | Demolição destrutiva | Abertura em parede para atender a disposição do novo <i>layout</i> ou instalação de esquadrias | Prédio A/B |
| Cobertura | Estrutura de madeira | Demolição seletiva | Retirada de tesouras, terças e ripamento danificados pela presença de térmitas (cupins) e umidade, além da constatação de utilização de madeiras inadequadas para função estrutural (tábuas de construção) | Prédio A/B |
| | Telha fibrocimento/a mianto | Desmontagem | Retirada de telhas danificadas e desgastadas pelo tempo, que apresentaram trincas, limo ou furos, além de deficiência de sobreposição em alguns pontos | Prédio A/B |
| | Calhas chapa galvanizada | Desconstrução | Retirada de calhas danificadas por oxidação, deformação, furos ou deficiência de fixação junto a alvenaria da platibanda | Prédio A/B |
| Cobertura | Condutor chapa galvanizada | Desconstrução | Retirada de condutores com pontos de corrosão ou danificados | Prédio A/B |
| Pisos | Contrapiso | Nenhuma | Sem ocorrências | Prédio A/B |
| | Cerâmico | Demolição destrutiva | Retirada de piso cerâmico devido ao novo <i>layout</i> ou adequação de instalações hidráulicas | Prédio A/B |
| | Tacos de madeira | Demolição seletiva | Em alguns ambientes foi identificado piso em tacos sob (em baixo) piso laminado e carpete (até 3 camadas de piso) | Prédio A/B |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 38 – Resumo das ocorrências da etapa de monitoramento dos Prédio A e B (continua)

| Etapa | Parte | Operação realizada | Ocorrências | Macro grupo |
|--------------|------------------|---------------------------|---|--------------------|
| Pisos | Laminado madeira | Desmontagem | Retirada de piso devido ao novo <i>layout</i> dos ambientes, onde identificou-se algumas réguas danificadas e recortes | Prédio A |
| | Vinílico | Demolição destrutiva | Retirada de piso vinílico devido ao desgaste pelo uso e comprometimento estético | Prédio A/B |
| | Rodapé | Desconstrução | Retirada de rodapés de madeira devido ao desgaste e danos por umidade e cupins | Prédio A/B |
| | Carpete | Demolição seletiva | Retirada de carpete, devido a danos, obsolescência estética e atendimento ao projeto | Prédio A |
| | Assoalho madeira | Desconstrução | Retirada de 2 camadas sobrepostas de assoalho de madeira, sendo a camada inferior severamente danificada por cupins e a superior em boas condições de reaproveitamento | Prédio B |
| | Barroteamento | Demolição seletiva | Retirada de vigas de madeira (mezanino) severamente danificadas por cupins e pela umidade, sendo necessária a substituição de toda estrutura | Prédio B |
| Revestimento | Cerâmico | Demolição destrutiva | Retirada de revestimento cerâmico de parede em alguns ambientes (áreas molhadas) devido ao novo <i>layout</i> ou adequação de instalações hidráulicas | Prédio A/B |
| Revestimento | Madeira | Desconstrução | Retirada de todo revestimento das paredes para atender o projeto de reabilitação e principalmente em função dos danos causados por cupins e pelo tempo de uso, além da obsolescência estética | Prédio A/B |
| Janelas | Ferro | Demolição seletiva | As janelas de ferro apresentaram pontos de corrosão e vidros quebrados, sendo a maioria mantida na intervenção e algumas retiradas | Prédio A/B |
| Janelas | Alumínio | Nenhuma | As janelas de alumínio estavam em bom estado de conservação e foram mantidas | Prédio A |
| Portas | Madeira | Desconstrução | Retirada de portas devido a danos causados por cupins e umidade, além de divergências de medida em relação aos vãos para atendimento da norma de acessibilidade | Prédio A/B |
| | Ferro c/ vidro | Demolição seletiva | As portas apresentaram pontos de corrosão e vidros quebrados, porém serão mantidas e recuperadas | Prédio A |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 38 – Resumo das ocorrências da etapa de monitoramento dos Prédio A e B (continua)

| Etapa | Parte | Operação realizada | Ocorrências | Macro grupo |
|--------------|----------------------|---------------------------|---|--------------------|
| Portas | Alumínio c/ vidro | Desmontagem | As portas de alumínio estavam em bom estado de conservação e foram mantidas, com exceção da porta do auditório que foi retirada para atender o projeto | Prédio A |
| Forros | Madeira | Demolição seletiva | Retirada de forro de madeira devido a constatação da obsolescência estética e funcional e danos causados por cupins. Também foi identificado a sobreposição de forros em alguns ambientes sendo: PVC sobre madeira ou madeira sobre estuque | Prédio A/B |
| | Acartonado | Demolição destrutiva | Retirada de forro acartonado em função de obsolescência estética e funcional, além de danos causados pelo uso | Prédio A |
| | PVC | Desconstrução | Retirada de forro de PVC, sendo parte das régua danificada no processo | Prédio A/B |
| | Gesso | Demolição destrutiva | Retirada de forro de gesso para substituição por outro tipo de forro, conforme projeto | Prédio A |
| | Estuque | Demolição destrutiva | Em alguns ambientes foi identificado forro de estuque sobre outros forros (madeira e PVC), sendo realizada retirada | Prédio A |
| Divisória | Naval | Desmontagem | Retirada de divisórias prevendo reaproveitamento | Prédio B |
| | Madeira | Demolição seletiva | Retirada de divisórias sem reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Granito | Desconstrução | Retirada de divisórias de granito, sem danos significativos | Prédio A |
| Elétrica | Fiação | Desmontagem | Retirada de toda fiação para atender o projeto e por estar inadequada e danificada | Prédio A/B |
| | Conduítes | Demolição seletiva | Retirada de todos conduítes do tipo aparentes, para atender o projeto | Prédio A/B |
| | Tomadas | Desmontagem | Retirada de todas as tomadas para atender o projeto e por estarem obsoletas ou danificadas | Prédio A/B |
| | Interruptores | Desmontagem | Retirada de todos os interruptores para atender o projeto e por estarem obsoletos ou danificados | Prédio A/B |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 38 – Resumo das ocorrências da etapa de monitoramento dos Prédio A e B (continua)

| Etapa | Parte | Operação realizada | Ocorrências | Macro grupo |
|--------------|-------------------------------|---------------------------|---|--------------------|
| Elétrica | Quadros | Desmontagem | Retirada de todos os quadros para atender o projeto e por estarem inadequados | Prédio A/B |
| | Luminárias | Desmontagem | Retirada de todas luminárias para atender o projeto e por estarem obsoletas, sendo algumas danificadas no processo de desmontagem | Prédio A/B |
| Hidráulica | Tubulação | Demolição destrutiva | Retirada de tubulação aparente e desativação de tubulação embutida, em função da constatação da obsolescência do sistema (tubulação de ferro fundido ou galvanizado), além de limitações de utilização, sendo realizada a substituição de toda a rede | Prédio A/B |
| | Registros | Desconstrução | Retirada dos registros de gaveta e pressão, sem danos significativos | Prédio A/B |
| | Caixa d'água | Desmontagem | Retirada de caixas d'água inadequadas (amianto) e/ou danificada em função do tempo de utilização e falta de manutenção | Prédio A/B |
| Metais | Torneiras | Desmontagem | Retirada de torneiras sem danos significativos | Prédio A/B |
| | Válvula | Desconstrução | Retirada de válvulas de descarga sem danos significativos | Prédio A/B |
| Louças | Lavatório | Desmontagem | Alguns lavatórios foram danificados no processo de retirada, principalmente as colunas | Prédio A/B |
| | Vasos sanitário | Desmontagem | Os vasos sanitários foram retirados sem danos significativos | Prédio A/B |
| | Bidê | Desmontagem | Retirada de bidê sem danos significativos | Prédio A |
| | Mictório | Desmontagem | Retirada de mictórios sem danos significativos | Prédio A |
| | Vaso sanitário caixa acoplada | Desmontagem | Retirada de vaso sanitário com caixa acoplada sem danos significativos | Prédio A |
| | Papeleira embutir | Demolição seletiva | As papeleiras foram danificadas no processo de retirada, em função de serem embutidos na alvenaria | Prédio B |
| | Cabides | Demolição seletiva | Os cabides foram danificados no processo de retirada, em função de serem embutidos na alvenaria | Prédio A/B |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 38 – Resumo das ocorrências da etapa de monitoramento dos Prédio A e B (conclusão)

| Etapa | Parte | Operação realizada | Ocorrências | Macro grupo |
|--------------|----------------------------|---------------------------|---|--------------------|
| Acessórios | Espelho | Desmontagem | Os espelhos foram retirados sem danos significativos | Prédio A/B |
| | Saboneteira | Desmontagem | As saboneteiras foram retiradas sem danos significativos | Prédio A/B |
| | Papeleira | Desmontagem | As papeleiras foram retiradas sem danos significativos | Prédio A/B |
| | Toalheiro | Desmontagem | Os toalheiros foram retirados sem danos significativos | Prédio A/B |
| | Cabides | Desmontagem | Os cabides foram retirados sem danos significativos | Prédio A/B |
| | Assento sanitário plástico | Desmontagem | Os assentos foram retirados sem danos significativos | Prédio A/B |
| Serralheria | Guarda-corpo metal | Desconstrução | A maioria dos guarda corpos foi mantida para reaproveitamento | Prédio A/B |
| Diversos | Armário madeira | Desmontagem | Os armários foram danificados na retirada, sendo que a maioria já estava comprometido por cupins ou umidade | Prédio A/B |
| | Persiana | Desmontagem | As persianas foram retiradas sem danos significativos | Prédio A/B |
| | Cortina | Desmontagem | As cortinas foram retiradas sem danos significativos | Prédio B |
| | Cobertura policarbonato | Desconstrução | A cobertura de policarbonato foi retirada sem danos significativos | Prédio A |

Fonte: O autor (2020).

4.2.1.1 Registro fotográfico

O registro fotográfico apresentado a seguir contempla a seleção de algumas imagens no intuito de caracterizar as operações realizadas nos prédios A e B.

Figura 35 - Desmontagem manual de armário de madeira



Fonte: O autor (2018)

Figura 36 - Desmontagem de divisória naval



Fonte: O autor (2018)

Figura 37 - Desmontagem de conduítes aparentes e fiação



Fonte: O autor (2018)

Figura 39 - Desmontagem de tomadas e interruptores de sobrepor



Fonte: O autor (2018)

Figura 38 - Desconstrução de forro modular acartonado



Fonte: O autor (2018)

Figura 40 - Demolição destrutiva de forro de madeira



Fonte: O autor (2018)

Figura 41 - Desmontagem de piso laminado



Fonte: O autor (2018)

Figura 42 - Desconstrução de porta de madeira 80cm



Fonte: O autor (2018)

Figura 43 - Desmontagem de forro de PVC



Fonte: O autor (2018)

Figura 44 - Demolição destrutiva de parede de alvenaria para ampliação de banheiro



Fonte: O autor (2018)

Figura 45 - Vaso sanitário e lavatório de coluna desmontados



Fonte: O autor (2018)

Figura 46 - Demolição seletiva de estrutura de cobertura de madeira para substituição por estrutura metálica



Fonte: O autor (2018)

4.2.2 Triagem de materiais e componentes

A triagem consistiu na seleção dos materiais e componentes resultantes das operações de desagregação, por meio da adoção de critérios de avaliação qualitativos e empíricos, sobretudo tátil e visual.

O Quadro 39 apresenta de maneira resumida as ocorrências observadas durante a intervenção realizada nos prédios A e B. Foi utilizada a mesma lógica de organização e divisão atribuída para o item 4.2.1. Cabe ressaltar que o monitoramento da destinação final dos resíduos não fez parte do escopo deste trabalho. Porém, em campo foi declarada a destinação observada, de acordo com a classificação estipulada na Resolução CONAMA nº 307/2002 e item 2.2.6.

Quadro 39 – Triagem de materiais e componentes dos Prédio A e B (continua)

| Etapa | Parte | Ocorrências | Macro grupo |
|---------------------------|-----------------------------|---|--------------------|
| Estrutura concreto armado | Fundação | Sem ocorrências | Prédio A/B |
| | Baldrame | Sem ocorrências | Prédio A/B |
| | Pilar | Sem ocorrências | Prédio B |
| | Vigas | Os resíduos de demolição de concreto armado foram depositados em área de acumulação para classe A | Prédio A/B |
| | Escada | Sem ocorrências | Prédio A/B |
| | Laje | Os resíduos de demolição de concreto armado foram depositados em área de acumulação para classe A | Prédio A/B |
| Alvenaria | Parede 20cm | Os resíduos de demolição de alvenaria foram separados e depositados em área de acumulação destinada à classe A, sendo que os tijolos resultantes em bom estado foram separados para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Parede 25cm | Os resíduos de demolição de alvenaria foram separados e depositados em área de acumulação destinada à classe A, sendo que os tijolos resultantes em bom estado foram separados para reaproveitamento | Prédio A/B |
| Cobertura | Estrutura de madeira | Os resíduos de madeiramento danificado foram separados e depositados em área de acumulação destinada à classe B, sendo as vigas e caibros (componentes) em bom estado separados para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Telha fibrocimento/a mianto | Os resíduos da retirada, bem como as telhas foram separados e depositados em área de acumulação destinada à classe D | Prédio A/B |
| | Calhas chapa galvanizada | As calhas e seus componentes foram separados para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Condutor chapa galvanizada | Os condutores e seus componentes foram separados para reaproveitamento | Prédio A/B |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 39 – Triagem de materiais e componentes dos Prédio A e B (continua)

| Etapa | Parte | Ocorrências | Macro grupo |
|--------------|-------------------|--|--------------------|
| Pisos | Contrapiso | Sem ocorrências significativas | Prédio A/B |
| | Cerâmico | Os resíduos resultantes da demolição de piso cerâmico foram depositados em área de acumulação destinada à classe A | Prédio A/B |
| | Tacos de madeira | Os tacos retirados foram separados e acumulados para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Laminado madeira | As régua e demais componentes foram separados e acumulados para reaproveitamento | Prédio A |
| | Vinílico | Os resíduos e todo material resultante da retirada foram depositados em área de acumulação destinada à classe B | Prédio A/B |
| | Rodapé | Os resíduos e todo material resultante da retirada foram depositados em área de acumulação destinada à classe B | Prédio A/B |
| | Carpete | O carpete retirado foi separado para reaproveitamento | Prédio A |
| | Assoalho madeira | O assoalho em bom estado, da camada superior, foi separado e acondicionado para reaproveitamento, já o assoalho comprometido foi depositado em área de acumulação destinada à resíduos classe B | Prédio B |
| | Barroteamento | A maioria das vigas por estarem danificadas foram depositadas em área de acumulação para resíduos classe B, porém algumas foram separadas para reaproveitamento | Prédio B |
| Revestimento | Cerâmico | Os resíduos resultantes da demolição foram depositados em área de acumulação destinada à classe A | Prédio A/B |
| | Madeira | Os resíduos resultantes foram depositados em área de acumulação destinada à classe B, já as chapas e ripas em bom estado foram separadas para reaproveitamento | Prédio A/B |
| Janelas | Ferro | As janelas retiradas foram separadas para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Alumínio | Sem ocorrências | Prédio A |
| Portas | Madeira | As portas de madeira danificadas foram separadas como resíduos classe B, já os componentes em bom estado foram dispostos para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Ferro c/ vidro | Sem ocorrências | Prédio A |
| | Alumínio c/ vidro | A porta retirada do auditório foi separada para reaproveitamento | Prédio A |
| Forros | Madeira | As régua e ripamento do forro foram depositados em área de acumulação para resíduos classe B | Prédio A/B |
| | Acartonado | Os módulos do forro acartonado, bem como os resíduos decorrentes da retirada foram separados e depositados em área de acumulação destinada à classe B, já o ripamento em bom estado foi separado para reaproveitamento | Prédio A |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 39 – Triagem de materiais e componentes dos Prédio A e B (continua)

| Etapa | Parte | Ocorrências | Macro grupo |
|--------------|-----------------|--|--------------------|
| Forro | PVC | As réguas de PVC e ripamento de madeira retirados em bom estado foram separados para reaproveitamento, já os resíduos e componentes danificados foram depositados em área de acumulação destinada à classe B | Prédio A/B |
| | Gesso | Os resíduos de demolição do forro de gesso foram depositados em área de acumulação destinada à classe C | Prédio A |
| | Estuque | Os resíduos de demolição do forro de estuque foram depositados em área de acumulação destinada à classe A | Prédio A |
| Divisória | Naval | As divisórias navais foram separadas e acondicionadas para reaproveitamento | Prédio B |
| | Madeira | As divisórias de madeira foram separadas para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Granito | As divisórias de granito foram separadas para reaproveitamento | Prédio A |
| Elétrica | Fiação | A fiação elétrica foi depositada em área de acumulação para resíduos classe B | Prédio A/B |
| | Conduítes | Os conduítes foram depositados em área de acumulação para resíduos classe B | Prédio A/B |
| | Tomadas | As tomadas de sobrepôr adequadas para o uso foram separadas para reaproveitamento, já as danificadas e obsoletas foram destinadas como resíduos classe B | Prédio A/B |
| | Interruptores | Os interruptores de sobrepôr adequados para o uso foram separados para reaproveitamento, já os danificados foram destinados como resíduos classe B | Prédio A/B |
| | Quadros | Os quadros elétricos foram destinados como resíduos classe B | Prédio A/B |
| Elétrica | Luminárias | As luminárias danificadas ou obsoletas foram depositadas em área de acumulação destinada à resíduos classe B, já as luminárias em boas condições de uso e as lâmpadas foram separadas para reaproveitamento | Prédio A/B |
| Hidráulica | Tubulação | A tubulação foi separada como resíduos classe B | Prédio A/B |
| | Registros | Os registros foram separados e acondicionados para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Caixa d'água | As caixas d'água foram depositadas em área de acumulação destinada à resíduos classe D, porém uma foi separada para reutilização | Prédio A/B |
| Metais | Torneiras | As torneiras foram separadas e acondicionados para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Válvula | As válvulas de vasos sanitários e mictórios foram separadas e acondicionados para reaproveitamento | Prédio A/B |
| Louças | Lavatório | Os lavatórios foram separados para reaproveitamento, já os danificados foram destinados como resíduos classe A | Prédio A/B |
| | Vasos sanitário | Os vasos sanitários foram separados para reaproveitamento, já os danificados foram destinados como resíduos classe A | Prédio A/B |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 39 – Triagem de materiais e componentes dos Prédio A e B (conclusão)

| Etapa | Parte | Ocorrências | Macro grupo |
|--------------|-------------------------------|--|--------------------|
| Louças | Bidê | O bidê foi separado para reaproveitamento | Prédio A |
| | Mictório | Os mictórios foram separados para reaproveitamento | Prédio A |
| | Vaso sanitário caixa acoplada | Os vasos sanitários com caixa acoplada foram separados para reaproveitamento | Prédio A |
| | Papeleira embutir | Parte das papeleiras foi aproveitada, sendo a maior parte destinada como resíduos classe A | Prédio B |
| | Cabides | Os cabides foram destinados como resíduos classe A | Prédio A/B |
| Acessórios | Espelho | Os espelhos foram separados para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Saboneteira | As saboneteiras foram separadas para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Papeleira | As papeleiras foram separadas para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Toalheiro | Os toalheiros foram separados para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Cabides | Os cabides foram separados para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Assento sanitário plástico | Os assentos foram separados para reaproveitamento | Prédio A/B |
| Serralheria | Guarda-corpo metal | Os guarda-corpos foram separados para reaproveitamento | Prédio A/B |
| Diversos | Armário madeira | Os componentes dos armários de madeira foram depositados em área de acumulação destinada à resíduos classe B, porém algumas chapas em bom estado foram separadas para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Persiana | As persianas foram separadas para reaproveitamento | Prédio A/B |
| | Cortina | As cortinas foram destinadas como resíduos classe B, porém algumas foram separadas para reaproveitamento | Prédio B |
| | Cobertura policarbonato | A cobertura de policarbonato foi separada para reaproveitamento, mediante adequação | Prédio A |

Fonte: O autor (2020).

4.2.2.1 Registro fotográfico

O registro fotográfico a seguir contempla a seleção de algumas imagens objetivando demonstrar o processo de triagem durante a intervenção nos prédios A e B.

Figura 47 - Armário de madeira desmontado



Fonte: O autor (2018)

Figura 49 - Porta de 80cm para divisória



Fonte: O autor (2018)

Figura 48 - Ripas de madeira empilhadas



Fonte: O autor (2018)

Figura 50 - Chapas de revestimento de madeira separadas



Fonte: O autor (2018)

Figura 51 - Lâmpadas fluorescentes



Fonte: O autor (2018)

Figura 52 - Tomadas e interruptores de sobrepor



Fonte: O autor (2018)

Figura 53 - Luminárias (vários tipos) de sobrepor 1,20m



Fonte: O autor (2018)

Figura 54 - Régua de piso laminado e manta de polietileno 2mm



Fonte: O autor (2018)

Figura 55 - Réguas de forro PVC



Fonte: O autor (2018)

Figura 56 - Portas e batentes de madeira



Fonte: O autor (2018)

Figura 57 - Janelas de ferro



Fonte: O autor (2018)

Figura 58 - Vasos sanitários e lavatórios



Fonte: O autor (2018)

4.2.3 Recuperação de materiais e componentes

Após concluída as operações de desagregação e triagem ou seleção, iniciou-se os processos de recuperação dos materiais e componentes. O enquadramento foi realizado de acordo com as possibilidades de cenários de fim de vida relacionados no item 4.1.5. Nesse sentido, o Quadro 40 apresenta o percentual de recuperação determinado para cada parte do prédio estudada e uma coluna para observações.

Quanto ao campo referente ao cenário de fim de vida, cabe mencionar que para algumas partes da edificação avaliada, foi constatada mais de uma possibilidade. Por exemplo a estrutura de madeira da cobertura teve de ser retirada devido aos severos danos causados por cupins e umidade, porém um percentual pequeno das vigas que estavam em condições suficientes pôde ser aproveitado para fins diferentes do original, por meio de uma aplicação útil.

Ressalta-se que na coluna recuperação, os percentuais marcados com (*) asterisco foram determinados com base no cenário realizado e por meio da técnica da observação participante (OP). Assim, para estas partes não foi possível determinar o quantitativo exato, apenas avaliá-lo de maneira estimativa. Cabe mencionar que as demais partes foram calculados por meio de verificações *in loco* e informações extraídas de projetos.

Quadro 40 – Recuperação de materiais e componentes dos Prédio A e B (continua)

| Etapa | Parte | Cenário de fim de vida | Recuperação | Observação |
|---------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------------|---|
| Estrutura concreto armado | Fundação | Reutilização no próprio local | 100% | - |
| | Baldrame | Reutilização no próprio local | 100% | - |
| | Pilar | Reutilização no próprio local | 100% | - |
| | Vigas | Reutilização no próprio local/Aterro | 95% | Vigas demolidas para implantação de plataforma elevatória |
| | Escada | Reutilização no próprio local | 100% | - |
| | Laje | Reutilização no próprio local/Aterro | 98% | Abertura em laje para implantação de plataforma elevatória |
| Alvenaria | Parede 20cm | Reutilização no próprio local/Aterro | 89% | Tijolos recuperados foram utilizados para fechamento de vãos e caixas de passagem |
| | Parede 25cm | Reutilização no próprio local/Aterro | 97% | Tijolos recuperados foram utilizados para fechamento de vãos e caixas de passagem |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 40 – Recuperação de materiais e componentes dos Prédio A e B (continua)

| Etapa | Parte | Cenário realizado | Recuperação | Observação |
|--------------|----------------------------|--|-------------|--|
| Cobertura | Estrutura de madeira | Aterro/Aplicação útil | *20% | Estrutura de madeira danificada |
| | Telha fibrocimento/amianto | Aterro | 0% | Cobertura danificada |
| | Calhas galvanizada chapa | Reciclagem | 100% | Calhas danificadas ou inadequadas |
| | Condutor galvanizada chapa | Reciclagem/Reutilização no próprio local | 100% | Condutores danificados ou inadequados |
| Pisos | Contrapiso | Reutilizado no próprio local | 100% | - |
| | Cerâmico | Aterro/Reutilizado no próprio local | 68% | Em alguns ambientes o revestimento de piso foi mantido |
| | Tacos de madeira | Reutilizado no próprio local | 100% | Identificado em alguns ambientes piso de taco sob outros pisos |
| | Laminado madeira | Reutilização em outro local/ Incineração para recuperação de energia | 100% | - |
| | Vinílico | Aterro | 0% | - |
| | Rodapé | Incineração para recuperação de energia/Aterro | *60% | - |
| | Carpete | Reciclagem | 100% | - |
| | Assoalho madeira | Reutilização no próprio local/Aterro | 100% | Identificada outra camada de assoalho abaixo e danificada |
| | Barroteamento | Aterro/Aplicação útil | *10% | Madeiramento comprometido por cupins e umidade |
| Revestimento | Cerâmico | Aterro/Reutilização no próprio local | 32% | Em poucos ambientes o revestimento de parede foi mantido |
| | Madeira | Incineração para recuperação de energia/Aplicação útil/Aterro | *60% | Parte das chapas de madeira foram utilizadas como proteção de piso durante a intervenção |
| Janelas | Ferro | Reutilização no próprio local | 100% | - |
| | Alumínio | Reutilização no próprio local | 100% | - |
| Portas | Madeira | Aterro/Reutilização no próprio local | *25% | Portas danificadas por cupins ou dimensão fora de padrão |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 40 – Recuperação de materiais e componentes dos Prédio A e B (continua)

| Etapa | Parte | Cenário realizado | Recuperação | Observação |
|------------|-------------------|---|-------------|---|
| Portas | Ferro c/ vidro | Reutilização no próprio local | 100% | - |
| | Alumínio c/ vidro | Reutilização no próprio local/Reutilização em outro local | 100% | - |
| Forros | Madeira | Incineração para recuperação de energia/Aterro | *60% | Identificado em alguns ambientes forro de madeira antigo sob outros forros |
| | Acartonado | Incineração para recuperação de energia/Aplicação útil/Aterro | *60% | - |
| | PVC | Reciclagem/Reutilização em outro local/Aterro | *60% | - |
| | Gesso | Aterro | 0% | - |
| | Estuque | Aterro/Reutilização no próprio local | 0% | Identificado forro de estuque antigo sob outros forros, sendo mantido em um dos ambientes |
| Divisória | Naval | Reutilização no próprio local | 100% | - |
| | Madeira | Incineração para recuperação de energia | 100% | - |
| | Granito | Reutilização em outro local | 100% | - |
| Elétrica | Fiação | Reciclagem | 100% | - |
| | Conduítes | Reciclagem/Aterro | *60% | - |
| | Tomadas | Reciclagem/Reutilização em outro local | 100% | - |
| | Interruptores | Reciclagem | 100% | - |
| | Quadros | Aterro | 0% | - |
| | Luminárias | Reutilização em outro local/Reciclagem | 100% | - |
| Hidráulica | Tubulação | Aterro | 0% | Identificado tubulação danificada e obsoleta |
| | Registros | Reutilização em outro local/Aterro | *25% | Identificado registros danificados e obsoletos |
| | Caixa d'água | Aterro | 25% | Caixa d'água obsoleta e inadequada, sendo apenas uma aproveitada |

Fonte: O autor (2020).

Quadro 40 – Recuperação de materiais e componentes dos Prédio A e B (conclusão)

| Etapa | Parte | Cenário realizado | Recuperação | Observação |
|-------------|-------------------------------|--|-------------|--|
| Metais | Torneiras | Reutilização em outro local | 100% | - |
| | Válvula | Reutilização em outro local/Aterro | *80% | - |
| Louças | Lavatório | Reutilização em outro local/Aterro | *80% | Alguns lavatórios foram danificados no processo de retirada |
| | Vasos sanitário | Reutilização em outro local/Aterro | *80% | Alguns vasos sanitários foram danificados no processo de retirada |
| | Bidê | Reutilização em outro local | 100% | - |
| | Mictório | Reutilização em outro local | 100% | - |
| | Vaso sanitário caixa acoplada | Reutilização em outro local | 100% | - |
| | Papeleira embutir | Reutilização no próprio local/Aterro | 33% | - |
| | Cabides | Aterro | 0% | - |
| Acessórios | Espelho | Reutilização em outro local/Reciclagem | 100% | - |
| | Saboneteira | Reutilização em outro local/Reciclagem | 100% | - |
| | Papeleira | Reutilização em outro local/Reciclagem | 100% | - |
| | Toalheiro | Reutilização em outro local/Reciclagem | 100% | - |
| | Cabides | Reutilização em outro local/Reciclagem | 100% | - |
| | Assento sanitário plástico | Reciclagem | 100% | - |
| Serralheria | Guarda corpo metal | Reutilização no próprio local | 100% | A maioria dos guarda corpos foram reformados para atendimento à norma vigente |
| Diversos | Armário madeira | Incineração para recuperação de energia/Aplicação útil | 100% | - |
| | Persiana | Reutilização em outro local/Reciclagem | 100% | - |
| | Cortina | Reciclagem/Aplicação útil | 100% | Parte das cortinas foram utilização como proteção de elementos durante a intervenção |
| | Cobertura policarbonato | Reutilização no próprio local | 100% | - |

Fonte: O autor (2020).

