

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Carolina Dal Agnol Dalazen

**PROJETO DE REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DE UMA
EDIFICAÇÃO HISTÓRICA COM ALTO GRAU DE
DETERIORAÇÃO**

Avaliador:
Defesa: dia __/__/2015 às _____ horas
Local: UFRGS / Engenharia Nova Oswaldo Aranha, 99, sala 304
Anotações com sugestões para qualificar o trabalho são bem- vindas. O aluno fará as correções e lhe passará a versão final do trabalho, se for de seu interesse.

Porto Alegre
dezembro 2017

CAROLINA DAL AGNOL DALAZEN

**PROJETO DE REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DE UMA
EDIFICAÇÃO HISTÓRICA COM ALTO GRAU DE
DETERIORAÇÃO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientadora: Ângela Gaio Graeff

Porto Alegre
dezembro 2017

CAROLINA DAL AGNOL DALAZEN

**PROJETO DE REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DE UMA
EDIFICAÇÃO HISTÓRICA COM ALTO GRAU DE
DETERIORAÇÃO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 07 de dezembro de 2017

Profa. Ângela Gaio Graeff
PhD. pela University of Sheffield
Orientadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ângela Gaio Graeff (UFRGS)
PhD. pela University of Sheffield

Profa. Mônica Regina Garcez (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Eng. Lucas Alexandre Reginato (doutorando UFRGS)
MSc pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a minha mãe, Glória, que é meu porto
seguro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus.

Agradeço à Prof. Ângela Gaio Graeff, orientadora deste trabalho, pela paciência e disponibilidade em me receber toda semana em sua sala, sempre com um sorriso no rosto, e pelo conhecimento transmitido por meio de sua orientação.

Agradeço à minha mãe, por me dar as certezas necessárias para nunca desistir e que, por sempre estar tão presente, praticamente se formou engenheira comigo.

Agradeço ao meu pai, por ser, além de pai, amigo e sempre me ajudar naquelas horas em que precisei de uma palavra confortante.

Agradeço à minha família: vô José, vó Irene, vó Maria, vô Elio, tios, tias, primos e primas.

Agradeço aos meus amigos, pelo apoio, pela paciência nas muitas vezes em que não pude estar presente e pelo carinho nas vezes em que pudemos estar juntos.

Por fim, agradeço ao engenheiro Bruno Sanchez por, em todas as vezes que precisei visitar a edificação, permitir que isso acontecesse, bem como pela paciência em explicar as intervenções realizadas.

Dê o primeiro passo com fé. Você não precisa ver toda a escada, apenas suba o primeiro degrau.

Martin Luther King

RESUMO

O conjunto de atividades que convergem na realização de um projeto de reabilitação estrutural é muito variado e mescla diversas áreas do conhecimento. Um projeto que vise a consolidação da estrutura de edificações tombadas pelo Patrimônio Histórico, possui características singulares, visto que, em muitos casos, a edificação encontra-se em um nível de deterioração avançado, e essa situação exige cuidados especiais. Pode-se sintetizar em três etapas um projeto de reabilitação estrutural de uma edificação especial: a). Identificação da edificação (localização, uso, sistema construtivo); b). Inspeção e diagnóstico; c). Prognóstico e reabilitação estrutural. Este trabalho versará sobre o projeto de reabilitação estrutural de uma edificação tombada pelo Patrimônio Histórico do município de Porto Alegre. A Edificação está localizada na Rua Riachuelo no Centro Histórico. Os primeiros registros desta edificação são de 1893, mas acredita-se que sua construção foi anterior a esta data. A escassez de ações de conservação fez com que esta edificação se deteriorasse, severamente, com o tempo. Por isso, na análise realizada, tornou-se imprescindível o conhecimento sobre manifestações patológicas. Constaram-se diversos danos na estrutura causados por manifestações patológicas cuja evolução culminou na condenação estrutural da edificação. Foram inspecionados todos os cômodos da edificação, as manifestações patológicas que estes apresentavam, seus componentes estruturais e as características importantes do ponto de vista histórico. Além disso, foram identificados os principais problemas encontrados na edificação e, assim, foram sugeridas soluções, considerando conservar a maior parte da edificação original. Com o intuito de devolver a estabilidade da estrutura, foi fundamental considerar os aspectos tradicionais da edificação, como o sistema construtivo. Assim, foi elaborado um projeto de uma estrutura de aço interna à edificação que, além de consolidar-se à estrutura original, possibilitaria a habitação do segundo pavimento da edificação. O projeto de reabilitação estrutural da edificação foi sendo elaborado concomitantemente com a elaboração de plantas e desenhos em três dimensões para tornar evidente quais partes da estrutura eram originais e quais as que seriam adicionadas e onde estas seriam inseridas. Além disso, foram propostos diversos processos para resolver outros problemas identificados na edificação, visando atender os usuários que possam vir a ocupar a edificação, bem como novas demandas que possam surgir.

Palavras-chave: Reabilitação Estrutural. Edificação Histórica. Manifestações patológicas. Edificação com alto grau de deterioração.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da edificação em Porto Alegre.....	14
Figura 2 – Diagrama das etapas da pesquisa.....	16
Figura 3 – Palácio Dom João VI.....	19
Figura 4 – Fases do desempenho de uma edificação histórica.....	23
Figura 5 – Torre H, em 2014.....	30
Figura 6 – Vista do interior da Torre H, em um dos apartamentos.....	31
Figura 7 – Viga de madeira atacada por cupins.....	34
Figura 8 – Ataque de fungos na madeira.....	34
Figura 9 – Alvenaria com trincas causadas pela falta de amarração.....	35
Figura 10 – Trincas devido ao encunhamento precoce.....	35
Figura 11 – Eflorescências, causada pela presença de sais nos blocos de alvenaria.....	36
Figura 12 – Desagregação dos tijolos por criptoflorescência.....	36
Figura 13 – Alvenaria atacada por fungos.....	36
Figura 14 – Tensões pela ação de gelo-degelo.....	37
Figura 15 – Estrutura do Teatro Olímpico, construído no final do século XVI, em Vicenza, na Itália.....	38
Figura 16 – Diferentes sistemas de alvenaria de rochas.....	39
Figura 17 – Edificação com alvenaria de rocha.....	39
Figura 18 – Aplicação de substância para eliminar eflorescências.....	42
Figura 19 – Argamassa com de tela soldada.....	43
Figura 20 – Execução de reforço com resina e fibras.....	46
Figura 21 – Diagrama de etapas de execução do trabalho.....	47
Figura 22 – Quadro comparativo de etapas de um projeto de conservação e reabilitação estrutural de edificação histórica por diferentes autores.....	49
Figura 23 – Situação da edificação localizada próxima ao teatro São Pedro no Centro Histórico de Porto Alegre.....	51
Figura 24 – Quadra da edificação em imagem de satélite.....	51
Figura 25 – Planta de situação da edificação.....	51
Figura 26 – Foto mais antiga obtida da edificação em estudo.....	53
Figura 27 – Edificação em 1989.....	53
Figura 28 – Edificação em fevereiro de 2016.....	53
Figura 29 – Linha do tempo da fachada da edificação.....	54
Figura 30 – Localização da edificação no terreno.....	55
Figura 31 – Planta baixa da edificação.....	55

Figura 32 – Fachada da edificação.....	55
Figura 33 – Fachada da edificação.....	57
Figura 34 – Mapa de manifestações patológicas na fachada da edificação.....	58
Figura 35 – Cordoalha na platibanda.....	59
Figura 36 – Croqui da localização da cordoalha na platibanda.....	59
Figura 37 – Madeira da esquadria.....	60
Figura 38 – Madeira do pórtico.....	60
Figura 39 – Pórtico instalado na fachada.....	60
Figura 40 – Fachada da edificação.....	61
Figura 41 – Registro mais aproximado da cimalha e vegetação na fachada.....	61
Figura 42 – Unidade de alvenaria da edificação.....	62
Figura 43 – Argamassa utilizada na alvenaria.....	62
Figura 44 – Identificação da parte da edificação em análise.....	62
Figura 45 – Corredor de entrada da edificação, registro no sentido oposto à rua Riachuelo.....	63
Figura 46 – Corredor de entrada da edificação, registro em sentido à rua Riachuelo.....	63
Figura 47 – Registro realizado de dentro da edificação para a porta de entrada da edificação.....	64
Figura 48 – Esquadrias de acesso ao corredor de entrada e parede divisória.....	65
Figura 49 – Arenito utilizado como unidade de alvenaria nas paredes de divisão entre a edificação e edificações vizinhas.....	66
Figura 50 – Registro das diferentes dimensões de fragmentos utilizados.....	66
Figura 51 – Desnível entre os cômodos de entrada e o cômodo de fundos.....	67
Figura 52 – Estratégia de inspeção do primeiro cômodo de entrada.....	68
Figura 53 – Parede um do primeiro cômodo de entrada.....	68
Figura 54 – Trinca na parede em estudo.....	69
Figura 55 – Registro mais aproximado de parte da figura 46.....	70
Figura 56 – Argamassa aplicada em alguns pontos deteriorados da parede em estudo....	70
Figura 57 – Outra parte da parede onde foi aplicada argamassa de cimento.....	70
Figura 58 – Abertura e consequente degradação da calha da edificação.....	71
Figura 59 – Parte superior da face interna esquerda da parede da fachada.....	71
Figura 60 – Parte inferior da face interna esquerda da parede da fachada registro realizado antes da vistoria.....	71
Figura 61 – Pinturas em amarelo na parede dois do cômodo em análise.....	72
Figura 62 – Detalhes da pintura encontrada.....	72
Figura 63 – Detalhe do vigamento da edificação.....	72

Figura 64 – Parte superior da parede 2.....	73
Figura 65 – Parte do vigamento na edificação.....	73
Figura 66 – Estratégia de inspeção do segundo cômodo de entrada.....	73
Figura 67 – Parede 4.....	74
Figura 68 – Continuação da Parede 4.....	74
Figura 69 – Parede 3.....	75
Figura 70 – Parede 5.....	76
Figura 71 – Parede 5.....	76
Figura 72 – Parede 1.....	76
Figura 73 – Parede 1.....	77
Figura 74 – Estratégia de inspeção do cômodo dos fundos.....	77
Figura 75 – Parede 3.....	78
Figura 76 – Parede 3.....	78
Figura 77 – Parede 6.....	79
Figura 78 – Parte da parede 6.....	80
Figura 79 – Manchas causadas por musgos e eflorações no bloco e na argamassa....	80
Figura 80 – Parede 2.....	80
Figura 81 – Parte superior da parede 6.....	80
Figura 82 – Face externa da parede 6 vista dos fundos da casa.....	81
Figura 83 – Face externa da parede 6.....	81
Figura 84 – Estratégia de inspeção do cômodo dos fundos.....	81
Figura 85 – Desenho em 3D da edificação.....	84
Figura 86 – Interior da Edificação.....	84
Figura 87 – Desenho em 3D do pórtico.....	86
Figura 88 – Pórtico no interior da edificação.....	86
Figura 89 – Perfil W200 x 31,3 [mm].....	87
Figura 90 – Perfis W310 x 44,5 [mm].....	88
Figura 91 – Perfil W310 x 44,5 [mm].....	88
Figura 92– Cantoneiras de comprimentos 160 e 134 milímetros.....	88
Figura 93 – Parafuso ASTM A325.....	88
Figura 94– Localização dos perfis da figura 90.....	89
Figura 95 – Ligações dos perfis.....	89
Figura 96 – Pórtico SAP 2000.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela identificando as manifestações patológicas por cômodo e parede identificada na figura 84.....	82
Tabela 2 – Relação de danos à edificação por parede identificada na figura 84.....	82

LISTA DE SIGLAS

ASTM – American Society for Testing and Materials

NBR – Normas Brasileira Regulamentadora

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia

IBAPE/SP - Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA.....	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	15
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	15
2.2.1 Objetivo Principal.....	15
2.2.2 Objetivo Secundário.....	15
2.3 PREMISSA	16
2.4 DELIMITAÇÕES.....	16
2.5 LIMITAÇÕES	16
2.6 DELINEAMENTO	16
3 CONSERVAÇÃO DE EDIFICAÇÕES.....	18
3.1 CONSERVAÇÃO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS.....	21
3.2 DETERIORAÇÃO DE EDIFICAÇÕES.....	22
3.3 PROJETO DE PRESERVAÇÃO DE EDIFICAÇÃO HISTÓRICA.....	24
4 PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES.....	29
4.1 PATOLOGIA DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS.....	31
4.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM MADEIRA.....	33
4.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA ALVENARIA.....	34
5 SISTEMA ESTRUTURAL DE ALVENARIA.....	38
5.1 HISTÓRICO DO SISTEMA ESTRUTURAL DE ALVENARIA.....	38
5.2 REABILITAÇÃO E REFORÇO DE SISTEMAS DE ESTRUTURAS DE ALVENARIA.....	41
6 MÉTODO DE PESQUISA.....	47
7 IDENTIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO.....	50
8 INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO.....	56
8.1 INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DA FACHADA.....	57
8.2 INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DO CORREDOR DE ENTRADA.....	61
8.3 INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DOS CÔMODOS DA EDIFICAÇÃO.....	67
8.3.1 Cômodos de Entrada.....	67
8.3.1.1 Primeiro Cômodo de Entrada.....	67
8.3.1.2 Segundo Cômodo de Entrada.....	73
8.3.2 Cômodos de Fundos.....	77
8.4 CONCLUSÕES GERAIS SOBRE A INSPEÇÃO.....	81

9	PROGNÓSTICO E REABILITAÇÃO ESTRUTURAL.....	84
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91

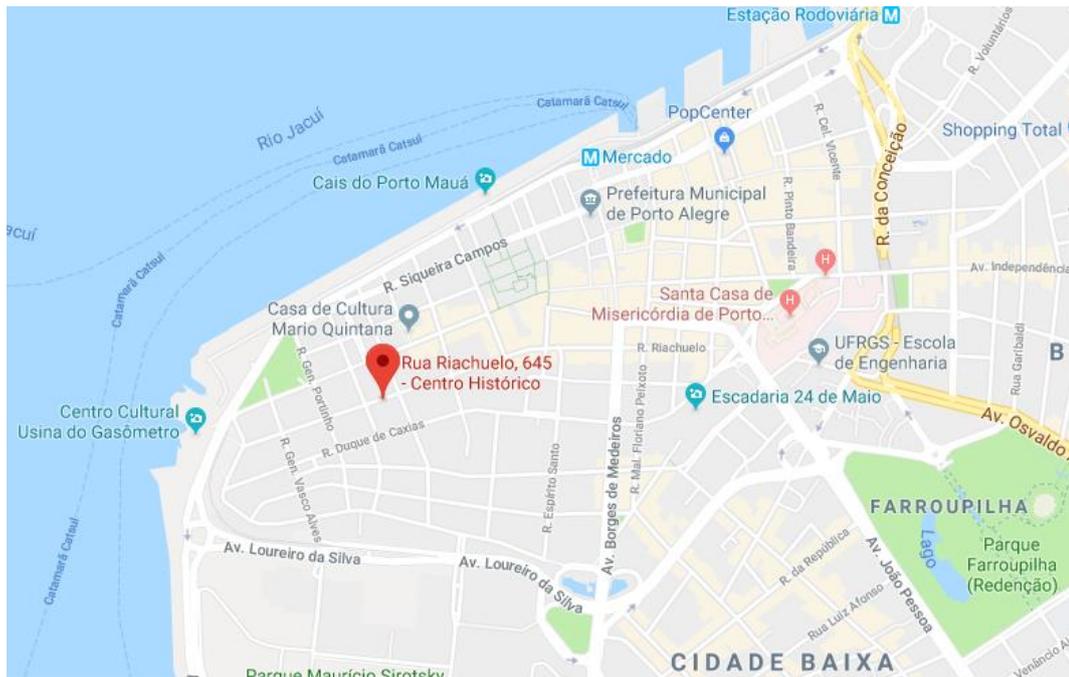
1 INTRODUÇÃO

A restauração de edificações tombadas pelo Patrimônio Histórico Cultural de um Município é muito importante para a preservação da identidade da cidade. Um outro ponto relevante é que a restauração de uma edificação traz melhorias aos vizinhos e às pessoas que transitam pelo local. Estes usufruem das melhorias visuais e são motivados a conservarem ou repararem suas residências ou comércios. Além disso, a restauração destas edificações possibilita que elas voltem a exercer uma função, evitando que elas se tornem entulhos de demolição. Desta forma, a restauração pode ser considerada uma ação sustentável. A falta de conservação de edificações diminui o estoque e cria a necessidade de novas construções para atender à demanda, necessitando assim de um maior consumo de matérias-primas e a consequente produção de uma maior quantidade de resíduos.

Existem diversos estudos sobre a realização de inspeção e projetos de restauração em edificações em geral, porém a recuperação de edificação com elevado grau de manifestações patológicas ainda não é um tema muito abordado. Desta forma, o trabalho de análise de uma edificação com alto grau de deterioração torna-se um objeto de estudo importante e atrelado a muitos desafios, visto que é um tema pouco considerado e muito frequente em edificações históricas.

O presente trabalho tem como finalidade o estudo de reabilitação estrutural de uma edificação histórica localizada na Rua Riachuelo número 645, na cidade de Porto Alegre. A localização da edificação apresenta-se na figura 1.

Figura 1 – Localização da edificação em Porto Alegre



(fonte: Google Maps)

A negação do pedido para a demolição desta edificação, e conseguinte construção de um prédio, em 1977, ocasionou o abandono da edificação pelo proprietário. Não ocorreram as necessárias ações de conservação, e, como a intensidade com a qual as manifestações patológicas aparecem depende da diligência dos proprietários com a manutenabilidade da edificação, a situação incrementou o aparecimento de manifestações patológicas. Estas foram estudadas e mapeadas, assim como os materiais constituintes da edificação, possibilitando um melhor entendimento da condição estrutural da edificação.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Este trabalho tem como questão de pesquisa: como é possível reabilitar estruturalmente uma edificação com alto grau de deterioração, viabilizando sua ocupação e respeitando suas características históricas?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é realizar o projeto de reabilitação estrutural de uma edificação histórica, com alto grau de deterioração, possibilitando a sua utilização em alguma função requerida.

2.2.2 Objetivo Secundário

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) a realizar um laudo de inspeção visual que aponte as manifestações patológicas que podem ter causado os danos na estabilidade da estrutura e como pode ter ocorrido a evolução destas manifestações ao longo do tempo;
- b) inter-relacionar um projeto moderno de reabilitação estrutural com as características históricas da edificação, respeitando o seu valor de patrimônio histórico do Município.

2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que o alto grau de deterioração da edificação impõe diversos desafios à concepção do projeto de reabilitação de sua estabilidade estrutural.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à uma edificação com alto grau deterioração, tombada pelo patrimônio histórico do município de Porto Alegre, no centro histórico, na rua Riachuelo.

2.5 LIMITAÇÕES

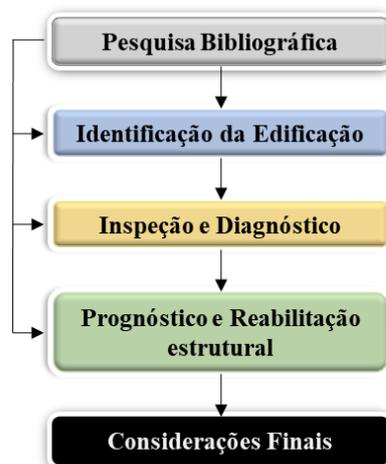
São limitações do trabalho:

- a) a análise foi feita por inspeção visual e não foram feitos ensaios na edificação;
- b) quando este trabalho começou já haviam sido realizadas algumas intervenções na edificação.

2.6 DELINEAMENTO

Para a realização do trabalho foram cumpridas algumas etapas, que estão apresentadas também na figura 2, e descritas a seguir:

Figura 2 – Diagrama das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pela autora)

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) identificação da edificação
- c) inspeção e diagnóstico
- d) prognóstico e reabilitação estrutural
- e) considerações finais.

O projeto de reabilitação da edificação está restrito à questão estrutural e a primeira parte do trabalho foi de **pesquisa bibliográfica**. Esta pesquisa teve como principais aspectos: a) Conservação de edificações; b) Sistema estrutural de alvenaria; c) Manifestações patológicas em alvenaria e madeira.

Na segunda etapa, ocorreu a **identificação da edificação**, obtendo informações importantes para etapas posteriores. Também foram obtidas plantas e fotos antigas e atuais da edificação.

Na terceira etapa, foram realizados **a inspeção e o diagnóstico**, possibilitando, através de inspeção visual das fotos e da edificação, medições e croquis, a identificação, o mapeamento e análise das manifestações patológicas e suas possíveis causas. Estabeleceu-se a causa mais provável dos danos presentes na estrutura e identificaram-se os problemas que mais causaram danos a esta edificação. Além disso, foi exposta a estratégia de inspeção utilizada e analisou-se o grau de conservação da estrutura.

Na quarta etapa, procurou-se compreender a condição de estabilidade da edificação. Além disso, esta fase, forneceu o **prognóstico**, no qual foram estudadas as ações terapêuticas mais adequadas para cada problema apresentado na edificação. Pertencente ainda à quarta etapa, o estudo e a escolha dos métodos de **reabilitação estrutural** que fossem eficientes e respeitassem o valor histórico da edificação. Após realizou-se o projeto básico e o executivo.

Nas **considerações finais**, o trabalho estabelece quais foram os problemas encontrados no decorrer de sua elaboração, qual foi a solução escolhida, e os motivos que levaram a tal escolha. Além disso, são descritas as sugestões para futuros projetos em edificações com alto grau de deterioração.