4.2.3.1 Registro fotográfico

O registro fotográfico a seguir contempla a seleção de algumas imagens objetivando demonstrar o processo de recuperação observado durante a intervenção nos prédios A e B.

Figura 59 - Luminárias e lâmpadas separadas para reutilização pela IFES



Fonte: O autor (2018)

Figura 61 - Reutilização de piso de tacos que estava embaixo de 2 camadas de piso: carpete e piso lamindado



Fonte: O autor (2018)

Figura 60 - Ripas, forros e chapas deterioradas ou atacadas por cupins que foram destinadas à reutilização por incineração (recuperação de energia)



Fonte: O autor (2018)

Figura 62 - Réguas danificadas de forro de PVC separadas para reaproveitamento em usina de reciclagem



Fonte: O autor (2018)

Figura 63 - Ripas, tábuas e chapas de madeira para reutilização no laboratório de construção civil da IFES



Fonte: O autor (2018)

Figura 65 - Chapas de madeira reutilizadas no local para proteção de piso



Fonte: O autor (2018)

Figura 67 - Tijolos de demolição reutilizados no local para fechamento de vãos



Fonte: O autor (2018)

Figura 64 - Cortina reutilizada no local para proteção de esquadria de vidro



Fonte: O autor (2018)

Figura 66 - Vasos sanitários, mictórios, lavatórios e torneiras que serão reutilizados pelo setor de manutenção da IFES



Fonte: O autor (2018)

Figura 68 - Adequação de guarda-corpo existente para reutilização



Fonte: O autor (2018)

Figura 69 - Tacos de madeira reutilizados no local



Fonte: O autor (2018)

Figura 70 - Assoalho de madeira para reutilização no local



Fonte: O autor (2018)

Figura 71 - Batentes e vistas de portas de madeira reutilizados no local como fôrma para requadro de paredes e vãos



Fonte: O autor (2018)

Figura 72 - Vigas de madeira do telhado e mezanino separadas para reutilização no local como escoramento



Fonte: O autor (2018)

4.2.4 Constações da intervenção

No decorrer do desenvolvimento da aplicação do método, no que tange a fase de intervenção, foram realizadas constatações (ver detalhes nos Quadros 38, 39 e 40), onde algumas mais significativas foram seleccionadas e serão expostas de maneira geral nas etapas adiante.

a) Monitoramento

- Os prédios continham vários mobiliários de madeira, alguns embutidos, tais como armários, estantes e balcões. Devido as dimensões dos móveis, foi necessária desmontagem para retirada, sendo neste processo constatado várias partes danificadas por umidade e cupins, fato que inviabilizou a reutilização para o mesmo uso;
- As divisórias do tipo naval foram perfeitamente desmontadas, visto que o processo foi realizado sem danos, mantendo íntegra as partes, possibilitando a reutilização;
- O revestimento de madeira aplicado nas paredes internas dos prédios revelou ripas em bom estado de conservação, apesar de constarem presilhas metálicas de encaixe, pregos e alguns componentes levemente danificados no processo de retirada. Já a maioria das chapas de madeira estavam danificadas por cupins e umidade, dificultando o reaproveitamento;
- A instalação elétrica composta por conduítes aparentes, fiação, tomadas e interruptores encontrava-se danificada ou obsoleta ao uso, sendo possível o reaproveitamento apenas de luminárias e lâmpadas, as quais foram retiradas sem danos aparentes;
- O forro acartonado estava danificado e obsoleto, não sendo possível reaproveitamento. Porém, a estrutura de madeira usada para sustentação estava adequada, apesar dos pregos. Além disso, foi constatado, após a retirada do forro, um teto antigo em ótimo estado, com acabamento em reboco fino e pintura, incluindo ornamentos tipo sancas;
- O piso laminado foi perfeitamente desmontado, sendo identificado apenas algumas partes danificadas e recortes para o encaixe do mobiliário. Após a retirada do piso foi constatado em alguns ambientes piso de tacos e granitina em perfeitas condições de aproveitamento;
- O forro de PVC foi parcialmente danificado no processo de retirada, sendo as régua e o madeiramento que estavam em boas condições disponibilizados para reaproveitamento. Em alguns ambientes também foi encontrado forro de madeira comprometido por cupins, além de um forro de estuque sobre o forro de PVC (foi constatado até 3 camadas de forro sobrepostas);
- Após a retirada do forro foi possível identificar que o madeiramento da estrutura de cobertura dos prédios estava completamente danificado por cupins e umidade, além

da constatação de execução de reforços utilizando tábuas de construção. Assim, foi necessária substituição de toda a estrutura de cobertura;

- Durante a execução das operações de desagregação nos prédios, foi verificado que as instalações hidráulicas, principalmente tubulações, registros e caixas d'água, encontravam-se danificados, obsoletos ou inadequados ao uso que se pretendia, sendo necessária a substituição completa de todo sistema;
- Após a retirada do forro do 1º andar do Prédio B, situação em que possibilitou enxergar detalhadamente a estrutura do mezanino, foi identificado que o vigamento estava danificado por cupins e umidade, sendo necessária a substituição de toda estrutura;
- Depois de uma avaliação detalhada das portas de madeira internas, verificou-se que a maioria delas estavam danificadas por cupins e umidade, além de dimensões fora de padrão (folha de 77cm), sendo necessária a substituição das mesmas;
- Após a retirada do piso laminado de um dos ambientes do 1º pavimento do Prédio B, foi constatado que a laje havia cedido e causado um desnivelamento significativo (aproximadamente 10 cm) das bordas do piso em direção ao meio da sala. Diante da situação, foi necessário realizar o reforço da laje utilizando “macaco hidráulico” e vigas metálicas.

b) Triagem

- Os resíduos de demolição de alvenaria foram separados e depositados em área de acumulação destinada à classe A, sendo que os tijolos resultantes em bom estado foram separados para reaproveitamento;
- Os resíduos de madeiramento danificado da estrutura de cobertura foram separados e depositados em área de acumulação destinada à classe B, sendo as vigas e caibros (componentes) em bom estado separados para reaproveitamento;
- O assoalho de madeira do mezanino em bom estado (camada superior) foi separado e acondicionado para reaproveitamento, já o assoalho comprometido foi depositado em área de acumulação destinada à resíduos classe B;
- A maioria das vigas do barroteamento do mezanino, por estarem danificadas, foram depositadas em área de acumulação para resíduos classe B, porém algumas foram separadas para reaproveitamento;

- As réguas de PVC e ripamento de madeira retirados em bom estado foram separados para reaproveitamento, já os resíduos e componentes danificados foram depositados em área de acumulação destinada à classe B;
- As luminárias danificadas ou obsoletas foram depositadas em área de acumulação destinada à resíduos classe B, já as luminárias em boas condições de uso e as lâmpadas foram separadas para reaproveitamento;
- Acessórios (espelhos, saboneteiras, papeleiras, espelhos etc.), metais (torneiras, válvulas, registros) e louças (lavatórios, vasos sanitários, mictórios) foram separados para reaproveitamento;
- Fiação, conduítes, tomadas e interruptores danificados ou obsoletos tecnicamente foram depositadas em área de acumulação para resíduos classe B, já a minoria que estava adequada e em condições de uso foi separada para reaproveitamento;
- As cortinas e persianas danificadas foram destinadas como resíduos classe B, porém àquelas em boas condições de uso foram separadas para reaproveitamento.

c) Destinação e aproveitamento

- Decorrente da demolição de alvenarias, foi possível reutilizar no próprio local alguns tijolos sendo estes empregados para fechamento de vãos de paredes e execução de algumas caixas de passagem para hidráulica e elétrica;
- Uma pequena quantidade de vigas de madeira oriundas da demolição da estrutura de cobertura e do barroteamento do mezanino foram reaproveitadas como escoras e utilizadas durante a execução da obra;
- Calhas e condutores de chapa galvanizada danificados e inadequados para o uso foram destinados à reciclagem, sendo mantido os condutores em bom estado;
- O piso em tacos de madeira identificado embaixo de outros tipos de piso, bem como o assolhado do mezanino foram recuperados e reutilizados no próprio local;
- A incineração para recuperação de energia foi empregada para a maior parte dos resíduos de classe B decorrentes da retirada de forração de teto e revestimentos de madeira, bem como do ripamento danificado que foi utilizado para suporte e fixação, salvo as réguas de forros de PVC que foram destinadas à reciclagem ou reutilização;
- A reciclagem foi a destinação de parte dos conduítes, fiação, tomadas, interruptores, e demais acessórios de plástico que não foram possíveis a reutilização devido a danos ou obsolescência funcional/estética;

- Algumas chapas de madeira e cortinas tiveram como destino uma aplicação útil, sendo aproveitadas durante a realização da intervenção como proteção de pisos e esquadrias existentes;
- Os materiais e componentes em bom estado, tais como vasos sanitários, lavatórios, mictórios, torneiras, válvulas de descarga, registros, chuveiros, portas, tomadas, luminárias e ripas de madeira foram destinadas ao setor de manutenção da IFES para reutilização em outro local;
- Os materiais e componentes que a IFES não teve interesse em reaproveitar, tais como piso laminado, forro de PVC, portas e janelas de ferro, acessórios de banheiro, divisórias de granito, caixa d'água, telhas e alguns acessórios de banheiro, foram destinados à empresa construtora para fins de reutilização em outro local;
- Os guarda-corpos e a maioria das janelas e portas de ferro foram recuperados para reutilização no próprio local;
- De maneira geral, foram destinados à aterros os resíduos decorrentes da demolição de paredes de alvenaria, estruturas de concreto, revestimentos cerâmicos, argamassas, tubulações e parte do madeiramento danificado que não foi possível reaproveitar;
- A maioria dos resíduos de madeira foi destinada à incineração para recuperação de energia, no caso em questão foi encaminhado para queima em caldeira;
- Os resíduos de forro de PVC, mantas térmicas, plásticos e acessórios danificados compostos por materiais recicláveis foram destinados à reciclagem;
- Os percentuais de recuperação relacionados no Quadro 48 foram determinados em função do reaproveitamento realizado para cada parte do edifício em análise, descontando o que foi destinado ao aterro (não foi recuperado).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

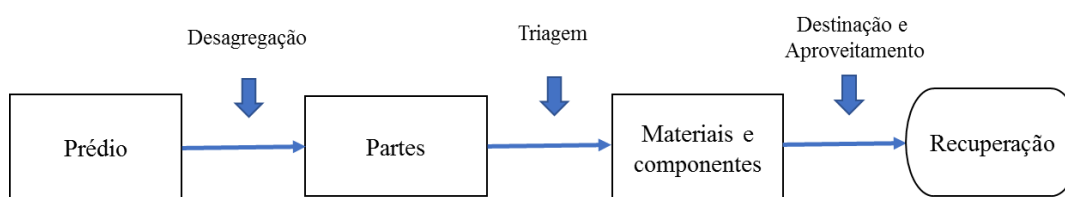
A primeira parte deste capítulo compreendeu analisar os dados coletados. Inicia-se as avaliações traçando os cenários de recuperação de materiais e componentes, em função das operações de desagregação realizadas nos prédios. Posteriormente, são realizadas verificações quanto aos parâmetros definidos para a vida útil de projeto (VUP). Depois, avalia-se as operações de desagregação e recuperação constatadas após a conclusão da reabilitação. Para finalizar, relaciona-se os problemas e soluções observados, no que tange os processos de desagregação e recuperação dos materiais e componentes existentes.

A segunda parte do capítulo apresenta os resultados obtidos das avaliações. São elencados alguns achados da observação participante (OP), sobretudo no que diz respeito aos desvios ou divergências constatados entre os projetos e a realidade de execução da reabilitação. Após, demonstra-se a síntese dos dados analisados e as considerações atribuídas para a determinação do potencial de desagregação dos prédios, bem como o potencial de recuperação de materiais e componentes. Para finalizar, discute-se os resultados da pesquisa de maneira geral e apresenta-se algumas propostas de ações de curto e longo prazo.

5.1 RECUPERAÇÃO RELACIONADA ÀS OPERAÇÕES DE DESAGREGAÇÃO

As operações realizadas são demonstradas na Figura 73. De maneira simplificada, o processo inicia com as operações de desagregação para obtenção de partes do prédio. Estas são submetidas à triagem para separação em materiais e componentes. Para finalizar, verifica-se as possibilidades de destinação e aproveitamento que resultarão em recuperação.

Figura 73– Fluxo simplificado das operações de recuperação



Fonte: O autor (2020).

Deste modo, as análises foram definidas em função das operações de desagregação registradas (desmontagem, desconstrução, demolição seletiva e demolição destrutiva) - descritas no item 4.2.1 - e a destinação e aproveitamento realizados (cenários de fim de vida observados) referentes aos materiais e componentes recuperados - relacionados no item 4.2.3.

As planilhas detalhadas pertinentes às análises constam no Apêndice C, onde para melhor entendimento, as verificações foram separadas em prédio A e B.

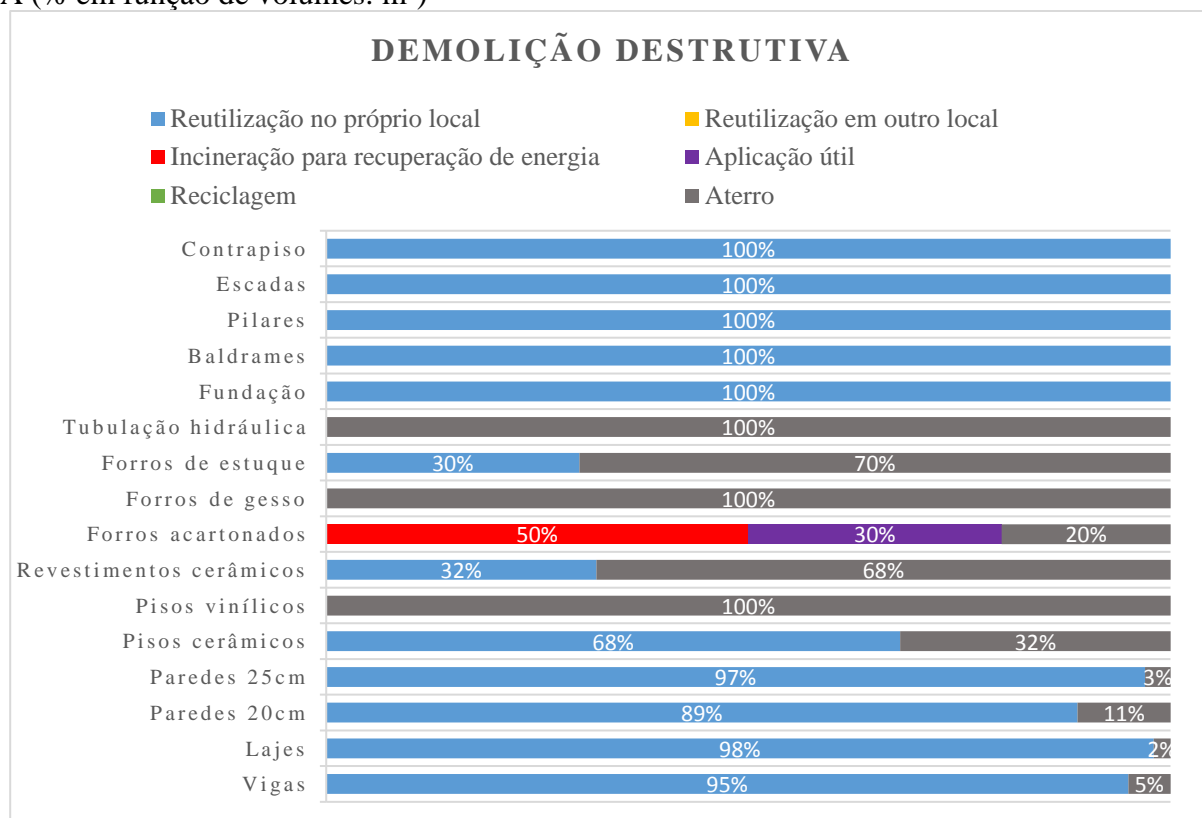
a) Prédio A

O Gráfico 2, do tipo barras horizontais empilhadas, elenca as partes do edifício (eixo Y) atingidas por operações de demolição destrutiva e seus percentuais em relação aos volumes (m^3) de materiais e componentes recuperados durante a reabilitação (eixo X). A recuperação é demonstrada pela legenda de cores - conforme o cenário de fim de vida observado - e as barras de percentuais. Nesse sentido, analisando o gráfico é possível constatar a predominância de dois cenários: reutilização no próprio local, referente as partes estruturais e alvenarias; e destinação final ao aterro para os resíduos de demolição e partes deterioradas ou amorfas da edificação.

Cabe destacar no gráfico a parte relativa ao forro acartonado, na qual observou-se a alocação de 3 cenários e percentuais distintos, sendo: 50% como incineração para aproveitamento de energia, 30% aplicação útil e 20% destinado ao aterro. É possível evidenciar que grande parte do prédio foi mantida (reutilização no próprio local) e que a demolição destrutiva ocasionou a geração de resíduos (material amorfo) com poucas possibilidades de aproveitamento. A exceção diz respeito a algumas parcelas (referente às ripas) recuperadas do forro acartonado.

Importante mencionar que as operações de demolição destrutiva abrangem as partes que representam o maior volume de materiais do edifício analisado, tais como estrutura e alvenaria.

Gráfico 2 – Recuperação em função das operações de demolição destrutiva realizadas no Prédio A (% em função de volumes: m^3)



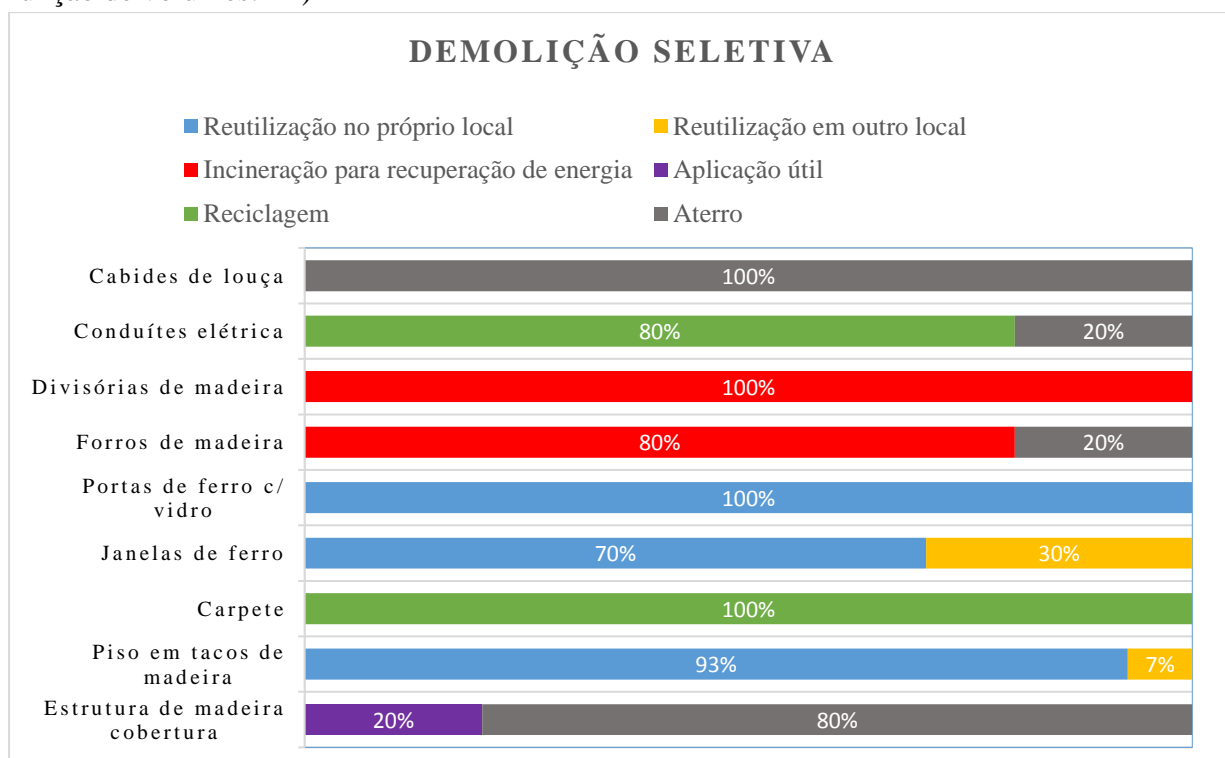
Fonte: O autor (2020).

De maneira semelhante ao procedimento descrito para demolição destrutiva, o Gráfico 3 apresenta a relação das partes do edifício atingidas por operações de demolição seletiva e os respectivos percentuais em relação aos volumes (m^3) de materiais e componentes recuperados, observados durante a reabilitação.

No caso em análise, não é possível determinar a predominância de um cenário específico, pois todas as possibilidades de recuperação definidas estão presentes no gráfico. Sobretudo, destacam-se a reciclagem dos conduítes de elétrica e revestimento de piso em carpete; a incineração para recuperação de energia das divisórias e forros de madeira; a reutilização no próprio local de portas e janelas de ferro, além do aproveitamento do piso em tacos de madeira.

Foi observado que este tipo de desagregação seletiva aumenta as possibilidades de recuperação pois, em relação à demolição destrutiva, geralmente causa menores danos durante o processo de remoção de materiais e componentes.

Gráfico 3 – Recuperação em função das operações de demolição seletiva no Prédio A (% em função de volumes: m^3)

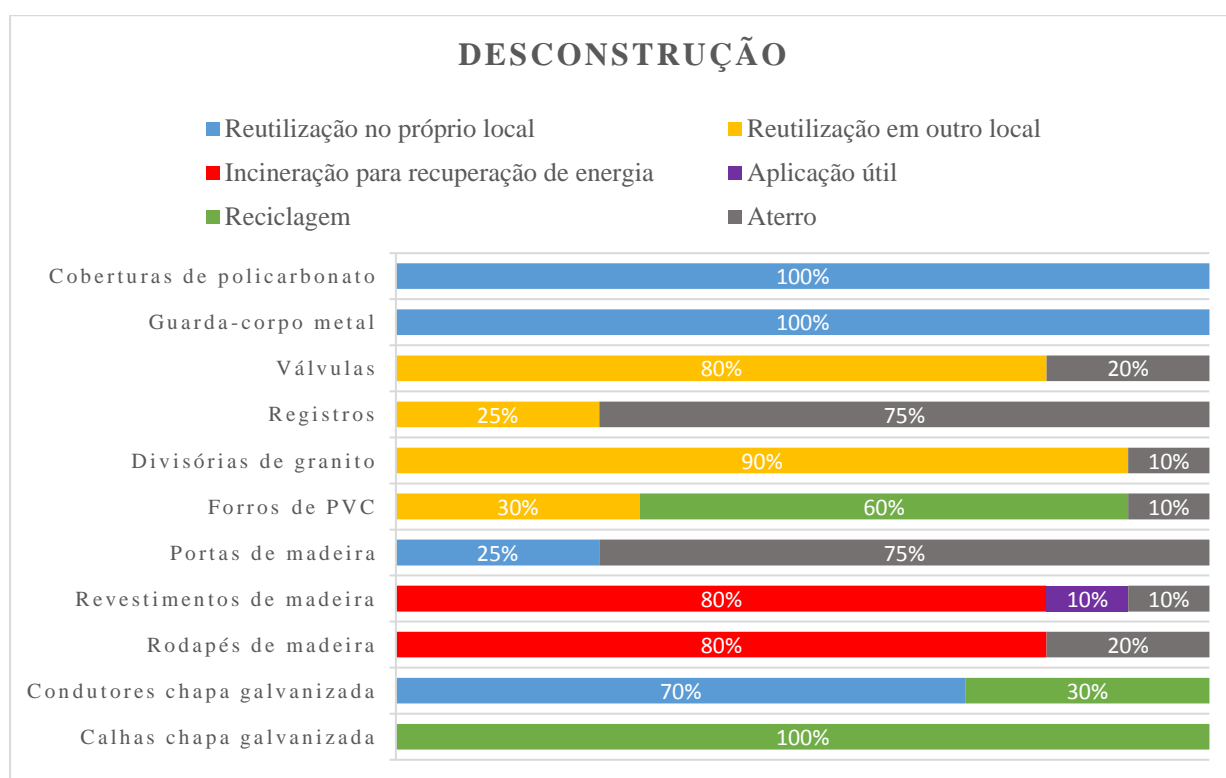


Fonte: O autor (2020).

Com relação às operações de desconstrução, foi possível constatar as possibilidades de destinação e aproveitamento demonstradas no Gráfico 4. Ressalta-se que este método de desagregação favorece a recuperação de materiais e componentes, visto que frequentemente estes são retirados sem danos. Tal fato é evidenciado pelo cenário de reutilização em outro local para os itens: válvulas, registros, divisórias de granito e forros de PVC.

Outra situação importante a destacar é que no objeto de estudo em questão, a maioria das partes da edificação atingidas por este tipo de desagregação estavam danificadas ou obsoletas, comprometendo (reduzindo) o quantitativo de itens reutilizados no próprio local ou em outro local. No entanto, ainda foi possível a recuperação dos materiais e componentes danificados, tais como elementos de madeira que foram alocados como incineração para recuperação de energia. Observou-se que somente foram destinadas ao aterro as partes do edifício sem possibilidade de recuperação.

Gráfico 4 – Recuperação em função das operações de desconstrução realizadas no prédio A (% em função de volumes: m³)



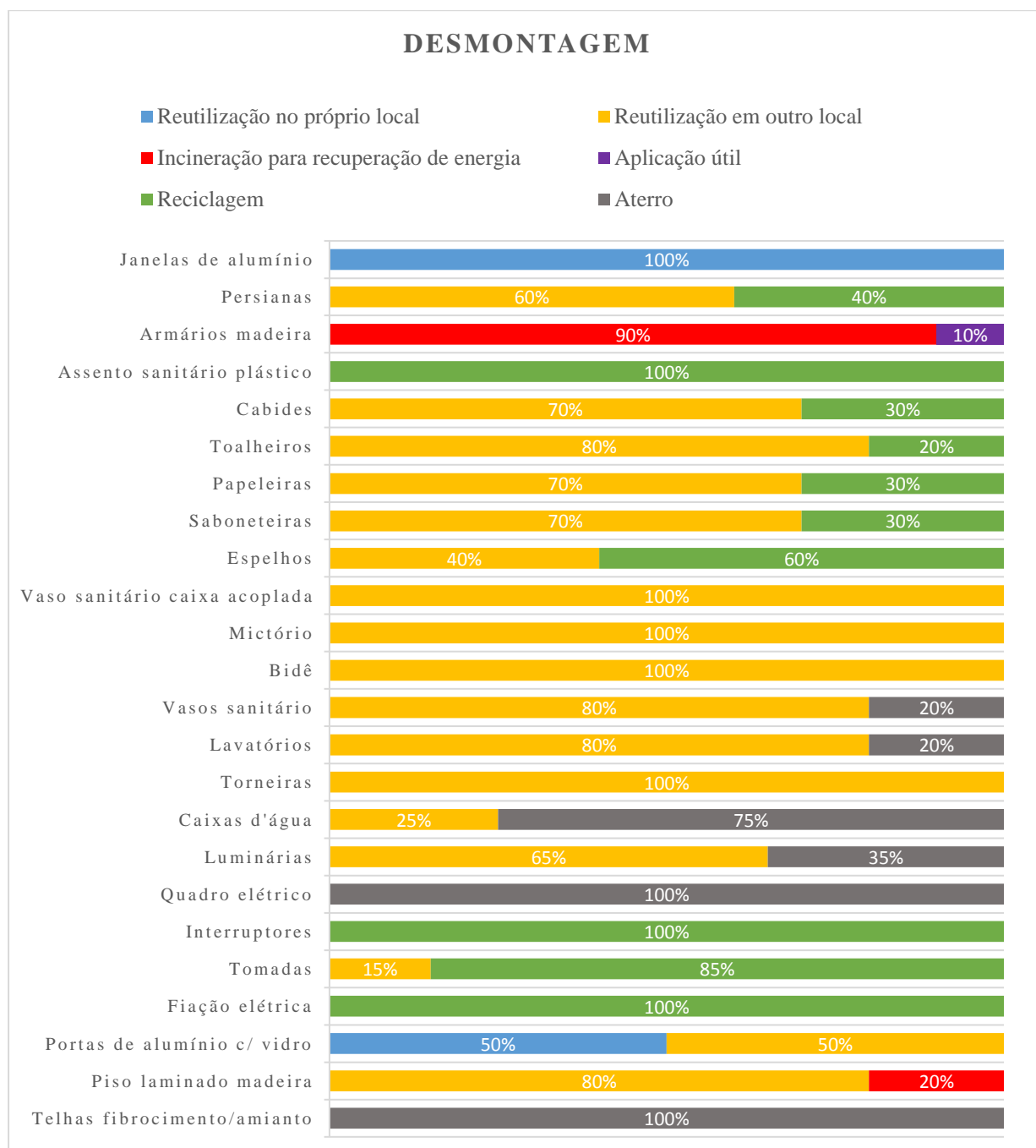
Fonte: O autor (2020).

De maneira análoga ao que já foi exposto para as operações anteriores, as partes do edifício relacionadas no Gráfico 5 tiveram as possibilidades de recuperação definidas em decorrência das operações de desmontagem realizadas.

Verificou-se a predominância do cenário de reutilização em outro local, pois a desmontagem possibilita a remoção sem danificar materiais e componentes. Além disso, estes itens não foram reutilizados no próprio local em função de exigências de projeto. Também ficou evidente o cenário de reciclagem, que foi o rumo dado aos materiais e componentes danificados, obsoletos ou inadequados à reutilização e a reutilização no próprio local para as janelas de alumínio.

A destinação ao aterro nesta análise foi atribuída somente aos itens danificados e que não puderam ser aproveitados em nenhuma das possibilidades de recuperação, tais como: lavatórios e vasos sanitários danificados durante a retirada; telhas de fibrocimento e amianto inadequadas e danificadas para reuso; e demais itens obsoletos.

Gráfico 5 – Recuperação em função das operações de desmontagem realizadas no prédio A (% em função de volumes: m³)



Fonte: O autor (2020).

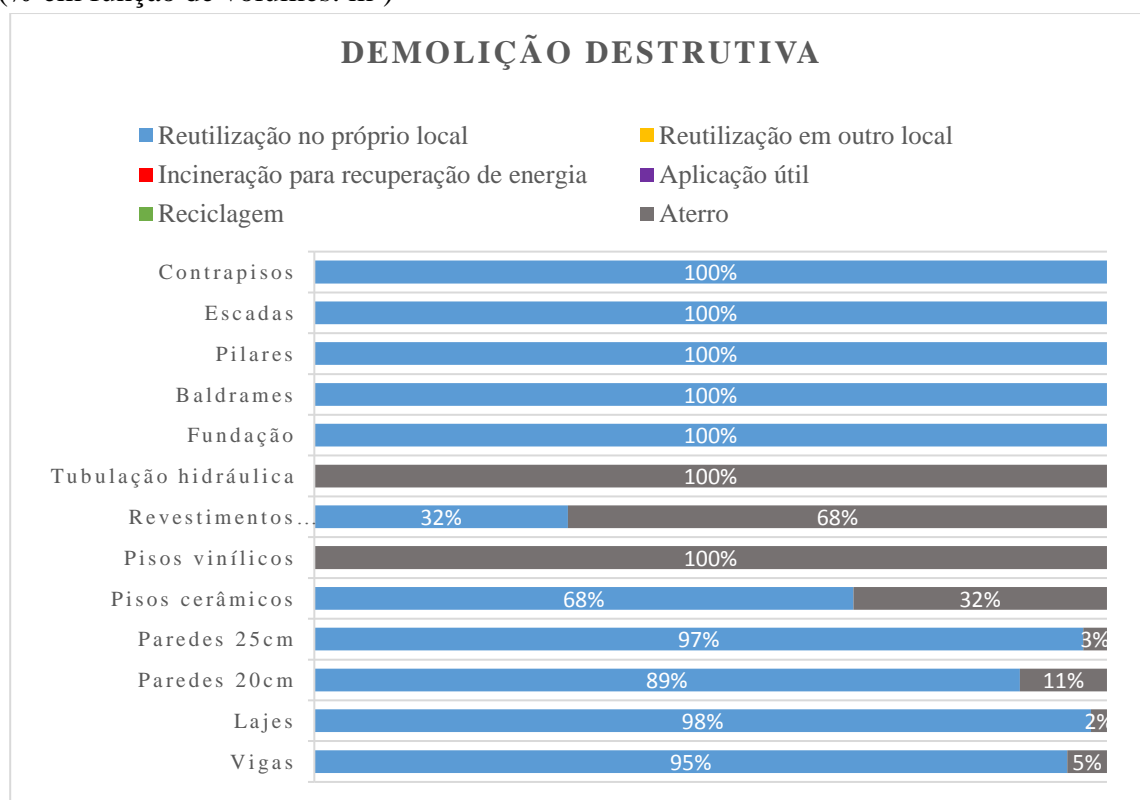
b) Prédio B

As análises realizadas para o Prédio B seguiram a mesma sistemática apresentada no tópico anterior referente ao Prédio A. Nesse sentido, de modo a evitar informações redundantes, serão expostos os gráficos e os comentários das particularidades relevantes.

O Gráfico 6 apresenta a relação das partes do edifício atingidas pelas operações de demolição destrutiva e os respectivos percentuais de recuperação, em volumes (m^3). É possível verificar neste a presença de 2 cenários: reutilização no próprio local e aterro. A reutilização diz respeito às partes do prédio que foram mantidas (aproveitadas no projeto de reabilitação). Já o aterro foi a destinação dos resíduos amorfos (resultantes da demolição de alvenarias e estruturas de concreto armado) e materiais e componentes sem possibilidade de recuperação (tubulação hidráulica obsoleta e piso vinílico).

Corroborando o que já foi dito, observou-se que as operações de demolição destrutiva abrangem geralmente as partes da edificação que representam os maiores volumes em termos materiais. Assim, a preservação de modo a evitar este tipo de desagregação possibilita reduzir a geração de resíduos e proteger o ambiente construído, pois como foi demonstrado no referido gráfico, as partes que não foram aproveitadas, tiveram o aterro como destinação final.

Gráfico 6 – Recuperação em função das operações de demolição destrutiva realizadas no prédio B (% em função de volumes: m^3)

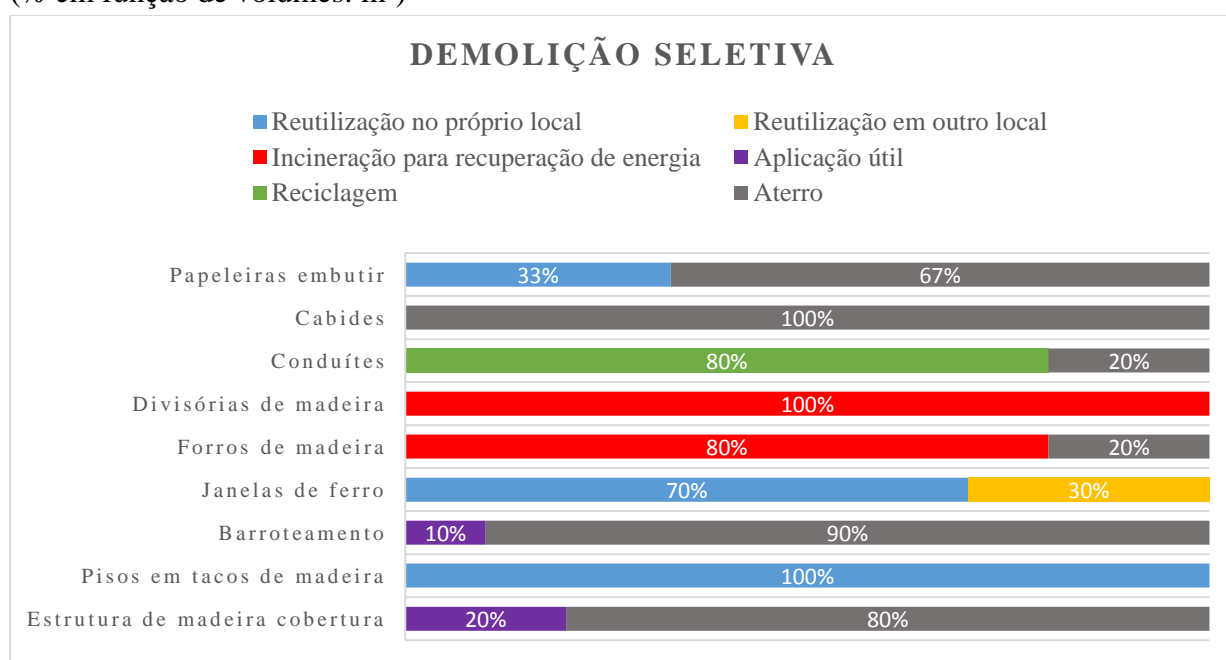


Fonte: O autor (2020).

O Gráfico 7 apresenta um panorama bastante semelhante ao constatado para o Prédio A, exceto pela presença da estrutura de madeira para sustentação do mezanino, também denominada como barroteamento. Este foi retirado devido ao estado de deterioração constatado, causado pela umidade e cupins. Em função disso, 90% dos materiais resultantes foram destinados ao aterro, sendo possível ainda a recuperação de 10% para uma aplicação útil (utilizado como escora).

Outra situação que cabe mencionar foi a recuperação integral do piso em tacos, o qual foi readequado e feita sua reutilização no próprio local.

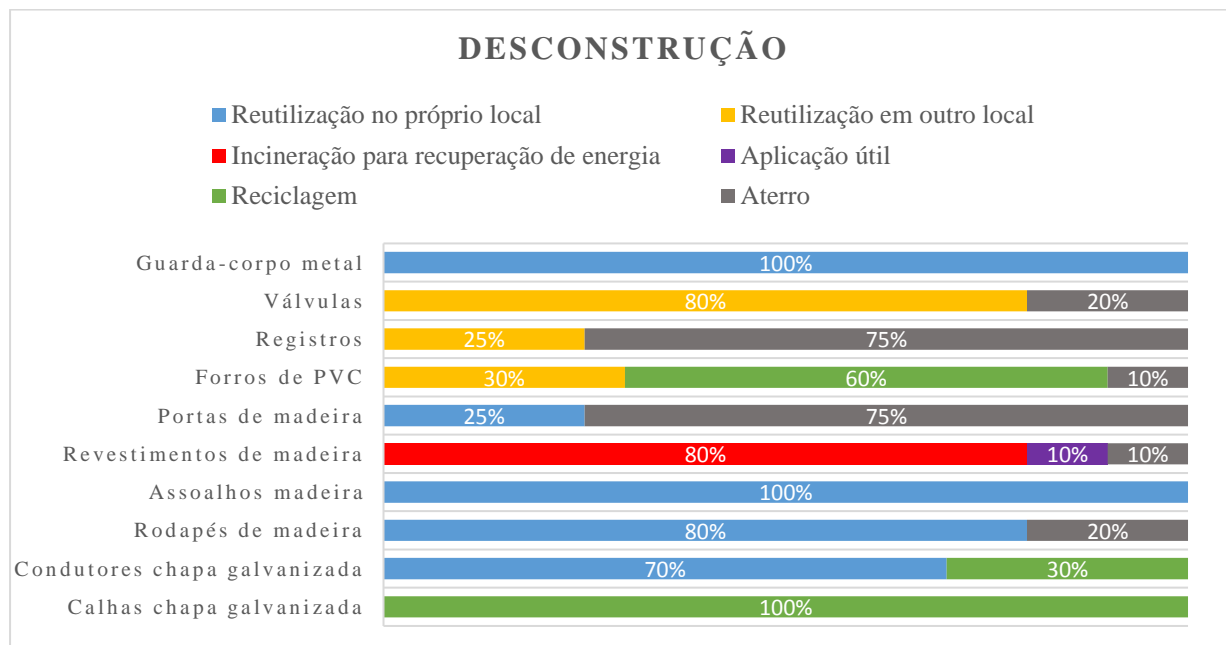
Gráfico 7 – Recuperação em função das operações de demolição seletiva realizadas no prédio B (% em função de volumes: m³)



Fonte: O autor (2020).

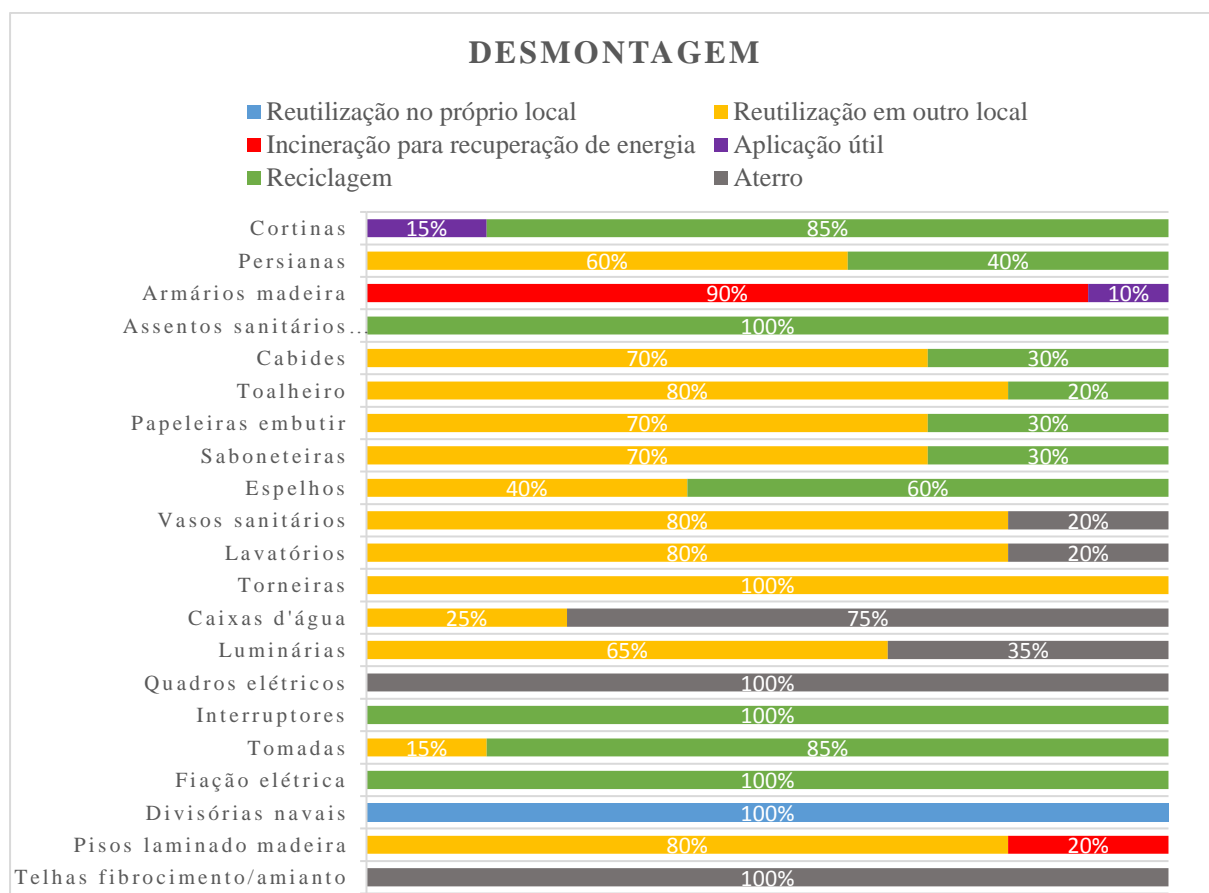
As análises dos Gráficos 8 e 9 são semelhantes às apresentadas para o Prédio A, com as exceções de que para a desconstrução consta a recuperação integral dos assoalhos de madeira e a no caso da desmontagem foi realizada o aproveitamento integral das divisórias navais, por meio de reutilização no próprio local.

Gráfico 8 – Recuperação em função das operações de desconstrução realizadas no prédio B (% em função de volumes: m³)



Fonte: O autor (2020).

Gráfico 9 – Recuperação em função das operações de desmontagem realizadas no prédio B (% em função de volumes: m³)



Fonte: O autor (2020).

5.2 VIDA ÚTIL DE PROJETO (VUP)

A avaliação de desempenho dos materiais e componentes presentes nos prédios, nesta pesquisa, diz respeito a verificação da vida útil de projeto (VUP), por meio dos limites mínimos (min) e superiores (sup), conforme determinado pela norma ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013), em relação a vida útil de serviço ou utilização que foram definidas para as partes do prédio.

As planilhas detalhadas referentes às análises estão no Apêndice C, onde nestas constam os campos relativos à identificação das partes da edificação, aos limites de vida útil estipulados pela referida norma, à vida útil de serviço e à motivação para realização de cada intervenção.

a) Prédio A

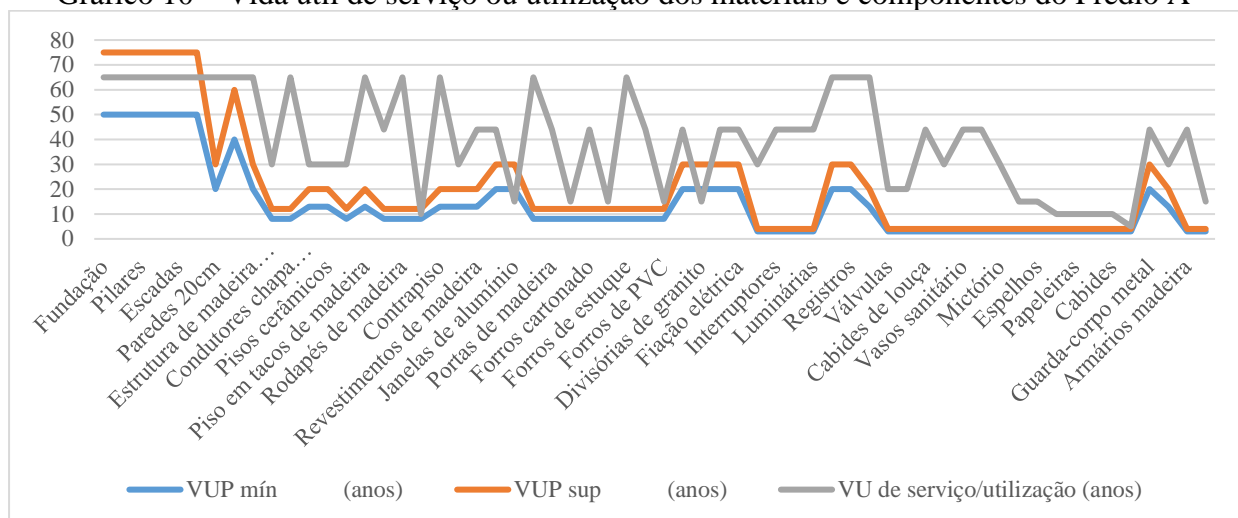
A vida útil de serviço ou de utilização foi determinada conforme o estudo realizado no item 3.2.1.1, além de avaliação subjetiva, tátil e visual - por meio da técnica de observação participante (OP) - empregada aos materiais e componentes constantes da edificação.

Por exemplo, as partes do prédio que remetem à época da construção (fundação, estruturas de concreto, alvenaria, estrutura de cobertura, pisos etc.), no caso 1954, foram consideradas como tendo 65 anos (1954 – 2019) para o tempo de serviço destes itens. Já outras partes (janelas, portas, instalações, algumas louças sanitárias, móveis de madeira etc.), foram datadas da época da última reforma documentada em 1975, resultando em 44 anos de utilização. Para algumas partes mais recentes foram estimadas idades, tais como: forros de gesso e PVC, janelas de alumínio, acessórios de banheiro e demais itens para acabamento.

Neste contexto, o Gráfico 10 apresenta os dados compilados, onde neste constam as partes analisadas da edificação (eixo X), a escala em anos na vertical (eixo Y) e linhas traçadas em cores distintas referentes a vida útil. A cor cinza representa a linha relativa à vida útil de serviço (definida no estudo), onde é possível verificar que a mesma se inicia entre os limites da norma, especificamente no intervalo das partes referentes a estrutura e alvenaria.

No entanto, grande parte dos materiais e componentes da edificação encontram-se muito acima do limite superior da vida útil de projeto (linha laranja). Tal constatação indica que a maioria das partes analisadas do prédio, em função da quantidade de itens e não volume, apresentaram tempo de serviço em anos além dos limites previsto na norma ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013).

Gráfico 10 – Vida útil de serviço ou utilização dos materiais e componentes do Prédio A



Fonte: O autor (2020).

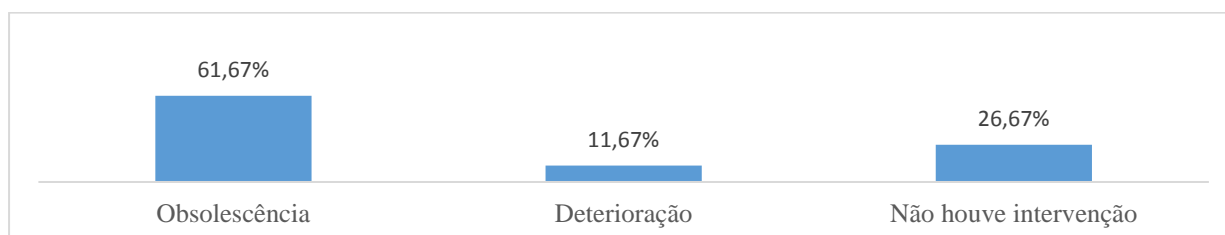
Os quantitativos percentuais em termos de frequência (não volumes) dos materiais e componentes foram subdivididos conforme a motivação apurada para cada intervenção realizada, item 2.2.5, sendo classificados em função da constatação de: obsolescência, deterioração e “não houve intervenção”. Nesse sentido, pelo Gráfico 11 verificou-se que a obsolescência foi a motivação mais recorrente para as intervenções (retirada da edificação/substituição) respondendo por 61,67%, sendo que a deterioração representou apenas 11,67%. Não houve intervenção (mantido no prédio) para os 26,67% restantes.

Cabe mencionar que a obsolescência pode ser funcional, tecnológica ou econômica. Porém, para o estudo em questão não foi especificado o tipo de obsolescência, pois foi avaliado que esta informação não faria diferença para os resultados finais, sendo que caso houvesse essa especificidade, a maioria dos materiais e componentes seria atribuído à obsolescência funcional.

Assim, a durabilidade que ensejaria em reutilização é resultante dos materiais e componentes que foram mantidos (não houve intervenção) e àqueles obsoletos, porém ainda em condições satisfatórias para o uso, no caso reutilização em outro local.

Em síntese, esta análise constatou que o tempo de serviço/utilização acima dos limites estabelecidos pela norma não é indicativo de durabilidade.

Gráfico 11 – Motivação para realização das intervenções no prédio A



Fonte: O autor (2020).

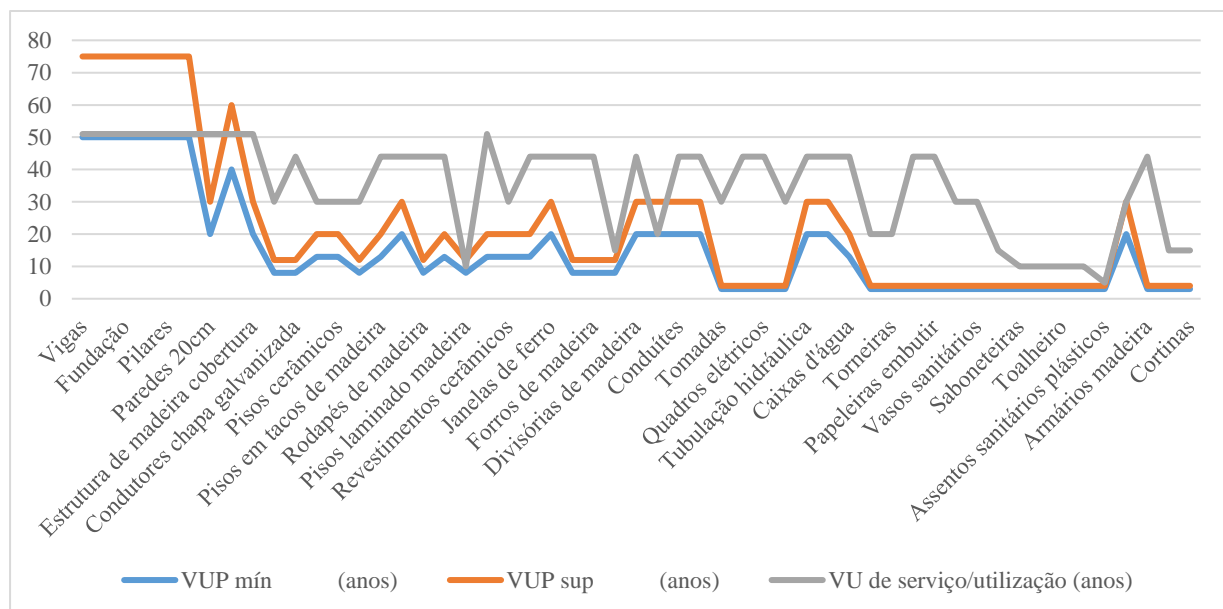
b) Prédio B

De maneira semelhante ao enquadramento realizado para o Prédio A, porém com a diferença de que o Prédio B foi construído no ano de 1968, as partes remanescentes da época da construção (fundação, estruturas de concreto, alvenaria, estrutura de cobertura, pisos, etc.) foram consideradas com 51 anos (1968 - 2019) de utilização. Outras partes (mezanino, janelas, portas, instalações, algumas louças sanitárias, móveis de madeira etc.) são da época da reforma de 1975. O restante dos materiais e componentes existentes, mais recentes no prédio, tiveram o tempo de utilização estimados de acordo com avaliação empírica, tátil e visual.

Com relação à análise da vida útil de serviço ou utilização, verifica-se por meio do Gráfico 12 que linha cinza se inicia ligeiramente acima do limite da VUP mín, se mantendo para as partes relativas à estrutura de concreto, alvenaria e estrutura de cobertura. As demais partes estão muito acima dos limites de VUP sup, com exceção de poucos materiais e componentes, tais como divisórias, forros de PVC e acessórios.

Desta forma, constatou-se que a maioria das partes do Prédio B apresentaram tempo de serviço em anos além dos limites previsto na norma ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013).

Gráfico 12 - Vida útil de serviço ou utilização dos materiais e componentes do Prédio B



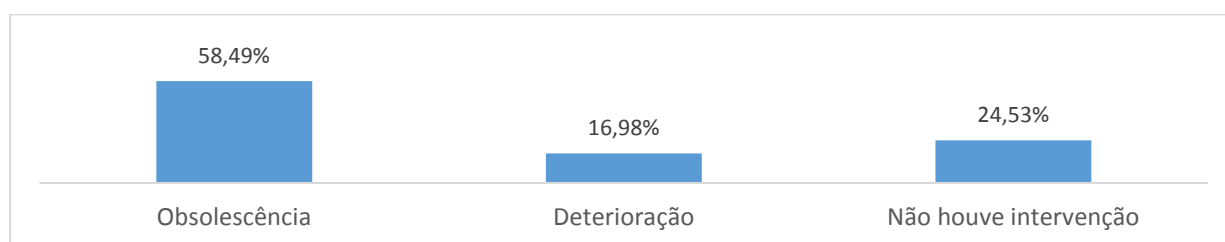
Fonte: O autor (2020).

Seguindo a mesma linha de raciocínio empregada para o Prédio A, analisando o Gráfico 13 verificou-se que a obsolescência também foi a motivação mais recorrente para as intervenções (retirada da edificação/substituição) respondendo por 58,49%, a deterioração com 16,98%. Não houve intervenção (mantido no prédio) para os 24,53% restantes.

Ainda, é possível verificar que o Prédio B (16,98%) apresentou mais partes deterioradas em relação ao Prédio A (11,67%). Além disso, houve mais reutilização no próprio local no Prédio A (26,67% contra 24,53%).

Em conclusão, de maneira análoga ao verificado para o Prédio A, esta análise constatou que o tempo de serviço/utilização acima dos limites estabelecidos pela norma não é indicativo de durabilidade, pois a maioria dos materiais e componentes enquadrados nesta situação não apresentaram condições satisfatórias de reutilização para os mesmos fins originais (mesmo uso).

Gráfico 13 - Motivação para realização das intervenções no prédio B



Fonte: O autor (2020).

5.3 OPERAÇÕES DE DESAGREGAÇÃO

Conforme exposto nos itens 4.1.4 e 4.2.1, a desagregação neste trabalho representa as operações necessárias para o desmantelamento - redução de um todo em partes menores - de uma edificação. Este procedimento foi adotado considerando o emprego de energia ou força de trabalho para realização de cada tipo de operação (uso de ferramentas ou não). Partindo do menor para o maior nível de intervenção, os termos utilizados são: desmontagem, desconstrução, demolição seletiva e demolição destrutiva.