3 CONSERVAÇÃO DE EDIFICAÇÕES

A conservação ou preservação de edificações envolve diversos conceitos e é importante esclarecê-los, inicialmente. A preservação de uma edificação visa “prolongar sua vida útil, a partir de uma ou um conjunto de intervenções” (PROGRAMA MONUMENTA, 2005). Inseridas nas ações de preservação são destacadas algumas: manutenção, reciclagem, reparação, reabilitação, reconstrução, consolidação, restauração e revitalização. Pode-se entender como manutenção a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função”, de acordo com a NBR 5462 (1994).

Segundo Jantzen (1996), a reciclagem de uma edificação “ocorre quando se quer mudar o uso original do edifício, devendo haver uma adaptação às condições atuais sem prejudicar a volumetria, a tipologia e a linguagem formal original do prédio”. Segundo o Programa Monumenta (2005), a reparação de edificações é caracterizada como o conjunto de intervenções que resolvem não-conformidades de pequena escala da edificação e, como reabilitação, são entendidas as ações que tornam a edificação capaz de atender novas demandas de ocupação.

Ainda, conforme o Programa Monumenta (2005), a reconstrução é necessária quando parte da edificação foi destruída ou sofre risco de destruição. A consolidação ou estabilização é o conjunto de etapas que retomam a segurança estrutural da edificação ou parte dela. Revitalizar significa combater a degradação de um conjunto de edifícios históricos ou uma área urbana, visando melhorar o aspecto do local e, com isso, valorizar o público que o frequenta. Por fim, a operação mais citada, em termos de edifícios históricos, a restauração ou restauro que significa restabelecer condições de segurança, funcionalidade e aparência aceitável, respeitando as características originais da edificação. No restauro é muito importante a distinção do que foi alterado e do que é original.

Como um exemplo de edificação que foi objeto de intervenções visando a sua preservação é o Palácio Dom João VI, construído na década de 1910, apresentado na Figura 3. O prédio foi restaurado nas ações que convergiram para a revitalização da praça Mauá, no Rio de Janeiro. Além disso, o prédio foi reciclado, pois tornar uma edificação, que foi concebida para ser uma

sede de inspeção de portos, rios e canais, no Museu de Arte do Rio (MAR) traz a necessidade de estabelecer uma série de intervenções direcionadas a esta mudança de uso (ALMEIDA; RIBEIRO, 2013).

Figura 3 – Palácio Dom João VI



(fonte: Karina F. de Almeida)

A maioria dos conceitos sobre as ações que tendem à preservação de bens já foram apresentados, e alguns dos mais importantes conceitos a respeito de problemas encontrados nas edificações, objetos de restauração, serão expostos a seguir.

Segundo a NBR 13752 (1996), as anomalias: “irregularidades, anormalidades, exceções à regra”, identificadas na parte de perícias da construção civil, podem ser “decorrentes de falhas do projeto ou execução de um produto ou ainda de informação incorreta ou inadequada de sua utilização ou manutenção”. Em complemento a esta definição, podem-se destacar as anomalias decorrentes de materiais inadequados ou do envelhecimento natural destes materiais. Entre estas anormalidades estão os vícios, os quais “afetam o desempenho de produtos ou serviços, ou os tornam inadequados aos fins a que se destinam, causando transtornos ou prejuízos materiais ao consumidor”, e os defeitos, os quais “podem causar danos efetivos ou representar ameaça potencial de afetar a saúde ou segurança do dono ou consumidor”. As avarias podem possuir as mesmas causas dos vícios e defeitos, com a diferença que podem ser resultado de

ações externas e, necessariamente, existe dano “a diminuição do patrimônio material de alguém”.

Entre as ações presentes na preservação de uma edificação, a de restauração pode ser definida, segundo Curtis (1981 apud LERSCH, 2003), como “o conjunto de intervenções de ordem técnica e científica que pressupõe multidisciplinaridade e visa à continuidade do monumento, tanto quanto possível reintegrado na sua imagem original”.

A restauração é o produto de uma inspeção, esta, de acordo com o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia do Rio Grande do Sul (2014), é “a atividade que possui norma e metodologia próprias, denominada de *Check-Up*, a qual classifica as deficiências constatadas na edificação, aponta o grau de risco observado para cada uma delas e gera a ordem de prioridades técnicas com orientações ou recomendações para sua correção”. Portanto, o caráter técnico-científico da restauração é justificado pela necessidade de inspeção conforme técnicas específicas sob a ação de um profissional capacitado. O profissional que exerce a função de inspetor deve identificar, analisar, se necessário com ensaios em campo, as anomalias, com o intuito de prever futuras avarias. Por conseguinte, constatada a sintomatologia, deve-se partir para as origens das anomalias, se ocorreram por falta de manutenção, ou por falhas construtivas. Após esta análise, são sugeridas ações terapêuticas

Segundo Lersch (2003), a pluralidade de áreas que estão envolvidas na restauração de edificações tem fundamento na inter-relação entre o patrimônio arquitetônico, os fatores de degradação, o tipo de material a ser degradado e os níveis de deterioração que estas edificações atingem. A deterioração das edificações possui intensidades diferentes e causas diversas. Seja uma edificação com avançado, intermediário ou leve nível de deterioração, causado por fatores e mecanismos de degradação físicos, químicos ou biológicos, deve-se procurar entender as particularidades de cada caso. Além disso, quando se estuda um elemento que deve ser restaurado é necessário o entendimento da grande gama de materiais presentes. Estes possuem grande importância na identificação das causas das não-conformidades.

Por fim, as técnicas de restauração devem prever que edificações são bens que são concebidos para durarem vários anos e estes bens estão atrelados à memória da população. A construção, os elementos arquitetônicos e o uso do local têm suas histórias, e nas intervenções a serem executadas deve haver cuidado com as características originais da edificação.

3.1 CONSERVAÇÃO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

De acordo com Feilden (1982), “um edifício histórico é aquele que nos faz conhecer sobre as pessoas e a cultura que o construiu e carrega consigo valores de cunho arquitetônico, estético, histórico, documental, arqueológico, econômico, social e até mesmo político, espiritual ou simbólico”.

Um edifício histórico representa a identidade do local onde está inserido. Este representa um período da sociedade, a qual se desenvolveu naquela região. Segundo Montagu (1977), “a cultura é entendida como o complexo de configurações que, em forma de produtos do comportamento e produtos materiais, constitui o modo principal que tem o ser humano de adaptar-se ao meio total (natural e artificial), controlando, modificando, transmitindo e perpetuando os modos acumulados de fazer na interação social e com o ambiente que o abriga”. Dessa forma, preservar a história dos métodos construtivos, que serviram de base para os atuais, mostra como a população de uma cidade adaptou-se para conseguir no local as ferramentas necessárias para consolidar seus lares. Por isso, a preservação de edificações históricas faz parte do patrimônio histórico e cultural de uma civilização.

A maioria dos bens adquiridos por pessoas físicas ou jurídicas são, por estas, protegidos. Quando se trata de bem público ou bem que não é de propriedade do poder público, mas têm sua importância para a sociedade, estes recebem um cuidado previsto legalmente. Esta situação configura-se a partir do Decreto-Lei Federal no. 25, de 30 de novembro de 1937 (BRASIL, 1937), o qual delibera que no ato de tombamento é “constituído o patrimônio histórico e artístico nacional o conjunto dos bens móveis e imóveis existentes no país e cuja conservação seja de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico”. Segundo Felisberto (2012) “é finalidade do tombamento a proteção à própria identidade nacional, logo, o Estado intervém na propriedade privada em prol da coletividade. No Brasil, esse instituto é sacramentado com o Registo no Livro do Tombo, que na verdade são vários livros, uma para cada tipo de tombamento”.

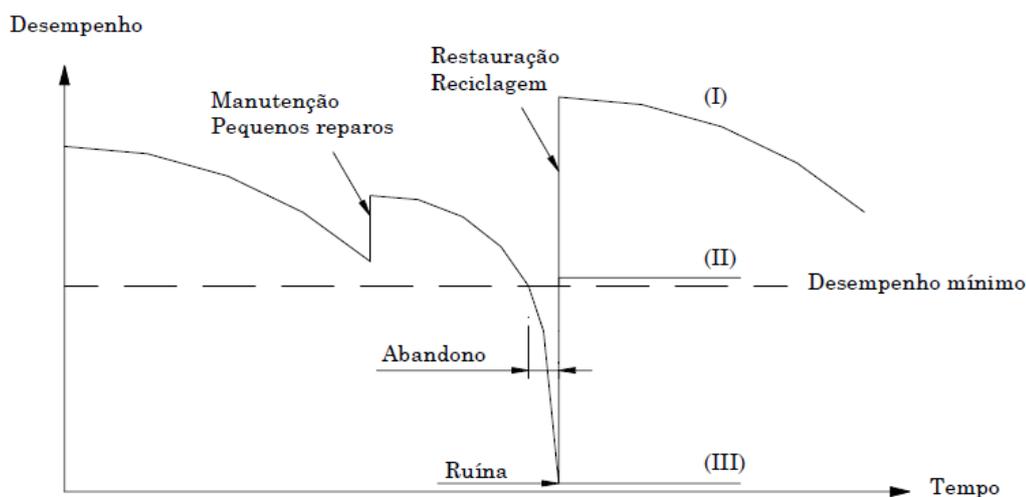
Segundo Felisberto (2012), apesar destas proteções legais, as edificações no Brasil sofrem as consequências do abandono por ineficiente administração pública, falta de recursos para a manutenção, conservação e restauração, vandalismo, degradação natural. Sob estes aspectos, verifica-se a inevitável relação entre o patrimônio histórico e seu alto grau de deterioração.

3.2 DETERIORAÇÃO DE EDIFICAÇÕES

Uma edificação, geralmente, não encerra o seu funcionamento por somente um problema, mas, sim, por um acúmulo destes. Segundo Lersch (2003), a diferenciação entre os agentes e os mecanismos de degradação é muito importante na área de conservação. Na análise sistêmica realizada, a autora esclarece que as mudanças em certas partes da edificação acontecem, pois houveram mecanismos de degradação que “são mudanças físicas e químicas que levam a perda em uma ou mais propriedades de um componente material de construção”, agindo através de um agente de degradação. Dois exemplos expostos pela autora são: “a água é o agente de degradação, mas os mecanismos de degradação são a corrosão ou o apodrecimento e o homem é outro agente de degradação e suas ações são os mecanismos de degradação”. A autora também destaca que os textos normativos indicam como os principais fatores de degradação os fenômenos da natureza (terremotos e inundações), e, alguns autores, especializados em conservação e restauração, de acordo com sua experiência, explicam que muito mais nociva é a ação do homem sobre as estruturas do que fenômenos naturais.

Sem o monitoramento dos agentes e dos mecanismos de degradação na edificação, esta pode sofrer danos que a deixem incapaz atender mínimas condições de segurança, funcionalidade e aparência. E essa situação é explicada pelo gráfico de desempenho representado pela figura 4. Este gráfico apresenta as fases do desempenho de uma edificação histórica que, ao longo do tempo, sofreu a degradação de seus componentes e atingiu o estado de ruína. Apesar disso, foram realizadas ações de conservação nesta edificação. Estas ações amenizaram a degradação e algumas destas, como a restauração e reciclagem, puderam aumentar o desempenho da edificação depois do estado de ruína, como se verificou no gráfico da figura 4.

Figura 4 – Fases do desempenho de uma edificação histórica



(fonte: Lersch, 2003)

No estado de ruína, o local encontra-se sem a possibilidade de dar continuidade às atividades anteriormente realizadas. As anomalias que surgem nas edificações podem ter suas causas no longo período sem manutenção, ou, apesar da manutenção ter sido realizada, era planejada, executada ou gerida de maneira ineficiente. Esta situação, se mantida por alguns anos, resulta neste estado de ruína. A restauração devolve à edificação um desempenho satisfatório. Este fato é muito importante para que se entenda que a restauração promove ações sustentáveis, já que não destrói e transforma em lixo um local com alto grau de deterioração, mas, sim, coloca-o em condições de exercer seu papel novamente (material não publicado) ¹.

A importância atribuída às atitudes de preservação em um local é percebida pela avaliação do estado atual em que se encontram as edificações. Estas irão mostrar se a manutenção foi um tema de constante relevância, ou se houve abandono em algum momento. Muitos dos prédios, edificações e sobrados históricos possuem uma característica em comum: passaram por um período abandono, o qual não se realizaram ações de preservação. Desta forma, as edificações atingem elevados níveis de deterioração, e diversos tipos de manifestações patológicas surgem na edificação. Para evitar danos aos elementos da edificação, torna-se imprescindível o estudo das manifestações patológicas presentes encontradas.

¹ “Informação obtida nas notas de aula da disciplina de Manutenção de Edificações, ministrada pelo prof. Luis Carlos Bonin, no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, semestre 2017/1.”.

3.3 PROJETO DE PRESERVAÇÃO DE EDIFICAÇÃO HISTÓRICA

De acordo com o Programa Monumenta (2005), “os projetos deverão ser realizados respeitando valores estéticos e culturais do bem, com o mínimo de interferência na autenticidade do mesmo, seja autenticidade estética, histórica, dos materiais, dos processos construtivos, do espaço envolvente ou outras”. O manual de elaboração de projetos do mesmo programa, ainda salienta que garantir a autenticidade dos materiais implica no esforço em manter a maior quantidade possível dos materiais originais. No caso de ser necessária a substituição, devem ser usados outros materiais compatíveis com os existentes, podendo identificar, apesar da compatibilidade o que é novo ou antigo. Esses materiais devem prever sua substituição no futuro e no final de sua vida útil sem danos à edificação. Além dos materiais serem preservados, o respeito deve acontecer, também, às ideias de quando o projeto foi concebido, cada intervenção deve ser executada de forma a não descaracterizar os sistemas, respeitando o ambiente o qual ele foi construído. Qualquer alteração em um bem histórico “deve estar de acordo com documentos internacionais e dos princípios enunciados nas cartas patrimoniais para elaboração de projetos de preservação” (PROGRAMA MONUMENTA, 2005). “Estas cartas patrimoniais são cartas que compõem um acervo de grande valor e apresentam recomendações referentes à proteção e preservação do patrimônio Cultural, elaboradas em encontros em diferentes épocas e partes do mundo. Estas obras estão relacionadas às atividades de preservação, tombamento, registro e valorização desse patrimônio e a projetos de restauração e recuperação de centros históricos em todas as regiões do Brasil” (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, 2017).

Com o intuito de justificar técnicas de projeto de restauro e orientar intervenções em edificações históricas, Tavares (2009) disserta sobre a importância de utilizar conhecimento de diferentes especialistas e uma abordagem científica interdisciplinar na elaboração e execução de um projeto de restauro. Devido à complexidade que alguns projetos de restauração apresentam, o coordenador do projeto deve ser uma pessoa com formação na área de conservação e restauro, e o projeto de restauro deve seguir às seguintes premissas: intervenção mínima - manter ao máximo as técnicas e os materiais originais, respeito pela autenticidade histórica e técnica da obra - identificar qualquer alteração, registro detalhado das anomalias apresentadas, reconhecimento e estudo rigoroso das manifestações patológicas da edificação antes de qualquer tratamento, utilização de materiais compatíveis - as tecnologias a utilizar deverão possuir características químicas, físicas e mecânicas compatíveis com os materiais originais e

antigos, registro rigoroso das intervenções efetuadas - sem falsificar as intervenções, ou seja diferenciar o restauro da obra, realização de um plano de manutenção para o acompanhamento dos trabalhos executados, a especificidade de cada restauro - o projeto de restauro de atentar pela identidade e problemas individuais das edificações.

O manual de elaboração de projeto do Programa Monumenta (2005) foi confeccionado priorizando bens tombados pelo patrimônio histórico nacional. Apesar disso, apresenta uma eficiente orientação para os profissionais interessados em realizar projetos de preservação de bens protegidos por outras esferas, como município e estado. O autor Tavares (2009) disserta sobre o projeto de restauração de revestimentos, mas como o cuidado que se direciona a este é tão ou mais minucioso do que para as outras partes de uma edificação histórica, também pode-se ampliar o alcance das considerações levantadas por este autor para o restante do bem. Algumas etapas importantes que constituem o projeto de intervenção no patrimônio edificado serão apresentadas, utilizando as duas referências citadas neste parágrafo.

O manual do Programa Monumenta (2005) apresenta como primeira etapa a de **identificação e conhecimento do bem**, que insere ações como: pesquisa histórica, “compreensão do significado da edificação atualmente e ao longo do tempo, conhecimento de sua evolução e os motivos pelos quais foi reconhecida como patrimônio cultural, obtenção de informações em arquivos, bibliografia e fontes orais, busca dos aspectos políticos, socioeconômicos, técnicos e artísticos, aferição da autenticidade dos elementos ”, resultando em um relatório com as informações obtidas; levantamento físico, “o qual é o resultado de vistorias e levantamentos representados gráfica e fotograficamente e é representado por planta de situação, planta de locação, planta baixa, fachada, cortes, cobertura, topografia do terreno, documentação fotográfica e elementos artísticos integrados”; análise tipológica, identificação de materiais e sistema construtivo que representa a consolidação das informações obtidas nas etapas anteriores, “analisando de forma pormenorizada a tipologia arquitetônica, os materiais empregados, o sistema construtivo da edificação e o contexto no qual está inserida”; prospecção a qual deve dividida no mínimo em: arquitetônica, estrutural e do sistema construtivo e arqueológica.

Tavares (2009), também discorre acerca da primeira etapa de um projeto de restauração e a denomina de **memória histórica**. Esta etapa permite o conhecimento do processo histórico completo da obra, desde a época da construção até ao momento da intervenção, permitindo

situá-la no seu contexto histórico, período social, político e econômico. O cuidado em analisar a edificação estética e tecnicamente, se possível identificando o arquiteto e engenheiro da obra, o ano de sua construção e as principais transformações que sofreu ao longo do tempo, bem como fornecer dados sobre os materiais e as técnicas utilizados, é essencial à boa prática de um projeto de restauro. Esta pesquisa pode ser realizada por bibliografias, mapas, plantas, desenhos e através da inspeção visual. De acordo ainda com Tavares (2009), paralelamente, é necessária uma inspeção dos elementos da edificação a fim de avaliar técnica construtiva utilizada, o seu processo de envelhecimento e o seu grau de deterioração. Esta inspeção deve ser acompanhada por registros escritos, gráficos e fotográficos.

A segunda etapa apresentada pelo manual (PROGRAMA MONUMENTA, 2005) é o **diagnóstico**, o qual se caracteriza pela síntese dos estudos e pesquisas já realizados, analisando, integradamente, determinados pontos e aspectos do bem. Está inserida na etapa de diagnóstico: mapeamento de danos (representação gráfica, relacionando com agentes e causas), análises do estado de conservação (dos materiais, do sistema estrutural, identificação dos agentes degradadores, caracterização dos danos de fundação e danos estruturais), estudos geotécnicos, ensaios e testes. A terceira etapa exposta pelo manual (PROGRAMA MONUMENTA, 2005), é a **proposta de intervenção** a qual “compreende o conjunto de ações necessárias para caracterizar a intervenção, determinando soluções, definindo usos e procedimentos de execução, abordados técnica e conceitualmente”. Esta etapa subdivide-se em três partes independentes expostas no parágrafo a seguir.

Tavares (2009) chama o estudo preliminar e visual do estado de degradação de uma edificação, juntamente, com a análise das intervenções anteriores de **diagnóstico do estado de conservação**. Esta etapa consiste em investigar, de forma profunda e sistemática, o problema encontrado. “Nem sempre é possível seguir um processo linear e, muitas vezes, não existe apenas uma só causa, devendo identificar a causa principal e a sua relação com as demais, repetir a inspeção, observar a edificação em diferentes horas do dia e épocas do ano” (TAVARES, 2009). Nesta etapa de diagnóstico, o autor ainda destaca entre outras, a importância da realização de ensaios *in situ* e, como o trabalho disserta acerca dos revestimentos de edificações históricas, exemplifica alguns procedimentos para a identificação das causas dos problemas encontrados. Alguns dos procedimentos, citados por Tavares (2009), são esclerometria, ultrassom e termografia de infravermelho.

A terceira etapa, à de **proposta de intervenção**, do manual do Programa Monumenta (2005), é apresentada em três subdivisões, sendo a primeira estudo preliminar e é entendido como o “estudo técnico, baseado em dados levantados e programa de uso, para determinar a viabilidade e a escolha de soluções que melhor atendam aos objetivos propostos”; a segunda subdivisão é o projeto básico e é “o conjunto de elementos e informações necessárias e suficientes, com nível de precisão adequado para caracterizar a intervenção, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e executiva do sistema proposto”; como última e terceira subdivisão caracteriza-se o projeto executivo e é entendido como “a definição de todos os detalhes construtivos ou executivos, necessários e suficientes à execução do sistema proposto”.

Ainda de acordo com o Programa Monumenta (2005), como produtos da subdivisão do estudo preliminar apresenta-se o memorial descritivo, as especificações preliminares de materiais e serviços, estimativas de custos e peças gráficas (plantas, cortes e elevações, perspectivas); como produto do projeto básico seriam o memorial descritivo (conceituação, definição de uso, viabilidade técnica e especificação de matérias e serviços), a planilha orçamentária, peças gráficas (plantas de situação, locação, baixa, fachada, cortes e cobertura) e projetos complementares. O produto da subdivisão projeto executivo consiste no memorial descritivo (revisão e complementação dos componentes da memória descritiva do projeto básico), peças gráficas (detalhamento de todos os elementos do projeto básico), planilha orçamentária (orçamento analíticos e a composições unitárias de custo), cronograma físico-financeiro e projetos complementares (fundações e estruturas, instalações hidráulicas, sanitárias, elétricas, eletrônicas, mecânicas, prevenção e combate a incêndios).