Assim, esta seção contempla três análises: a primeira em função dos volumes levantados de todas as partes do prédio; a segunda considerando as partes da edificação (cada parte uma única vez); e por fim, uma outra verificação também por volumes, porém relacionando apenas as partes atingidas pela reabilitação (não considera as partes mantidas do prédio).

A seguir, serão apresentadas as análises em separado, primeiramente para o Prédio A e posteriormente para o Prédio B.

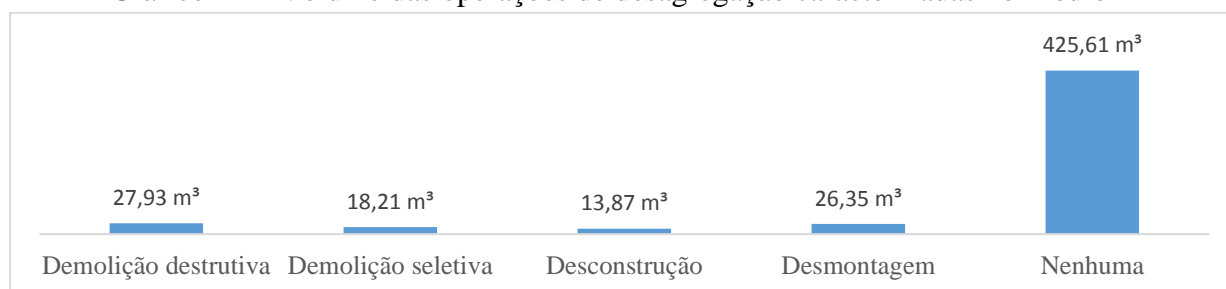
a) Prédio A

O Gráfico 14 apresenta de maneira sintetizada os quantitativos dos volumes decorrentes das operações de desagregação. Para determinação, após tabulação dos dados, utilizou-se o somatório das partes levantadas, conforme o tipo de operação caracterizada para cada material e componente inventariado do prédio.

Nesse sentido, destaca-se no gráfico a operação que foi denominada como “Nenhuma”, a qual contemplou a somatória dos volumes dos materiais e elementos que foram reutilizados no próprio local, ou seja, àquelas partes do prédio que foram mantidas, tais como: fundação, estrutura, alvenaria, pisos, algumas esquadrias externas etc. Estas partes representaram o maior volume, o que faz sentido, pois a envoltória do prédio foi preservada.

Contudo, as operações resultaram em quantitativos de volumes variando de 13,87m³ para a desconstrução, até 27,93m³ para a demolição destrutiva.

Gráfico 14 – Volume das operações de desagregação caracterizadas no Prédio A

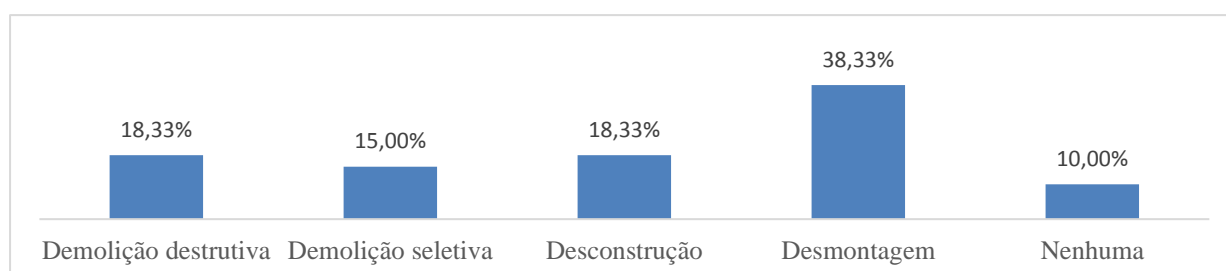


Fonte: O autor (2020).

Por outra perspectiva, foi considerada a análise em função da ocorrência das operações, relacionadas às 60 partes diferentes levantadas da edificação (tais como piso cerâmico, janela de ferro, forro de madeira etc). Para cada parte, atribuiu-se um tipo de operação de desagregação e contabilizou-se as quantidades resultantes. Após, foi realizada a análise percentual, conforme o Gráfico 15, onde é possível constatar uma situação bem diferente da analisada anteriormente.

Nesse sentido, verifica-se que a conjuntura em que “Nenhuma” operação foi realizada - decorrente da reutilização no próprio local - corresponde a menor frequência, ao passo que a desmontagem aparece como a mais frequente. Ainda, é possível constatar que esta mudança de cenário foi ocasionada por itens que representaram volumes significativos na análise anterior e que nesta são contabilizados apenas pela ocorrência, ou seja, uma única vez ou mais. A exemplo disso, temos a estrutura e a alvenaria que representam de 2 a 4 itens na ocorrência, porém no que diz respeito ao volume respondem pela maior parcela representativa do prédio.

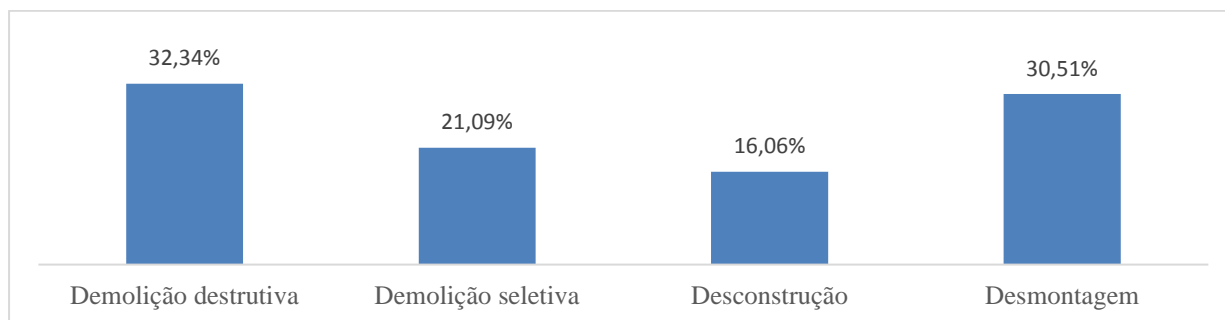
Gráfico 15 – Ocorrência das operações de desagregação no Prédio A



Fonte: O autor (2020).

Ainda, considerando apenas as operações decorrentes da reabilitação (desconsiderando as partes mantidas do prédio) e tendo em vista os volumes (m^3) das partes analisadas, por meio do Gráfico 16 é possível constatar - em termos percentuais - que a demolição destrutiva e a desmontagem foram as mais representativas. A demolição seletiva e a desconstrução, respectivamente, foram as operações que representaram o menor volume percentual.

Gráfico 16 - Percentual em função do volume das operações realizadas no Prédio A

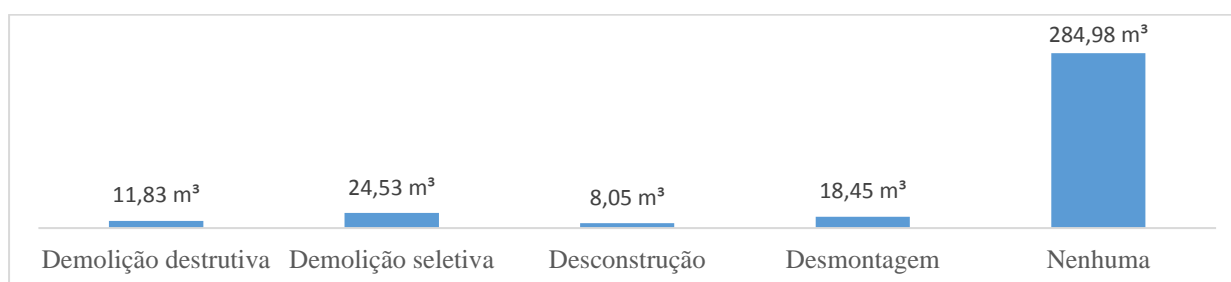


Fonte: O autor (2020).

b) Prédio B

O Gráfico 17 apresenta a demolição seletiva como sendo a operação que gerou mais volume, sem considerar os quantitativos decorrentes da reutilização no próprio local (Nenhum). Em relação ao apresentado para o Prédio A, este mesmo cenário apontou a demolição destrutiva como a mais relevante em termos de volumes gerados. A desconstrução, tanto no Prédio A quanto no Prédio B, continua sendo a operação que representou os menores volumes. Já a desmontagem e a demolição destrutiva ocuparam posições intermediárias na escala do gráfico.

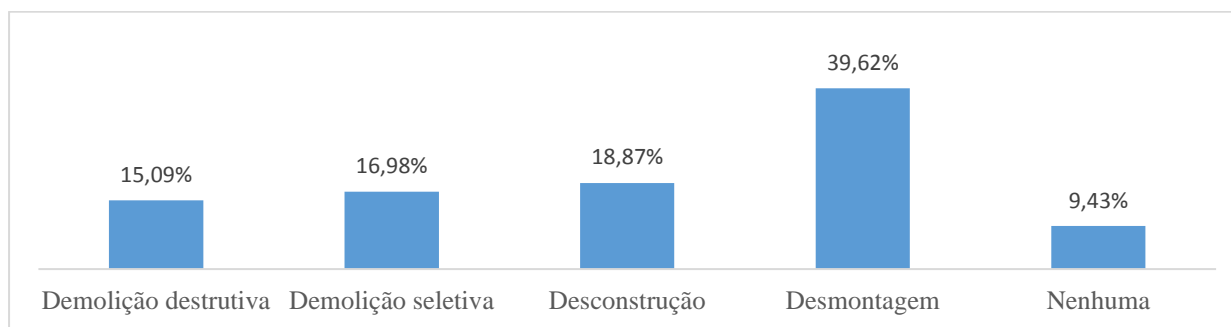
Gráfico 17 – Volume das operações de desagregação caracterizadas no Prédio B



Fonte: O autor (2020).

Por outro contexto, considerando que o prédio apresenta 53 partes diferentes, por esta análise a desmontagem aparece como a operação com maior ocorrência, conforme é possível constatar pelo Gráfico 18. Esta situação é semelhante à ocorrida para o Prédio A, visto que este tipo de operação atinge a maioria dos componentes das edificações, sobretudo os materiais de acabamento e instalações.

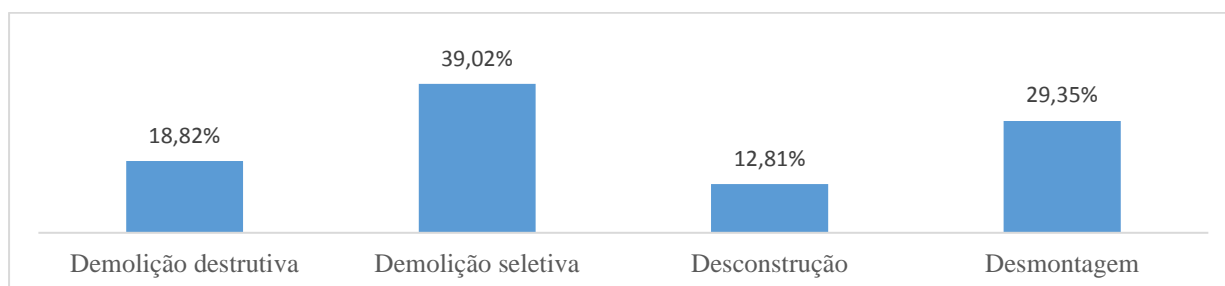
Gráfico 18 - Ocorrência das operações de desagregação no Prédio B



Fonte: O autor (2020).

O Gráfico 19 apresenta uma análise percentual, em função dos volumes (m^3) das operações de desagregação realizadas em função da reabilitação. Por meio deste, é possível verificar que a demolição seletiva respondeu pelo maior percentual, seguido da desmontagem. Já a demolição destrutiva e a desconstrução representaram as menores taxas. Em termos comparativos, o Prédio A apresentou a demolição destrutiva como sendo o maior percentual.

Gráfico 19 - Percentual em função do volume das operações realizadas no prédio B



Fonte: O autor (2020).

5.4 RECUPERAÇÃO OPORTUNIZADA PELA REABILITAÇÃO

A recuperação de materiais e componentes decorrentes da reabilitação dos prédios foi apresentada no item 4.2.3 – conforme as possibilidades definidas no item 4.1.5. Cabe mencionar que houve a necessidade de implementar um processo de triagem e seleção, visto no item 4.2.2. Diferentemente do exposto no item 5.1 (foco de análise em cada parte do prédio), esta seção analisa de maneira geral os resultados dos cenários de fim de vida constatados para cada prédio.

Dito isso, primeiramente apresenta-se a síntese dos dados compilados, referentes aos cenários de fim de vida constatados (recuperação) para cada parte do prédio. Após, considera-se os mesmos dados, porém agora com uma análise sob o enfoque da ocorrência de realização. Para finalizar, é exposta uma perspectiva geral das partes do prédio que foram reutilizadas no próprio local, no intuito de demonstrar o quanto e o que foi preservado pela reabilitação.

Nesse sentido, serão apresentadas as análises em separado, primeiramente para o Prédio A e posteriormente para o Prédio B.

a) Prédio A

A Tabela 4 apresenta os quantitativos em volumes (m³) para os cenários de fim de vida resultantes da reabilitação. Além disso, de modo a facilitar a percepção de grandeza destes quantitativos, a tabela contempla uma coluna de percentual, que se refere a relação entre cada subtotal e o volume total de 512,33m³.

Tabela 4 – Quantitativos dos cenários de fim de vida resultantes da reabilitação do Prédio A

| Cenário de fim de vida | Volume (m³) | Percentual |
|---|-------------------------------|-------------------|
| Reutilização no próprio local | 425,61 | 83,07% |
| Reutilização em outro local | 9,08 | 1,77% |
| Incineração para recuperação de energia | 15,01 | 2,93% |
| Aplicação útil | 5,16 | 1,01% |
| Reciclagem | 6,44 | 1,26% |
| Aterro | 51,02 | 9,96% |
| Total | 512,33 | |

Fonte: O autor (2020).

Visualizando a referida tabela é possível constatar que o item que respondeu pelo maior percentual foi a reutilização no próprio local, com 83,07%. Este fato, conforme já mencionado na seção 5.1, foi devido ao aproveitamento das partes estruturais e de alvenaria do prédio, as quais representaram os maiores quantitativos em termos de volumes. Analisando por outra perspectiva, este percentual é coerente, sendo corroborado em função da envoltória do prédio ter sido mantida, bem como o projeto de reabilitação não contemplar alteração da área construída (não houve acréscimo nem diminuição de área).

O segundo maior índice, desconsiderando o aterro, foi a incineração para recuperação de energia, que representou 2,93%. É possível que a representatividade desse percentual se deva à concepção ou característica da edificação estudada, a qual apresentou muitos materiais e componentes de madeira, os quais em sua maioria estavam obsoletos ou danificados e por este motivo foram retirados do prédio. A viabilidade dessa destinação foi um ganho em termos de recuperação e sustentabilidade, pois a tendência seria o enquadramento como resíduos classe B e destinação final aos aterros.

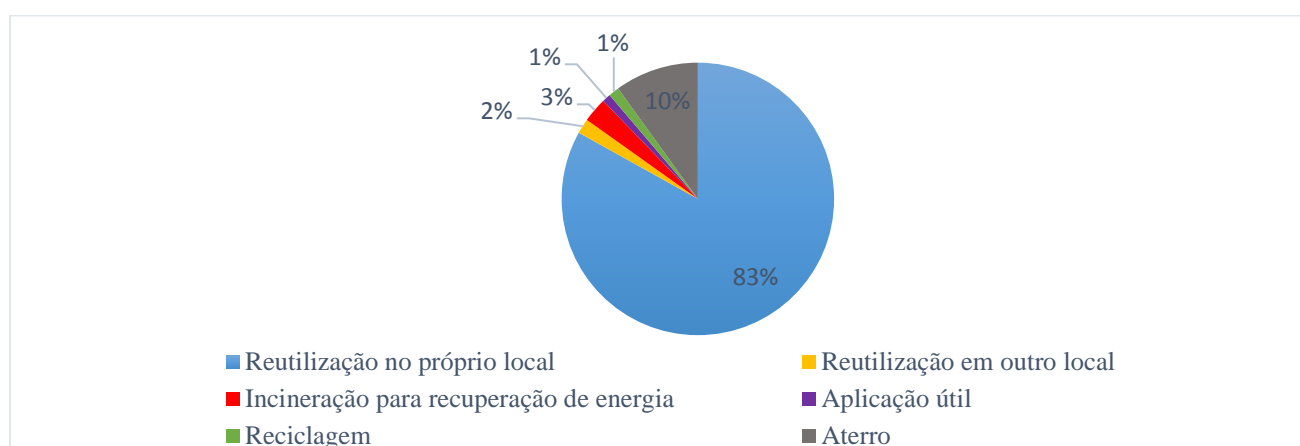
A reutilização em outro local representou um pequeno percentual de 1,77%. Isso se deve ao fato de a maioria dos materiais e componentes que foram retirados do prédio (enquadrados nesse reaproveitamento), representarem pouco em termos de volume (torneiras, registros, vasos sanitários, luminárias, acessórios etc.). Um agravante que corroborou este baixo percentual foi a

presença de elementos danificados ou obsoletos, os quais tiveram sua destinação à outras possibilidades de recuperação que ensejaram uso diferente do original.

A reciclagem foi a opção para os elementos recicláveis, os quais foram constatados danos que inviabilizaram a reutilização. Já a aplicação útil, foi a destinação que atingiu o menor percentual de 1,01%, sendo viabilizado apenas para madeiras em bom estado (ripas) e partes utilizadas como proteção (cortina e chapas) durante a execução da reabilitação.

Demonstrando os dados apresentados na Tabela 4, pelo Gráfico 20 é possível a visualização dos percentuais resultantes por meio de escala de cores.

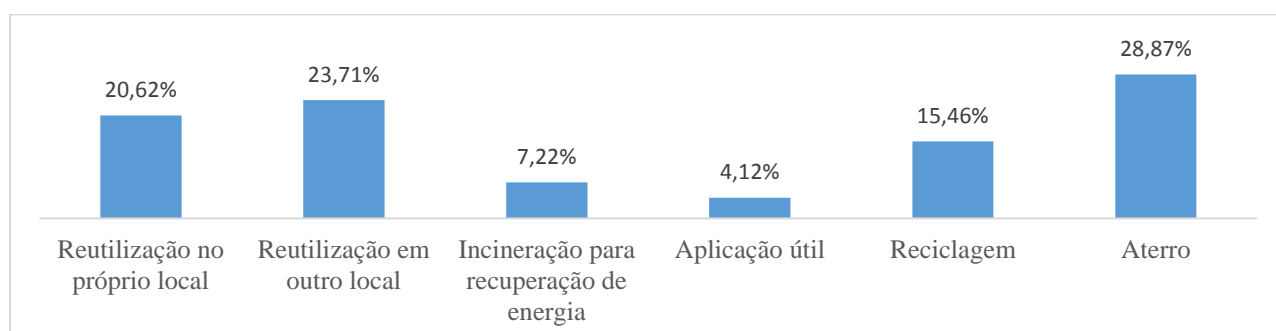
Gráfico 20 – Cenários de fim de vida resultantes da reabilitação do Prédio A



Fonte: O autor (2020).

Por outra perspectiva, o Gráfico 21 apresenta os dados em função da ocorrência dos cenários de fim de vida, sem levar em consideração os volumes e sim a frequência de realização. Na situação apresentada o aterro respondeu pelo maior percentual com 28,87%. A reutilização em outro local por esta análise representou 23,71%, contra 1,77% na verificação por volumes. Já a reutilização no próprio local atingiu o percentual de 20,62%, muito inferior aos 83,07% da referida análise anterior. A reciclagem por este foco também foi mais frequente, onde a incineração e a aplicação útil representaram os menores percentuais.

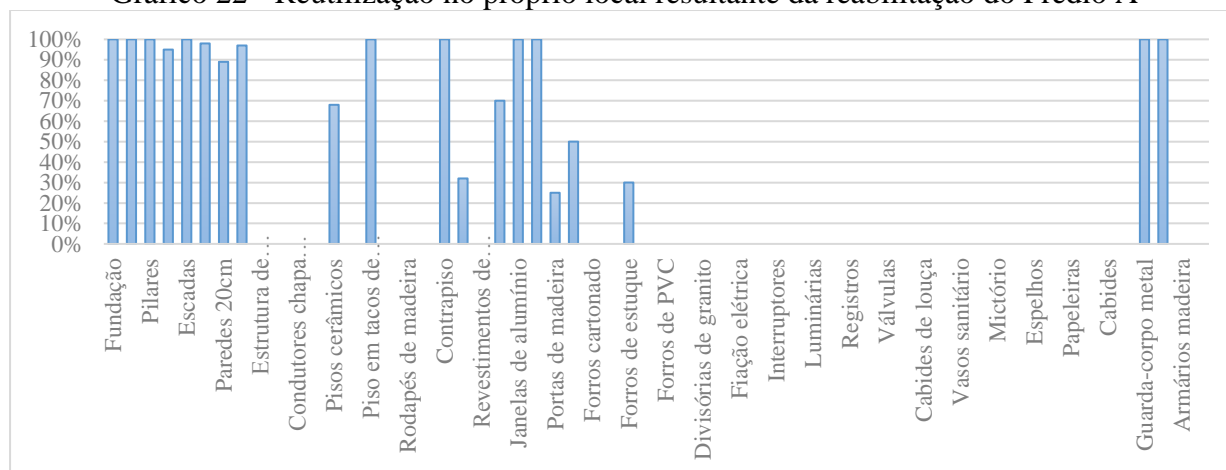
Gráfico 21 – Ocorrência dos cenários de fim e vida resultantes da reabilitação do Prédio A



Fonte: O autor (2020).

O Gráfico 22 apresenta um panorama da reutilização no próprio local, considerando a relação percentual entre o volume (m³) de cada parte analisada pelo total do prédio. Assim, é possível constatar a predominância de partes estruturais, de alvenaria, revestimentos, esquadrias e elementos metálicos. Também, verifica-se a ausência de elementos em madeira, de instalações, acabamentos e acessórios. De maneira geral, os materiais e componentes mantidos ou preservados no prédio, foram àqueles que apresentaram maior vida útil, conforme a seção 5.2.

Gráfico 22 - Reutilização no próprio local resultante da reabilitação do Prédio A



Fonte: O autor (2020).

b) Prédio B

A situação demonstrada na Tabela 5 é bastante semelhante, tendo em vista os percentuais, àquela apresentada na Tabela 4, visto que as análises e considerações seguiram a mesma lógica atribuída ao Prédio A. De maneira sutil, as diferenças no tocante ao Prédio A se devem a reutilização no próprio local com 81,96% ter sido inferior, porém a destinação ao aterro no percentual de 11,68% e a reciclagem com 1,98% terem sido superiores.

Um agravante que aumentou o percentual destinado ao aterro, em relação ao Prédio A, foi a estrutura da madeira do mezanino, denominada como barroteamento. Esta estava completamente danificada por cupins, conforme exposto no item 4.2.4, sendo substituída e tendo quase a totalidade de seu volume destinada ao aterro.

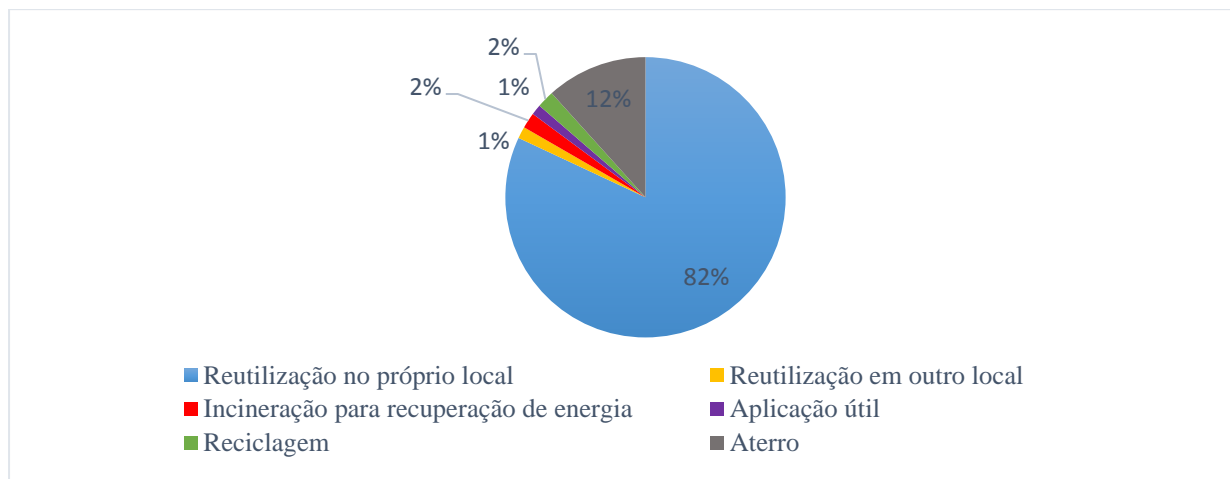
Tabela 5 – Quantitativos dos cenários de fim de vida resultantes da reabilitação do Prédio B

| Cenário de fim de vida | Volume (m ³) | Percentual |
|---|--------------------------|------------|
| Reutilização no próprio local | 285,09 | 81,96% |
| Reutilização em outro local | 4,74 | 1,36% |
| Incineração para recuperação de energia | 6,31 | 1,81% |
| Aplicação útil | 4,18 | 1,20% |
| Reciclagem | 6,89 | 1,98% |
| Aterro | 40,63 | 11,68% |
| Total | 347,85 | |

Fonte: O autor (2020).

Os dados apresentados na Tabela 5 são demonstrados no Gráfico 23, onde neste é possível a visualização dos percentuais resultantes por meio de escala de cores.

Gráfico 23 - Cenários de fim de vida resultantes da reabilitação do Prédio B

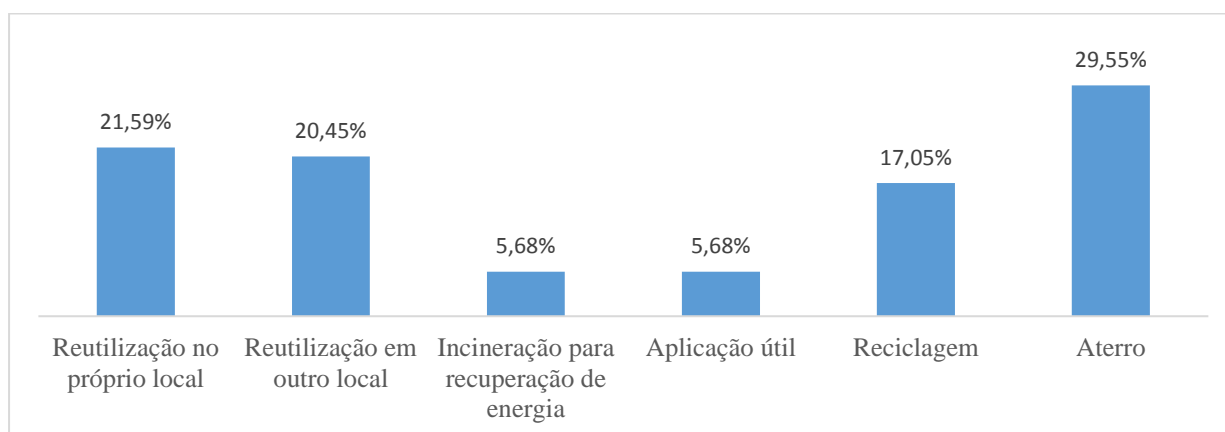


Fonte: O autor (2020).

O Gráfico 24 apresenta os dados em função da ocorrência dos cenários de fim de vida, sem levar em consideração os volumes e sim a frequência de realização.

Nesse sentido, comparativamente observou-se que a reutilização no próprio local, depois do aterro, foi a mais representativa em percentual com 21,57%, sendo que para o Prédio A foi a Reutilização em outro local a mais significativa neste caso. Os demais cenários seguiram a mesma tendência apresentada para o Prédio A.

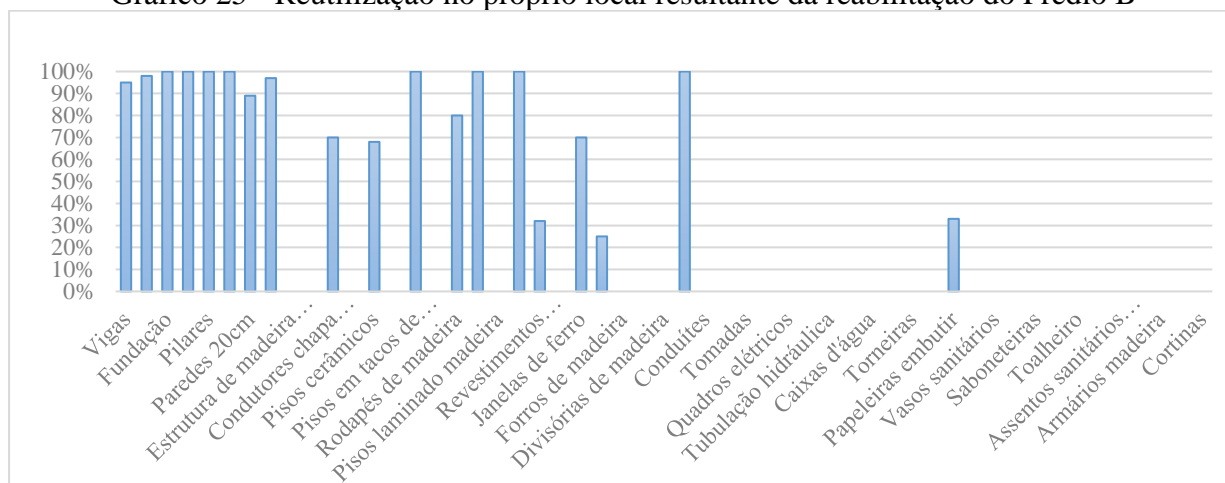
Gráfico 24 - Ocorrência dos cenários de recuperação realizados no Prédio B



Fonte: O autor (2020).

A disposição percentual das partes observadas no Gráfico 25 é bastante parecida àquela apresentada para o Prédio A. Há predominância de materiais e componentes que apresentaram maior vida útil na análise do item 5.2, tais como partes estruturais, de alvenaria, revestimentos, esquadrias e elementos metálicos.

Gráfico 25 - Reutilização no próprio local resultante da reabilitação do Prédio B



Fonte: O autor (2020).

5.5 PROBLEMAS E SOLUÇÕES ENCONTRADOS

Durante as investigações - tanto nas fases de planejamento, intervenção e análise – a técnica da observação participante (OP) e demais instrumentos de coleta possibilitaram a obtenção dos dados e as análises da pesquisa. Contudo, o levantamento também identificou alguns problemas que poderiam comprometer, em menor ou maior grau, os objetivos do trabalho. Para tanto, algumas soluções foram propostas e realizadas, onde de maneira geral a pesquisa foi bem-sucedida e concluída conforme as expectativas estabelecidas.

Um dos principais problemas identificados foi em relação a triagem e separação dos materiais e componentes removidos. Esta etapa envolveu a classificação para posterior confirmação da destinação, conforme a previsão de cenário de fim de vida definida na fase de planejamento. No entanto, em determinado momento foi constatado que elementos (metais, louças, portas, janelas, acabamentos etc) estavam sendo acumulados, por tipo ou semelhança, aguardando uma definição quanto a destinação. Outro agravante constatado foi que diante da situação confusa, alguns destes elementos acabaram extraviados.

A solução partiu da própria empreiteira, que propôs assumir para reutilização em outro local, os elementos que não eram de interesse da IFES e que não estavam contemplados no rol de cenários de fim de vida estabelecidos (aterro, incineração para recuperação de energia ou reciclagem) no processo de reabilitação dos prédios. Assim, viabilizou-se a recuperação desses elementos, por meio da reutilização em outro local. Cabe mencionar que diante da deficiência de logística identificada na triagem, este cenário de fim de vida poderia ter sido o aterro.

5.6 DIVERGÊNCIAS CONSTATADAS DURANTE A REABILITAÇÃO

No decorrer da intervenção, surgiram alguns imprevistos que ocasionaram em divergências em relação à concepção inicialmente planejada e especificada em projetos. À medida que os serviços de demolição e retiradas avançavam, foram sendo constatados defeitos que estavam ocultos nos prédios, mais precisamente sob os forros e embutidos nas paredes.

O Quadro 41 relaciona as partes do Prédio A que foram atingidas por estes imprevistos, os quais ensejaram a necessidade de correções e substituições para manter a edificação em condições adequadas de uso. Neste quadro, constam os campos relativos à destinação observada, à motivação da intervenção e aos volumes - em metros cúbicos (m³) - das partes avaliadas.

Quadro 41 – Imprevistos constatados durante a reabilitação do Prédio A

| Parte | Destinação | Motivação para intervenção | Volume (m ³) |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Forros de estuque | Aterro/Reutilização no próprio local | Obsolescência | 0,83 |
| Tubulação hidráulica | Aterro | Obsolescência | 2,50 |
| Estrutura de madeira cobertura | Aterro/Aplicação útil | Deterioração | 15,13 |
| Calhas chapa galvanizada | Reciclagem | Deterioração | 3,39 |
| Portas de madeira | Aterro/Reutilização no próprio local | Deterioração | 1,70 |
| Registros | Reutilização em outro local/Aterro | Obsolescência | 0,01 |
| Telhas fibrocimento/amianto | Aterro | Deterioração | 7,95 |
| Caixas d'água | Aterro/Reutilização em outro local | Obsolescência | 0,50 |
| SOMA | | | 32,01 |

Fonte: O autor (2020).

Ressalta-se que a exposição dos fatos, bem como as necessidades e justificativas constam no item 4.2.4. A recuperação dos materiais e componentes consta no item **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e a motivação para cada intervenção no item 5.2. Analisando os dados do quadro, considerando o volume total do Prédio A (512,33m³), constata-se que houve 6,25% de desvios ou imprevistos em relação aos serviços estipulados inicialmente. No entanto, quanto aos itens da pesquisa (60) os imprevistos representaram $8/60 = 13,33\%$ (decorrente do acréscimo de 8 serviços).

Em relação aos imprevistos constatados para o Prédio B e relacionados no Quadro 42, permanece as considerações expostas para o Prédio A.

Quadro 41 – Imprevistos constatados durante a reabilitação do Prédio B

| Parte | Cenário realizado | Motivação para intervenção | Volume (m ³) |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Lajes (reforço) | Reutilização no próprio local | Deterioração | 4,20* |
| Tubulação hidráulica | Aterro | Obsolescência | 1,90 |
| Estrutura de madeira cobertura | Aterro/Aplicação útil | Deterioração | 16,97 |
| Barroteamento | Aterro/Aplicação útil | Deterioração | 3,38 |
| Calhas chapa galvanizada | Reciclagem | Deterioração | 3,18 |
| Portas de madeira | Aterro/Reutilização no próprio local | Deterioração | 1,13 |
| Registros | Reutilização em outro local/Aterro | Obsolescência | 0,02 |
| Telhas fibrocimento/amianto | Aterro | Deterioração | 8,86 |
| SOMA | | | 39,64 |

Fonte: O autor (2020).

Usando a mesma lógica, porém considerando agora o volume total do prédio B (347,85m³) verificou-se 11,40% de imprevistos em relação aos serviços estipulados inicialmente. No tocante a amostra (53 itens) os imprevistos representaram $8/53 = 15,09\%$ (decorrente do acréscimo de 8 serviços).

5.7 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL

Nesta seção serão apresentados os comparativos e resultados relativos ao potencial de desagregação e o potencial de recuperação observados e registrados em função da reabilitação.

5.7.1 Potencial de desagregação

Diante dos estudos apresentados nos itens 4.1.4, 4.2.1 e 5.3, corrobora-se nesta seção a constatação de que o potencial de desagregação consiste na capacidade de desmembrar o edifício em partes menores, com objetivo de preservar as características dos materiais e componentes resultantes, de modo a oportunizar a recuperação.

Em relação ao potencial de desagregação, as análises consideraram as características construtivas definidas nos itens 2.2.6 e 3.1.2, bem como as operações de desagregação observadas, segundo duas perspectivas: reabilitação e concepção. A primeira diz respeito às operações realizadas durante a intervenção e a segunda, em função do prédio como construído.

A Tabela 6 apresenta os volumes (m³) compilados em conformidade com o exposto nos itens 4.1.4 e 4.1.6. Para o cálculo, primeiramente foram relacionadas as partes analisadas do prédio, em função de cada operação de desagregação caracterizada. Posteriormente, realizou-se

o somatório dos subtotais. Ainda, a tabela contempla informações separadas entre os Prédios A e B, constando os campos relativos ao tipo de desagregação, volumes e percentuais.

Tabela 6 – Quantitativos de desagregação em função da reabilitação e da concepção

| Desagregação | Reabilitação | | | | Concepção | | | |
|----------------------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|-------|---------------------|--------|
| | Prédio A | | Prédio B | | Prédio A | | Prédio B | |
| | V (m ³) | % | V (m ³) | % | V (m ³) | % | V (m ³) | % |
| Demolição destrutiva | 27,93 | 32,34% | 11,83 | 18,82% | 450,47 | 86,55 | 301,85 | 82,16% |
| Demolição seletiva | 18,21 | 21,09% | 24,53 | 39,02% | 29,7 | 5,71 | 30,46 | 8,29% |
| Desconstrução | 13,87 | 16,06% | 8,05 | 12,81% | 14,85 | 2,85 | 10,18 | 2,77% |
| Desmontagem | 26,35 | 30,51% | 18,45 | 29,35% | 25,43 | 4,89 | 24,91 | 6,78% |

Fonte: O autor (2020).

No que concerne a determinação do potencial de desagregação, neste trabalho foi considerada a vinculação à capacidade de desmantelamento da edificação. Para tanto, desconsiderou-se dos cálculos os volumes referentes à demolição destrutiva, pois neste tipo de operação - geralmente no processo de remoção - as partes da edificação são danificadas ou reduzida a materiais amorfos, dificultando ou impossibilitando a recuperação.

Assim, de acordo com a Tabela 6, o potencial de desagregação resultante da reabilitação, para o Prédio A foi de 67,66% (21,09% + 14,06% + 30,51) e para o Prédio B foi de 81,18% (39,02% + 12,81% + 29,35%). Em relação ao potencial de desagregação sob a ótica da concepção, o Prédio A resultou em 13,45% (5,71% + 2,85% + 4,89%) e o Prédio B em 17,84% (8,29% + 2,77% + 6,78%). A diferença entre os potenciais decorrentes da reabilitação e da concepção é significativa. O principal motivo foi que o potencial resultante da reabilitação considera somente as partes em que houve intervenção. Já isso não ocorre com a concepção, pois sob esta perspectiva considera-se também o volume das partes que foram mantidas, ou seja, todo prédio (fundação, estrutura, alvenaria, etc.). O Quadro 43 apresenta resumidamente o potencial de desagregação determinado para o Prédio A e Prédio B, respectivamente.

Quadro 42 – Potencial de desagregação sob a ótica da reabilitação e da concepção dos prédios

| Prédio A | | Prédio B | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Reabilitação | Concepção | Reabilitação | Concepção |
| 67,66% | 13,45% | 81,18% | 17,84% |

Fonte: O autor (2020).

Cabe mencionar que é possível extrair diretamente da Tabela 6 outras informações sobre quantitativos e percentuais relativos às operações de desagregação realizadas nos prédios.

5.7.2 Potencial de recuperação

Em decorrência da coleta de dados efetuada nos itens 4.1.5 e 4.2.3, bem como das análises contempladas no item 5.4, esta seção tem como objetivo determinar o potencial de recuperação de materiais e componentes, provenientes da reabilitação viabilizada em função da constatação do fim da vida útil - exposto no item 5.2 - das edificações investigadas.

A Tabela 7 apresenta a compilação dos quantitativos em volumes (m^3) para os cenários de fim de vida confirmados na reabilitação. Cabe mencionar que a referida tabela é a junção das Tabelas 4 e 5, já expostas no item 5.4 deste trabalho. No entanto, o foco aqui são os percentuais (%), os quais foram calculados relacionando o volume de cada cenário em função do volume total determinado para cada prédio.

Tabela 7– Recuperação decorrente da reabilitação dos Prédio A e B

| Cenário de fim de vida | Prédio A | | Prédio B | |
|---|----------------------------|--------|----------------------------|--------|
| | V (m^3) | % | V (m^3) | % |
| Reutilização no próprio local | 425,61 | 83,07% | 285,09 | 81,96% |
| Reutilização em outro local | 9,08 | 1,77% | 4,74 | 1,36% |
| Incineração para recuperação de energia | 15,01 | 2,93% | 6,31 | 1,81% |
| Aplicação útil | 5,16 | 1,01% | 4,18 | 1,20% |
| Reciclagem | 6,44 | 1,26% | 6,89 | 1,98% |
| Aterro | 51,02 | 9,96% | 40,63 | 11,68% |
| Total | 512,33m³ | | 347,85m³ | |

Fonte: Os autores (2020).

Nesse sentido, em relação aos dados da tabela, inicialmente destaca-se o cenário referente à reutilização no próprio local, o qual respondeu pela maior parcela de materiais e componentes recuperados. Neste, considerou-se apenas as partes do prédio que foram mantidas, ou seja, aquelas contempladas no projeto de reabilitação e que estavam em condições satisfatórias de serem aproveitadas. Os percentuais alcançados foram de 83,07% para o Prédio A e de 81,96% referente ao Prédio B. Faz sentido as altas taxas constatadas, pois a estrutura e a envoltória das edificações foram preservadas, conforme é possível visualizar pela Figura 74.

Figura 74 – Imagens comparativas dos prédios antes e após a reabilitação



Fonte: O autor (2019).

O potencial de recuperação neste trabalho foi determinado pelo somatório dos percentuais de todos os cenários de fim de vida da Tabela 7, com exceção do aterro. Parte-se do pressuposto que só não é possível o aproveitamento dos materiais e componentes que têm como destinação final o aterro. Desta forma, o potencial de recuperação decorrente da reabilitação, para o Prédio A foi de 90,04% (83,07% + 1,77% + 2,93% + 1,01% + 1,26%) e para o Prédio B foi de 88,31% (81,96% + 1,36% + 1,81% + 1,20% + 1,98%).

O Quadro 44, apresenta o resultado dos potenciais de recuperação.

Quadro 43 – Potencial de recuperação dos Prédios A e B

| Prédio A | Prédio B |
|---------------|---------------|
| 90,04% | 88,31% |

Fonte: O autor (2020).

5.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA ANÁLISE DOS DADOS

As análises e resultados apontaram a existência de algumas lacunas em relação à determinação dos potenciais de recuperação e desagregação relativos aos Prédios A e B. Primeiramente cabe mencionar a divergência conceitual constatada, visto o referencial teórico [Rios, Chong e Grau (2015); Akinade *et al.* (2015); Guy, Shell e Esherick (2006); Kibert (2003); dentre vários outros] tratar o processo de desmembramento de edifícios sob duas óticas: demolição e desconstrução ou desmontagem. Contudo, foi verificado na pesquisa que o termo mais adequado, devido a sua abrangência, seria desagregação, o qual em ordem de facilidade de desmembramento compreendeu as seguintes alternativas: desmontagem, desconstrução, demolição seletiva e demolição destrutiva.

Nesse sentido, quanto ao potencial relacionado à desagregação, foram verificadas e justificadas no item 5.7.1 duas situações: em relação à reabilitação e à concepção do prédio. A primeira diz respeito às operações realizadas pela intervenção (parcial), as quais resultaram aproximadamente 68% para o Prédio A e 82% para o Prédio B. Já a segunda situação avaliada refere-se ao prédio como construído (completo), onde neste panorama os percentuais encontrados foram significativamente menores, em torno de 14 e 18%, para cada prédio respectivamente. Estes baixos percentuais, em relação a concepção, corroboram a afirmação de Amoêda (2009), de que "os edifícios existentes, em sua maioria, não foram concebidos para serem desconstruídos".

No tocante ao potencial de recuperação, a pesquisa também constatou divergências. Os itens 2.2.2 e 2.2.3 do referencial teórico remetem ao tema, de maneira geral, como potencial de reutilização ou reciclagem. No entanto, a abordagem empregada no trabalho é mais abrangente

e genérica quando adota o termo recuperação, o qual compreendeu a análise das partes do edifício, conforme as seguintes possibilidades de cenário de fim de vida: reutilização no próprio local, reutilização em outro local, aplicação útil, incineração para recuperação de energia, reciclagem e aterro.

Contudo, tendo em vista os objetivos da pesquisa, foi significativo analisar o processo de reabilitação dos prédios sob duas óticas: potencial de recuperação e cenário de reutilização no próprio local. Dito isso, conforme visto nos itens 5.4 e 5.7.2, o potencial de recuperação considerou todos os cenários de fim de vida realizados durante a reabilitação, com exceção do aterro. Já o cenário de reutilização no próprio local, de maneira isolada, é utilizado para conhecer o quanto dos prédios foi mantido ou aproveitado.

Os resultados demonstraram que o potencial de recuperação determinado para os prédios A e B são semelhantes, variando entorno de 88 a 90%. Esta taxa é bastante parecida com a de 91,25% determinada por Saghafi e Teshnizi (2011) em um estudo desenvolvido no Irã, com objetivos semelhantes ao da pesquisa em tela. Cabe mencionar que o padrão da construção estudado pelos autores - edificação em alvenaria e concreto – é correlato à tipologia empregada comumente no Brasil e de acordo com as características definidas nos itens 2.2.6 e 3.1.2.

Quanto aos volumes destinados aos aterros, foi constatado 51,02m³ (9,96%) para o Prédio A e 40,63m³ (11,68%) para o Prédio B. Esta geração de resíduos é fundamentada por Durmisevic (2006) com a argumentação de que "os elementos que compõem as edificações são, em geral, fixados de forma integrada, o que por vezes impossibilita a sua separação, levando à demolição de todo o conjunto e à consequente geração de resíduos".

Já os volumes desviados do aterro, ou seja, os que foram recuperados, resultaram em 35,69m³ (6,97%) para o Prédio A e 22,12m³ (6,35%) para o Prédio B. Pode-se inferir que as práticas sustentáveis que ensejam um método racional ou mais sustentável em detrimento a habitual demolição, demonstraram no estudo realizado o desvio de 6 a 7% dos resíduos gerados de cada prédio analisado. Em parte, os resultados obtidos estão de acordo com a afirmação de Zahir *et al.* (2016) de que "os edifícios construídos em torno de 1950 são melhores candidatos à desconstrução, pois podem conter maiores quantidades de madeiras de lei e outras partes estruturais e ornamentais para recuperação". No entanto, também foi constatada a afirmação de Crowther (2005) de que "existem inúmeras barreiras técnicas para a recuperação bem-sucedida de materiais e componentes quando um edifício chega ao fim de sua vida útil, principalmente em função do padrão de construção atual".

Ainda, constatou-se que os volumes recuperados ou destinados aos aterros foram dependentes, em parte, da vida útil dos materiais e componentes existentes na edificação.

Conforme visto no item 5.2, a avaliação de desempenho realizada contemplou a análise comparativa da vida útil de projeto (VUP) prevista na norma ABNT NBR 15.575-1:2013 (ABNT, 2013) em relação ao tempo de uso constatado para cada parte do prédio. De maneira geral, a maioria das partes analisadas - em quantidade de itens e não volume - apresentou tempo de serviço, em anos, além dos limites previstos na referida norma, fato este que confirma a argumentação de Durmisevic (2006) de que "o ciclo de vida de utilização dos materiais é muito menor que o seu ciclo de vida técnico". Como resultado, para ambos os prédios a obsolescência foi a motivação mais recorrente para as intervenções.

Foi possível inferir, pela investigação de campo, que a durabilidade que resultou efetivamente em recuperação decorreu dos materiais e componentes mantidos nos prédios e para aqueles obsoletos, porém ainda em condições satisfatórias de uso, no caso reutilização em outro local. Também, o tempo de utilização acima dos limites estabelecidos pela norma não é indicativo de durabilidade, pois grande parte dos materiais e componentes enquadrados nesta situação não apresentaram condições satisfatórias de reutilização para os mesmos fins originais.

Para finalizar, a concepção da pesquisa tratando cada prédio em separado (Prédio A e B) foi observada positivamente em virtude dos comparativos possibilitados no decorrer de todo o processo de investigação, visto que cada etapa foi sendo realizada em paralelo. Esta consideração resultou em mais análises e conseqüentemente em mais trabalho. Porém, no contexto geral foi vantajoso pela quantidade e relevância dos dados obtidos.

5.8.1 Proposta de ações

Como produto das investigações realizadas na pesquisa, foram definidas algumas propostas de ações, de curto e longo prazo - voltadas à recuperação de materiais e componentes - as quais observaram as características e limitações da realidade local.

a) Ações de curto prazo

Os procedimentos imediatos ou de curto prazo estão relacionados à valorização de recursos existentes no âmbito do ambiente construído. Tendo em vista a realização de operações de desagregação, é de suma importância a adoção da desconstrução e desmontagem em detrimento da habitual demolição. Por meio destas práticas os materiais e componentes são removidos com o mínimo de danos, possibilitando condições adequadas para reutilização.

A realização de inventário para levantar os materiais e componentes existentes na edificação, bem como planejar as operações necessárias à intervenção se mostrou essencial para

o processo de recuperação. Ainda, durante a realização das operações, o processo de triagem possibilita a organização e separação que visa atender aos cenários de fim de vida definidos.

Uma das principais medidas necessária é incentivar e facilitar o acesso do usuário aos depósitos de materiais recuperados ou materiais de demolição, como popularmente são denominados. As redes sociais apresentam potencial de divulgação e permitem acessar informações acerca dos produtos e imagens que retratem o seu estado de conservação.

b) Ações de longo prazo

Tendo em vista que as edificações durante seu ciclo de vida estarão sujeitas a modificações por parte dos usuários, torna-se de suma importância a atuação dos arquitetos e engenheiros na divulgação e aplicação de critérios de projeto para desconstrução (PpD) ou desmontagem. Tais adequações devem ser preferencialmente facilitadas, prevendo o mínimo de intervenção pelo usuário, considerando sempre que possível elementos desmontáveis, flexibilidade de *layout* e materiais e componentes com potencial de reutilização e reciclagem.

Ainda, em relação à concepção das edificações, a fase projetual deve ser desenvolvida com a tecnologia BIM, sobretudo no que diz respeito aos órgãos públicos, conforme determina o Decreto nº 10.306/2020, o qual “estabelece a utilização do BIM (*Building Information Modelling*) na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal”.

Relata-se a necessidade de implantação e disseminação de um plano de logística reversa, que promova a reinserção de materiais e componentes em condições de reuso, de modo a ampliar o ciclo de vida das edificações. Tal iniciativa deve partir preferencialmente do governo, com a proposição de legislação que incentive e oriente os profissionais e usuários, quanto as garantias e critérios técnicos envolvidos nos processos de reutilização ou reciclagem.

6 CONCLUSÕES

A avaliação do potencial de recuperação de materiais e componentes foi possibilitada em função da estratégia da pesquisa participante (PP) aliada à técnica da observação participante (OP). Ademais, a configuração da pesquisa em duas unidades de análises, principal e secundária, foi assertiva para a coleta de dados e as análises, pois observou-se que a efetividade da primeira foi dependente da consecução da segunda. Assim, para viabilizar a principal - as possibilidades de recuperação de materiais e componentes dos prédios - é necessário que a secundária seja bem-sucedida – as operações de desagregação realizadas em função das exigências da reabilitação.

O protocolo de coleta de dados foi definido baseado em fontes de evidências que contemplaram o histórico dos prédios, relatórios de inspeção e projetos. Diante das informações obtidas, desenvolveu-se os procedimentos e critérios designados como instrumentos de coleta de dados, os quais compreenderam a elaboração de formulários e levantamento fotográfico.

A coleta dos dados possibilitou a realização de todas as análises necessárias à obtenção dos resultados. Ainda, o pesquisador, mesmo na qualidade de participante do processo, não interferiu na atuação da empreiteira executora das obras, com exceção de divergências em relação aos projetos e especificações contratuais.

A proposição de cenários de fim de vida para os materiais e componentes foi realizada em duas etapas: de maneira preliminar na fase de planejamento e posteriormente verificada ou confirmada na fase de intervenção. Destaca-se que a definição de tais procedimentos de verificação foi pertinente, tendo em vista a ocorrência de divergências, pois alguns cenários previstos não foram concretizados, bem como surgiram outros que não eram esperados durante a intervenção. Em vista disso, a recuperação se caracterizou pelo percentual de aproveitamento constatado por meio da observação participante (OP) durante o processo de reabilitação.

As limitações constatadas foram relacionadas à unidade de análise ser vinculada às práticas de demolição e descarte aos aterros, as quais estão presentes na rotina da construção civil. Em função disso, o estudo esteve inserido em uma etapa preliminar de obra, onde a tendência é que tais serviços sejam realizados de maneira rápida e ao menor custo possível, no intuito de liberar frente para o cronograma de execução, visto que as atividades investigadas, *a priori*, não agregam valor à edificação.

Contudo, foi possível a realização das principais práticas que visaram a efetivação das operações de desagregação e a obtenção de resultados práticos decorrentes da investigação. Destaca-se que as operações de desconstrução e desmontagem foram essenciais para o processo

de recuperação, pois por meio delas viabilizou-se a remoção ou preservação dos materiais e componentes em condições de reinserção.

Durante a execução das operações de desagregação foi identificada a ocorrência de imprevistos em relação ao escopo definido para a reabilitação dos prédios. Ressalta-se que somente após a realização destas operações foi possível estabelecer as reais condições de algumas partes das edificações que estavam encobertas, principalmente sobre o forro e embutidas nas paredes. Tais imprevistos não foram impeditivos, porém ensejaram em divergências entre projetos e execução, acarretando a necessidade de revisões de quantitativos e serviços durante a reabilitação. Em relação ao total da reabilitação, as divergências, em termos de volume (m³), representaram em torno de 6% para o Prédio A e 11% para o Prédio B.

O potencial de recuperação decorrente da reabilitação resultou em 90% para o Prédio A e 88% para o Prédio B. Já o potencial de desagregação quanto a reabilitação foi de 68% para o Prédio A e de 88% para o B, e no tocante à concepção dos prédios foi de 14% e 18% respectivamente. Os resultados demonstraram que foram recuperados ou desviados dos aterros o volume de 57,81m³ (representa aproximadamente 12 caçambas de resíduos), equivalente a 7% dos prédios A e B juntos, desconsiderando o que foi reutilizado no próprio local. Ressalta-se que os volumes evitados em parte foram decorrentes das operações de desagregação bem-sucedidas, principalmente a desconstrução e a desmontagem.

Quanto às premissas elencadas no item 1.2 do trabalho, constatou-se que as edificações investigadas não foram concebidas para serem desconstruídas e que a recuperação dos materiais e componentes resultantes da reabilitação foi uma tarefa trabalhosa. Também, foram identificadas algumas barreiras durante o processo de recuperação, sobretudo no que diz respeito à triagem e à destinação dos materiais e componentes, definidos para reutilização em outro local. Ainda, verificou-se que partes dos prédios apresentaram diferentes ciclos de vida útil e que a maioria dos elementos analisados era obsoleta. A única premissa divergente foi a constatação de que houve preocupação por parte da empreiteira, tanto em recuperar os materiais e componentes, quanto em destinar adequadamente os resíduos gerados, pois partiu da própria empresa algumas soluções, tais como o aproveitamento dos resíduos de madeira para geração de energia e a reciclagem em usina para elementos recicláveis, avaliados como obsoletos ou danificados.

Importante destacar que o projeto de reabilitação previu a máxima reutilização no próprio local, levando em consideração que uma das hipóteses cogitadas pela IFES, na fase de viabilidade, foi a retirada ou demolição completa dos edifícios para execução de um novo projeto. Nesta situação, o volume destinado aos aterros poderia ser acrescido de até todo o montante

reutilizado no próprio local, que representou 425,61m³ (83,07%) para o Prédio A e 285,09m³ (81,96%) referente ao Prédio B.

Em relação à sustentabilidade ambiental, foi evidenciado, pelos resultados da pesquisa, que houve preservação dos aterros em decorrência das práticas de recuperação empregadas durante o processo de reabilitação. Este fato é mais perceptível quando se compara às práticas convencionais de demolição e destinação final dos resíduos, presentes na construção civil. No que diz respeito à intervenção, é possível afirmar que a mesma foi realizada e concluída satisfatoriamente, tendo em vista ter atingido os objetivos em relação à reabilitação dos prédios, proporcionando espaços adequados e seguros às atividades previstas pela IFES.

Por fim, a metodologia empregada neste trabalho poderá ser replicada durante as fases de planejamento e execução de intervenções, em edificações de pequeno a médio porte, que visem adequações, tais como obras de reabilitação, *retrofit* ou reformas.