Segundo Tavares (2009), a **escolha dos tipos de intervenções** deve estar ligada a um projeto de intervenção e este é elaborado a partir da obtenção do maior número possível de dados sobre o edifício, focando nos dados de âmbito histórico e tecnológico. Neste sentido são objetivos de um projeto de intervenção sistematizar conhecimentos relativos à composição, técnica de execução e aplicação; identificar os principais problemas de degradação que incidentes e selecionar as principais anomalias, que afetam edificações históricas, para depois escolher as técnicas; identificar e avaliar cientificamente os tipos de produtos e técnicas de restauro mais adequados e eficazes para consolidação dos materiais constituintes; definir metodologia de restauro para salvaguarda das técnicas, da funcionalidade e do aspecto estético original, estabelecendo uma intervenção mínima e procurando através de uma melhoria tecnológica

viabilizar economicamente a técnica e o uso das práticas tradicionais e sustentáveis. Tavares (2009) relaciona em quadros os tipos de defeitos encontrados nas edificações com as possibilidades de intervenções a serem realizadas. Algumas das estratégias de intervenção para as respectivas anomalias são: identificação dos microorganismos e aplicação de produtos específicos, para combater a biodeterioração; realização de ensaios para quantificar o grau de deterioração e efetuar, através de técnica de consolidação, utilizando o produto compatível quimicamente, fisicamente e esteticamente com material original, contra a perda de coesão.

O programa Monumenta (2005), apresenta como projeto complementar o projeto de estrutura a ser elaborado em um projeto de preservação. E este projeto é definido como “o conjunto de condições e necessidades apontadas nos estudos, levantamentos, pesquisas e diagnósticos que subsidiaram a proposta de intervenção” e compreende “esforços, substituição de peças ou componentes degradados, estabilizações, consolidações ou complementações dos sistemas existentes ou a elaboração de novas estruturas”. Este projeto possui as mesmas etapas de um projeto de preservação como estudo preliminar, projeto básico e projeto executivo, mas todas estas etapas convergem para a execução do sistema estrutural da edificação.

4 PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES

A etimologia da palavra patologia, esclarece que do grego *pathos*, significa sofrimento e *logos*, o estudo (FRANÇA et al. 2011). Portanto, levando estes significados para o meio da construção civil tem-se que patologia é o estudo dos problemas das edificações, ou das doenças as quais causam danos a estas. Segundo França et al. (2011), o termo patologia, tradicionalmente utilizado na medicina, é entendido como “o estudo das alterações estruturais e funcionais das células, dos tecidos e dos órgãos que estão ou podem estar sujeitos a doenças modificadoras do sistema”. Esta definição é importante, pois é possível estabelecer similaridade da patologia do corpo humano e a das edificações. França et al. (2011) expõem um paralelo entre as duas áreas do conhecimento, coloca o esqueleto humano correspondendo a estrutura do edifício; a musculatura seria a alvenaria; a pele: o revestimento; o sistema circulatório seria as instalações elétricas de gás e água potável; o aparelho respiratório: a ventilação. Todas essas associações podem deixar mais claro o conceito de manifestações patológicas na construção civil. Estas podem ser entendidas como: as irregularidades apresentadas por partes da edificação que podem ser alvo de mecanismos (doença) de degradação e, causar algum tipo de dano a estrutura, ao normal funcionamento do prédio e seu conforto visual.

França et al. (2011) ressalta, ainda, a diferença entre patologia das construções e as manifestações patológicas. Pode-se entender como patologia “uma ciência formada por um conjunto de teorias que serve para explicar o mecanismo e a causa da ocorrência de determinada manifestação patológica, como manifestação patológica o resultado de um mecanismo de degradação.

Segundo Souza (1998) “designa-se genericamente por **patologia das estruturas** o campo da engenharia das construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas”.

A fim de compreender as causas da perda de segurança, de aparência aceitável e de funcionalidade das edificações, o conhecimento da patologia das construções é muito importante para evitar a evolução das manifestações patológicas, levando a casos extremos.

Na figura 5 é apresentada a torre cilíndrica Abraham Lincoln, mais conhecida como Torre H ou Esqueleto, um prédio projetado por Oscar Niemeyer, que iniciou sua construção em 1970 e foi paralisada em 1984. A obra nunca foi finalizada e possui 36 andares em 120 metros de altura. A torre passou por diversas adversidades, incluindo invasões e manutenção insatisfatória. Estes fatos contribuíram para a Torre H tornar-se um abundante caso de estudo em termos de manifestações patológicas, sendo alvo de vistorias por especialistas em patologia das construções.

Figura 5 –Torre H, em 2014



(fonte: Felipe Hanower - Agência O Globo)

Em 2007, foi realizada uma inspeção e elaboração de um laudo da torre pelo engenheiro Paulo Helene, que concluiu ser necessárias intervenções corretivas imediatas na estrutura de concreto armado. Segundo o engenheiro, mais de quarenta por cento da armadura dos pilares haviam sido perdidas. Além de armadura exposta, a edificação possui diversos sinais de abandono, com instalações inacabadas, áreas desprotegidas da chuva, vegetação crescente em meio a estrutura. Pode-se exemplificar a deterioração dos apartamentos na figura 6.

Figura 6 – Vista do interior da Torre H, em um dos apartamentos



(fonte: Will Domingos - Permanências e Destruições)

Segundo FRANÇA et al. (2011), o estudo da causa e da maneira como ocorre determinada anomalia em edificações é conhecida como patologia das construções, e as manifestações patológicas são estas anomalias. Desta forma, os autores exemplificam: “uma fissura é um sintoma (manifestação patológica) cujo mecanismo de degradação (doença) poderia ser a expansão da armadura, deformação excessiva da estrutura, reação álcali-agregado”. Qualquer tipo de terapia proposta deve considerar as causas daquela manifestação patológica, evitando que as intervenções sejam repetidas sistematicamente sem resolver o problema.

4.1 PATOLOGIA DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

Em prédios históricos as causas das avarias na estrutura, geralmente, estão atreladas ao uso e ação do homem. Não obstante, o homem não é o único responsável pela degradação do prédio, mas, é necessário o entendimento de todos os agentes de degradação que atuam no edifício com o passar do tempo (AZEVEDO; GUERRA, 2009). De acordo com Lersch (2003) a degradação de uma edificação pode ser causada desde agentes climáticos ou do ambiente, como a radiação solar, temperatura, vento e a água; agentes biológicos, como micro-organismos, vegetação e insetos; o uso e a ação do homem, como falta de conservação preventiva, intervenções indevidas e vandalismo; até fenômenos incidentais da natureza, como terremotos, inundações e ventos fortes.

Segundo Azevedo e Guerra (2009) “a patologia é a parte perceptível dos fenômenos que se manifestam nos componentes construtivos ou nos materiais que os constituem. O reconhecimento das causas das patologias, por uma investigação cuidadosa, é a base para a terapia, tendo como princípio universal que somente eliminando a causa resolve-se o problema. Entretanto, os efeitos permanecem e devem só então, ser corrigidos”.

Edificações históricas, se comparadas às edificações convencionais, devem possuir cuidados especiais nas etapas de preservação. Em uma edificação histórica as técnicas construtivas utilizadas fazem parte da cultura da região e deve-se haver cuidado com os elementos históricos. Nos dois casos, existem técnicas construtivas que representam o período de construção, mas nas edificações históricas as técnicas são tão antigas, que se tornaram obsoletas e o único jeito de conseguir reparar a edificação é compatibilizando as técnicas atuais com as antigas (KUSIAK; GREVEN, 2006, p. [9]). Segundo a Carta de Veneza (1964), carta internacional sobre conservação de monumentos e sítios, “sempre que as técnicas tradicionais se revelarem inadequadas, a consolidação de um monumento pode ser assegurada com o apoio de todas as técnicas modernas de conservação e de construção cuja eficácia tenha sido comprovada por dados científicos e garantida por experiências”.

Ainda de acordo com a Carta de Veneza (1964), é imprescindível mesclar materiais modernos com antigos, técnicas atuais com técnicas que já não são mais utilizadas, com o objetivo de melhor realizar as intervenções nas edificações.

Outro ponto importante nas ações de conservação das edificações históricas é que para sua construção em muitos casos eram utilizados recursos oriundos do próprio entorno, podendo ser de diversas naturezas e ter diversos mecanismos de degradação, gerando diferentes tipos de manifestações patológicas. Esta ampla variedade de manifestações patológicas torna, para o estudo mais aprofundado, pertinente a análise da presença destas em um determinado tipo de material. Desta forma, nos próximos itens serão apresentados dois tipos de materiais, frequentes em edificações históricas, tradicionalmente utilizados na construção civil e que em muitos casos apresentam os sintomas de algum tipo de degradação. Salienta-se que é comum também encontrar edificações históricas com outros tipos de materiais, como por exemplo, concreto, mas que não serão analisadas nesta pesquisa pois a edificação em questão não apresenta este tipo de material.

4.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM MADEIRA

Segundo Oliveira (2011) a madeira é o mais antigo material utilizado nas construções, juntamente com a argila. Durante anos a madeira foi utilizada no que usamos, atualmente o aço, por sua elevada resistência a tração, no sentido longitudinal às fibras. A madeira, de acordo com o mesmo autor, foi muito utilizada como isolante térmico e essencial para diversas arquiteturas, como a japonesa. A madeira, apesar de ser um material orgânico, o qual pode sofrer diferentes formas de degradação, se conservado de maneira eficiente, apresenta facilidades de restauração e reintegração.

Diante de algumas das vantagens da utilização da madeira e por ser um material recorrentemente utilizado na construção, deve-se estudar os casos em que este material sofre ataques de agentes degradadores, causando manifestações patológicas que levam à falta de eficiência do material, tanto na instância de resistências mecânicas, quanto de conforto térmico e visual e durabilidade.

Segundo Verçozza (1991), alguns defeitos nas madeiras são irreversíveis, e a solução é quase sempre substituir a peça. Entre estes defeitos estão os causados por ataques de animais. Entre estes animais estão os xilófagos, especialmente os cupins. Alguns animais perfuram a madeira com finalidade de se alimentar e outros, como algumas vespas, fazem ninho neste material. Destaca-se um inseto muito comumente encontrado em estruturas de madeira; o cupim (figura 7). Este inseto ataca a madeira para alimentar-se e para depositar os seus ovos. Os cupins formam galerias de aproximadamente um milímetro de diâmetro e destas galerias caem um pó, o qual é um sintoma de que existe cupim no local. Os cupins possuem a camada externa ao corpo muito sensível ao ar, por isso preferem viver dentro das madeiras. Quando a temperatura está muito alta ou muito baixa estes insetos hibernam, voltando a perfurar a madeira quando volta a temperatura ideal, de 10 a 35°C.

Ainda conforme Verçozza, o apodrecimento da madeira é um problema, pois a decomposição não é reversível. O curioso é que a madeira em decomposição, atacada por fungos (figura 8) e/ou bactérias, pode apresentar diversos sintomas, mas, normalmente, a superfície fica escura, e a espécie do fungo e a espécie da madeira determina esta coloração superficial. Além disso, a madeira atacada por fungos pode esfarelar, ficar oca e porosa, formar rachaduras.

Entre as anomalias encontradas nas madeiras, conforme destaca Oliveira (2011), estão os defeitos de crescimento: os nós e desvios de veio. Os defeitos de produção são as fraturas e fendas. Os defeitos de secagem estão relacionados a retratilidade do material na perda de água, rachaduras e fendas, abaulamento (largura da peça), arqueamento (comprimento).

Segundo Oliveira (2011), as madeiras são um material muito combustível e, se deterioradas, são ainda mais favoráveis à propagação do fogo. Desta forma, Verçoza (1991) destaca alguns procedimentos de proteção da madeira contra o fogo como pintar as peças e revesti-las com materiais não-inflamáveis.

Figura 7 – Viga de madeira atacada por cupins



(fonte: McGarry and Madsen Inspection)

Figura 8 – Ataque de fungos na madeira



(fonte: Universidade de Minnesota)

4.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA ALVENARIA

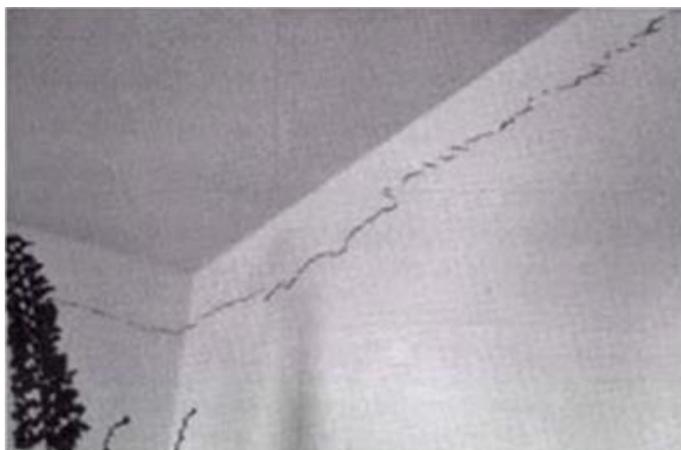
Segundo o autor Verçoza (1991), algumas importantes manifestações patológicas podem ser encontradas em todos os tipos de alvenarias como: defeitos de execução, eflorescências, bolor e limo, criptoflorescências e gelo-degelo. O primeiro tipo de manifestações patológicas, descrita pelo mesmo autor, configura-se nos defeitos resultantes da má execução dos procedimentos construtivos. Assim sendo, estas anomalias podem ser: fissuras em paredes construídas fora de prumo, devido à excentricidade do carregamento. Ou estas trincas podem ser pela falta de amarração entre as paredes de alvenaria (figura 9). Outro problema que causa trincas, mas horizontalmente, são fiadas de blocos fora de nível, procedimento de assentamento realizado erroneamente, que pode resultar escorregamento dos blocos. O encunhamento precoce (figura 10), executado antes de o rejuntamento da parede secar, o qual causa problemas como a separação entre a viga superior e a alvenaria inferior.

Figura 9 – Alvenaria com trincas causadas pela falta de amarração



(fonte: Pinterest)

Figura 10 – Trincas devido ao encunhamento precoce



(fonte: Ercio Thomaz)

As manifestações patológicas nas alvenarias são diversas, e outra anomalia que o autor Verçoza (1991) destaca, por ser comum a todos tipos de alvenaria, são as eflorescências (figura 11). Esta é uma avaria gerada pela presença de sais (de cálcio, de sódio, por exemplo) no material constituinte da edificação. A água, que permeia pelos vazios dos elementos do local, dissolve estes sais, trazendo-os para a superfície. Esta água evapora, e o sal deposita-se na superfície, formando manchas, que podem ser facilmente removidas, se constituídas por sulfatos, mas como medida paliativa, não garantindo sua eliminação. Estas manchas podem não ser de fácil remoção, se estas forem causadas pelo carbonato de cálcio, o qual é resultado da reação química do hidróxido de cálcio, presente no cimento e na cal, com o gás carbônico do ambiente. Estas manchas não são solúveis em água, sendo necessário um procedimento utilizando escova de aço e, muitas vezes, nem isso resolve, fazendo com que outras possíveis intervenções sejam estudadas. A causa destes sais nas edificações deve-se, principalmente, aos materiais utilizados, por exemplo: nos tijolos, nos blocos, no cimento, na cal, nos agregados, na água de amassamento, e também podem ter sido depositados pela atmosfera, devido a presença de indústrias químicas na região do entorno da edificação, ou ainda provêm do solo, devido a capilaridade. Outro tipo de manifestação patológica é a criptoflorescência (figura 12),

pulverulência e desagregação dos materiais, devido a presença de sais expansivos no seu interior, sob certas condições de umidade (material não publicado) ².

Figura 11 – Eflorescências, causada pela presença de sais nos blocos de alvenaria



(fonte: Souza Filho)

Figura 12 – Desagregação dos tijolos por criptoflorescência



(fonte:Pinterest)

Segundo Verçozza (1991), o bolor ou mofo é uma manifestação de fungos (figura 13), vegetais inferiores que não têm clorofila, responsável pela decomposição da matéria orgânica em compostos que servem de alimento para estas. Por isso, suas raízes (micélio) fazem a decomposição por enzimas e estas enzimas funcionam como ácido sobre a superfície, tornando-a escura.

Figura 13 – Alvenaria atacada por fungos



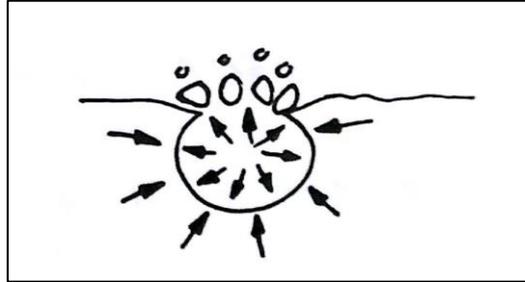
(fonte: Depositphotos)

A última manifestação patológica destacada é a de gelo-degelo. Segundo Lersch (2003), “ a gelo-degelo acontece quando a água contida nos materiais de construção, distribuída em poros

² “Informação obtida nas notas de aula da disciplina de Concretos e Argamassas especiais, ministrada pelas prof. Ana Paula Kirchheim e prof. Denise Dal Molin, no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, semestre 2017/1.”

e capilares, ao congelar, se expande, e o processo repetitivo de gelo e degelo, ao longo do tempo, leva à desagregação das superfícies”. A figura 14 mostra as tensões causadas pela ação de gelo-degelo.

Figura 14 – Tensões pela ação de gelo-degelo



(fonte: VERÇOZA, 1991)

5 SISTEMA ESTRUTURAL DE ALVENARIA

Os europeus trouxeram para o Brasil, no período colonial, suas técnicas construtivas e ações de preservação direcionadas a sistemas estruturais específicos, como o de alvenaria. Segundo Roque (2002), alvenaria é entendida como: “a associação de um conjunto de unidades de alvenaria (tijolos, blocos, rochas, etc.) e argamassa que, geralmente, possui propriedades mecânicas intrínsecas capazes de constituir elementos estruturais”. Desta forma, a conservação de edificações com sistema estrutural de alvenaria é, e continuará sendo, de importância para a sociedade que deseja manter estas edificações em funcionamento com segurança e conforto.

5.1 HISTÓRICO DO SISTEMA ESTRUTURAL DE ALVENARIA

Conforme Sousa (2003), a utilização de alvenaria em construções tem sua origem na antiguidade, juntamente com as construções de terra. Até o surgimento do concreto, em meados do século XIX, a alvenaria foi o sistema estrutural mais comumente empregado nas edificações. De acordo com o mesmo autor, as alvenarias recebiam, principalmente, a função de suporte, mas também contribuía para assegurar outras exigências funcionais. Nas primeiras alvenarias eram utilizadas rochas, em alguns casos, ligadas por argilas ou argamassas; também, tijolos eram a unidade de alvenaria executada (figura 15), algumas vezes, reforçados com fibras e palhas, e primeiro eram secados ao sol, e posteriormente cozidos.

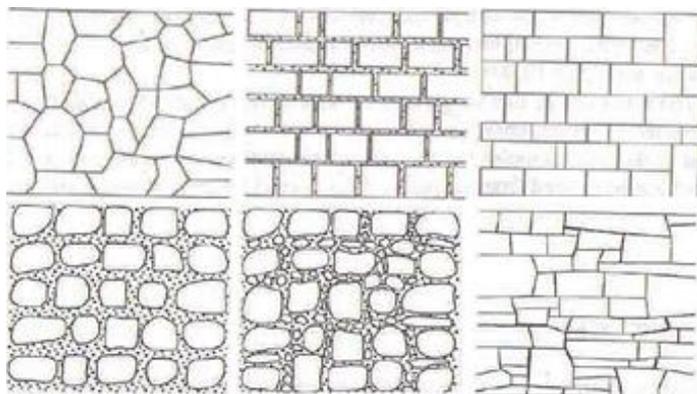
Figura 15 – Estrutura do Teatro Olímpico, construído no final do século XVI, em Vicenza, na Itália



(fonte: Heloisa Neto)

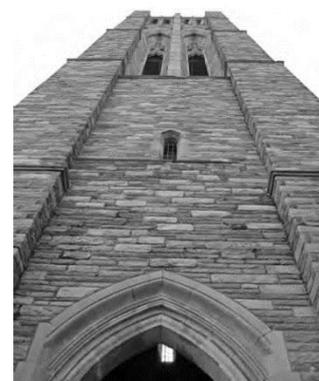
O sistema de alvenaria estrutural de edificações históricas, é constituído, principalmente, por unidades de alvenaria, por exemplo blocos cerâmicos, estrutura interna de madeira (reforço do conjunto de blocos) e argamassa, conforme o tipo de alvenaria. Inicialmente, a maior responsabilidade com a resistência mecânica foi direcionada às unidades de alvenaria (ROQUE, 2002). Segundo Azevedo (2010), uma importante parcela do patrimônio edificado histórico é constituída por alvenaria de rocha, adobe e taipa. Os primeiros materiais utilizados foram: a terra, mais barato material e podia ser moldado no local e seco ao sol, os blocos, considerados primeiro elemento pré-fabricado, madeira e rocha, esta mais resistente e durável que as outras opções, porém a mais difícil de trabalhar. Conforme Roque (2002), com o passar dos anos, observaram-se irregularidades das rochas, e isto permitiu que fossem desenvolvidas alternativas a estas unidades de alvenaria. Desta forma, segundo o mesmo autor, os blocos cerâmicos foram implementados por uma mistura de água e argila, colocada em um tipo de forma retangular e exposta ao sol para a secagem, este bloco é conhecido como tijolo de adobe e foi um marco da homogeneidade e regularidade que passou a haver na construção. As edificações históricas que possuem o sistema estrutural em alvenaria têm como principal solicitação a compressão por gravidade e os blocos foram empilhados longitudinal e transversalmente utilizando algum tipo de argamassa de modo a ficarem “amarrados” e não propagarem fissuras. As figuras 16 apresenta diferentes sistema estrutural de alvenarias de rochas e a figura 17 apresenta uma edificação a qual tem como unidade de alvenaria rochas.