6.1 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados obtidos nessa investigação e dos pontos que não foram abordados, considerando as delimitações desse estudo, são propostas algumas sugestões para trabalhos futuros:

- a) Considerar que a recuperação de materiais e componentes em parte é resultante das operações de desagregação (desconstrução e desmontagem) bem-sucedidas e que para tanto, podem existir características regionais em outras cidades brasileiras que influenciem, de maneira positiva ou negativa, empresas do ramo de concepção de projetos e executora de obras;
- b) Considerar edificações construídas a menos de 20 anos e outros processos de adequação, tais como reformas e *retrofit*;
- c) Considerar edificações concebidas em sistemas construtivos não convencionais, tais como *light steel frame*, *wood frame*, estrutura metálica e pré-moldados de concreto;
- d) Utilizar a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) para modelagem de casos com propósitos semelhantes ao deste trabalho, no intuito de possibilitar o cadastro e controle de todas as fases do ciclo de vida da edificação, considerando desde a concepção, manutenção e adequação, até o fim da vida útil, com a previsão da recuperação dos materiais e componentes existentes e destinação adequada dos resíduos;

- e) Considerar os critérios previstos em sistemas de certificação ambiental, tais como LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) ou AQUA-HQE (*Haute Qualité Environnementale*) para investigar se os procedimentos que visem a recuperação de materiais e componentes, bem como a preservação das edificações existentes, são significativos e incentivadores quanto a pontuação para obtenção de uma certificação;
- f) Propor um sistema de logística reversa destinado à recuperação e reinserção de materiais e componentes, provenientes de processos que visem a manutenção e adequação de edificações (reabilitação, reformas, *retrofit* etc), não somente demolições;
- g) Elaborar diretrizes de projeto para desconstrução (PpD) de acordo com a tipologia de construção brasileira, visando prolongar a vida útil das edificações por meio da flexibilidade de *layout*, facilidade de manutenção e reutilização de materiais e componentes;
- h) Desenvolver componentes e elementos que sejam facilmente montados e desmontados, bem como módulos ou sistemas construtivos, os quais sejam passíveis de reutilização ou reciclagem ao final da vida útil.

REFERÊNCIAS

- ADDIS, B. **Reuso de materiais e elemento de construção**. Tradução de Christina Del Posso. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- AKAMBI, L. A. *et al.* Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 129, p. 175 - 186, 2018.
- AKINADE, O. O. *et al.* Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS). **Resources, Conservation and Recycling**, v. 105, p. 167 - 176, 2015.
- AKINADE, O. O. *et al.* Design for Deconstruction (DfD): Critical success factors for diverting end-of-life waste from landfills. **Waste Management**, v. 60, p. 3 - 13, 2017.
- AMOÊDA, R. P. C. **Design for deconstruction: emergy approach to evaluate deconstruction effectiveness**. Tese (Escola de Arquitetura), Universidade do Minho. Portugal, 2009.
- AMOÊDA, R. Conservation of materials resources by buildings reuse and on site materials reuse strategies. **Proceedings of the II International and IV National Congress on Sustainable Construction and Eco- Efficient Solutions**. p. 983 – 994. Sevilha, Espanha, 2015.
- ANURANJITA, A. *et al.* Life Cycle Assessment Framework for Demolition and Deconstruction of Buildings. **Construction Research Congress 2018**, p. 339 – 349, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.575-1**: edifícios habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais. São Paulo, 2013.
- _____. **NBR 15.965-1**: Sistema de classificação da informação da construção Parte 1: Terminologia e estrutura. São Paulo, 2011.
- _____. **NBR ISO 12006-2**: Construção de edificação — Organização de informação da construção Parte 2: Estrutura para classificação. São Paulo, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólido no Brasil**. São Paulo, 2017
- BAPTISTA JUNIOR, J. V.; ROMANEL, C. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)**, v. 5, p. 27 - 37, 2013.
- BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2010.
- BRASIL. Building Information Modelling- Estratégia BIMBR. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2020.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, p. 178 - 189, 2015.

DALVI, M. B.; REMBISKI, F. D.; ALVAREZ, C. E. Materiais de construção com características sustentáveis e reaproveitáveis: oferta no Estado do Espírito Santo (Brasil). **Hábitat Sustentable**, v. 1, p. 25 – 34, 2011.

ROCHA, A. S. C.; REZENDE, K. S. Análise da viabilidade de reutilização do material de demolição da construção civil voltada à produção de argamassa para revestimento. **Revista UniScientiae**, v. 1, p. 32 – 40, 2018.

BRIGA-SÁ, A. *et. al.* Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution. **Construction and Building Materials**, v. 38, p. 155 - 160, 2013.

CABEZA, L. F. *et. al.* Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 29, p. 394 - 416, 2014.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CAIXA). **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI**. Acesso em: 05/08/2019.

Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_655

CIB 252. Proceedings of the International Council for Research and Innovation in Building Construction, CIB Task Group 39 - Overview of Deconstruction in Selected Countries, **CIB Publication 252**. Gainesville, Florida, USA, 2000.

CIB 266. Proceedings of the International Council for Research and Innovation in Building Construction, CIB Task Group 39 - Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy, **CIB Publication 266**. Wellington, New Zealand, 2001.

CIB 272. Proceedings of the International Council for Research and Innovation in Building Construction, CIB Task Group 39 - Design for Deconstruction and Materials Reuse, **CIB Publication 272**. Karlsruhe, Germany, 2002.

CIB 287. Proceedings of the International Council for Research and Innovation in Building Construction, CIB Task Group 39 - Deconstruction and Materials Reuse, **CIB Publication 287**. Gainesville, Florida, USA, 2003.

COELHO, A.; BRITO, J. Economics analysis of conventional versus selective demolition - a case study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 3, p. 382-92, 2011.

COELHO, A.; BRITO, J. Influence of construction and demolition waste management on the environmental impact of buildings. **Waste Management**, v. 32, n. 3, p. 532-41, 2012.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307 de 05 de Julho de 2002**. Brasília, 2002.

COUTO, A.; COUTO, J. Why deconstruction is not adequately considered in portuguese building refurbishment. In **Proceedings** of the ARCOM 2007: 23rd ARCOM Annual Conference, Belfast, Northern Ireland, 2007.

COUTO, A., COUTO J.P.: Guidelines to improve construction and demolition waste management in Portugal. In: Pomffyova, M. (ed.) **Process Management**, p. 285–308, Intech, Croatia, 2010.

COUTO, J.P.; MENDONÇA, P. Deconstruction Roles in the Construction and Demolition Waste Management in Portugal-From Design to Site Management, **Integrated Waste Management** v. 1, p. 301-321, 2011.

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

DICIONÁRIO MICHAELIS. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br>>. Acesso em: 06/11/2019.

DAHLBO, H. *et. al.* Construction and demolition waste management: A holistic evaluation of environmental performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 107, p. 333 - 341, 2015.

DIYAMANDOGLU, V.; FORTUNA, L. M. Deconstruction of wood-framed houses: Material recovery and environmental impact, **Resources, Conservation and Recycling**, v. 100, p. 21 - 30, 2015.

DURMISEVIC, E. **Transformable Building Structures: Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction**. Tese, Universidade Técnica de Delft, Holanda, 2006.

FREITAS, L. S. **Vida útil ótima de projeto de edificações considerando consumo energético de construção e operação, sob a ótica do ecodesign**. Dissertação (Pós-Graduação em Design), Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GUY, B.; SHELL, S.; ESHERICK, H. Design for deconstruction and materials reuse. **Proceedings of the CIB Task Group 39**, v. 4, p. 189-209, 2006.

HENRIQSON, J. A.; ROCHA, C. G.; SATTLER, M. Análise e descrição do processo de demolição de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO-ENTAC, 13., 2008, Fortaleza. **Anais...**, 2008.

LIMA, F. M. R. S.; *et al.* Demolição seletiva no brasil: estudo de caso na cidade do rio de janeiro com sistemas dinâmicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 26., 2015, Poços de Caldas. **Anais...**, 2015.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br> >. Acesso em: 25 jan. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA (IPEA), **Diagnóstico dos resíduos sólidos do Brasil**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (Doutorado Livre docência) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. de. **Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais**. Documento 2.4. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. São Paulo: FINEP, 2007.

KIBERT, C. **Deconstruction: the start of a sustainable materials strategy for the built environment**, UNEP Industry and Environment, v. 26, p. 84-88, 2003.

KOFOWOROLA, O. F.; GHEEWALA, S. H. Estimation of construction waste generation and management in Thailand. **Waste Management**, v. 29, p. 731 - 738, 2009.

LLATAS, C. A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list. **Waste Management**, v. 31, p. 1261 - 1276, 2011.

MACHADO, R. C. **Sistema para avaliação do potencial de desconstrução e reutilização de estruturas de aço**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2014.

MACHADO, R. C.; SOUZA, H. A.; VERÍSSIMO, G. S. Analysis of Guidelines and Identification of Characteristics Influencing the Deconstruction Potential of Buildings. **Sustainability**, v. 10, p. 1 - 20, 2018.

MATTARAIA, L.; MARTINS, A.; FABRICIO, M. M. Critérios para avaliação do potencial de desmonte e reciclagem de materiais de sistemas construtivos inovadores. In: **Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras: materiais e sustentabilidade**. Editora: ANTAC, Porto Alegre, 2016.

MEDEIROS, B.C.; *et al.* Big data analysis of treatment patterns and out comes among elderly acute myeloid leukemia patients in the United States. **Annals of Hematology**, v. 94, 1127-38, 2015.

MERINO, M. R.; GRACIA, P. I.; AZEVEDO, I. S. W. Sustainable construction: construction and demolition waste reconsidered. **Waste Management & Research**, v. 28, p. 118 - 129, 2010.

NOVAES, M. B. C.; GIL, A. C. A pesquisa-ação participante como estratégia metodológica para o estudo do empreendedorismo social em administração de empresas. **Revista de Administração Mackenzie**. Volume 10, n. 1, p. 134-160, 2009.

OLIVEIRA, R. A. F. **Metodologia de gestão de obras de reabilitação em centros urbanos históricos**. Tese (Programa Doutoral em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal, 2012.

PLEBANKIEWICZ, E; K. ZIMA; D. WIECZOREK. Scenarios for Maintenance and Building Decommissioning in the Building's Life Cycle. **Earth and Environmental Science**, v. 222, 2019.

PRADO, J. *et al.*, Multivariate analysis of credit risk and bankruptcy research data: a bibliometric study involving different knowledge fields (1968–2014). **Scientometrics**, v. 106, p. 1007-1029, 2016.

QUEHEILLE, E; TAILLANDIER, F; SAIYOURI, N. Optimization of strategy planning for building deconstruction. **Automation in Construction**, v. 98, p. 236 - 247, 2019.

RIOS, F. C.; CHONG, W. K.; GRAU, D. Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities. **Procedia Engineering**, v. 118, p. 1296 - 1304, 2015.

ROCHA, C. G. **Proposição de diretrizes para ampliação do reuso de componentes de edificações**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

SATO, L. **A evolução das técnicas construtivas em São Paulo: residências unifamiliares de alto padrão**. Dissertação (Departamento de Engenharia de Construção Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011

SOUSA, I. F. N. **Princípios da Reabilitação de Edifícios. Aplicação a casos de estudo**. Dissertação (Área Departamental de Engenharia Civil), Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Portugal, 2016.

ROCHA, C. G.; SATTTLER, 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, n. 2, p. 104-12, 2009.

ROUSSAT, N.; DUJET, C.; MÉHU, J. Choosing a sustainable demolition waste management strategy using multicriteria decision analysis. **Waste Management**, v. 29, p. 12 - 20, 2009.

SAGHAFIA, M.; TESHNIZIA, Z. Building deconstruction and material recovery in Iran: An analysis of major determinants. **Procedia Engineering**, v. 21, p. 853–863, 2011.

SANTOS, M. R. P. **Metodologias de previsão da vida útil de materiais, sistemas ou componentes da construção. Revisão bibliográfica**. Dissertação (Faculdade de Engenharia), Universidade do Porto. Portugal, 2010.

SANTOS, A., BRITO, J., Building Deconstruction in Portugal: a case study, **Portugal SB 07 Sustainable Construction, Materials and Practices**, p. 1059-1066, Lisboa. Portugal, 2007.

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

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23.ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez Editora, 2007.

SILVA, P. **Reutilização de Elementos Construtivos na Construção**. Dissertação (Faculdade de Engenharia), Universidade do Porto. Portugal, 2008.

SILVA, R. C.; NAGALLI, A; COUTO, J. A desconstrução como estratégia para recuperação de materiais e componentes da edificação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO-ENTAC, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...**, 2018.

SILVA, R. V.; BRITO, J.; DHIR, R. K. Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production. **Construction and Building Materials**, v. 65, p. 201 - 217, 2014.

SÓLIS-GUZMÁN, J. *et al.* Spanish model for quantification and management of construction waste. **Waste Management**, v. 29, p. 2542 - 2548, 2009.

SOUSA, I. F. N. **Princípios da Reabilitação de Edifícios. Aplicação a casos de estudo**. Dissertação (Área Departamental de Engenharia Civil), Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Portugal, 2016.

TINGLEY, D. D. **Design for Deconstruction: An Appraisal**. Tese (Civil and Structural Engineering Department), The University of Sheffield. South Yorkshire, England, 2012.

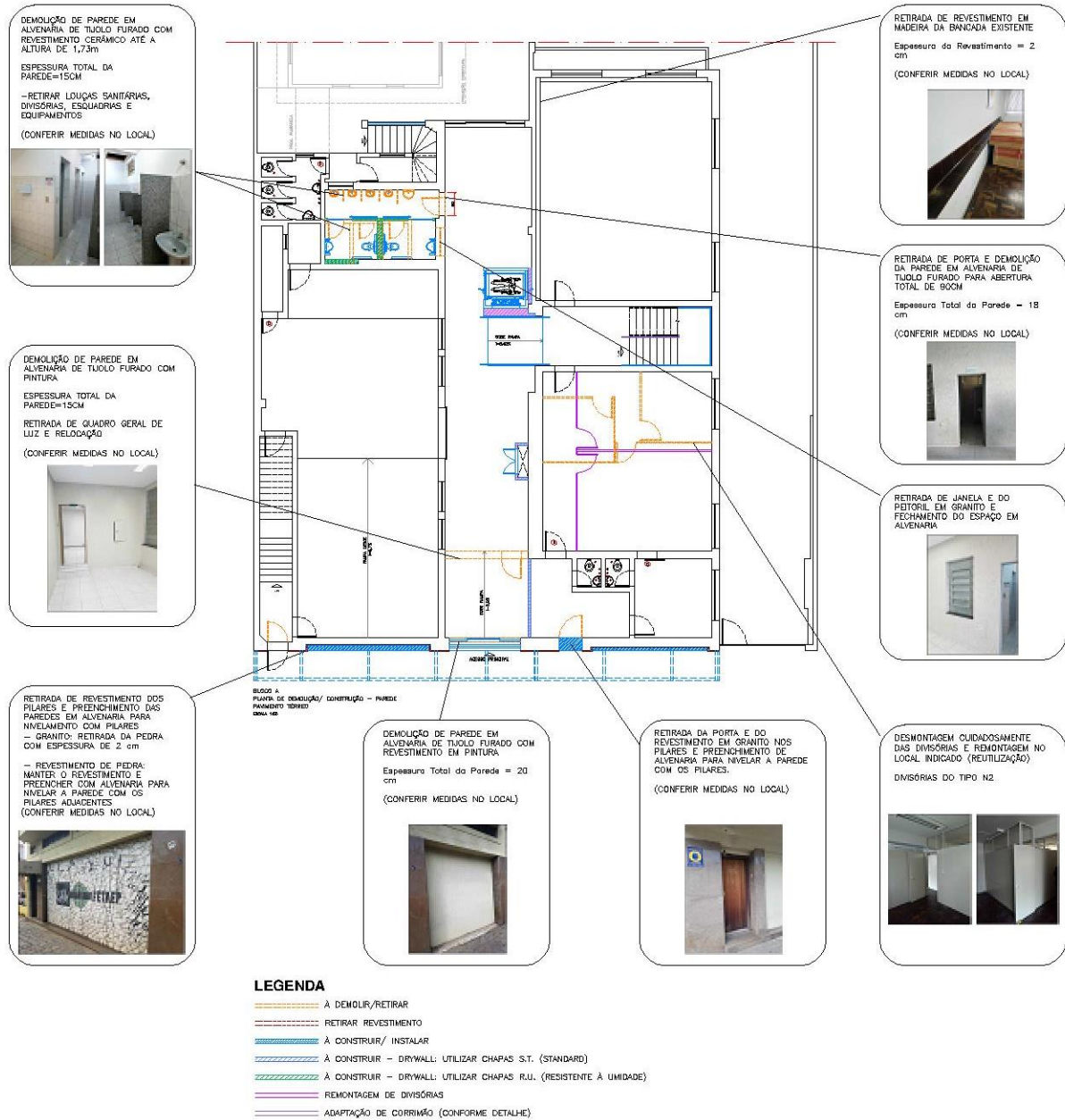
ZAHIR, S. *et al.* Approaches and Associated Costs for the Removal of Abandoned Buildings. **Construction Research Congress 2016**, p. 229 – 339, 2016.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 2a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YUAN, H; SHEN, L. Trend of the research on construction and demolition waste management. **Waste Management**, v. 31, p. 670 - 679, 2011.

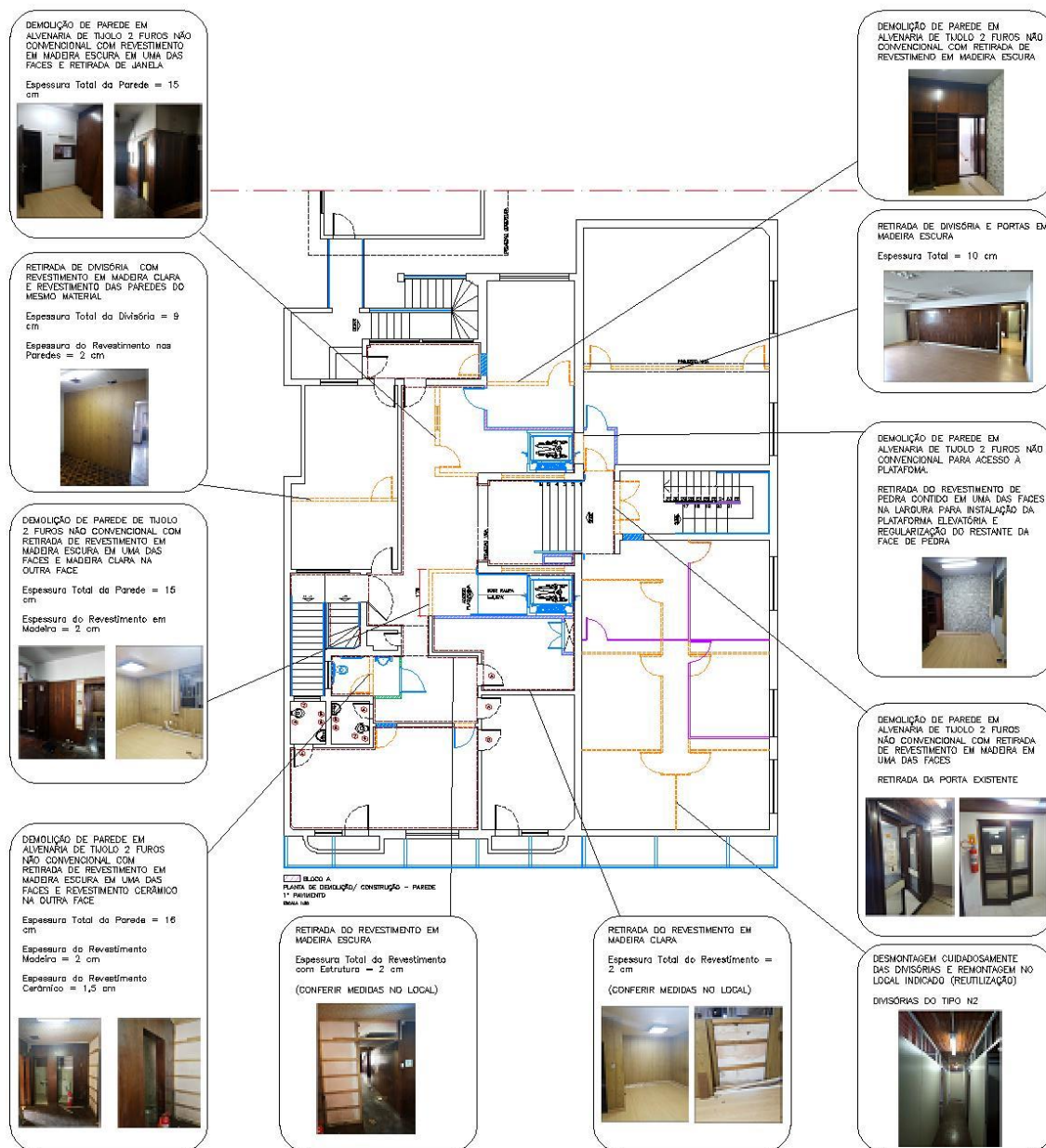
APÊNDICE A – PLANTAS ORIENTATIVAS DA INTERVENÇÃO

A.1. PRÉDIO A/B – PAREDE



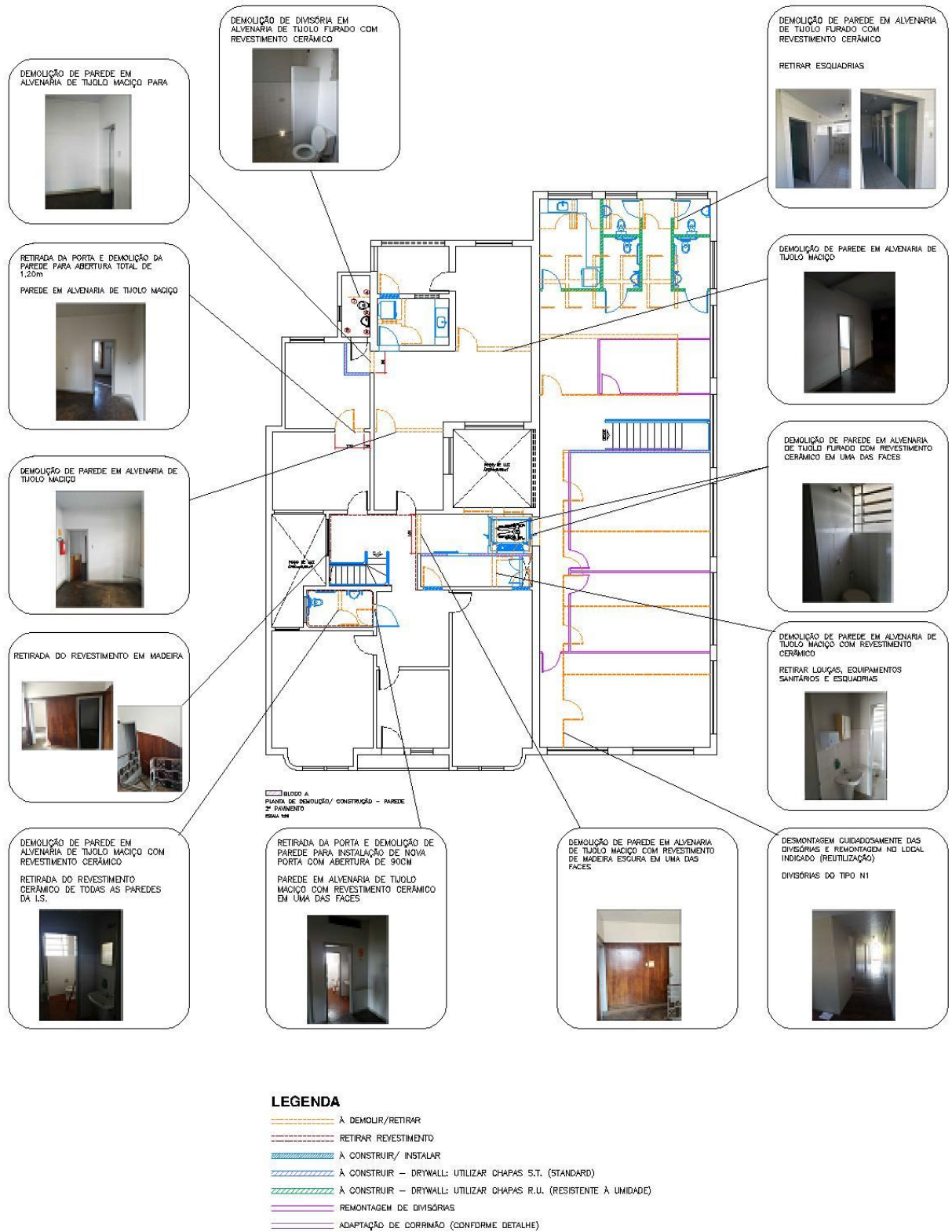
Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

Fonte: O autor (2018)



Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

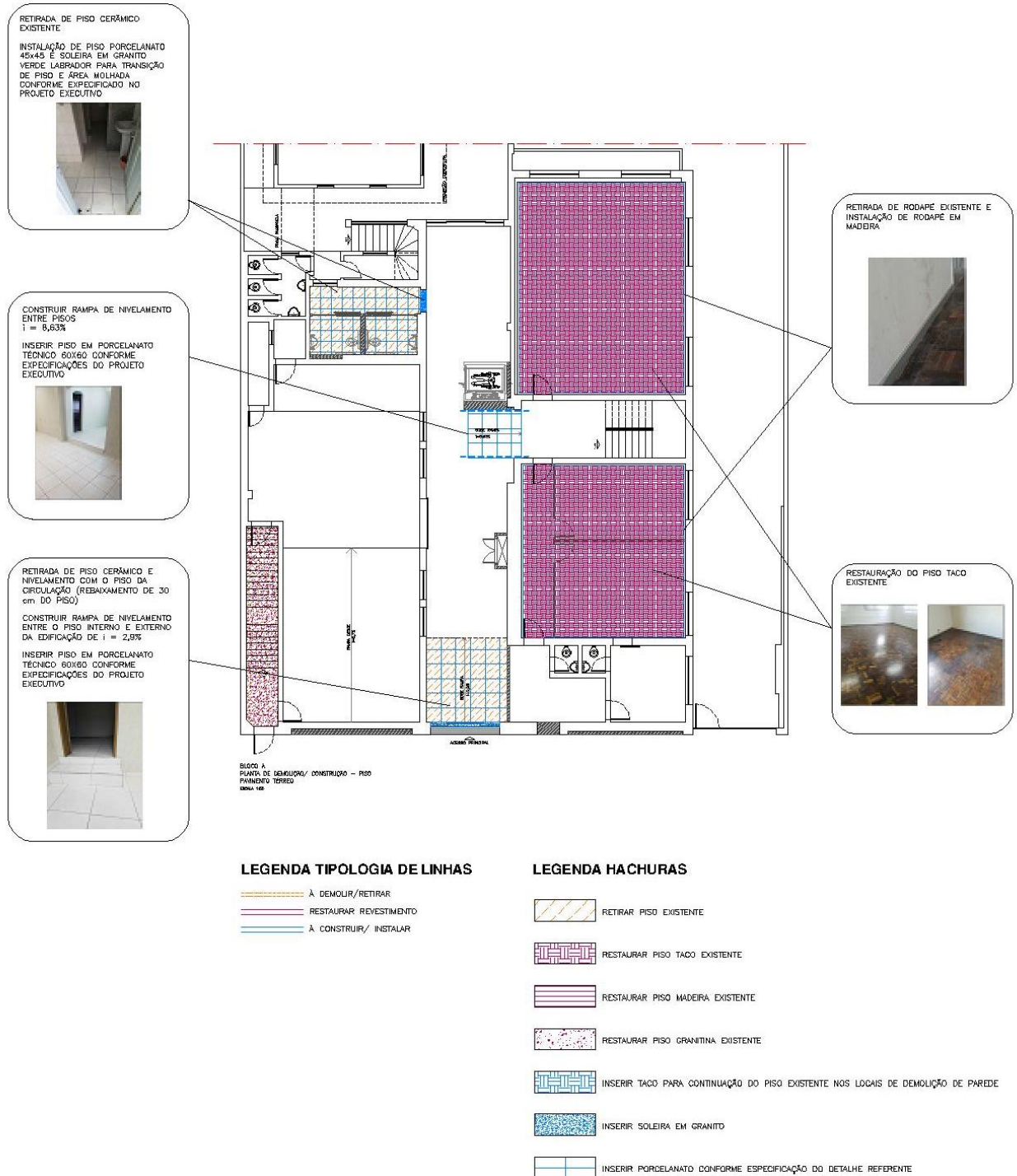
Fonte: O autor (2018)



Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

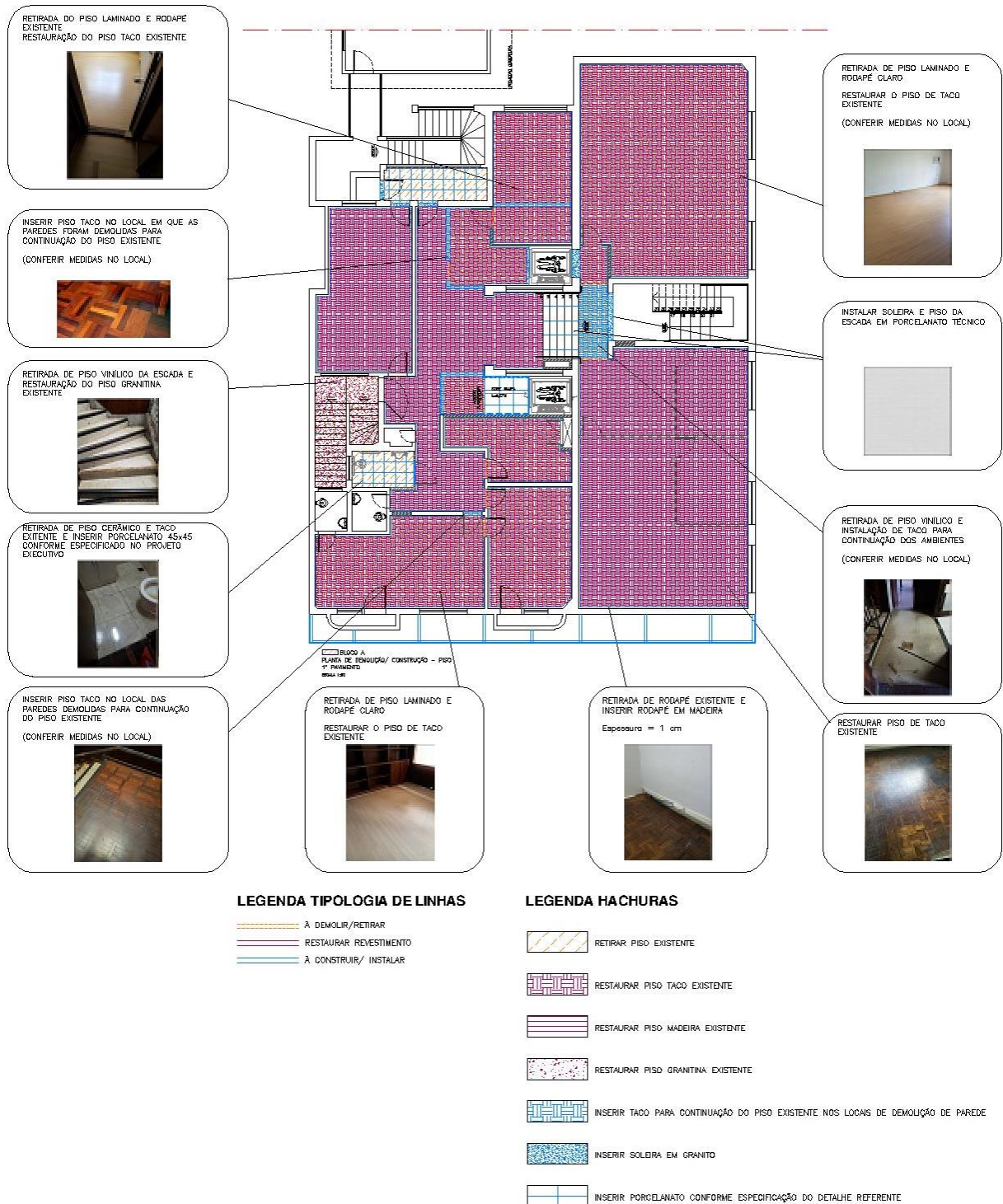
Fonte: O autor (2018)

A.2. PRÉDIO A/B – PISO



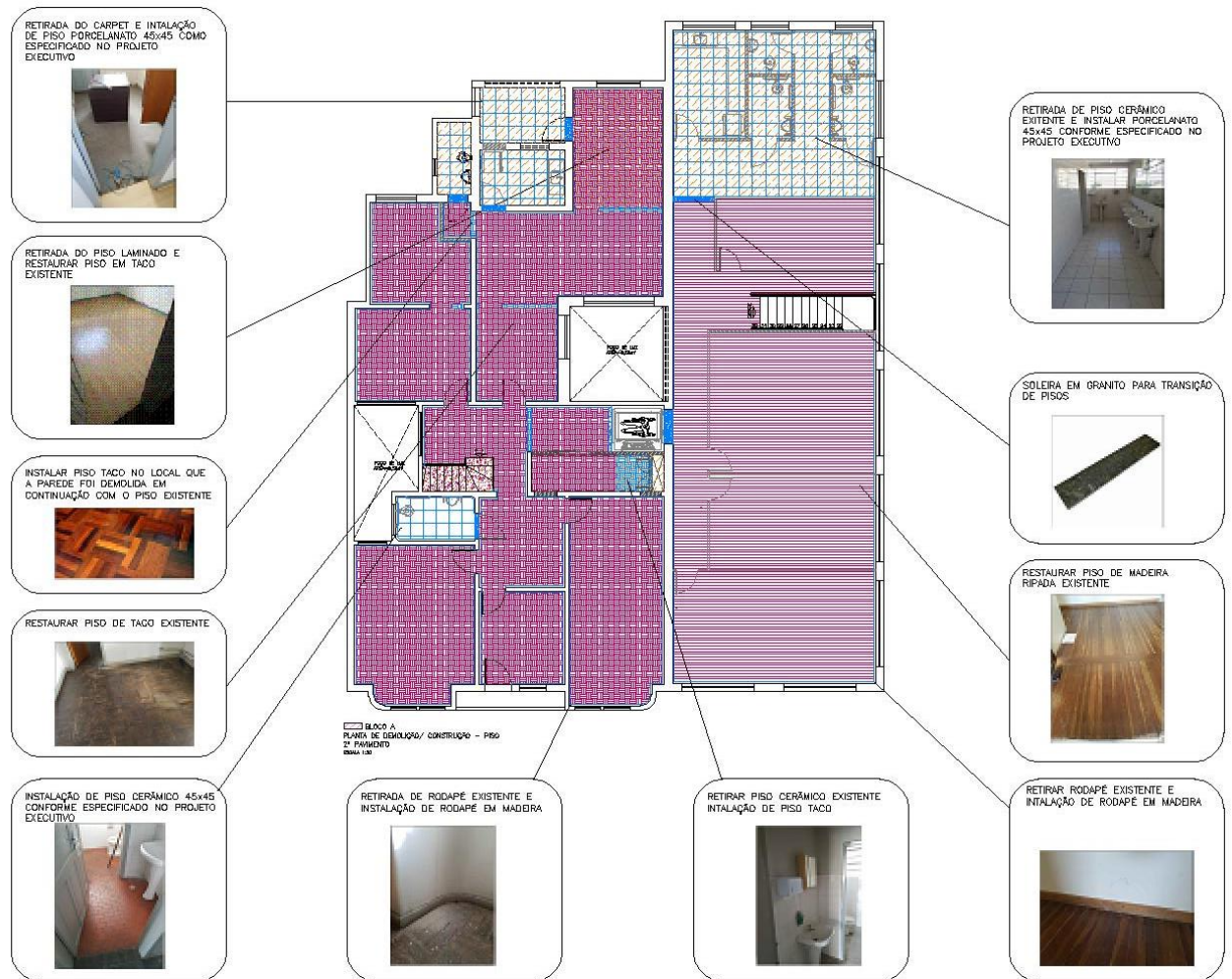
Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

Fonte: O autor (2018)



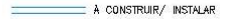


Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.








Fonte: O autor (2018)



LEGENDA TIPOLOGIA DE LINHAS

-  À DEMOLIR/RETIRAR
-  RESTAURAR REVESTIMENTO
-  À CONSTRUIR/ INSTALAR

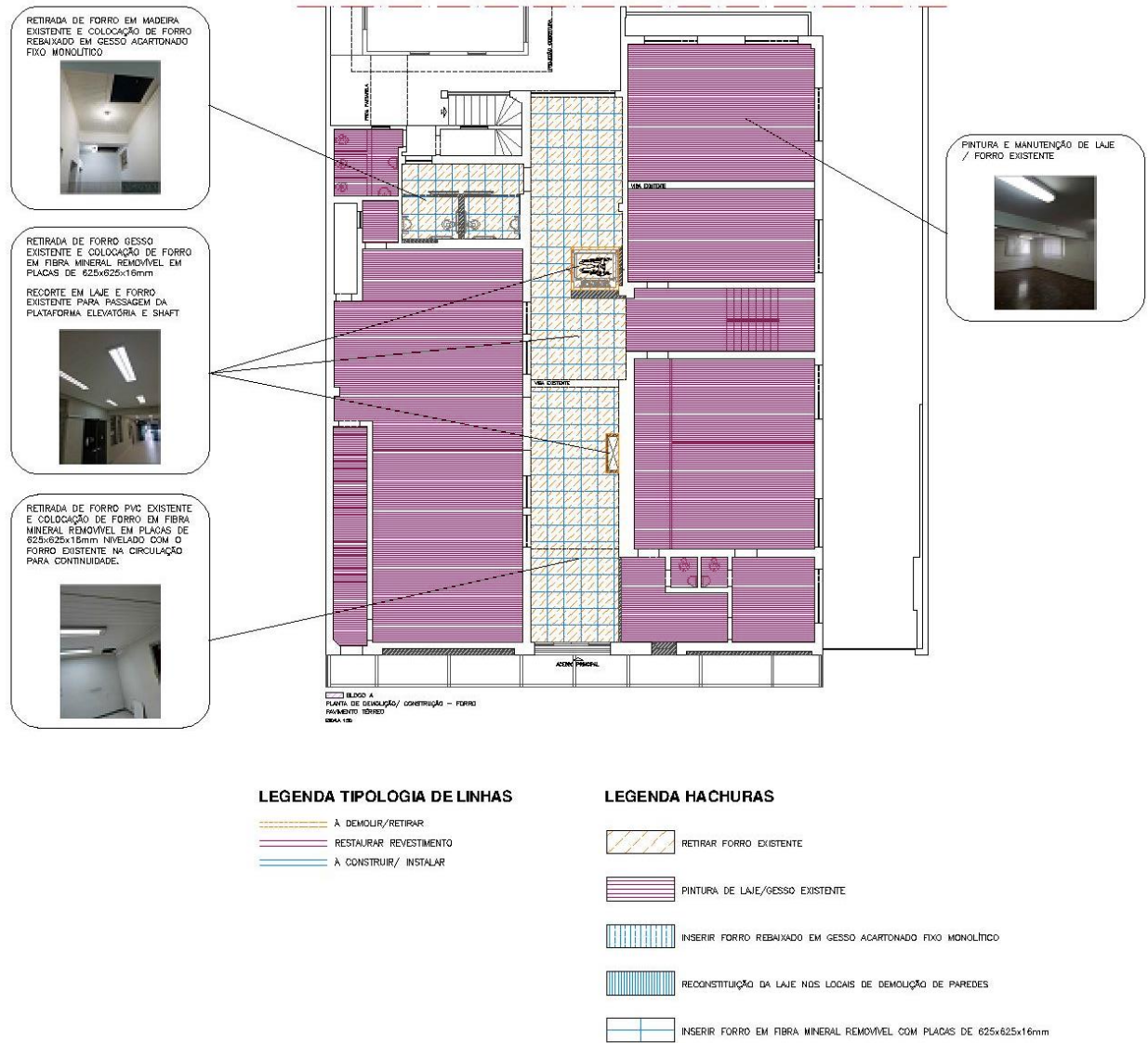
LEGENDA HACHURAS

-  RETIRAR PISO EXISTENTE
-  RESTAURAR PISO TACO EXISTENTE
-  RESTAURAR PISO MADEIRA EXISTENTE
-  RESTAURAR PISO GRANITINA EXISTENTE
-  INSERIR TACO PARA CONTINUAÇÃO DO PISO EXISTENTE NOS LOCOS DE DEMOLIÇÃO DE PAREDE
-  INSERIR SOLEIRA EM GRANITO
-  INSERIR PORCELANATO CONFORME ESPECIFICAÇÃO DO DETALHE REFERENTE

Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

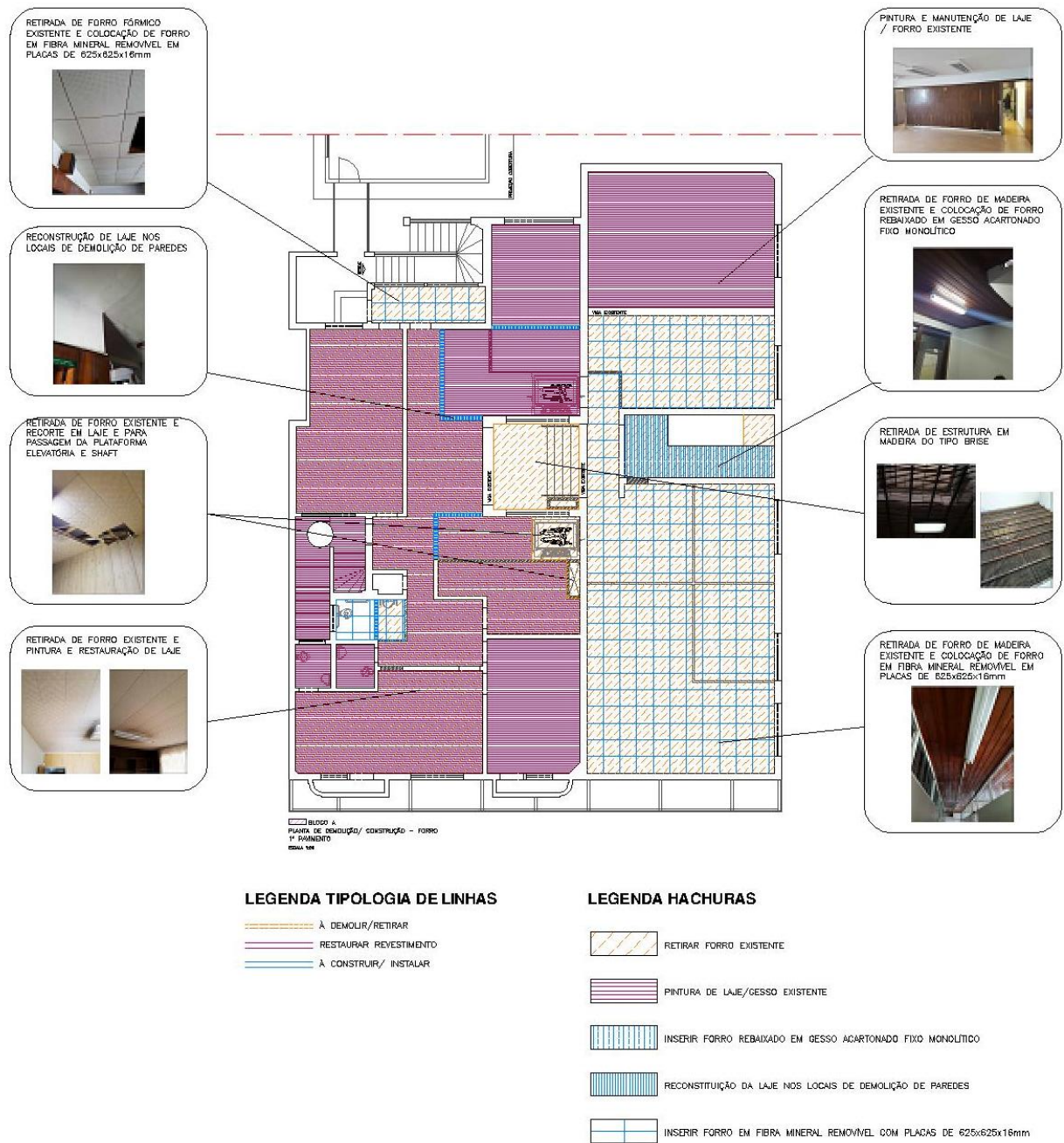
Fonte: O autor (2018)

A.3. PRÉDIO A/B – FORRO



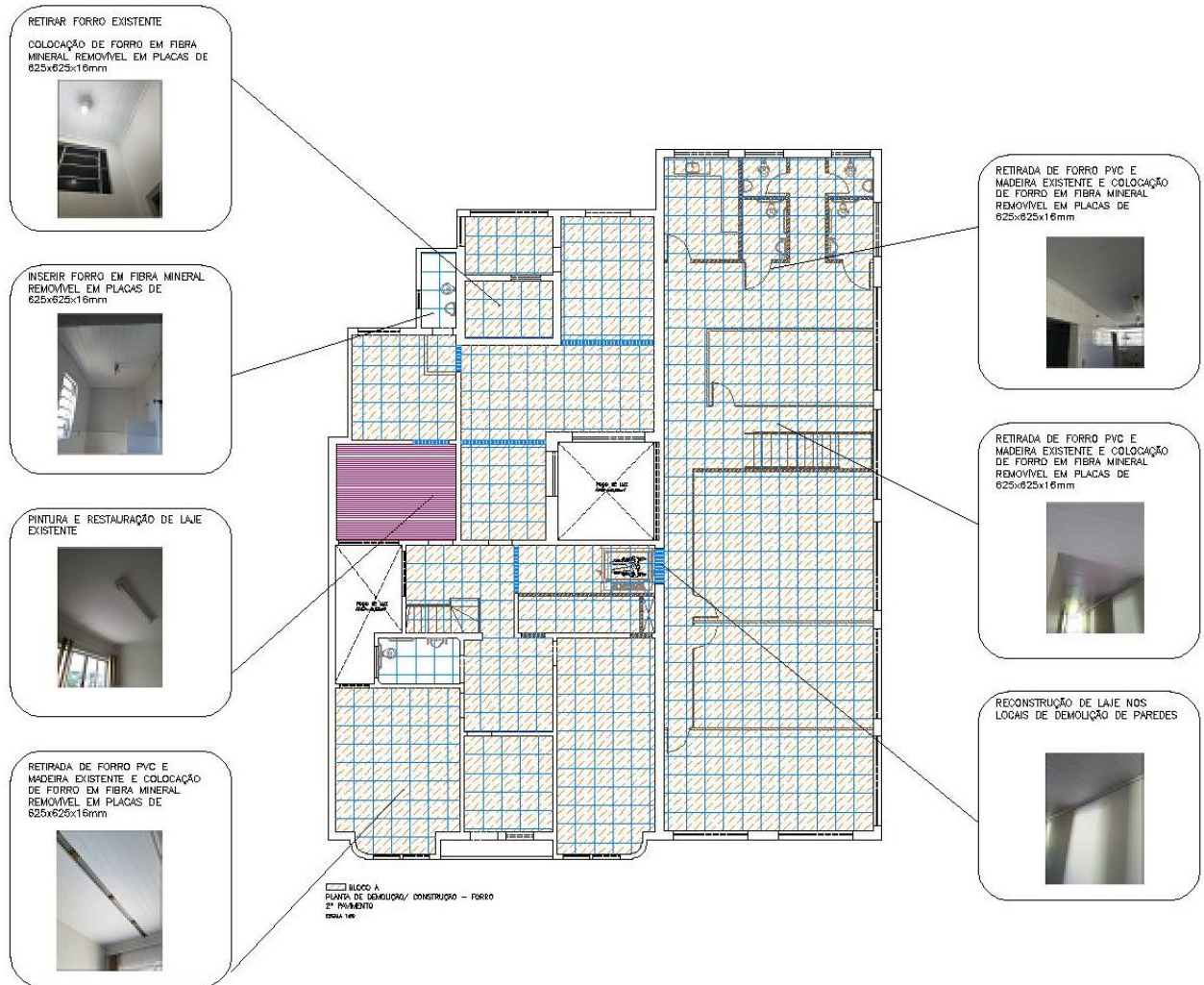
Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

Fonte: O autor (2018)






Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.






Fonte: O autor (2018)



LEGENDA TIPOLOGIA DE LINHAS

-  À DEMOLIR/RETIRAR
-  RESTAURAR REVESTIMENTO
-  À CONSTRUIR/ INSTALAR

LEGENDA HACHURAS

-  RETIRAR FORRO EXISTENTE
-  PINTURA DE LAJE/GESSO EXISTENTE
-  INSERIR FORRO REBAIXADO EM GESSO ACARTONADO FIXO MONOLÍTICO
-  RECONSTITUIÇÃO DA LAJE NOS LOCAIS DE DEMOLIÇÃO DE PAREDES
-  INSERIR FORRO EM FIBRA MINERAL REMOVÍVEL COM PLACAS DE 625x625x16mm

Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

Fonte: O autor (2018)

APÊNDICE B – RELATÓRIO DE INSPEÇÃO

| RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DA EDIFICAÇÃO | |
|---------------------------------------|---|
| Projeto: | Reforma Bloco V4 |
| Proprietário: | UTFPR |
| Endereço: | Av. Silva Jardim, 775 e 791 |
| Uso do edifício: | Comercial |
| Ano de construção: | 1960 (aproximadamente) |
| Tipologia construtiva: | Concreto armado e alvenaria |
| Número de pavimentos: | 3 (térreo + 2) |
| Acessibilidade: | Não |
| Área construída: | 1200m ² (aproximadamente) |
| Tipo e condições do terreno: | Plano; Acesso à veículos; Sem área permeável; Declive para rua. |
| Aspectos positivos observados: | Localização; Área construída; Tipologia construtiva (concreto armado/possibilidade modificação); Materiais passíveis de reutilização (quantidade significativa); Sem presença de danos significativos (s/ infiltração e danos estruturais). |
| Aspectos negativos observados: | Instalações elétricas e hidráulicas obsoletas e danificadas; Layout sem flexibilidade (ambientes dispostos de forma inadequada); Sem acessibilidade p/ P.N.E.; Madeiramento (revestimento, estrutura telhado e forro) com cupins. |
| Observações gerais: | Será necessária uma intervenção robusta, compreendendo domolições, uma vez que as edificações não apresentam possibilidade de flexibilidade de layout (p/ atender necessidades específicas dos setores administrativos da Universidade). |
| Data de inspeção: | 03/08/2018 |
| Condições meteorológicas: | Nublado |

APÊNDICE C – ANÁLISE E COMPILAÇÃO DOS DADOS

C.1. PRÉDIO A

| Id | Parte | Operação realizada | Reutilização no próprio local | Reutilização em outro local | Incineração para recuperação de energia | Aplicação útil | Reciclagem | Aterro | Volume (m³) |
|----|--------------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------|---|----------------|------------|--------|-------------|
| 1 | Fundação | Nenhuma | 100% | | | | | | 79,72 |
| 2 | Baldrame | Nenhuma | 100% | | | | | | 10,6 |
| 3 | Pilares | Nenhuma | 100% | | | | | | 9,7 |
| 4 | Vigas | Demolição destrutiva | 95% | | | | | 5% | 15,9 |
| 5 | Escadas | Nenhuma | 100% | | | | | | 6,88 |
| 6 | Lajes | Demolição destrutiva | 98% | | | | | 2% | 54 |
| 7 | Paredes 20cm | Demolição destrutiva | 89% | | | | | 11% | 105,3 |
| 8 | Paredes 25cm | Demolição destrutiva | 97% | | | | | 3% | 140,35 |
| 9 | Estrutura de madeira cobertura | Demolição seletiva | | | | 20% | | 80% | 15,13 |
| 10 | Calhas chapa galvanizada | Desconstrução | | | | | 100% | | 3,39 |
| 11 | Condutores chapa galvanizada | Desconstrução | | 70% | | | 30% | | 0,72 |
| 12 | Telhas fibrocimento/amianto | Desmontagem | | | | | | 100% | 7,95 |
| 13 | Pisos cerâmicos | Demolição destrutiva | 68% | | | | | 32% | 0,74 |
| 14 | Pisos vinílicos | Demolição destrutiva | | | | | | 100% | 0,06 |
| 15 | Piso em tacos de madeira | Demolição seletiva | 100% | | | | | | 5,64 |
| 16 | Carpete | Demolição seletiva | | | | | 100% | | 0,07 |
| 17 | Rodapés de madeira | Desconstrução | | | 80% | | | 20% | 0,2 |
| 18 | Piso laminado madeira | Desmontagem | | 80% | 20% | | | | 2,2 |
| 19 | Contrapiso | Nenhuma | 100% | | | | | | 10,8 |
| 20 | Revestimento cerâmico | Demolição destrutiva | 32% | | | | | 68% | 2,27 |
| 21 | Revestimentos de madeira | Desconstrução | | | 80% | 10% | | 10% | 6,86 |
| 22 | Janelas de ferro | Demolição seletiva | 70% | 30% | | | | | 1,35 |
| 23 | Janelas de alumínio | Nenhuma | 100% | | | | | | 0,18 |
| 24 | Portas de ferro c/ vidro | Demolição seletiva | 100% | | | | | | 0,31 |
| 25 | Portas de madeira | Desconstrução | 25% | | | | | 75% | 2,27 |
| 26 | Portas de alumínio c/ vidro | Desmontagem | 50% | 50% | | | | | 0,2 |
| 27 | Forros cartonado | Demolição destrutiva | | | 50% | 30% | | 20% | 2,37 |
| 28 | Forros de gesso | Demolição destrutiva | | | | | | 100% | 2,97 |
| 29 | Forros de estuque | Demolição destrutiva | 30% | | | | | 70% | 0,83 |
| 30 | Forros de madeira | Demolição seletiva | | | 80% | | | 20% | 0,94 |
| 31 | Forros de PVC | Desconstrução | | 30% | | | 60% | 10% | 1,41 |
| 32 | Divisórias de madeira | Demolição seletiva | | | 100% | | | | 0,32 |
| 33 | Divisórias de granito | Desconstrução | | 90% | | | | 10% | 0,04 |
| 34 | Conduítes elétrica | Demolição seletiva | | | | | 80% | 20% | 1,2 |
| 35 | Fiação elétrica | Desmontagem | | | | | 100% | | 0,5 |
| 36 | Tomadas | Desmontagem | | 15% | | | 85% | | 0,06 |
| 37 | Interruptores | Desmontagem | | | | | 100% | | 0,01 |
| 38 | Quadro elétrico | Desmontagem | | | | | | 100% | 0,06 |
| 39 | Luminárias | Desmontagem | | 65% | | | | 35% | 1,92 |
| 40 | Tubulação hidráulica | Demolição destrutiva | | | | | | 100% | 2,5 |
| 41 | Registros | Desconstrução | | 25% | | | | 75% | 0,01 |
| 42 | Caixas d'água | Desmontagem | | 25% | | | | 75% | 0,5 |
| 43 | Válvulas | Desconstrução | | 80% | | | | 20% | 0,04 |
| 44 | Torneiras | Desmontagem | | 100% | | | | | 0,01 |
| 45 | Cabides de louça | Demolição seletiva | | | | | | 100% | 0 |
| 46 | Lavatórios | Desmontagem | | 80% | | | | 20% | 3,24 |
| 47 | Vasos sanitário | Desmontagem | | 80% | | | | 20% | 0,82 |
| 48 | Bidê | Desmontagem | | 100% | | | | | 0,08 |
| 49 | Mictório | Desmontagem | | 100% | | | | | 0,27 |
| 50 | Vaso sanitário caixa acoplada | Desmontagem | | 100% | | | | | 0,32 |
| 51 | Espelhos | Desmontagem | | 40% | | | 60% | | 0,03 |
| 52 | Saboneteiras | Desmontagem | | 70% | | | 30% | | 0,02 |
| 53 | Papeleiras | Desmontagem | | 70% | | | 30% | | 0,07 |
| 54 | Toalheiros | Desmontagem | | 80% | | | 20% | | 0,02 |
| 55 | Cabides | Desmontagem | | 70% | | | 30% | | 0 |
| 56 | Assento sanitário plástico | Desmontagem | | | | | 100% | | 0,07 |
| 57 | Guarda-corpo metal | Desconstrução | 100% | | | | | | 0,24 |
| 58 | Coberturas de policarbonato | Desconstrução | 100% | | | | | | 0,57 |
| 59 | Armários madeira | Desmontagem | | | 90% | 10% | | | 7,4 |
| 60 | Persianas | Desmontagem | | 60% | | | 40% | | 0,7 |