Figura 16 – Diferentes sistemas de alvenaria de rochas



(fonte: DRYSDALE; HAMID; BAKER, 1999)

Figura 17 – Edificação com alvenaria de rocha



(fonte: CAMPBELL; DEROSA, 2014)

Conforme Roque (2002), algumas construções históricas foram realizadas sem argamassa e este tipo de alvenaria é denominado alvenaria de junta seca. De acordo com o mesmo autor, a

argamassa utilizada em antigas edificações, se comparada aos usos atuais, recebia menor importância. As primeiras argamassas das alvenarias desempenhavam, principalmente, as funções de melhorar as condições de assentamento e preencher vazios. A elaboração de argamassas antigas possuía como matéria-prima materiais como argila e fibras orgânicas, constituindo argamassas pobres e com muitos vazios na sua execução, reforçando a importância dos tijolos, blocos ou rochas. Atualmente, o estudo da tecnologia dos materiais utilizados nas argamassas é muito difundido e pode-se encontrar diferentes aplicações para argamassas com elementos especiais como: adições, fibras, resinas. Portanto, o avanço das pesquisas em argamassas tornou, não só, estas como elementos necessários para a ligação dos blocos, mas também, como importantes matérias que conferem resistências mecânica, ao fogo e a agentes agressivos (material não publicado)³.

Segundo Roque (2002), as estruturas de alvenaria foram muito utilizadas por toda a Europa e a preservação destas tornou-se essencial pelas novas demandas de utilização das edificações, juntamente às especulações imobiliárias que as valorizavam. Segundo Roque (2002), com o passar dos anos e o desenvolvimento dos centros urbanos novas edificações foram construídas vizinhas a estas com diferentes materiais e divergentes sistemas estruturais. Muitas destas edificações foram construídas do lado das construções de alvenaria estrutural e influenciam diretamente o comportamento das edificações mais antigas que, como citado anteriormente, possui resistência restrita à solicitação de compressão e a esforços causados pelo próprio material constituinte.

Costa e Arêde (2001), desenvolveram uma metodologia de abordagem sistemática de inspeção e diagnóstico estrutural que afirma ser essencial uma primeira fase de visitas e reconhecimento do local, contatando as pessoas que o habitam, recolhendo informações sobre a evolução da estrutura até a situação atual e verificando se houveram, quais foram as medidas interventivas realizadas. Estes dados, fotos e registros no geral constituíram o relatório de inspeção. A partir levantamento prévio é permitido concluir sobre a urgência ou não de intervenções. No caso de existência de danos graves que envolvam a segurança é proposto a estabilização temporária através de escoramentos, cintagens, etc. Nesta primeira etapa pode-se estudar meios de prevenção ou de reparação dos danos, mas é mais comum, a verificação dos danos e suas causas prioritariamente. Esta fase pode ser auxiliada por ensaios de laboratório ou in situ. Após a etapa

^{3 3} “Informação obtida nas notas de aula da disciplina de Concretos e Argamassas especiais, ministrada pelas prof. Ana Paula Kirchheim e prof. Denise Dal Molin, no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, semestre 2017/1.”.

de identificação e diagnóstico, etapa a qual o resultado é a obtenção das anomalias da estrutura e suas causas, segundo Costa e Arêde (2001), estudam-se os meios de prevenção ou de reparação dos danos. O objetivo é aferir as condições atuais da estrutura, ratificar se os danos se apresentam ativos ou passivos, evoluem ou não no tempo. “Este estudo é muito importante, pois as medidas escolhidas deverão considerar a atividade do dano, visando à interrupção de sua progressão e estabilizando-o” (COSTA; ARÊDE, 2001). Assim, a melhor alternativa das técnicas de reparo, reabilitação ou reforço é escolhida.

5.2 REABILITAÇÃO E REFORÇO DE SISTEMA ESTRUTURAL DE ALVENARIA

A degradação intensa de uma edificação no tempo, muitas vezes, causa danos irreversíveis. E esta degradação, se não interrompida, pode resultar em problemas na estrutura da edificação. Estes problemas devem ser resolvidos, visando a segurança e o conforto de seus ocupantes (MOSTAFAVI; LEATHERBARROW, 1993). As edificações históricas são alvo de alterações de algumas de suas partes, de mau uso, de incompatibilidade do tipo de sistema estrutural com as intervenções realizadas, de erros de projeto ou execução, de manutenção indevida ou escassa e da degradação do ambiente. Assim, torna-se necessário, em alguns casos, reforço e reabilitação do sistema estrutural.

Segundo o autor Roque (2002), três considerações devem ser seguidas em ações de conservação: “avaliação do estado de segurança tendo em vista a eventual adoção de medidas corretivas e preventivas, reabilitação numa perspectiva de adaptação, considerando a evolução das exigências funcionais e de segurança, bem como a regulamentação atual, respeitando as características históricas e culturais de origem, elaboração de um conjunto de regras que orientem as ações de intervenção, se possível, reunidas em um manual”. Segundo o mesmo autor, os principais problemas das alvenarias antigas estão relacionados com o material ligante, ou as argamassas que foram concebidas com material não eficientes pela falta de conhecimento desta área naquela época. Este material ligante ineficiente traz como consequências “fraca resistência a esforços de tração, fraca resistência a compressão e fraca resistência ao corte”.

Conforme Verçoza (1991), as fissuras ou rachaduras encontradas em paredes podem ter as seguintes causas: erro de dimensionamento, má utilização, movimentação da estrutura, envelhecimento e fadiga, acidentes imprevistos e má execução. O autor sugere que surgindo

uma anomalia deste tipo na edificação a primeira medida a ser adotada é conferir se esta se encontra no reboco ou iniciam na alvenaria. O procedimento posterior é verificar se a fissura é ativa ou não, ou seja, se aumenta ou já estabilizou. Geralmente, as fissuras que já estabilizaram podem ser reparadas. A estabilização de fissuras e trincas, por falta de amarração das paredes, pode ser realizada com a utilização de grampos metálicos e/ou colas epóxi. Os problemas causados pelas eflorescências podem ser resolvidos com aplicação de produtos químicos (figura 18), os quais reagem, obstruindo os capilares, para a não permeabilidade da água, e/ou com hidrofugação, repelindo a água. A umidade deve ser controlada em vários casos de manifestações patológicas, pois essa fornece condições ideais para a evolução destas. A melhor maneira de combater as manifestações patológicas causadas por fungos é diminuindo a umidade que favorece sua sobrevivência (umidade acima de 75%). Por isso, é importante a boa ventilação do ambiente que faz secar as superfícies. Para a eliminação de mofo e bactérias é recomendada a aplicação de alguma solução fungicida. A criptoflorescência é causada pela presença de sais, como a etringita, nos materiais constituintes das edificações. Estes sais são dissolvidos pela água e são carregados à superfície de alvenarias e argamassas. A água da chuva pode ser impedida de penetrar na alvenaria pela impermeabilização destas e a água da umidade do ar pode ser controlada, como exposto anteriormente, mantendo o ambiente ventilado.

Figura 18 – Aplicação de substância para eliminar eflorescências

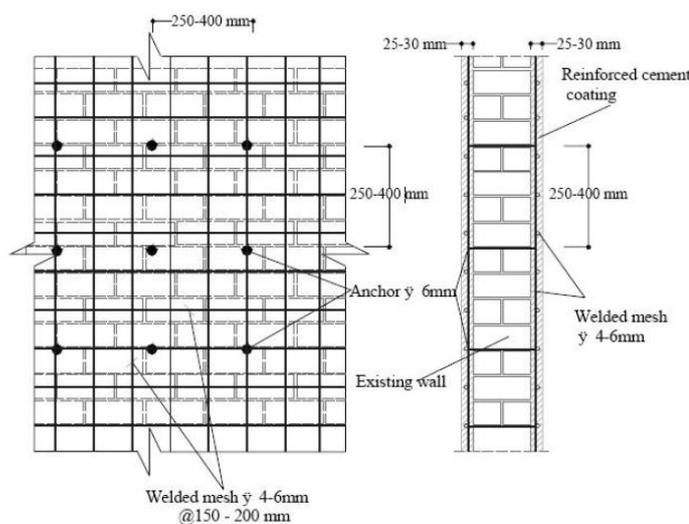


(fonte: www.azichen.com)

Uma das alternativas de reforço em paredes de alvenaria estrutural é o revestimento com uma argamassa especial. Esta argamassa pode ser composta por algum tipo de adição e/ou armada,

de forma a aumentar a sua resistência. No trabalho de Oliveira e Hanai (2005) foram feitos ensaios em paredes reforçadas por argamassa sem armação e argamassas armadas. Nos resultados verificou-se que o aumento da resistência à compressão axial, em paredes com revestimento de argamassa não armada ou argamassa com adição de fibras metálicas foi da ordem 20% e naquelas paredes revestidas com argamassa e tela soldada (figura 19) foi de 44%. Uma observação feita pelos autores é que, na compressão axial da alvenaria (blocos e argamassa), a deformação causada é diferente para o bloco e para a argamassa, pelos seus diferentes módulos de elasticidade. “A argamassa deforma mais e por isso tende a ser expulsa pelos blocos, por isso, são geradas tensões tangenciais no plano da junta. Estas tensões são restringidas pelas unidades de alvenarias, as quais ficam submetidas a tensões de tração lateral que, se suplantarem a resistência do bloco, provocam a ruptura através do desenvolvimento de fissuras por tração paralelas ao eixo do carregamento” (OLIVEIRA; HANAI, 2005).

Figura 19 – Argamassa com de tela soldada



(fonte: ARAÚJO,2010)

Segundo Azevedo (2010), a execução de melhoramentos ou reparos nas estruturas gera a necessidade de materiais diferentes dos utilizados originalmente, deve-se atentar para três características fundamentais: compatibilidade (mecânico-estrutural e físico-química), durabilidade e reversibilidade, como já exposto anteriormente nas premissas de um projeto de preservação. “As técnicas utilizadas em reforços, por sua ampla variedade, pode ser divididas dois grupos, relativas aos materiais: técnicas tradicionais (materiais e processos idênticos ao originais) e técnicas inovadoras e, relativas aos efeitos: técnicas de reforço ativo (alteração nas

condições de carga e conseqüente alteração do estado de equilíbrio e de deformabilidade) e de reforço passivo (somente para cargas superiores que correspondem ao estado de equilíbrio em que se encontra a estrutura ou para deformações posteriores diferidas)” (AZEVEDO, 2010).

Ainda segundo Azevedo (2010), existem diversas técnicas de reforço estrutural de paredes de alvenaria e entre elas estão: injeção, pregagem, pré-reforço, refeitamento de juntas, reforço com materiais compósitos, reboco armado, *jacketing*, desmonte e reconstrução. Além disso pode-se utilizar soluções que sejam mistas utilizando duas ou mais técnicas.

Conforme Araújo (2010), “a alvenaria estrutural é o processo de construção que se caracteriza pelo uso de paredes como principal estrutura suporte de edificações simples ou dispositivos complementares em substituição ao concreto dimensionada através do cálculo racional. Já a alvenaria resistente é uma técnica construtiva que se caracteriza pela utilização de unidade (cerâmicas ou de concreto) de vedação com finalidade estrutural”. O mesmo autor propõe uma alternativa, de reforço metálico para alvenarias resistentes, mas que pode ser estendida a alvenaria estrutural.

Uma prática comum em edificações é os ocupantes desejarem executar aberturas nas paredes destas, porém estas aberturas causam alterações no comportamento da estrutura. (MOSTAFAVI; LEATHERBARROW, 1993). O tipo de sistema estrutural determina se, em muitos casos, a aceitação ou não da realização de aberturas. Nem sempre a população procura um profissional de engenharia ou arquitetura para realizar consultas e, devido a imperícia destas, as obras são realizadas, causando problemas à estrutura. Um método destacado por Araújo para resolver problemas como este é, simplesmente, preencher a abertura, pois se a parede tem função estrutural a área retirada para uma janela, por exemplo, é de fundamental importância e deve ser considerada. Este preenchimento, segundo Araújo (2010), previne contra concentrações de tensões que ocorrem nos cantos das aberturas e privilegia a abertura de fissuras. “É importante, neste caso, que a parte nova seja solidarizada com a antiga usando algum dispositivo que assegure a transferência do cisalhamento, para assegurar o comportamento conjunto” (ARAÚJO, 2010). Segundo o mesmo autor, uma outra alternativa que resolve o problema das aberturas é reforça-las com fibras. O procedimento de aplicação das fibras será exposto quando explanado o reforço de alvenaria com compósitos de fibras e resinas.

Segundo Araújo (2010) a injeção de graute é bastante comum em alvenarias de blocos maciços ou de blocos furados. No caso de blocos maciços, o graute pode ser injetado em trincas e

rachaduras e, no caso de blocos furados injetar de modo a transformar a parede em um elemento grauteado, aumentando, consideravelmente, a resistência à compressão. O mesmo autor observa: “deve-se assegurar que o graute tenha propriedades físicas e mecânicas análogas às da alvenaria, evitando deformações diferida no sólido resultante”. Esta observação consiste no principal empecilho na recuperação de estruturas com graute: compatibilizar as deformações de materiais com diferentes propriedades, como módulo de elasticidade. Pode-se, também, realizar o grauteamento com armadura.

Araújo (2010) disserta acerca de algumas técnicas de reabilitação de estruturas, entre elas: aplicação de concreto projetado. No caso de edificações históricas esta técnica não estaria de acordo com algumas das principais premissas dos projetos de restauração: utilizar técnicas e elementos mais próximos dos originais possível e permitir a identificação do que é original ou não, além de o concreto projetável não permitir uma fácil substituição, condenando parte da estrutura. A reabilitação do sistema estrutural de alvenaria de edificações históricas demanda a introdução de estruturas auxiliares, e a compatibilidade entre estas estruturas e às originais gera a necessidade de atentar para quais materiais serão escolhidos (BROCATO; DOMENICO, DE; ZANGHÌ, 2002).

Há diversas alternativas de reforço e uma destas é de fundamental importância na construção civil atual: o reforço com fibras e polímeros (BABATUNDE, 2017). Esse reforço consiste em um compósito de fibras e resina, o qual tem o objetivo de auxiliar na resistência à flexão e ao cisalhamento das paredes de alvenaria. Este conjunto de materiais é aderido às faces das paredes e restaura a capacidade de sustentação, muitas vezes condenada pela presença de fissuras. A primeira etapa é aplicação superficial de um *primer*, o qual fornece uma melhor condição para a aplicação da resina, pois penetra no substrato. A superfície deve estar limpa, livre de contaminantes e as irregularidades niveladas com massa de nivelar alvenaria e concreto. Para aplicação da fibra é necessário limpar os seus dois lados com acetona e remover qualquer resíduo. Após deve-se aplicar resina na fibra e coloca-la na face da parede pressionando com um rolo. A última etapa é a de remover o excesso de resina e, assim, a parede de alvenaria termina a execução do reforço (figura 20).

Figura 20 – Execução de reforço com resina e fibras



(fonte: BARBATUNDE, 2017)

Segundo Araújo (2010) outra técnica de reforço que pode ser implementada é utilizar peças metálicas que auxiliam o comportamento da alvenaria não armada para aumentar sua rigidez. Este método pode ser executado utilizando escoras (*braces* verticais e diagonais) ou barras de aço verticais. Esta solução é muito eficiente, segundo o mesmo autor, quanto ao aumento da resistência a ações laterais e ductilidade. Ainda é possível realizar a reabilitação de uma estrutura de um prédio histórico, danificado por muitos anos por agentes e mecanismos de degradação, com a utilização de aços estruturais. Conforme Araújo (2010), pode-se criar uma estrutura de aço, compatibilizando-a com a edificação estudada e fornecendo a resistência necessária.

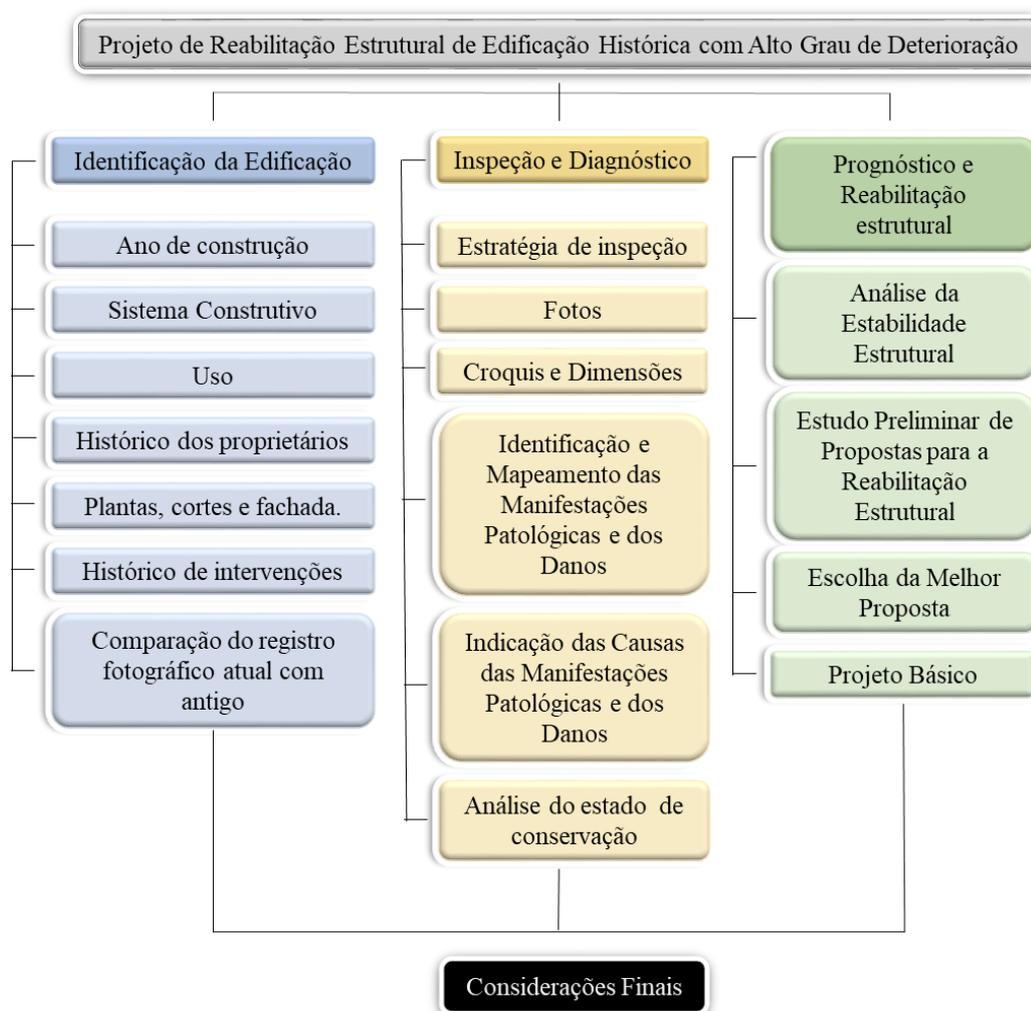
Segundo GUEDES (2003), a reabilitação de uma edificação histórica, classificada como patrimônio histórico ou de interesse público, deve ser acompanhada por técnicos devidamente habilitados e sensibilizados para as questões do patrimônio. Muitas vezes, as estruturas se apresentam em um conjunto de soluções adotadas de grande interesse e deverão ser salvaguardadas.

6 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo será descrita a metodologia utilizada para a realização deste trabalho a fim de explicar as etapas que norteiam a elaboração de um projeto de reabilitação estrutural de uma edificação histórica com alto grau de deterioração.

Na figura 19 é apresentado o esquema de etapas que se sucederam, resultando nas propostas de reabilitação estrutural da edificação e, conseqüente, escolha da proposta mais adequada para o tipo de edificação em estudo.

Figura 21 – Diagrama de etapas de execução do trabalho



(fonte: elaborado pela autora)

Este trabalho foi dividido em três etapas, as quais foram subdivididas, tendo em vista à sistematização deste estudo. A primeira etapa relaciona-se com o primeiro passo de um projeto de conservação citado no capítulo 3, subdivisão 3.3, pelo Programa Monumenta (2005) e por Tavares (2009): identificação e conhecimento do bem ou memória histórica. O meio de obter êxito nesta identificação foi averiguar algumas informações como: o ano de construção da edificação, o histórico de proprietários, as diferentes utilizações e o histórico de intervenções. Surgiu, também, a necessidade de obter plantas, fotos e documentos antigos e atuais da edificação. Muitas vezes, em edificações muito antigas, há uma escassez de qualquer tipo de registro documental, porque foram perdidos ou degradados com o tempo. Essa situação, gerou algumas dificuldades para iniciar o projeto de reabilitação da edificação e, com a falta destas informações, a opção foi partir para a etapa seguinte, a qual complementou os poucos dados obtidos e forneceu informações inexistentes. Portanto, foram obtidas nesta primeira etapa, informações que auxiliam a escolha de técnicas de reabilitação estrutural que estejam de acordo com as características da edificação, os seus usuários e as leis de proteção do patrimônio histórico e cultural. Além disso, foi adquirido um conhecimento prévio acerca de danos e manifestações patológicas que poderiam estar presentes nesta edificação a fim de obter uma boa base para começar a inspeção.