| Id | Etapa | Parte | VUP mín (anos) | VUP sup (anos) | VU de serviço/utilização (anos) | Motivação para intervenção |
|-----------|--------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|--|---------------------------------------|
| 1 | Estrutura concreto | Fundação | 50 | 75 | 65 | Não houve substituição |
| 2 | Estrutura concreto | Baldrames | 50 | 75 | 65 | Não houve substituição |
| 3 | Estrutura concreto | Pilares | 50 | 75 | 65 | Não houve substituição |
| 4 | Estrutura concreto | Vigas | 50 | 75 | 65 | Não houve substituição |
| 5 | Estrutura concreto | Escadas | 50 | 75 | 65 | Não houve substituição |
| 6 | Estrutura concreto | Lajes | 50 | 75 | 65 | Não houve substituição |
| 7 | Alvenaria | Paredes 20cm | 20 | 30 | 65 | Não houve substituição |
| 8 | Alvenaria | Paredes 25cm | 40 | 60 | 65 | Não houve substituição |
| 9 | Cobertura | Estrutura de madeira cobertura | 20 | 30 | 65 | Deterioração |
| 10 | Cobertura | Calhas chapa galvanizada | 8 | 12 | 30 | Deterioração |
| 11 | Cobertura | Condutores chapa galvanizada | 8 | 12 | 65 | Deterioração |
| 12 | Cobertura | Telhas fibrocimento/amianto | 13 | 20 | 30 | Deterioração |
| 13 | Piso | Pisos cerâmicos | 13 | 20 | 30 | Obsolescência |
| 14 | Piso | Pisos viníficos | 8 | 12 | 30 | Obsolescência |
| 15 | Piso | Piso em tacos de madeira | 13 | 20 | 65 | Não houve substituição |
| 16 | Piso | Carpete | 8 | 12 | 44 | Obsolescência |
| 17 | Piso | Rodapés de madeira | 8 | 12 | 65 | Deterioração |
| 18 | Piso | Piso laminado madeira | 8 | 12 | 10 | Obsolescência |
| 19 | Piso | Contrapiso | 13 | 20 | 65 | Não houve substituição |
| 20 | Revestimento | Revestimento cerâmico | 13 | 20 | 30 | Obsolescência |
| 21 | Revestimento | Revestimentos de madeira | 13 | 20 | 44 | Obsolescência |
| 22 | Janela | Janelas de ferro | 20 | 30 | 44 | Não houve substituição |
| 23 | Janela | Janelas de alumínio | 20 | 30 | 15 | Não houve substituição |
| 24 | Portas | Portas de ferro c/ vidro | 8 | 12 | 65 | Não houve substituição |
| 25 | Portas | Portas de madeira | 8 | 12 | 44 | Deterioração |
| 26 | Portas | Portas de alumínio c/ vidro | 8 | 12 | 15 | Não houve substituição |
| 27 | Forro | Forros cartonado | 8 | 12 | 44 | Obsolescência |
| 28 | Forro | Forros de gesso | 8 | 12 | 15 | Obsolescência |
| 29 | Forro | Forros de estuque | 8 | 12 | 65 | Obsolescência |
| 30 | Forro | Forros de madeira | 8 | 12 | 44 | Obsolescência |
| 31 | Forro | Forros de PVC | 8 | 12 | 15 | Obsolescência |
| 32 | Divisória | Divisórias de madeira | 20 | 30 | 44 | Obsolescência |
| 33 | Divisória | Divisórias de granito | 20 | 30 | 15 | Obsolescência |
| 34 | Elétrica | Conduítes elétrica | 20 | 30 | 44 | Obsolescência |
| 35 | Elétrica | Fiação elétrica | 20 | 30 | 44 | Obsolescência |
| 36 | Elétrica | Tomadas | 3 | 4 | 30 | Obsolescência |
| 37 | Elétrica | Interruptores | 3 | 4 | 44 | Obsolescência |
| 38 | Elétrica | Quadro elétrico | 3 | 4 | 44 | Obsolescência |
| 39 | Elétrica | Luminárias | 3 | 4 | 44 | Obsolescência |
| 40 | Hidráulica | Tubulação hidráulica | 20 | 30 | 65 | Obsolescência |
| 41 | Hidráulica | Registros | 20 | 30 | 65 | Obsolescência |
| 42 | Hidráulica | Caixas d'água | 13 | 20 | 65 | Obsolescência |
| 43 | Metais | Válvulas | 3 | 4 | 20 | Obsolescência |
| 44 | Metais | Torneiras | 3 | 4 | 20 | Obsolescência |
| 45 | Louças | Cabides de louça | 3 | 4 | 44 | Obsolescência |
| 46 | Louças | Lavatórios | 3 | 4 | 30 | Obsolescência |
| 47 | Louças | Vasos sanitário | 3 | 4 | 44 | Obsolescência |
| 48 | Louças | Bidê | 3 | 4 | 44 | Obsolescência |
| 49 | Louças | Mictório | 3 | 4 | 30 | Obsolescência |
| 50 | Louças | Vaso sanitário caixa acoplada | 3 | 4 | 15 | Obsolescência |
| 51 | Acessórios | Espelhos | 3 | 4 | 15 | Obsolescência |
| 52 | Acessórios | Saboneteiras | 3 | 4 | 10 | Obsolescência |
| 53 | Acessórios | Papeleiras | 3 | 4 | 10 | Obsolescência |
| 54 | Acessórios | Toalheiros | 3 | 4 | 10 | Obsolescência |
| 55 | Acessórios | Cabides | 3 | 4 | 10 | Obsolescência |
| 56 | Acessórios | Assento sanitário plástico | 3 | 4 | 5 | Deterioração |
| 57 | Serralheria | Guarda-corpo metal | 20 | 30 | 44 | Não houve substituição |
| 58 | Diversos | Coberturas de policarbonato | 13 | 20 | 30 | Não houve substituição |
| 59 | Diversos | Armários madeira | 3 | 4 | 44 | Obsolescência |
| 60 | Diversos | Persianas | 3 | 4 | 15 | Obsolescência |

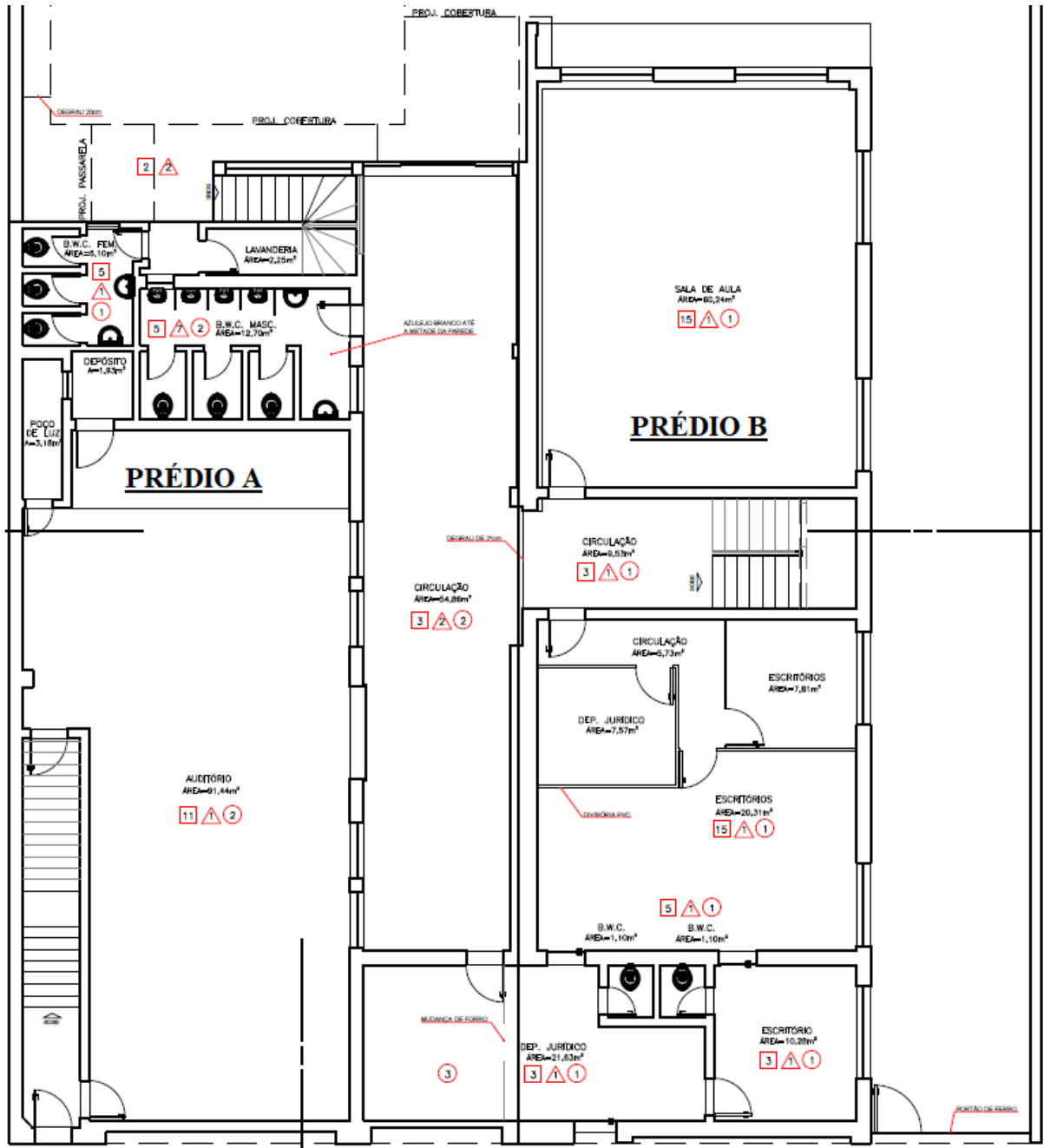
C.2. PRÉDIO B

| Id | Parte | Operação realizada | Reutilização no próprio local | Reutilização em outro local | Incineração para recuperação de energia | Aplicação útil | Reciclagem | Aterro | Volume (m³) |
|----|--------------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------|---|----------------|------------|--------|-------------|
| 1 | Vigas | Demolição destrutiva | 95% | | | | | 5% | 14,68 |
| 2 | Lajes | Demolição destrutiva | 98% | | | | | 2% | 42 |
| 3 | Fundação | Nenhuma | 100% | | | | | | 42,55 |
| 4 | Baldrames | Nenhuma | 100% | | | | | | 9,74 |
| 5 | Pilares | Nenhuma | 100% | | | | | | 6,32 |
| 6 | Escadas | Nenhuma | 100% | | | | | | 4,5 |
| 7 | Paredes 20cm | Demolição destrutiva | 89% | | | | | 11% | 37,62 |
| 8 | Paredes 25cm | Demolição destrutiva | 97% | | | | | 3% | 112,59 |
| 9 | Estrutura de madeira cobertura | Demolição seletiva | | | | 20% | | 80% | 16,97 |
| 10 | Calhas chapa galvanizada | Desconstrução | | | | | 100% | | 3,18 |
| 11 | Condutores chapa galvanizada | Desconstrução | 70% | | | | 30% | | 0,96 |
| 12 | Telhas fibrocimento/amianto | Desmontagem | | | | | | 100% | 8,86 |
| 13 | Pisos cerâmicos | Demolição destrutiva | 68% | | | | | 32% | 0,64 |
| 14 | Pisos vinílicos | Demolição destrutiva | | | | | | 100% | 0,01 |
| 15 | Pisos em tacos de madeira | Demolição seletiva | 100% | | | | | | 4,7 |
| 16 | Barroteamento | Demolição seletiva | | | | 10% | | 90% | 3,38 |
| 17 | Rodapés de madeira | Desconstrução | 80% | | | | | 20% | 0,22 |
| 18 | Assoalhos madeira | Desconstrução | 100% | | | | | | 2,29 |
| 19 | Pisos laminado madeira | Desmontagem | | 80% | 20% | | | | 0,77 |
| 20 | Contrapisos | Nenhuma | 100% | | | | | | 8,08 |
| 21 | Revestimentos cerâmicos | Demolição destrutiva | 32% | | | | | 68% | 0,92 |
| 22 | Revestimentos de madeira | Desconstrução | | | 80% | 10% | | 10% | 0,16 |
| 23 | Janelas de ferro | Demolição seletiva | 70% | 30% | | | | | 1,5 |
| 24 | Portas de madeira | Desconstrução | 25% | | | | | 75% | 1,51 |
| 25 | Forros de madeira | Demolição seletiva | | | 80% | | | 20% | 1,7 |
| 26 | Forros de PVC | Desconstrução | | 30% | | | 60% | 10% | 3,1 |
| 27 | Divisórias de madeira | Demolição seletiva | | | 100% | | | | 0,9 |
| 28 | Divisórias navais | Desmontagem | 100% | | | | | | 5,96 |
| 29 | Conduítes | Demolição seletiva | | | | | 80% | 20% | 1,05 |
| 30 | Fiação elétrica | Desmontagem | | | | | 100% | | 0,35 |
| 31 | Tomadas | Desmontagem | | 15% | | | 85% | | 0,02 |
| 32 | Interruptores | Desmontagem | | | | | 100% | | 0,01 |
| 33 | Quadros elétricos | Desmontagem | | | | | | 100% | 0,04 |
| 34 | Luminárias | Desmontagem | | 65% | | | | 35% | 1,51 |
| 35 | Tubulação hidráulica | Demolição destrutiva | | | | | | 100% | 1,9 |
| 36 | Registros | Desconstrução | | 25% | | | | 75% | 0,02 |
| 37 | Caixas d'água | Desmontagem | | 25% | | | | 75% | 0,35 |
| 38 | Válvulas | Desconstrução | | 80% | | | | 20% | 0,02 |
| 39 | Torneiras | Desmontagem | | 100% | | | | | 0,01 |
| 40 | Cabides | Demolição seletiva | | | | | | 100% | 0 |
| 41 | Papeleiras embutir | Demolição seletiva | 33% | | | | | 67% | 0,12 |
| 42 | Lavatórios | Desmontagem | | 80% | | | | 20% | 1,19 |
| 43 | Vasos sanitários | Desmontagem | | 80% | | | | 20% | 0,48 |
| 44 | Espelhos | Desmontagem | | 40% | | | 60% | | 0,13 |
| 45 | Saboneteiras | Desmontagem | | 70% | | | 30% | | 0,02 |
| 46 | Papeleiras embutir | Desmontagem | | 70% | | | 30% | | 0,01 |
| 47 | Toalheiro | Desmontagem | | 80% | | | 20% | | 0,01 |
| 48 | Cabides | Desmontagem | | 70% | | | 30% | | 0 |
| 49 | Assentos sanitários plásticos | Desmontagem | | | | | 100% | | 0,04 |
| 50 | Guarda-corpo metal | Desconstrução | | 100% | | | | | 0,11 |
| 51 | Armários madeira | Desmontagem | | | 90% | 10% | | | 4,19 |
| 52 | Persianas | Desmontagem | | 60% | | | 40% | | 0,38 |
| 53 | Cortinas | Desmontagem | | | | 15% | 85% | | 0,08 |

| Id | Etapa | Parte | VUP mín (anos) | VUP sup (anos) | VU de serviço/utilização (anos) | Motivação para substituição de materiais e componentes |
|-----------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|---|
| 1 | Estrutura concreto armado | Vigas | 50 | 75 | 51 | Não houve substituição |
| 2 | Estrutura concreto armado | Lajes | 50 | 75 | 51 | Não houve substituição |
| 3 | Estrutura concreto armado | Fundação | 50 | 75 | 51 | Não houve substituição |
| 4 | Estrutura concreto armado | Baldrames | 50 | 75 | 51 | Não houve substituição |
| 5 | Estrutura concreto armado | Pilares | 50 | 75 | 51 | Não houve substituição |
| 6 | Estrutura concreto armado | Escadas | 50 | 75 | 51 | Não houve substituição |
| 7 | Alvenaria | Paredes 20cm | 20 | 30 | 51 | Não houve substituição |
| 8 | Alvenaria | Paredes 25cm | 40 | 60 | 51 | Não houve substituição |
| 9 | Cobertura | Estrutura de madeira cobertura | 20 | 30 | 51 | Deterioração |
| 10 | Cobertura | Calhas chapa galvanizada | 8 | 12 | 30 | Deterioração |
| 11 | Cobertura | Condutores chapa galvanizada | 8 | 12 | 44 | Deterioração |
| 12 | Cobertura | Telhas fibrocimento/amianto | 13 | 20 | 30 | Deterioração |
| 13 | Piso | Pisos cerâmicos | 13 | 20 | 30 | Obsolescência |
| 14 | Piso | Pisos vinílicos | 8 | 12 | 30 | Obsolescência |
| 15 | Piso | Pisos em tacos de madeira | 13 | 20 | 44 | Não houve substituição |
| 16 | Piso | Barroteamento | 20 | 30 | 44 | Deterioração |
| 17 | Piso | Rodapés de madeira | 8 | 12 | 44 | Deterioração |
| 18 | Piso | Assoalhos madeira | 13 | 20 | 44 | Não houve substituição |
| 19 | Piso | Pisos laminado madeira | 8 | 12 | 10 | Obsolescência |
| 20 | Piso | Contrapisos | 13 | 20 | 51 | Não houve substituição |
| 21 | Revestimento | Revestimentos cerâmicos | 13 | 20 | 30 | Obsolescência |
| 22 | Revestimento | Revestimentos de madeira | 13 | 20 | 44 | Obsolescência |
| 23 | Janela | Janelas de ferro | 20 | 30 | 44 | Não houve substituição |
| 24 | Portas | Portas de madeira | 8 | 12 | 44 | Deterioração |
| 25 | Forro | Forros de madeira | 8 | 12 | 44 | Obsolescência |
| 26 | Forro | Forros de PVC | 8 | 12 | 15 | Obsolescência |
| 27 | Divisória | Divisórias de madeira | 20 | 30 | 44 | Obsolescência |
| 28 | Divisória | Divisórias navais | 20 | 30 | 20 | Não houve substituição |
| 29 | Elétrica | Conduítes | 20 | 30 | 44 | Obsolescência |
| 30 | Elétrica | Fiação elétrica | 20 | 30 | 44 | Obsolescência |
| 31 | Elétrica | Tomadas | 3 | 4 | 30 | Obsolescência |
| 32 | Elétrica | Interruptores | 3 | 4 | 44 | Obsolescência |
| 33 | Elétrica | Quadros elétricos | 3 | 4 | 44 | Obsolescência |
| 34 | Elétrica | Luminárias | 3 | 4 | 30 | Obsolescência |
| 35 | Hidráulica | Tubulação hidráulica | 20 | 30 | 44 | Obsolescência |
| 36 | Hidráulica | Registros | 20 | 30 | 44 | Obsolescência |
| 37 | Hidráulica | Caixas d'água | 13 | 20 | 44 | Obsolescência |
| 38 | Metais | Válvulas | 3 | 4 | 20 | Obsolescência |
| 39 | Metais | Torneiras | 3 | 4 | 20 | Obsolescência |
| 40 | Louças | Cabides | 3 | 4 | 44 | Obsolescência |
| 41 | Louças | Papeleiras embutir | 3 | 4 | 44 | Obsolescência |
| 42 | Louças | Lavatórios | 3 | 4 | 30 | Obsolescência |
| 43 | Louças | Vasos sanitários | 3 | 4 | 30 | Obsolescência |
| 44 | Acessórios | Espelhos | 3 | 4 | 15 | Obsolescência |
| 45 | Acessórios | Saboneteiras | 3 | 4 | 10 | Obsolescência |
| 46 | Acessórios | Papeleiras embutir | 3 | 4 | 10 | Obsolescência |
| 47 | Acessórios | Toalheiro | 3 | 4 | 10 | Obsolescência |
| 48 | Acessórios | Cabides | 3 | 4 | 10 | Obsolescência |
| 49 | Acessórios | Assentos sanitários plásticos | 3 | 4 | 5 | Deterioração |
| 50 | Serralheria | Guarda-corpo metal | 20 | 30 | 30 | Não houve substituição |
| 51 | Diversos | Armários madeira | 3 | 4 | 44 | Obsolescência |
| 52 | Diversos | Persianas | 3 | 4 | 15 | Obsolescência |
| 53 | Diversos | Cortinas | 3 | 4 | 15 | Obsolescência |

ANEXO A – AS BUILT

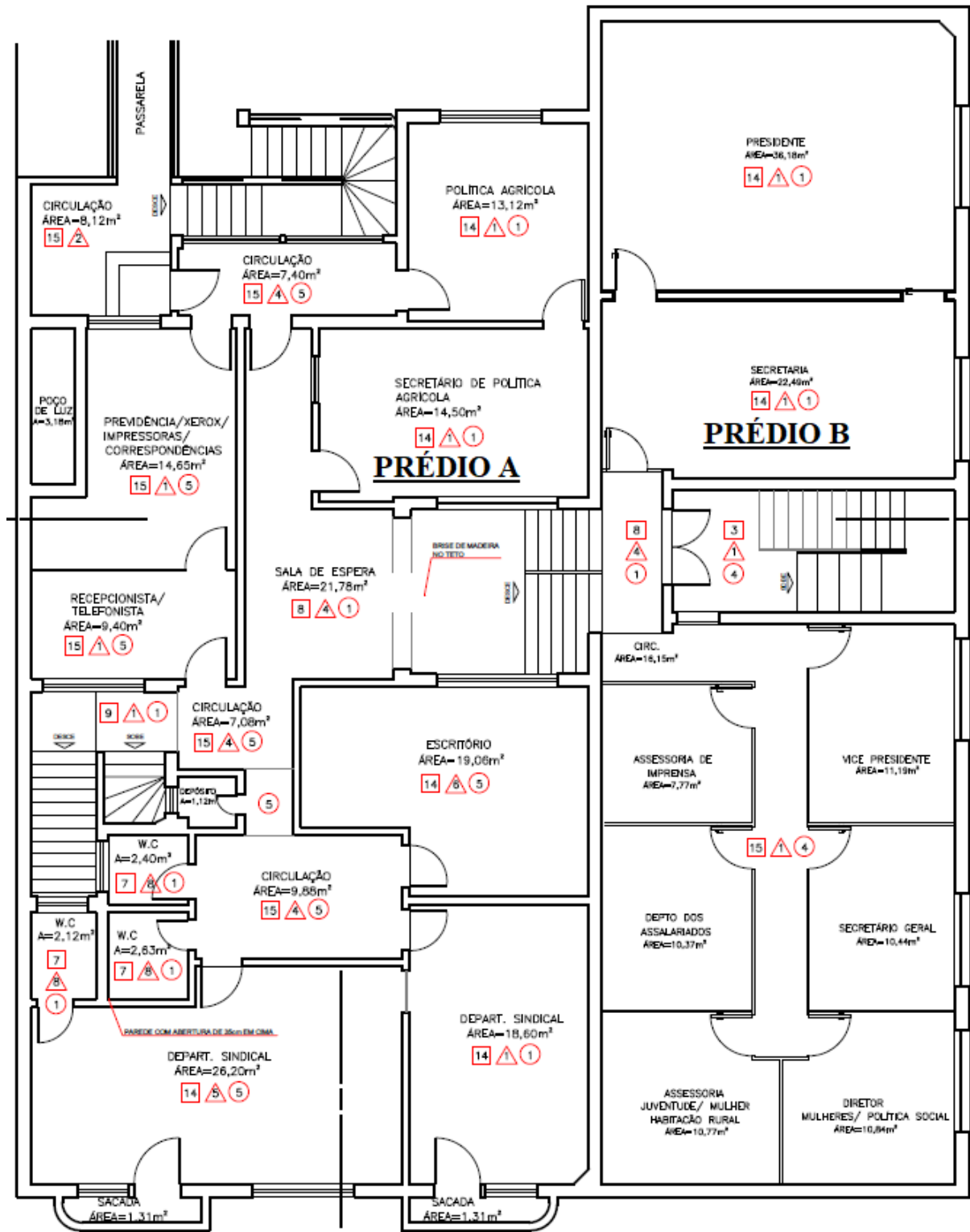
A.1. PAVIMENTO TÉRREO



Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

Fonte: IFES

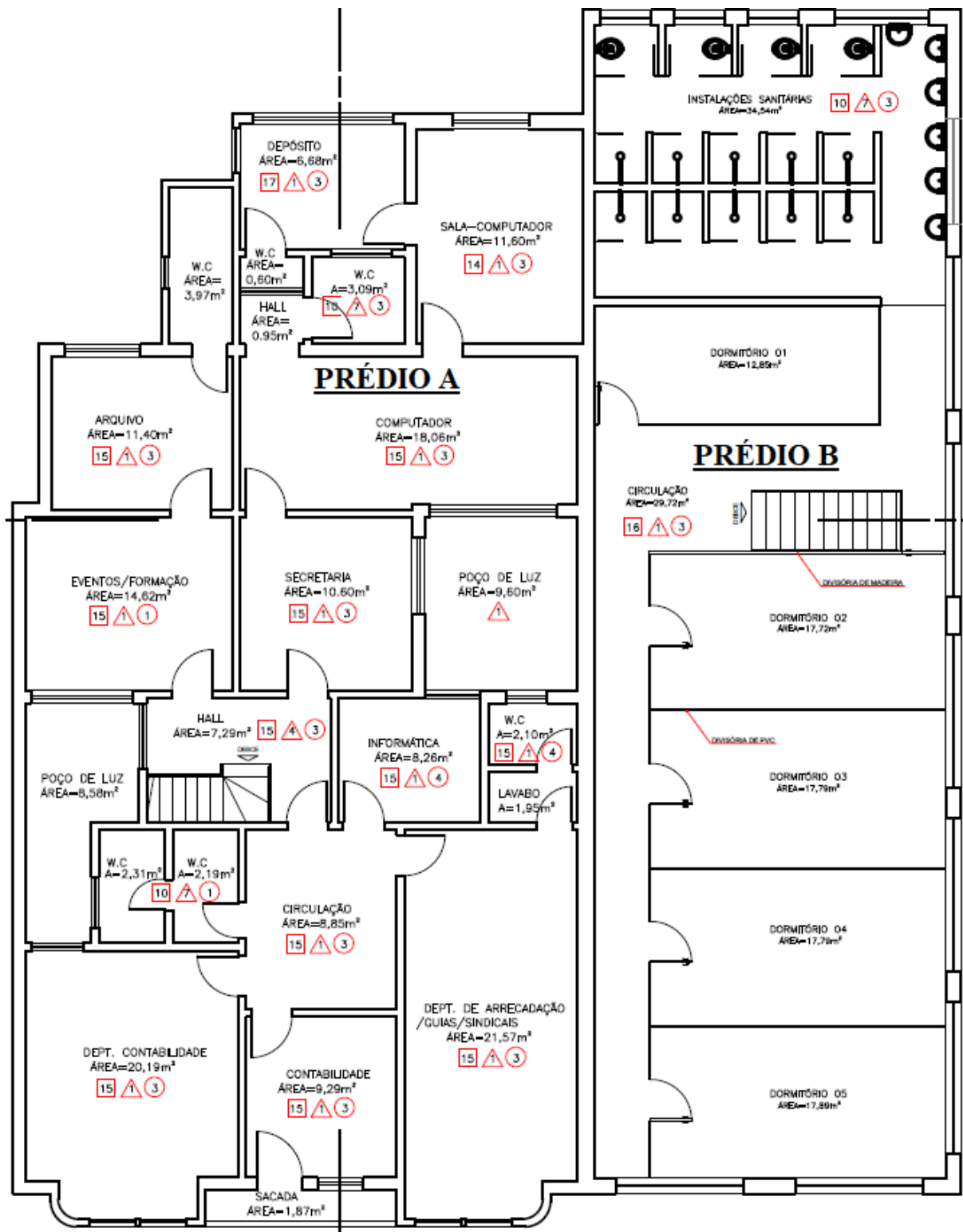
A.2. PRIMEIRO PAVIMENTO



Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

Fonte: IFES

A.3. SEGUNDO PAVIMENTO



Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

Fonte: IFES

ANEXO B – PLANTAS REABILITAÇÃO

B.1. PRÉDIO A/B – PAV. TÉRREO



LEGENDA:

≡≡≡ ELEMENTO DEMOLIDO / MODIFICADO

Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

Fonte: IFES

B.2. PRÉDIO A/B – PRIMEIRO PAV.



PLANTA 1º PAVIMENTO

LEGENDA:

≡≡≡ ELEMENTO DEMOLIDO / MODIFICADO

Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

Fonte: IFES

B.3. PRÉDIO A/B – SEGUNDO PAV.



PLANTA 2º PAVIMENTO

LEGENDA:

≡≡≡ ELEMENTO DEMOLIDO / MODIFICADO

Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

Fonte: IFES

B.4. PRÉDIO A/B – CORTES



Corte A
1:75



Corte B
1:75

LEGENDA:

≡≡≡ ELEMENTO DEMOLIDO / MODIFICADO

Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

Fonte: IFES



Corte C

1 : 75



Corte D

1 : 75

LEGENDA:

≡≡≡ ELEMENTO DEMOLIDO / MODIFICADO

Obs. : Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

Fonte: IFES

B.5. PRÉDIO A/B – ELEVAÇÕES

ELEVAÇÃO FRONTAL
1:75ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA
1:75ELEVAÇÃO POSTERIOR
1:75

Obs.: Desenho sem escala, apenas ilustrativo.

Fonte: IFES