A segunda etapa foi a de inspeção da edificação. Todas as subdivisões desta etapa seguiram uma estratégia de inspeção determinada a partir da identificação da edificação. Nesta etapa, algumas informações obtidas anteriormente podem ser úteis, por exemplo: a edificação ter sido utilizada para armazenamento de produtos químicos, então, seria de se esperar, que houvessem manifestações patológicas que foram decorrentes do contato dos produtos químicos com o material constituinte da edificação. Esta etapa foi descrita neste trabalho conforme o Programa Monumenta (2005) e Tavares (2009) como, respectivamente, diagnóstico e diagnóstico do estado de conservação. Foi inserida, nesta parte do projeto, a realização de um importante registro fotográfico e de dimensões, realizando croquis e fazendo levantamento de quais e onde localizavam as manifestações patológicas e os danos na estrutura. Estas não-conformidades foram identificadas e mapeadas para, posteriormente, terem suas causas identificadas e sanadas. Por fim, analisou-se estado de conservação da edificação. Em edificações históricas não se pode, algumas vezes, entrar na edificação, pois o estado de deterioração é tão avançado que, antes da inspeção, devem ser realizadas ações que estabilizem a estrutura.

A última etapa, a qual propõe soluções aos problemas de instabilidade estrutural foi discutida pelos mesmos dois autores anteriormente citados e foram tratadas como: proposta de intervenção e escolha dos tipos de intervenções. Neste projeto de reabilitação estrutural, a terceira etapa foi, como as outras, subdividida. Em algumas subdivisões foram inseridas ações que visavam às melhores soluções para manifestações patológicas. Soluções que, de acordo com a realização de um correto e eficiente prognóstico, eliminassem as causas destas manifestações patológicas, para posterior reparação dos danos causados à estrutura. Em outras subdivisões, utilizando conceitos abordados em capítulos anteriores, foram, preliminarmente, estudadas propostas que visem a estabilização permanente da estrutura sob condições normais de degradação. Dentre estas propostas, foi escolhida à que melhor atende as demandas de uma edificação histórica tombada pelo patrimônio histórico municipal e à que tornasse a edificação capaz de atender demandas de novos usuários. Dessa forma, foi elaborado o projeto básico, utilizando as informações e estudos iniciais, analisando amostras de material recolhido, caracterizando a intervenção e assegurando a viabilidade técnica e executiva do sistema proposto. Por fim, realizou-se o projeto executivo, definindo todos os detalhes construtivos e executivos necessários e suficientes para realização da proposta escolhida.

Por fim, as conclusões do trabalho norteiam os importantes cuidados na elaboração de um projeto de reabilitação estrutural de uma edificação histórica com alto grau de deterioração, além de ser exposta a importância dessa ação para a cidade, destacando as considerações realizadas no projeto e os principais problemas que surgiram.

Na figura 22, a terceira coluna representa as três etapas deste projeto, comparativamente às etapas de dois autores abordados neste capítulo e nos capítulos anteriores.

Figura 22 – Quadro comparativo de etapas de um projeto de conservação e reabilitação estrutural de edificação histórica por diferentes autores

Programa Monumenta (2005)	Tavares (2009)	*
Identificação e Conhecimento do Bem	Memória Histórica	Identificação da Edificação
Diagnóstico	Diagnóstico do Estado de Conservação	Inspeção e Diagnóstico
Proposta de Intervenção	Escolha dos Tipos de Intervenções	Prognóstico e Reabilitação Estrutural

(fonte: elaborado pela autora)

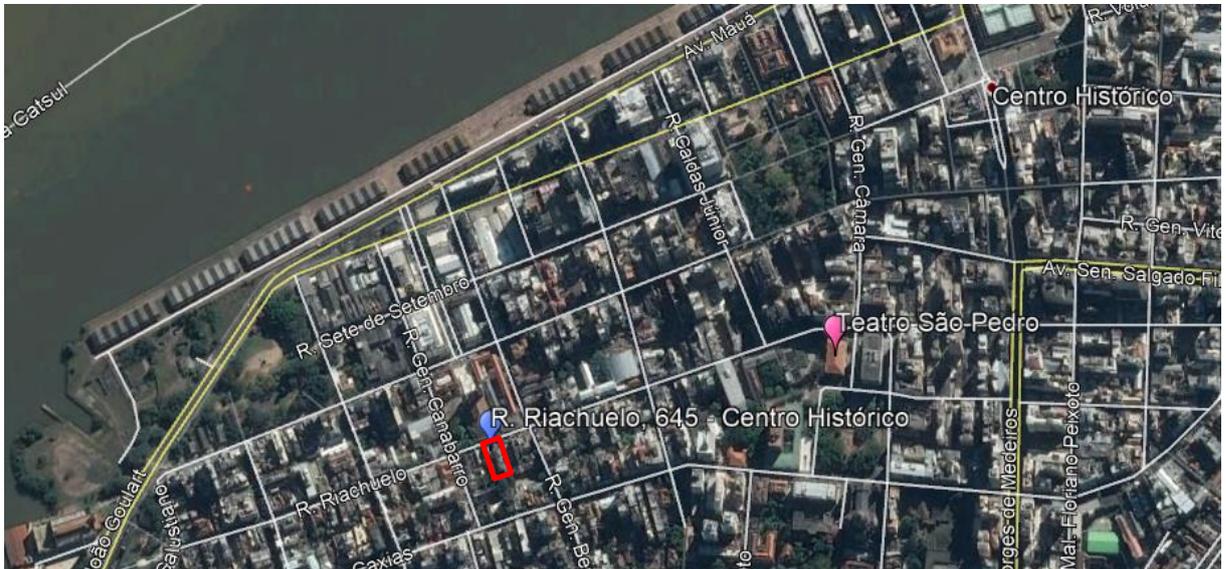
7 IDENTIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

Neste capítulo será exposto como a edificação foi escolhida para ser objeto de estudo deste trabalho e como foram obtidas as informações necessárias para iniciar o projeto de reabilitação estrutural.

A edificação escolhida deveria apresentar desafios à elaboração de um projeto de reabilitação estrutural, de tal maneira que o projeto pudesse ser enquadrado também como um projeto de pesquisa. Inicialmente, procurou-se uma edificação com alto grau de deterioração, ou seja, com diversos tipos de manifestações patológicas e diferentes tipos de materiais degradados. Dessa forma, uma edificação com alto grau de deterioração já seria um importante objeto de estudo, porém um desafio maior incluiria realizar um projeto em uma edificação que necessitasse de cuidados com os elementos originais, pois haveria o aspecto de ser um patrimônio histórico do município de Porto Alegre. Com isso, procurou-se diversas edificações no site da Secretaria Municipal da Cultura (<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smc/>), as quais tivessem os seguintes requisitos: alto grau de deterioração e protegida por alguma lei de tombamento.

A partir desta pesquisa foram selecionadas algumas edificações como opções para realização do projeto. A edificação escolhida, por estar mais de acordo com os requisitos, e ter possibilidade de acesso, foi uma edificação na rua Riachuelo número 645, no centro histórico de Porto Alegre. A edificação, na Rua Riachuelo próxima ao Teatro São Pedro, ponto turístico da cidade de Porto Alegre, pode ser localizada na figura 23.

Figura 23 – Situação da edificação localizada próxima ao teatro São Pedro no Centro Histórico de Porto Alegre



(fonte: Google Earth)

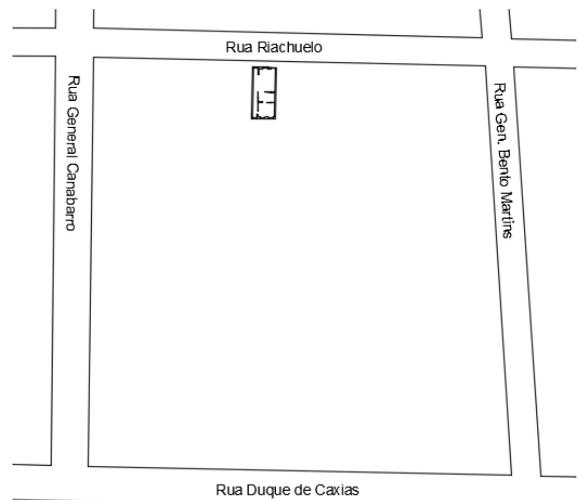
Esta edificação é tombada pelo patrimônio histórico do Município. As figuras 24 e 25 são, respectivamente, uma imagem obtida por satélite da quadra da edificação e a sua planta de situação.

Figura 24 – Quadra da edificação em imagem de satélite



(fonte: Google Earth)

Figura 25 – Planta de situação da edificação



(fonte: elaborada pela autora)

As informações a respeito da edificação começaram a ser obtidas pelo site da prefeitura e, posteriormente, foram sendo confirmadas e complementadas pelos responsáveis técnicos pela conservação da edificação. Os primeiros registros da edificação são de uma moradora em 1893 até 1899, mas sua construção pode ser bem anterior a esta data. De acordo com os responsáveis pela edificação a edificação foi construída na década de 1850. Em 1899 a edificação mudou o proprietário, sendo passada por escritura pública para a família Ferreira de Azevedo. Com a morte do proprietário a edificação passa para sua esposa. Em 1933, o filho do casal herda a edificação e, assim, nunca foi vendida sendo objeto de herança por gerações da família. Em 1946 é concedida a licença para o local funcionar como uma casa de cômodos.

Em 1977, a edificação é considerada de "valor histórico e cultural e de expressiva tradição na cidade de Porto Alegre". Acredita-se que a partir desta época não houve mais investimento pelo proprietário para conservação do local. Em 05 de maio de 1980, a edificação é tombada pelo Município. Em 1999 a edificação tem a cobertura renovada, porém a situação de falta de cuidados com a conservação correta não se altera. Acredita-se que o revestimento da fachada foi alterado em 1999, juntamente com a substituição da cobertura. Pode-se afirmar que este revestimento não é o original, mas não há confirmação da data que foi renovado.

O sistema construtivo da edificação é o de alvenaria estrutural. Este método é conhecido há séculos e era largamente utilizado quando o concreto e o aço não estavam presentes nas estruturas. A partir do desenvolvimento do concreto armado e aço nas estruturas, o uso dos sistemas estruturais de alvenaria declinou (SOUSA, 2003).

A edificação que data, provavelmente, da segunda metade do século XIX, passou por diversos processos de deterioração e, segundo os seus responsáveis, o principal agente de degradação foi a água, e a falta o abandono da edificação fez com que estes problemas não fossem percebidos, e pequenos problemas não resolvidos causaram grandes danos à edificação. Pode-se obter uma noção da idade da edificação pela figura 26, registro que foi fornecido por uma moradora da rua Riachuelo. Notou-se que a edificação foi construída geminada a outra edificação muito semelhante, e esta foi demolida, provavelmente, para construção dos prédios, atualmente, vizinhos à edificação.

Figura 26 – Foto mais antiga obtida da edificação em estudo



(fonte: moradora da rua Riachuelo)

Nas figuras 27 e 28 estão apresentadas duas fotos da edificação obtidas antes da primeira inspeção visual, onde pode-se notar a deterioração da edificação ocorrida em quase trinta anos.

Figura 27 – Edificação em 1989



(fonte: Prefeitura de Porto Alegre)

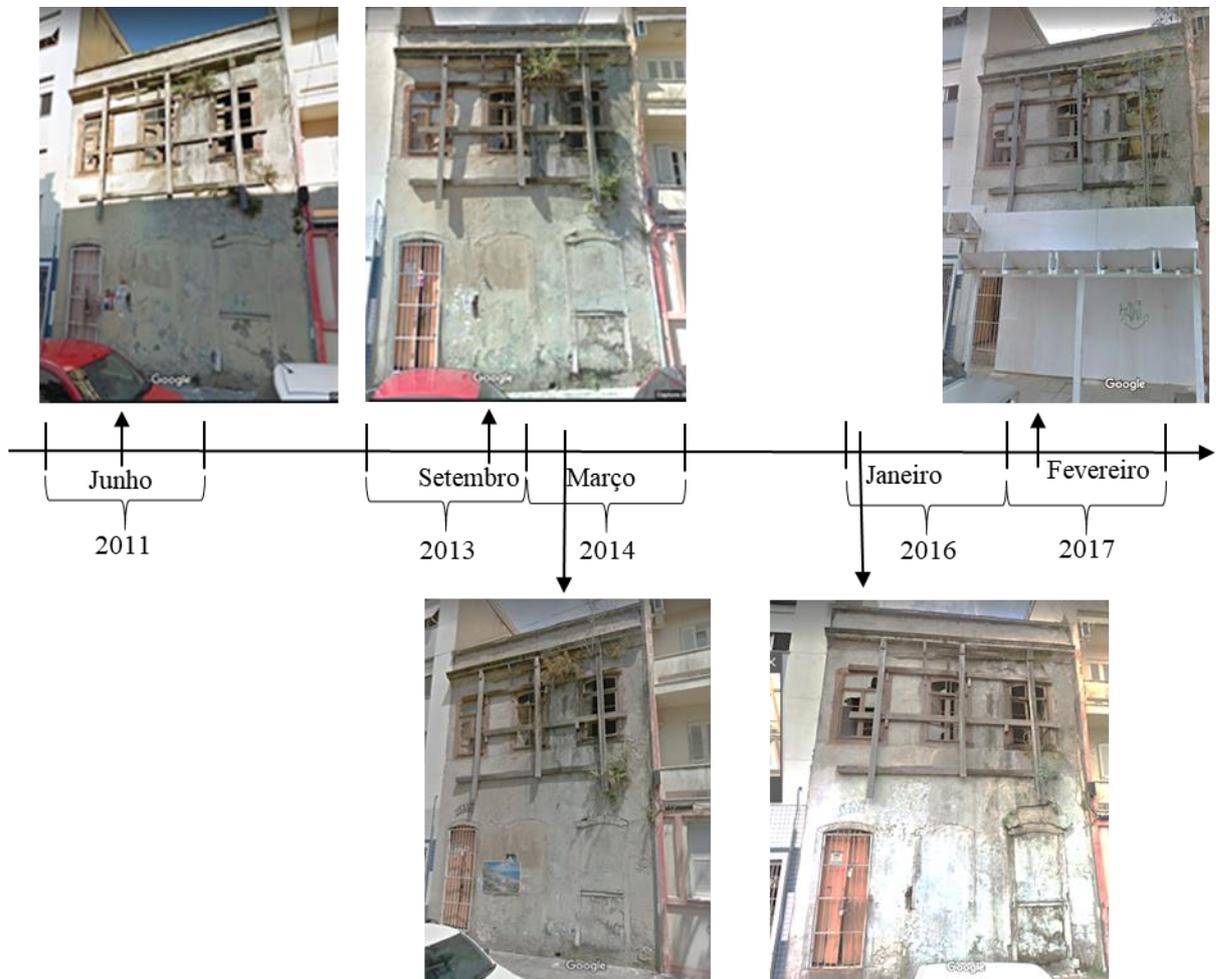
Figura 28 – Edificação em fevereiro de 2016



(fonte: Google Earth)

Assim, foi elaborada uma linha do tempo a fim de mostrar a deterioração da edificação ao longo do tempo. Esta linha do tempo começa em 2011 e termina em 2017, conforme a figura 29.

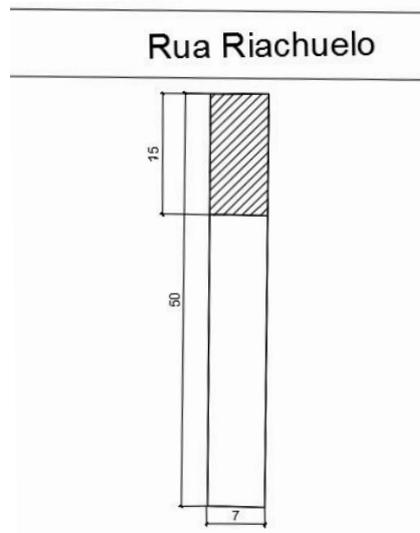
Figura 29 – Linha do tempo da fachada da edificação



(fonte: linha do tempo elaborada pela autora com fotos do Google Maps)

Outra importante observação é que a edificação ocupa toda a largura do terreno estando “colada” nas edificações vizinhas. Na figura 30, está representada a localização da edificação no terreno. O terreno possui, aproximadamente, 50 metros de comprimento e 7 metros de largura.

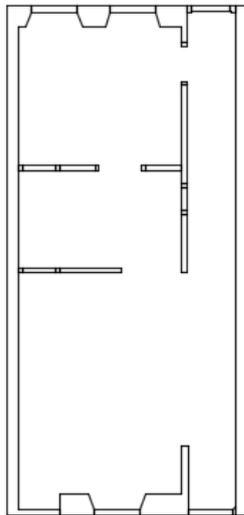
Figura 30 – Localização da edificação no terreno



(fonte: elaborado pela autora)

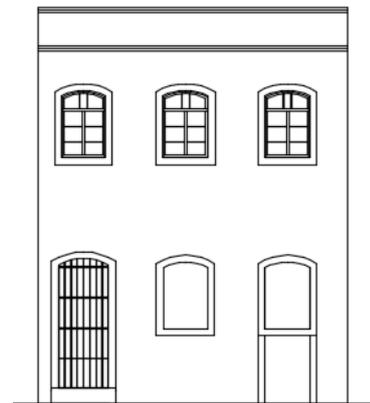
Na figura 31, está apresentada a planta baixa da edificação a qual apresenta a disposição das paredes e detalhes arquitetônicos do sobrado de alvenaria de, aproximadamente, 7 metros de largura e 15 metros de comprimento. A figura 32 apresenta o desenho da fachada da edificação.

Figura 31 – Planta baixa da edificação



(fonte: Sarah Seibel, Taís Serres, Luiz Merino)

Figura 32 – Fachada da edificação



(fonte: Sarah Seibel, Taís Serres, Luiz Merino)

8 INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO

Após a etapa de identificação, na qual conheceu-se, previamente, o sistema estrutural, os diferentes tipos de uso e obteve-se uma noção do estado de conservação da edificação e, possibilitando elaborar uma estratégia de inspeção, passou-se para etapa de inspeção e diagnóstico. É importante ressaltar que na inspeção da edificação visou-se “avaliar suas condições técnicas, de uso e de manutenção” (GOMIDE et al. 2006).

Como houve uma análise documental das plantas, das fotos, do histórico de uso da edificação, na primeira etapa desse trabalho, a inspeção realizada, tema deste capítulo, trata da parte de vistoria e não, conforme muitos autores, análise documental mais vistoria

A edificação consiste em um sobrado com sistema estrutural de alvenaria e é considerada de baixa complexidade. Dessa forma, a estratégia de inspeção utilizada consiste em uma vistoria para visualização e obtenção de registros fotográficos das anomalias aparentes, correspondente à inspeção nível 1 do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo (2011) e será descrita nos próximos parágrafos. A edificação foi vistoriada em peças, a fim de sistematizar a identificação dos principais problemas da edificação. Começou-se pela fachada, após seguiu-se pelo corredor de entrada, depois os dois ambientes na parte mais próxima à rua Riachuelo (cômodos de entrada) e após o ambiente na parte traseira da edificação. Conforme a peça da edificação que seria descrita, identificaram-se os elementos que seriam vistoriados desta peça, exceto a fachada que seria ela mesma o elemento vistoriado. Esta identificação ocorreu por uma representação da planta baixa da edificação no início de cada divisão onde seria descrita uma peça.

Cada divisão do capítulo 8 apresenta a descrição da inspeção realizada nas peças da edificação, mas é importante salientar que, na maioria dos elementos, já haviam intervenções realizadas pela equipe da Secretaria Municipal de Cultura, responsável pela conservação da edificação. Algumas destas intervenções foram também mostradas neste capítulo.

8.1 INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DA FACHADA

Visando auxiliar a realização de intervenções na edificação, assegurando segurança aos pedestres, alguns tapumes estavam instalados na fachada (figura 33).

Figura 33 – Fachada da edificação

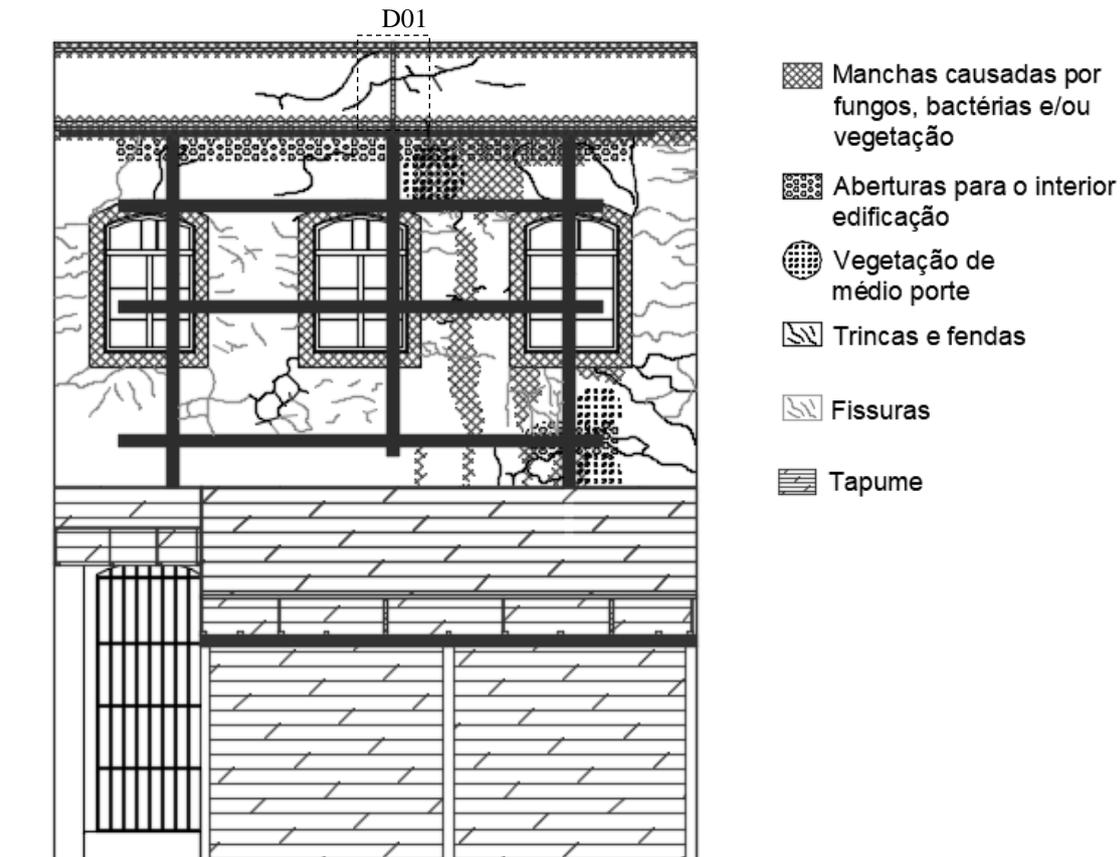


(fonte: foto da autora)

Ainda na figura 33, havia sido instalado um pórtico de elementos de madeira, fixados na estrutura por parafusos, analisando este pórtico, foi possível verificar que a parte superior da fachada parecia estar contida por ele, pois estava muito deteriorada.

Analisando-se os danos presentes na fachada, procurou-se elaborar um mapa que auxiliasse a visualização das manifestações patológicas na edificação (figura 34).

Figura 34 – Mapa de manifestações patológicas na fachada da edificação



(fonte: elaborado pela autora)

Assim, pode-se concluir que o lado direito da fachada apresentava mais problemas que o esquerdo, e que havia uma grande fissuração do revestimento, não original, em virtude da retração da argamassa utilizada. Além disso, algumas fissuras concentravam-se próximas ao encontro da edificação com a edificação vizinha. E essa situação pôde ser explicada pela falta de espaço para a edificação se movimentar em dias quentes, quando os materiais tendem a dilatar-se, ou devido à ineficiência de contraventamento que poderia estar fazendo com que a fachada se deformasse em direção ao interior da casa. Pode-se perceber que as fissuras tomavam caminhos preferenciais, por exemplo, partiam de regiões onde havia o encontro entre dois materiais diferentes - madeira e argamassa de revestimento - para regiões com manchas de umidade, locais onde o processo de degradação já havia iniciado, e a fissura obtinha mais facilidade para propagar-se. Alguns pontos, como os pontos escondidos pelas barras dos pórticos não recebiam luz e ventilação adequada o que causou uma deterioração mais severa devido ao acúmulo do agente de degradação mais presente na edificação em estudo: a água.

Com isso, zonas que estavam privadas de luz e ventilação tenderam a ser as mais atacadas por fungos e bactérias, além de vegetação. Assim, nessas zonas deterioradas haviam várias fissuras e, como verifica-se na figura 34, também, auxiliaram o desenvolvimento de fissuras para trincas e fendas, pois, o material deteriorado tinha baixa resistência à evolução destas.

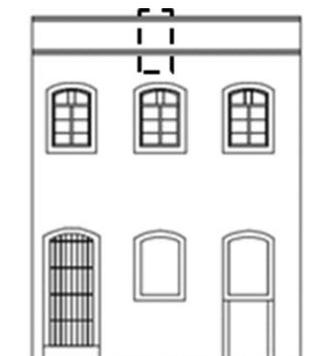
Dos elementos arquitetônicos do coroamento da edificação - cobertura, platibanda e cimalha - a cimalha é a que apresenta a maior quantidade de manifestações patológicas pela falta de manutenção e pela deterioração ao longo dos anos. Na platibanda entre a cobertura e a cimalha pôde-se notar, a partir de registros fotográficos, que uma cordoalha de aço passa no sentido vertical, detalhe “D01” da figura 34, entendeu-se que esta cordoalha foi inserida para evitar o tombamento do coroamento da edificação. Pode-se verificar, em um registro fotográfico, esta cordoalha na figura 35 e, ao lado na figura 36, onde está localizada esta cordoalha na edificação.

Figura 35 – Cordoalha na platibanda



(fonte: Bruno M. Sanchez)

Figura 36 – Croqui da localização da cordoalha na platibanda



(fonte: elaborado pela autora)

No mapa de danos (figura 34), há também, manchas nas esquadrias, decorrentes da falta de revestimento eficiente. A madeira, por ser um material orgânico e alvo fácil de agentes e mecanismos de degradação, sem revestimento, facilita o acúmulo de água entre suas fibras, e parte desta água não evapora, deixando um ambiente perfeito para proliferação de bactérias que com ajuda dos fungos e algas decompõem a madeira. Pode-se visualizar esta situação nas esquadrias e nas barras do pórtico, respectivamente, na figura 37 e na figura 38.

Figura 37 – Madeira da esquadria



(fonte: Bruno M. Sanchez)

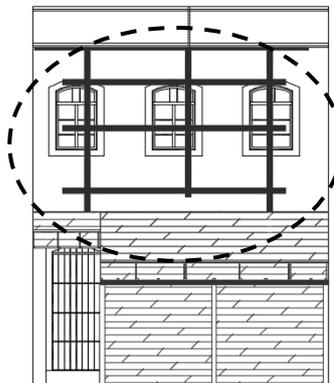
Figura 38 – Madeira do pórtico



(fonte: Bruno M. Sanchez)

A parte inferior do pórtico de madeira estava rigidamente fixada à estrutura, apesar dos parafusos estarem em processo de oxidação. O pórtico era constituído por quatro barras horizontais e três verticais (figura 39).

Figura 39 – Pórtico instalado na fachada



(fonte: elaborado pela autora)

Duas das quatro barras horizontais estavam com seus parafusos fixadores e a sua madeira em boas condições. As barras horizontais superiores, as quais estavam sob a cimalha estavam em processo avançado de deterioração e, visualmente, pareciam estar oferecendo suporte nenhum à cimalha a qual estava sendo suportada pelas vergas (vigas curvas sobre as janelas) e pela alvenaria entre as janelas. O fato preocupante é que esta parte, a qual oferecia suporte à parte superior da fachada, estava muito deteriorada inclusive haviam fendas permitindo a presença

de vegetação de médio porte nelas (figuras 40 e 41). A barra horizontal inferior também apresentava sinais de degradação. Por isso conclui-se que a parte da fachada mais afetada pelos agentes e mecanismo de degradação, visualmente, foi a parte direita na metade superior.

A partir dos detalhes D02 e D03, respectivamente, das figuras 40 e 41, verificou-se, com mais detalhes, os sinais de degradação pela de água e por fungos da cimalha. Líquens (fungos e algas) estão instalados sobre este elemento. Além disso, agentes e mecanismo de degradação causam a deterioração da madeira do pórtico, fazendo com que os parafusos que a fixavam na fachada não exercessem tensão nenhuma às bielas superiores. Assim, o conjunto bielas superiores e parafusos não desempenhavam mais sua função de dar suporte à cimalha, não proporcionando, portanto, suporte a todo o coroamento da edificação.

Figura 40 – Fachada da edificação



(fonte: Bruno M. Sanchez)

Figura 41 – Registro mais aproximado da cimalha e vegetação na fachada



(fonte: foto da autora)

8.2 INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DO CORREDOR DE ENTRADA

Ao adentrar na edificação notou-se que o revestimento do interior da edificação já havia sido retirado, ficando aparente a sua alvenaria. Esta alvenaria era constituída de blocos de cerâmica de dimensões iguais à: 5 centímetros de espessura, 15 centímetros de largura e 30 centímetros de comprimento (figura 42). A argamassa utilizada na construção desta alvenaria é de barro (argila e água) com adições de fibras naturais (figura 43) em sua composição, e não se verificou a presença de cimento.

Figura 42 – Unidade de alvenaria da edificação



(fonte: foto da autora)

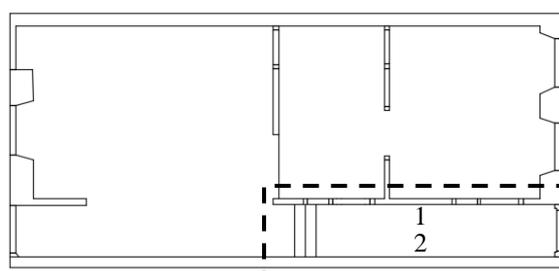
Figura 43 – Argamassa utilizada na alvenaria



(fonte: foto da autora)

A ordem com que os elementos do corredor de entrada foram vistoriados está representada pela figura 44, sendo cada face de paredes do corredor foi identificada pelo número referente à ordem em que foi vistoriada.

Figura 44 – Identificação da parte da edificação em análise



(fonte: elaborada pela autora)

Foi possível verificar que, na parede 1 do corredor de entrada da edificação, os blocos utilizados como unidade de alvenaria não estavam em bom estado, mas, no geral, mantinham-se estáveis sem apresentarem sinais de ruína. Estes blocos possuíam uma boa condição de abrigo e estavam protegidos de muitos agentes de degradação, apesar disso, alguns apresentavam partes desagregadas. Os blocos não eram o principal problema da alvenaria, mas, sim, a argamassa utilizada para assentamento destes blocos. Várias falhas são percebidas nas juntas de assentamento, principalmente, pela retirada do revestimento anterior ou pelos processos de degradação em evolução desta argamassa. Além disso, pôde-se notar a falta de argamassa em algumas juntas.

Algumas intervenções haviam começado, por exemplo, em alguns pontos da figura 43, pôde-se notar a presença de argamassa de cimento na alvenaria, e, além disso, um contrapiso foi concretado.

As figuras 45 e 46 mostram registros fotográficos do corredor de entrada da edificação.

Figura 45 – Corredor de entrada da edificação, registro no sentido oposto à rua Riachuelo



(fonte: foto da autora)

Figura 46 – Corredor de entrada da edificação, registro em sentido à rua Riachuelo



(fonte: foto da autora)

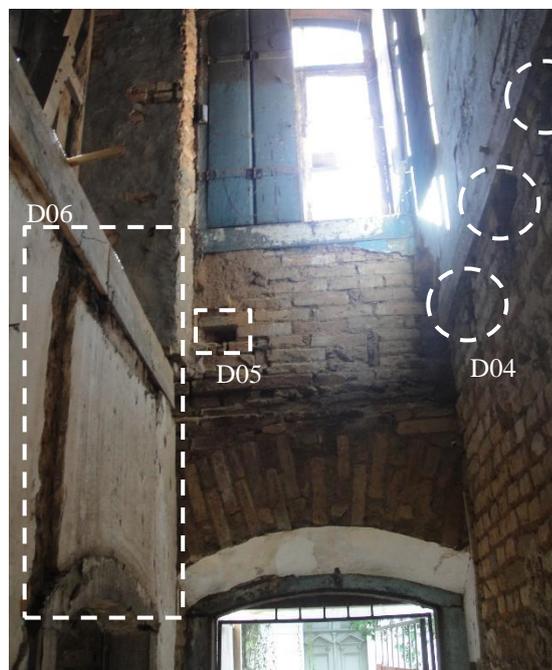
Não se verificaram problemas por sobrecarga nas paredes do corredor, pois não havia segundo pavimento e as paredes não passavam dos 3,20 metros. A parede de divisa com a edificação

vizinha (parede 2) estava em bom estado (foi realizada uma análise de toda extensão desta parede, posteriormente, nesta divisão do capítulo 8).

Do corredor de entrada, ainda na figura 45, pôde-se verificar o lado de interno da fachada. Nesta parte da edificação, faltam blocos, alguns materiais foram desagregados, ocasionando sulcos na parede (detalhe D05 da figura 45). Apesar disso, algumas partes da face interna da fachada já haviam sido recuperadas, como à esquerda da janela da figura 45, onde foi aplicada argamassa de cimento e cal. E, também à esquerda da figura 45, acima da porta, notou-se que nem todo o revestimento da alvenaria retirado, somente onde havia elementos de madeira (detalhe D06).

O piso do segundo andar havia sido removido, restando as vigas de madeira as quais suportavam ao piso original. Essas vigas de madeira apresentavam-se bastante deterioradas e possuíam sulcos pela ação de cupins e outros animais xilófagos. Algumas dessas vigas haviam sido retiradas, e nas paredes estavam somente a lacuna onde haviam estado originalmente. As vigas que estavam faltando eram três e pôde-se identificar a localização destas pelos detalhes D04 da figura 47.

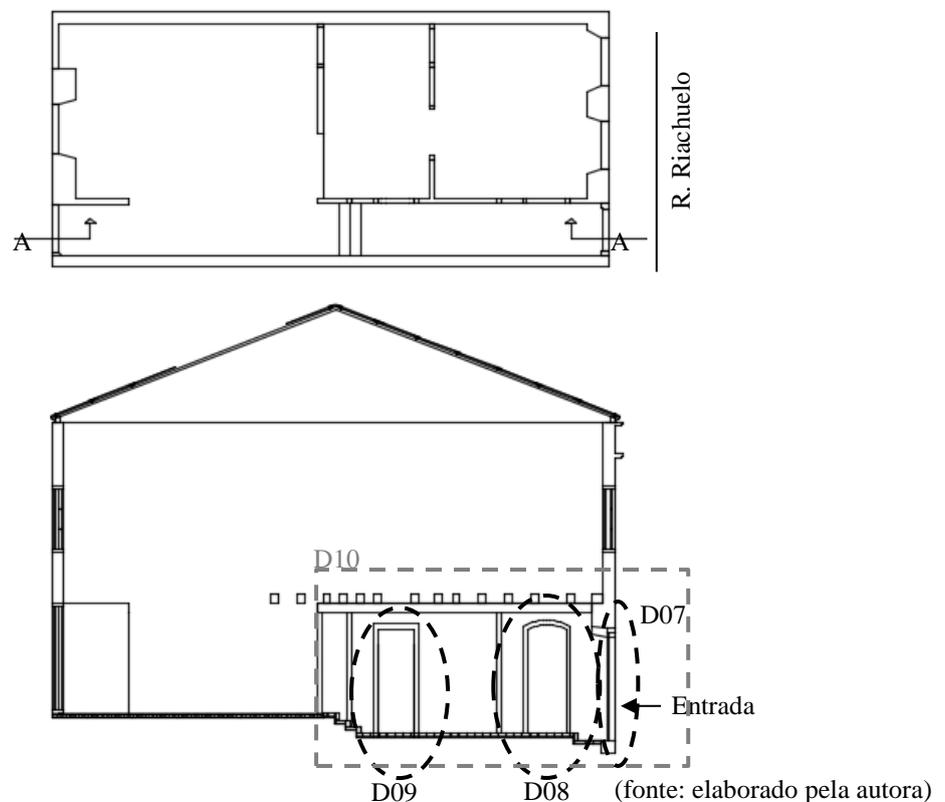
Figura 47 – Registro realizado de dentro da edificação para a porta de entrada da edificação



(fonte: foto da autora)

As esquadrias de acesso ao corredor de entrada encontravam-se em mau estado de conservação, não apresentando revestimento eficiente ou inexistência de revestimento. Dessa forma, tanto a esquadria da porta de entrada, quanto às das duas portas laterais, representadas, respectivamente, pelos detalhes D07, D08 e D09 na figura 48. Estas esquadrias estavam com problemas devido ao ataque de agentes agressivos, e ainda, a falta de revestimento possibilitava acúmulo de umidade, favorecendo o desenvolvimento dos mecanismos de degradação.

Figura 48 – Esquadrias de acesso ao corredor de entrada e parede divisória



Os principais problemas encontrados no corredor de entrada da edificação foram, portanto, o precário estado de conservação da argamassa de assentamento - a qual prejudica estimar o quanto os blocos ainda permaneceram aderidos uns aos outros -, as vigas de madeira - as quais já não exerciam função de sustentação e não podia-se garantir sua estabilidade na condição que estavam pelo seu estado de deterioração avançado -, as esquadrias - que sem acabamento, por falta de manutenção, possuíam sulcos, manchas e desagregação, ocasionados pelos fatores de degradação - e, outro problema que não havia sido relatado nos parágrafos anteriores, a instabilidade lateral da parede 1. Esta parede não estava mais sendo carregada verticalmente

pelas cargas do segundo pavimento, assim como as outras paredes divisórias entre cômodos, e, talvez por terem sofrido ações transversais, sua falta de impedimento do deslocamento nesta direção ocasionou que algumas delas estivessem com uma inclinação vertical irregular.

No detalhe D10 na figura 48, pôde-se verificar que, até aproximadamente a metade do comprimento da edificação está a parede 1. Esta parede encontra-se nas imagens apresentadas anteriormente (figuras 45 e 46) e possui de 2,70 a 3,20 metros de altura. Constatou-se como principal problema da edificação, a falta de cimbramento horizontal desta. Se algum impacto fosse realizado seria possível um tombamento deste elemento. Tem-se, como fundamento deste problema, a falta de vigamento superior original o qual ligando-se as paredes conferia a elas um vínculo em seu topo, estabilizando-as. Além disso, este vigamento fazia com que as vigas, ligadas às outras paredes da edificação oferecessem um comportamento mais uniforme da estrutura. Com a inexistência de pavimento superior e a deterioração do vigamento acima das paredes, estas tornaram-se apenas divisórias entre uma peça e outra do pavimento inferior, porém sendo incapazes de obstruir totalmente acesso de um cômodo a outro pela inexistência de portas.

O material utilizado na parede de divisa com os vizinhos (parede 2) é, na parte superior, constituída por blocos cerâmicos e argamassa já, na parte inferior, por fragmentos de rochas areníticas de diversos tamanhos, formando uma alvenaria de rochas, conforme mostram as figuras 49 e 50. Este ponto comprova o valor desta edificação como meio de conservar-se o registro de técnicas construtivas consideradas obsoletas, mas que tiveram importância no aprimoramento das técnicas atuais.

Figura 49 – Arenito utilizado como unidade de alvenaria nas paredes de divisão entre a edificação e edificações vizinhas



(fonte: foto da autora)

Figura 50 – Registro das diferentes dimensões de fragmentos utilizados



(fonte: foto da autora)

Após esta análise, passa-se a analisar os dois cômodos de entrada da edificação.

8.3 INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DOS CÔMODOS DA EDIFICAÇÃO

Como há dois cômodos mais próximos da entrada e com características muito similares, estes dois cômodos foram analisados, conjuntamente, como cômodos de entrada da edificação. Assim, o cômodo dos fundos foi analisado, separadamente, como cômodo dos fundos. A vistoria destes cômodos será descrita nas divisões a seguir.

8.3.1 Cômodos de Entrada

Percebeu-se que a entrada da edificação possuía nível mais baixo que o cômodo aos fundos. Dessa forma, os dois cômodos de entrada encontravam-se, aproximadamente 65 centímetros abaixo do nível do cômodo dos fundos da edificação (figura 51).

Figura 51 – Desnível entre os cômodos de entrada e o cômodo de fundos



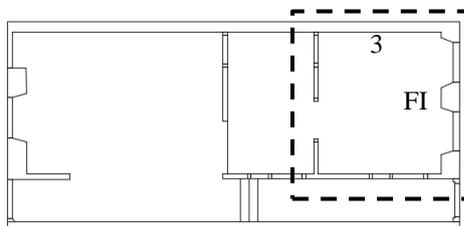
(fonte: foto da autora)

8.3.1.1 Primeiro Cômodo de Entrada

No primeiro cômodo de entrada seguiu-se a estratégia de inspeção conforme a figura 52. Analisou-se duas das quatro paredes deste cômodo, visto que a parede 1 foi vistoriada quando

o corredor de entrada foi vistoriado e a parede 4, quando o segundo cômodo de entrada foi analisado.

Figura 52 – Estratégia de inspeção do primeiro cômodo de entrada

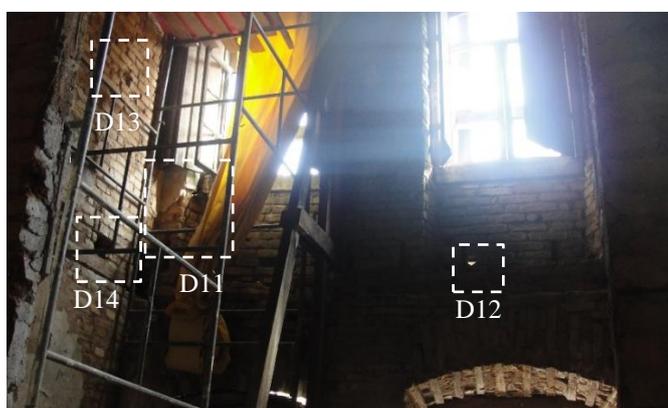


(fonte: elaborada pelo autor)

A parede analisada primeiramente, no cômodo em estudo, foi a face interna da parede da fachada. Esta parede, como já visto, era mais deteriorada na parte direita da fachada e, como passou-se a analisar a parte interna, esperava-se que a parte mais deteriorada fosse a parte esquerda, como foi confirmado. Abaixo foram dispostos alguns registros fotográficos que auxiliaram na identificação dos principais problemas desta parte da edificação. Na figura 53, pode-se obter uma noção do estado de conservação da face interna da parede da fachada. Identificam-se pelos detalhes D11, D12 na figura 53, respectivamente, uma trinca e uma abertura – estas causam maior facilidade de agentes agressivos externos chegarem ao interior da edificação.

Analisando a parede 3 na figura 53, notou-se parte de blocos de alvenaria que foram deteriorados (detalhe D13) - seja pela ação do tempo ou na retirada do reboco – e as lacunas de onde estavam as vigas que suportavam o segundo pavimento (detalhe D14).

Figura 53 – Parede um do primeiro cômodo de entrada



(fonte: foto da autora)

O detalhe D11 da figura 53, mostrou uma trinca na face interna da fachada. Esta trinca pode ser analisada de forma aproximada pelo detalhe D15 da figura 54. E, ainda, pode-se perceber pelos detalhes D16 e D17 que mais blocos cerâmicos foram retirados ou se desprenderam da estrutura na face interna da fachada.

Figura 54 – Trinca na parede em estudo



(fonte: foto da autora)

Com melhor detalhamento, e a partir de um registro realizado no mesmo sentido das figuras 53 e 54, porém mais aproximadamente, foi possível perceber outras manifestações patológicas, como a presença de manchas causadas por musgos, no detalhe D18 da figura 55. Esta mancha está próxima de uma abertura para o lado externo da parede, o que comprova a importância da edificação estar isolada dos agentes de degradação externos, como a água da chuva. Percebeu-se, também, que os blocos não estavam em tão bom estado de conservação, mas ainda assim se encontravam melhor conservados do que sua argamassa de assentamento. Um problema verificado é que na retirada do revestimento alguns blocos foram danificados e ainda havia vestígios da argamassa nestes elementos. Pelo detalhe D19 da figura 55, verificaram-se algumas lacunas, também pela falta de antigos elementos de madeira contidos na estrutura. Além disso, identificaram-se os pontos onde parte da parede, composta pelo conjunto bloco e argamassa, foi desagregada: nos detalhes D20 e D21. A presença de andaimes e lonas dificultavam a visualização do ponto mais deteriorado da estrutura: o lado direito da fachada ou lado esquerdo da parede em estudo.

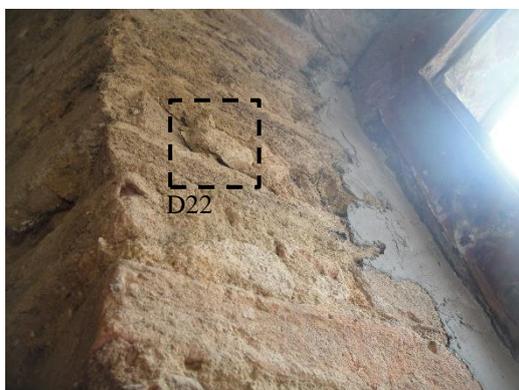
Figura 55 – Registro mais aproximado de parte da figura 46



(fonte: foto da autora)

Assim como no lado externo da fachada, no lado interno já haviam iniciado algumas intervenções, como a aplicação de argamassa de cimento e cal em alguns pontos (figuras 56 e 57). E no detalhe D22 da figura 56, pode-se perceber a desagregação de parte dos blocos cerâmicos que, apesar de a maioria destes estar em bom estado, sofreram com a ação mecânica da retirada do revestimento ou, também, com a expansão de algum sal expansivo em seu interior, ações que beneficiam a desagregação dos blocos.

Figura 56 – Argamassa aplicada em alguns pontos deteriorados da parede em estudo



(fonte: foto da autora)

Figura 57 – Outra parte da parede onde foi aplicada argamassa de cimento



(fonte: foto da autora)

A parte superior da parede da fachada, interna e externamente, apresenta maior deterioração, do que a inferior. Este fato explica-se pelo detalhe D23 da figura 58, onde foi mostrada uma abertura, permitindo a entrada de luz, entre a cobertura e a fachada, na qual estava a calha da edificação. Esta calha era de metal e foi deteriorada pela corrosão de sua superfície, fazendo o metal desagregar-se, causando pequenos furos que, com o passar do tempo, viraram grandes aberturas, capazes de permitir a entrada de grande vazão de água. A corrosão se instalou em quase toda a calha, o que resultou em uma grande cavidade que permitia livremente a entrada da água da chuva na edificação e a percolação desta água pelo lado interno da fachada.

Figura 58 – Abertura e consequente degradação da calha da edificação



(fonte: foto da autora)

A deterioração resultante da entrada de água na edificação pode ser analisada pelos registros das figuras 59 e 60.

Figura 59 – Parte superior da face interna esquerda da parede da fachada



(fonte: Bruno M. Sanchez)

Figura 60 – Parte inferior da face interna esquerda da parede da fachada registro realizado antes da vistoria



(fonte: Bruno M. Sanchez)

Assim, passou-se à análise da parede 3 do primeiro cômodo de entrada. Na análise da parte superior da parede observou-se que algumas partes do revestimento foram mantidas, pois apresentavam pinturas antigas, de décadas passadas, que podem ser futuramente estudadas a fim de reconhecer as técnicas utilizadas. Estas pinturas foram identificadas pelas figuras 61 e 62.

Figura 61 – Pinturas em amarelo na parede dois do cômodo em análise



(fonte: foto da autora)

Figura 62 – Detalhes da pintura encontrada



(fonte: Bruno M. Sanchez)

Tem-se uma visão mais geral da parede 3 pela figura 63, onde notou-se que o revestimento foi retirado bem próximo da parte mais deteriorada da fachada (figura 64). Dessa forma, a parte da pintura pôde ser mantida por estar mais afastada desta entrada de agentes agressivos. Além disso, percebeu-se o estado precário de conservação do vigamento da edificação. Alguns destes elementos de madeira estavam sujos porém, ainda mantinham certa integridade da maior parte dos elementos (figura 65), mas, ainda sim, sofriam com o ataque de fundos, bactéria e cupins.

Figura 63 – Detalhe do vigamento da edificação



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 64 – Parte superior da parede 2



(fonte: foto da autora)

Figura 65 – Parte do vigamento na edificação



(fonte: foto da autora)

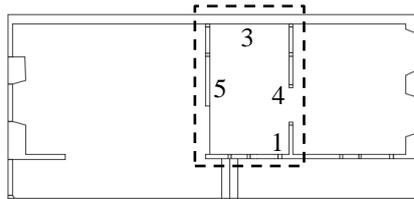
Na cobertura, em geral, não havia problemas. Entretanto, salienta-se que as vistorias foram realizadas em dias secos. Sabia-se que calha mencionada anteriormente, possuía diversos danos e precisava ser redimensionada e substituída. A falha nesta calha permitia a entrada de água em grande quantidade o que resultava em um ambiente mais úmido no interior da edificação, favorecendo os mecanismos de degradação.

Dessa forma, passou-se à análise do segundo cômodo de entrada.

8.3.1.2 Segundo Cômodo de Entrada

Na vistoria realizada no segundo cômodo de entrada (destacado na figura 61) analisou-se as paredes 1,3,4 e 5 da edificação, representadas na figura 66.

Figura 66 – Estratégia de inspeção do segundo cômodo de entrada



(fonte: elaborada pelo autor)

Assim, a partir de registros fotográficos foram mostrados os principais problemas deste cômodo, iniciando pela parede 4, representada pelos registros fotográficos das figuras 62 e 63. Esta parede é composta por duas partes que se ligavam em uma viga de madeira representada pelo detalhe D24 na figura 67 e D26 na figura 68. Identificou-se a existência de eflorescência em alguns tijolos representado pelo detalhe D25 da figura 67 e, ainda, como em outras partes da edificação, algumas intervenções já haviam começado, e argamassa de cimento e cal foi aplicada em regiões da parede 4 da edificação.

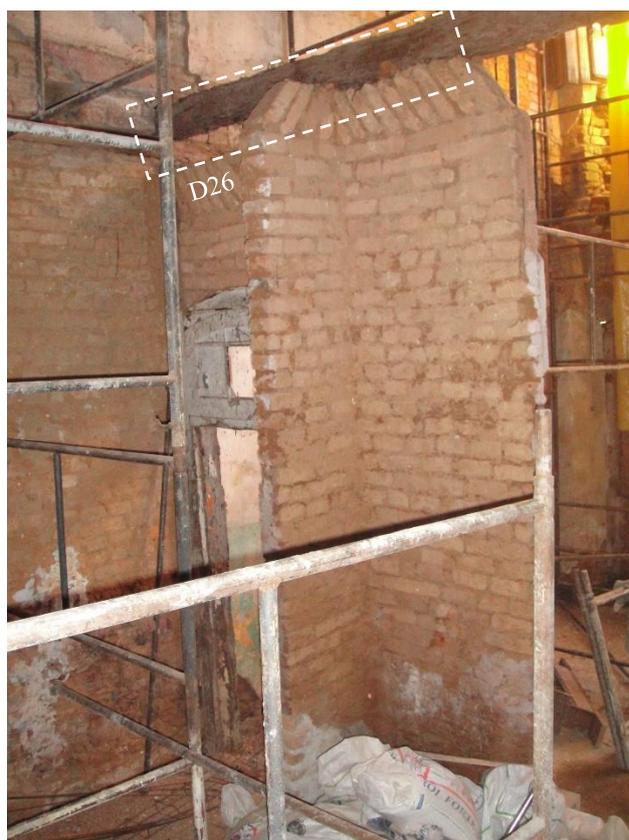
Ainda a partir das figuras 67 e 68, como em outras paredes, a argamassa de assentamento está bastante deteriorada o que não possibilita uma estabilidade da alvenaria, visto que os blocos podem ou não estar aderidos à ela e, se estiverem aderidos, a área de contato é desconhecida.

Figura 67 – Parede 4



(fonte: foto da autora)

Figura 68 – Continuação da Parede 4

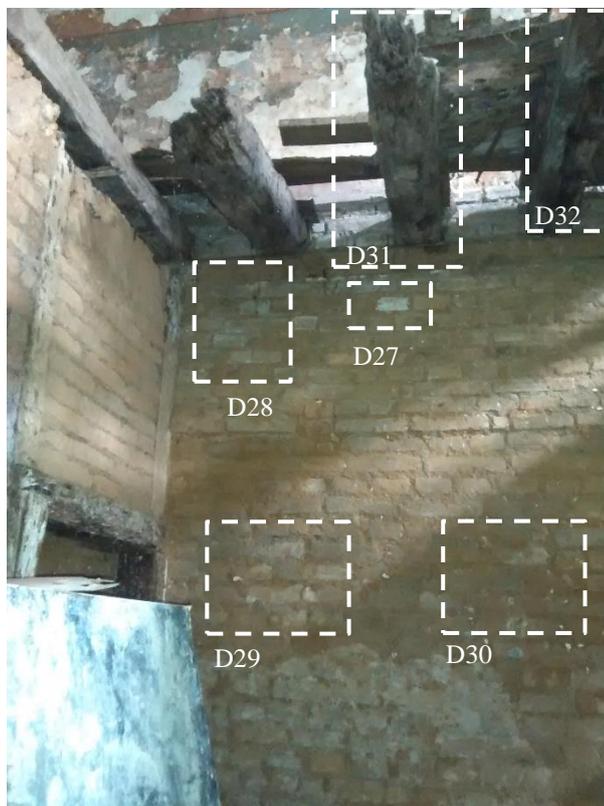


(fonte: foto da autora)

Após esta primeira análise, analisou-se a parede 3. A parte inferior desta parede é representada pela figura 69. Nesta figura, algumas manifestações patológicas evidenciaram-se, como as

eflorescências destacadas pelos detalhes D27, D28, D29 e D30 e a degradação dos elementos de madeira utilizados na estrutura da edificação mostrados pelos detalhes D31 e D32.

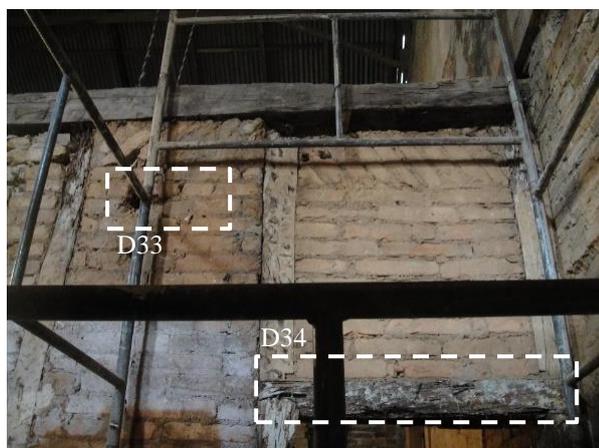
Figura 69 – Parede 3



(fonte: foto da autora)

Assim, passou-se a analisar a parede 5 da edificação. Esta parede foi vistoriada, iniciando pela análise das figuras 70 e 71. A partir destas figuras, obtiveram-se quais problemas mais atingiam esta parte da edificação. No detalhe 34 da figura 70, esse pode ser analisado também na figura 66, nota-se a deterioração da esquadria. Além disso, a estrutura de madeira integrada a alvenaria também está com sulcos causados pelos cupins. A alvenaria apresenta marcas de degradação como no detalhe 33 da figura 70, coincidindo com o ponto onde o andaime toca a alvenaria.

Figura 70 – Parede 5



(fonte: foto da autora)

Figura 71 – Parede 5



(fonte: foto da autora)

Após a análise da parede 5, analisou-se a parede 1 que fazia a divisão entre o segundo cômodo de entrada e o corredor de entrada. Esta parede, representada pela figura 72, estava bem deteriorada, o revestimento foi retirado - como nos outros cômodos -, havia fissuração – como pôde-se notar pelo detalhe D35-, as esquadrias estavam muito degradadas por cupins, havia sinais de eflorescência (detalhe D36) – provavelmente causada pelo antigo reboco - e alguns blocos estavam partidos – detalhe D37.

Figura 72 – Parede 1



(fonte: foto da autora)

Com mais detalhes, na figura 73, verificou-se, na parede 1, as fissuras da figura 72. Além disso, obteve-se com detalhes o estado de conservação dos blocos. Outro fator importante são os espaços entre os elementos de madeira e os segmentos da parede 1 (detalhe D38), que é um indicativo de falta de amarração entre os elementos da estrutura.

Figura 73 – Parede 1



(fonte: foto da autora)

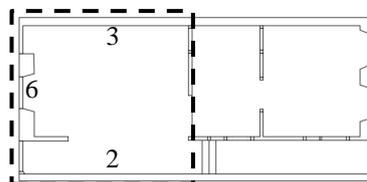
Assim, destacou-se as principais manifestações patológicas dos cômodos de entrada da edificação e pôde-se iniciar a vistoria do cômodo dos fundos.

D38

8.3.2 Cômodos de Fundos

O cômodo de fundos é o cômodo de maior dimensão da edificação com aproximadamente 40 metros quadrados. A estratégia de vistoria utilizada neste cômodo seguiu a planta abaixo representada pela figura 74. Foram vistoriadas as paredes 2, 3 e 6.

Figura 74 – Estratégia de inspeção do cômodo dos fundos



(fonte: elaborada pela autora)

Analisaram-se, a partir das figuras 75 e 76, as manifestações patológicas encontradas na parede 3. O revestimento não havia sido todo removido, provavelmente por estar bem aderido aos blocos, assim, a umidade pode não ter sido suficiente para danificar esta parte do reboco. Os blocos estavam em bom estado, apesar de alguns possuírem sinais de eflorescências, como no

detalhe D39 da figura 75. A viga que transmitia as cargas do segundo pavimento à parede também apresentava bom estado e foi identificada pelo detalhe D40 da figura 75.

Figura 75 – Parede 3



(fonte: foto da autora)

A parede 3 continua até os fundos da edificação. Na figura 76, apresentou-se a outra parte desta parede e sua parte superior. Na análise desta figura notou-se pelo detalhe D41 que o vigamento continuava até o final da edificação e as lacunas onde estavam as vigas foram preenchidas por argamassa (detalhe D41). Além disso, tem-se um escoramento de madeira apoiando grande parte da altura da parede, isso explica-se pelo fato de não se saber ao certo o quanto essa alvenaria funciona como um sistema capaz de resistir sua própria carga e efeitos das edificações vizinhas, pois a argamassa e os blocos são muito antigos e podem ou não estar aderidos uns aos outros. Assim, não se sabe se as camadas de argamassa entre blocos e os próprios blocos estão íntegros. E, como neste sistema estrutural a parede é o elemento de transmissão de cargas, uma falha pode ocasionar o desmoronamento de partes da edificação.

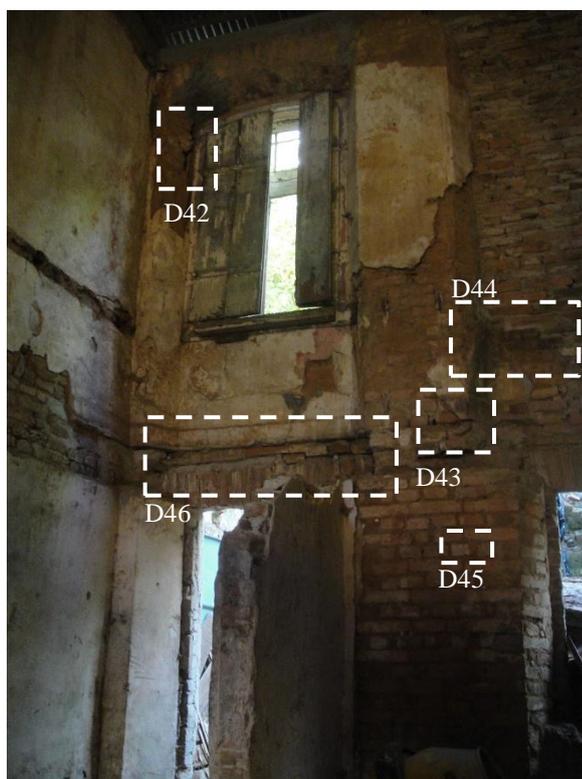
Figura 76 – Parede 3



(fonte: foto da autora)

Na parede 6 da edificação foram encontradas diversas manifestações patológicas. Obter fotos desta parede foi mais complexo, pois essa área, por ser mais ampla, era utilizada como armazenamento de material utilizado nas intervenções à edificação. Assim, a figura 77 mostra a maior parte da parede 6. Nesta figura, verifica-se a presença de trincas (detalhes D42 e D43), de manchas causadas por fungos e bactérias (detalhe D44), eflorescências nos blocos e na argamassa (detalhes D45 da figura 77) e separação entre elementos da estrutura, detalhe D46 da figura 77.

Figura 77 – Parede 6



(fonte: foto da autora)

Alguns registros foram realizados em regiões onde se encontraram importantes manifestações patológicas e danos, como nas figuras 78 e 79. Eflorescências presentes na figura 78 ressaltam a presença de umidade da edificação, e a falta de esquadria, figura 74, logo ao lado desta parte da parede explica a presença desta umidade na edificação. Além disso, é importante ressaltar a união entre a parede de menor dimensão (detalhe D47) e a parede 6, pois não há elemento que assegure a fixação deste elemento construtivo à parede 6, ou que confira contraventamento a esse elemento.

Figura 78 – Parte da parede 6



(fonte: foto da autora)

Figura 79 – Manchas causadas por musgos e eflorações na argamassa



(fonte: foto da autora)

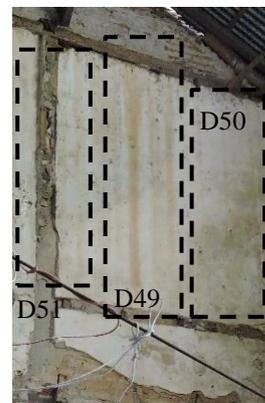
A parede 2 foi analisada quando se analisou o corredor de entrada, e pôde-se conferir seu estado de conservação e, principalmente, estado de conservação da sua parte superior pelas figuras 80 e 81. Verificou-se que, na parte superior desta parede, o revestimento não havia sido retirado, pois também haviam pinturas históricas e este revestimento não ameaçava cair, apesar de estar com zonas de pintura danificada (detalhe D48 da figura 80) e manchas decorrentes da umidade (detalhes D49 e D50 da figura 81), além disso, reparou-se que os elementos de madeira estavam em mau estado de conservação ou tinham sido retirados (detalhe D51 da figura 81).

Figura 80 – Parede 2



(fonte: foto da autora)

Figura 81 – Parte superior da parede 6



(fonte: Bruno M. Sanchez)

A face externa da parede 6 da edificação foi restaurada e a equipe responsável pela edificação relatou que havia desmoronado uma parte desta parede, assim, foi refeita a parte de alvenaria que foi destruída e aplicado um revestimento de cal e cimento. O resultado desta restauração pode ser verificado nas figuras 82 e 83.

Figura 82 – Face externa da parede 6 vista dos fundos da casa



(fonte: foto da autora)

Figura 83 – Face externa da parede 6

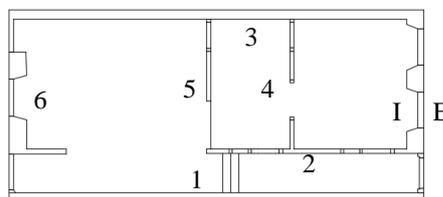


(fonte: foto da autora)

8.4 CONCLUSÕES GERAIS SOBRE A INSPEÇÃO

Por fim, concluiu-se o capítulo de inspeção e diagnóstico com a elaboração de duas tabelas que foram elaboradas levando em conta a figura 84, observando a numeração das paredes considerada nas divisões anteriores deste capítulo.

Figura 84 – Estratégia de inspeção do cômodo dos fundos



(fonte: elaborada pela autora)

A tabela 1 relaciona as manifestações patológicas e problemas na edificação com os elementos e as partes da edificação vistoriados.

Tabela 1 – Tabela identificando as manifestações patológicas por cômodo e parede identificada na figura 84

Manifestações Patológicas e Problemas da Edificação	Fachada	Corredor de Entrada	1º Cômodo de Entrada	2º Cômodo de Entrada	Cômodo de Fundos
Fissuras	E			1	2,6
Trincas	E		I		2,6
Eflorescência				1,4,3,5	3,6
Vegetação	E				
Manchas	E		I		6
Blocos desagregados		1,2	I	1	6
Falta de aderência dos blocos com a argamassa		1,2	I	4	3,6
Blocos faltando		1,2	3		
Falta de impedimento de deslocamento das paredes		1	3,I	1,4,5	3
Esquadrias deterioradas	E	1	I	1	6
Elementos de Madeira da estrutura deteriorados		1,2		3	3,6
Vigamento foi retirado		1,2	3	4	3
Antigo revestimento não removido	E	1	3		3,6
Desagregação do revestimento remanescente	E		3		6
Problemas causados pela calha deteriorada	E		3,I		
Antigas pinturas no revestimento			3		2
Falta de esquadrias				4	6

(fonte: elaborada pela autora)

Assim tem-se que a relação de manifestações patológicas presentes em cada parede da edificação.

Tabela 2 – Relação de danos à edificação por parede identificada na figura 84

	Paredes						Fachada	
	1	2	3	4	5	6	Face Externa	Face Interna
Fissuras	x	x				x	x	
Trincas	x					x	x	x
Eflorescência	x		x	x	x	x		
Vegetação								x
Manchas						x	x	x
Blocos desagregados	x	x				x		x
Falta de aderência dos blocos com a argamassa	x	x	x					
Blocos faltando		x	x	x	x			x
Falta de impedimento de deslocamento das paredes	x		x	x	x	x		x
Esquadrias deterioradas	x					x	x	x
Elementos de Madeira da estrutura deteriorados	x	x	x			x		
Vigamento foi retirado	x	x	x	x			x	
Antigo revestimento não removido	x		x			x	x	
Desagregação do revestimento remanescente			x			x	x	
Problemas causados pela calha deteriorada			x				x	x
Antigas pinturas no revestimento		x	x					
Falta de esquadrias				x		x		

(fonte: elaborada pela autora)

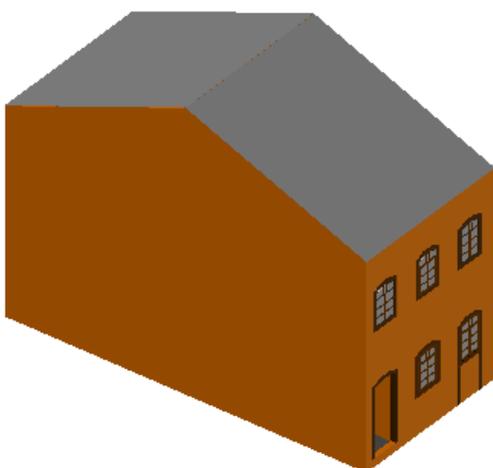
Com base nestas duas tabelas, pôde-se concluir que a edificação não possuía um bom estado de conservação e suas manifestações patológicas e danos podem ser classificados, segundo o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo (2011), como críticas. Assim, o conjunto de não conformidades da estrutura “pode provocar danos à saúde e à segurança das pessoas e/ou meio ambiente, perda excessiva de desempenho causando possíveis paralisações, aumento de custo, comprometimento sensível de vida útil e desvalorização acentuada”. Dessa forma, pode-se dar início à terceira etapa do projeto: prognóstico e reabilitação estrutural da edificação.

9 PROGNÓSTICO E REABILITAÇÃO ESTRUTURAL

A edificação em estudo apresentou um elevado grau de deterioração, comprometendo a estabilidade de sua estrutura. Como nas construções de alvenaria estrutural o principal elemento é o bloco e, no caso em estudo, estes blocos são cerâmicos e maciços, buscou-se uma alternativa que preservasse estes blocos e sua boa condição de suporte.

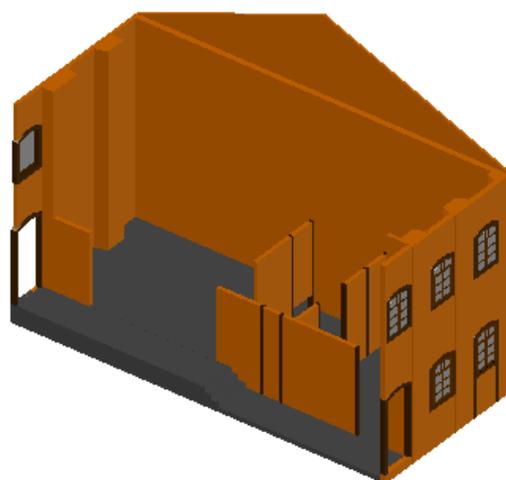
Dessa forma, procurou-se elaborar um desenho em três dimensões da edificação (figuras 85 e 86) para auxiliar na identificação dos principais problemas estruturais e na estimativa das condições de suporte das paredes e elementos estruturais existentes.

Figura 85 – Desenho em 3D da edificação



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 86 – Interior da Edificação



(fonte: elaborado pela autora)

As duas paredes laterais da edificação possuem 14,7 metros de comprimento com uma altura variando de 7,86 a 8,58 metros, respectivamente dos fundos à fachada da edificação. Estas duas paredes são duplas, possuem duas fiadas de blocos lado a lado em toda a sua extensão, ou seja, a espessura das paredes ultrapassa os 30 centímetros (largura de dois blocos lado a lado mais a espessura da junta entre blocos). Além disso, estas duas paredes possuem o oitão de 3 metros de altura por 14,7 metros de base, de alvenaria simples, ou seja, há um recuo de um bloco quando começa o oitão da edificação. As outras duas paredes externas são paredes de alvenaria simples e sua espessura é equivalente à largura de um bloco (15 centímetros) mais a camada de

reboco externa e de 6,8 metros de comprimento. Na figura 81 também pode-se observar os contrafortes destas duas paredes que permitiam a estabilidade destas paredes em solicitações de cargas horizontais. As paredes internas da edificação que dividiam os cômodos também apresentavam alvenaria simples.

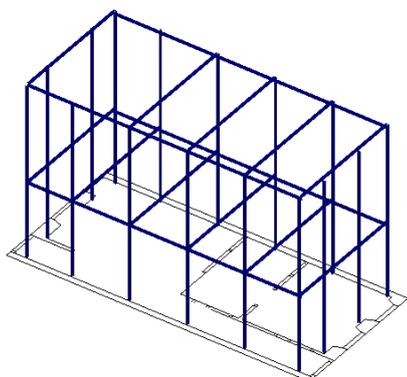
Portanto, conhecendo as condições e constituição dos elementos estruturais da edificação pôde-se estudar, preliminarmente, as propostas de alternativas para a recuperação da estabilidade estrutural da edificação, principalmente propiciando a estabilidade das paredes de alvenaria estrutural. Como concomitantemente a este trabalho a equipe responsável pelas intervenções estava atuando na edificação pode-se ter uma noção do projeto realizado por esta equipe na reabilitação estrutural da edificação. A intervenção da equipe na casa era constituída por uma cinta de amarração em concreto armado na parte superior da edificação, conferindo suporte às paredes de alvenaria, conjuntamente, com os pilares, também de concreto, que ligavam o cintamento com a parte inferior da edificação.

A partir desta noção da intervenção utilizada pela empresa, a principal proposta de intervenção para o projeto de reabilitação estrutural deste trabalho visou uma proposta que utilizasse a ideia da cinta de amarração, mas que esta cinta não conferisse só o suporte a parede, mas que permitisse, conjuntamente, com outros elementos estruturais adicionais aos originais da edificação, a existência de um segundo pavimento na edificação.

A proposta escolhida foi a elaboração de uma estrutura independente (pórtico espacial) que estaria no interior da edificação constituído de perfis I laminado de aço ASTM A572. Foram elaborados alguns desenhos da estrutura em três dimensões para entender como seriam realizadas as ligações e para garantir que os perfis estariam em locais possíveis de serem posicionados e que não impediriam a passagem de luz ou de pessoas no interior da edificação e, além disso, para conferir a geometria destes perfis. Pode-se conferir o desenho do pórtico isolado e do pórtico no interior da edificação, respectivamente, pelas figuras 87 e 88.

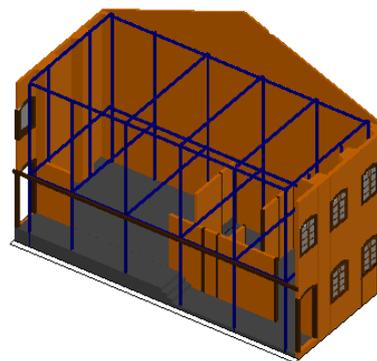
Após verificar qual seria o comprimento e a posição de cada perfil e arbitrar quantos perfis seriam utilizados pôde-se calcular as cargas atuantes nestes perfis, pode-se conferir a planilha utilizada para os cálculos no anexo A.

Figura 87 – Desenho em 3D do pórtico



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 88 – Pórtico no interior da edificação



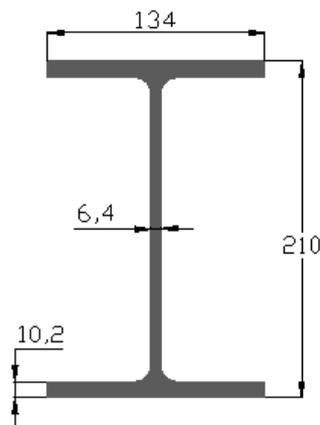
(fonte: elaborado pela autora)

O primeiro tipo de carregamento considerado nos cálculos da estrutura de aço foram as cargas das paredes, as quais foram consideradas de acordo com o tipo de alvenaria, respeitando o peso específico estipulado na NBR 6120 (1980), e com uma inclinação de 2° em cada parede em direção ao interior da edificação. Este desaprumo geraria um deslocamento de 30 centímetros na parte superior de parede de 8,58 metros de altura, como a fachada. A equipe responsável pela casa verificou que a fachada havia se deslocado cerca de 16 centímetros para o interior da edificação. Dessa forma, análise será feita por um ângulo maior que o real como garantia de suporte às cargas horizontais causada pelas paredes. Ainda foi considerado que as paredes estavam apoiadas no ponto superior dos pilares da estrutura de aço. Na prática os perfis seriam instalados em um chanfro executado nas paredes o que transformaria esta carga pontual em uma carga distribuída, mas utilizou-se, no modelo de cálculo, como sendo carga pontual. Assim, adicionou-se a esta estimativa de carregamento às cargas dos contrafortes e dois oitões nas respectivas paredes onde se encontram. Após, calculou-se o peso próprio das paredes e sua projeção horizontal com um ângulo de 2° e obteve-se a carga atuante na estrutura de aço devido ao desaprumo das paredes de alvenaria do perímetro da edificação.

Seguiu-se para a etapa de estimativa das cargas causadas pelo segundo pavimento na estrutura de aço (planilha utilizada nos cálculos apresenta-se no anexo B). Admitiu-se que foram utilizadas lajes alveolares de concreto protendido com dimensões de 12 centímetros de espessura, vão admissível de 3 metros e largura de 1,245 metros. Essas lajes foram dispostas de forma a preencher toda área do pavimento superior do pórtico, considerando que algumas destas lajes possuiriam uma largura menor que 1,245 metros para compreender a largura de 6 metros do pórtico.

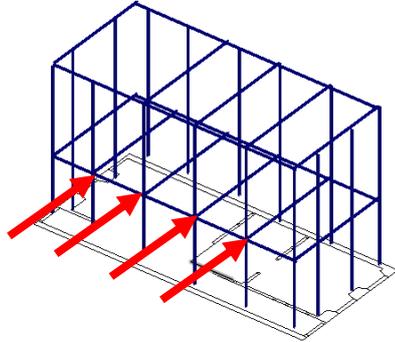
Considerou-se uma carga acidental de 5 kN/m² e 1 kN/m² de revestimento para o pavimento superior, segundo a NBR 6120 (1980). Assim, partiu-se para a combinação das cargas, obtendo os coeficientes para combinações normais na NBR 8800 (2008) e passando à avaliação da resistência dos perfis (planilhas de cálculo da resistência dos perfis no anexo C). Inicialmente, arbitrou-se o perfil de I de aço laminado ASTM A572 W200 x 31,3, apresentado na figura 89, utilizando-se o software SAP2000 para o cálculo das solicitações à estrutura de aço (planilha com as solicitações no anexo D). Alguns perfis, destacados na figura 90 não resistiam aos esforços impostos à estrutura então foi necessário aumentar o perfil. Utilizou-se então o perfil I de aço laminado ASTM A572 W310 x 44,5, apresentado na figura 91, e foram verificadas as solicitações da nova configuração do pórtico. Dessa forma, foi obtido sucesso em relação às solicitações e a resistência dos perfis e passou-se ao dimensionamento das ligações desses perfis.

Figura 89 – Perfil W200 x 31,3 [mm]



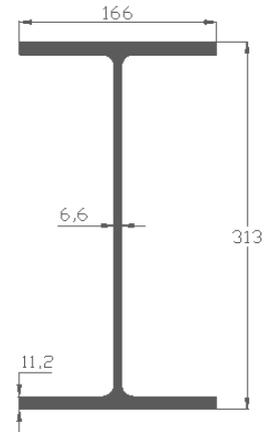
(fonte: elaborada pela autora)

Figura 90 – Perfis W310 x 44,5



(fonte: elaborado pela autora)

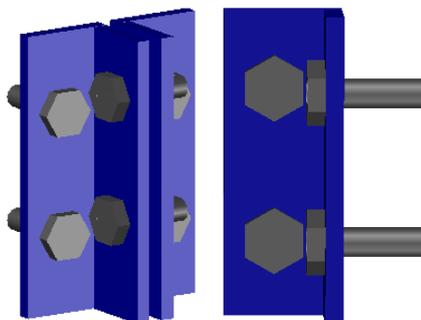
Figura 91 – W310 x 44,5 [mm]



(fonte: elaborado pela autora)

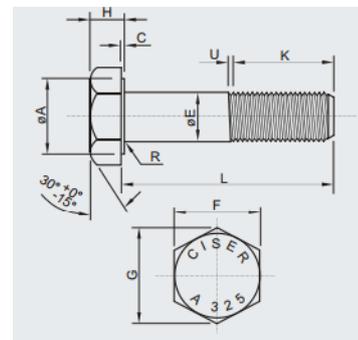
O tipo de ligação escolhida para os perfis foi a ligação por conectores (planilha utilizada nos cálculos apresenta-se no anexo E). Esta ligação foi dimensionada considerando as solicitações de maior valor em pontos onde há ligações por parafusos. Estas solicitações são iguais à 103,84 kN de força cortante e 83,96 kN.m de momento fletor. Dessa forma, optou-se por utilizar parafusos de alta resistência, aço ASTM A325, com $\frac{1}{2}$ polegada de diâmetro e 2 polegadas de comprimento e cantoneira de ligação com abas de 50,8 milímetros, espessura 7,94 milímetros e comprimentos de 160 e 134 milímetros. As figuras 92 e 93 mostram, respectivamente as cantoneiras com os conectores e o parafuso escolhido.

Figura 92 – Cantoneiras de comprimentos 160 e 134 milímetros



(fonte: elaborado pela autora)

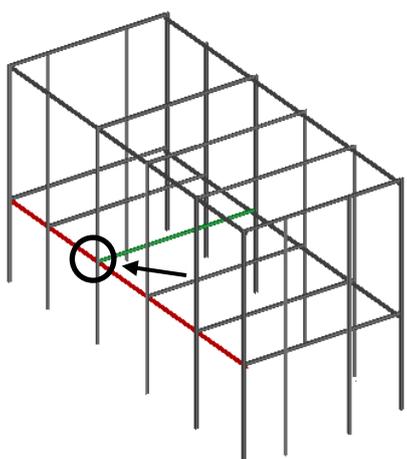
Figura 93 – Parafuso ASTM A325



(fonte: Catálogo Ciser)

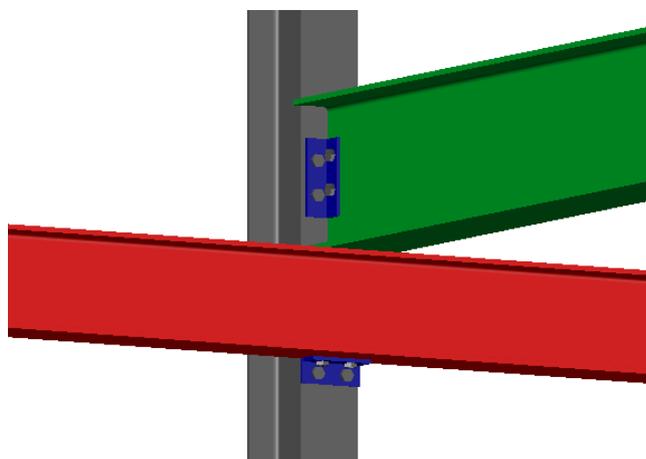
As ligações definidas para o pórtico são exemplificadas pelas figuras 94 e 95. Assim, pode-se observar, na figura 94, de qual ângulo a ligação está sendo mostrada e identificar quais perfis estão sendo conectados na figura 95. Os perfis estão diferenciados por cores, sendo o perfil W310x44,5 o perfil verde, e o perfil W200x31,3 os perfis cinza e vermelho. Na figura 95, também pode-se verificar como os perfis estão ligados, onde estão localizadas as cantoneiras e a disposição dos conectores.

Figura 94 – Localização dos perfis da figura 90



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 95 – Ligações dos perfis



(fonte: elaborado pela autora)

Portanto, a estabilização das paredes externas da edificação poderia ser alcançada com o processo descrito acima. Apesar do desaprumo das paredes de alvenaria, cada parede possui uma grande quantidade de blocos com boa condição de suporte. Esta situação, aliada a uma estrutura interna capaz de suportar as cargas horizontais causadas pela inclinação das paredes, faria com que a edificação obtivesse eficiente controle da estabilidade de suas paredes externas. Além disso, esta estrutura permitiria a incorporação de um segundo pavimento, aproveitando o espaço vertical disponível na edificação.

Além de resolver os problemas das paredes externas, o pórtico interno deveria estar conectado com a estrutura do telhado, oferecendo uma sólida condição de suporte para este. Porém a peso da cobertura não foi inserido no cálculo da estrutura, portanto, sugere-se que esta cobertura seja vinculada às paredes de alvenaria que inicialmente recebiam as cargas da cobertura. Dessa forma, propõe-se que sejam conectadas as linhas do telhado nas paredes localizados nos pontos mais altos da fachada e da parede dos fundos. Essa situação, consolidaria a cobertura às paredes.

Deveria ser analisada uma forma de engastar o pórtico no piso da edificação. Para solução deste ponto, sugere-se a inserção de micro estacas avaliadas separadamente, consolidando todo o pórtico à edificação.

Problemas, como os das vergas que ruíram em algumas partes, seriam resolvidos pela reconstrução da alvenaria destas vergas de acordo com a amarração utilizada originalmente, observada nas outras vergas conservadas.

Nas paredes internas de alvenaria também se constataram problemas. Esses componentes quando solicitados por uma pequena força transversal obtinham um grande deslocamento pela falta de amarração. Sugere-se, para isso, a amarração destas paredes às vigas da estrutura interna de aço e a substituição de elementos de madeira que estavam entre esses elementos.

Uma consideração construtiva importante é a de que no local onde cada perfil seria posicionado deveria ser feito um chanfro na parede para que o perfil se encaixasse nela. Assim, estaria sendo utilizado menos espaço do interior da edificação preservando sua originalidade e área construída.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de reabilitação estrutural realizado neste trabalho foi dividido em etapas visando a melhor resolução dos problemas estruturais de uma edificação histórica com alto grau de deterioração. Estas etapas foram estabelecidas de maneira a contemplar todos os aspectos importantes de um projeto de conservação tradicional e adaptadas para um projeto de reabilitação estrutural.

A reabilitação estrutural é uma medida de conservação de edificações. Tornar uma edificação reabilitada estruturalmente significa tornar sua estrutura segura, obtendo conforto e atendendo às novas demandas de ocupação. A edificação utilizada como objeto de estudo deste trabalho é protegida por uma lei municipal e tem como nova demanda de ocupação a adição de um segundo pavimento. Além disso, a edificação em estudo encontra-se em alto grau de deterioração.

A edificação em estudo localiza-se em um grande centro urbano, Porto Alegre, e apresenta diversas manifestações patológicas. O seu alto grau de deterioração não se sucedeu somente pelos fatores de degradação naturais da região, como a umidade em certos períodos do ano, mas também, pela ação do homem. Dessa forma, a falta de manutenção, o abandono da edificação, as ineficiências de componentes importantes, como a calha na fachada, causaram danos que foram agravados no decorrer do tempo.

As considerações a respeito da estrutura da edificação foram sendo avaliadas a partir, primeiramente, de registros e relatos dos responsáveis técnicos e depois por inspeções e registros fotográficos. A estrutura apresenta uma grande quantidade de materiais, pois, com a falta de métodos otimizados no período de construção e devido a utilização de técnicas restritamente empíricas, acredita-se que foi utilizada uma maior quantidade de material do que o necessário. Assim, tem-se uma estrutura robusta, com boa capacidade de suporte de forma geral, mas com graves problemas localizados.

Os problemas na estrutura da edificação resumiam-se à falta de estabilidade lateral das paredes externas, as quais continham alguns blocos em bom estado e pontos onde a argamassa mantinha característica igualmente aceitáveis. Dessa forma, foram sugeridas ações para que se alcançasse

a reabilitação estrutural e fosse possível incorporar um segundo pavimento à estrutura, utilizando a boa capacidade de suporte destas paredes. Aspectos estudados inicialmente, como manter características originais da edificação, desenvolver soluções que pudessem ser substituídas e que fossem compatíveis com a edificação, foram levados em consideração. Por isso, foi dimensionada uma estrutura de aço interna à edificação, respeitando as premissas dos projetos de conservação. Além disso, sugeriram-se técnicas de solução para os outros problemas encontrados na edificação. Utilizou-se, como ponto de partida, as soluções realizadas nas intervenções que ocorreram na edificação pela equipe responsável.

Os vizinhos da edificação foram instigados pela movimentação de pessoas que ocorreu na edificação durante o período no qual a equipe responsável pela edificação realizou as intervenções. Esse fato evidenciou a importância da conservação de edificações para a valorização das cidades e, principalmente para a revitalização de áreas como o Centro Histórico de Porto Alegre. O valor que a vizinhança confere a este tipo de ação foi percebido durante as inspeções realizadas na edificação. Várias pessoas solicitaram acesso à edificação para conferir o que estava acontecendo e algumas até participaram deste trabalho fornecendo fotos antigas, que foram apresentadas nos primeiros capítulos deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ACERVO virtual das cartas patrimoniais, Instituto Do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, 1964. Apresenta reproduções virtuais de cartas e leis internacionais sobre conservação e restauração de monumentos e sítios. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/617>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

ALMEIDA, K. F.; RIBEIRO, R. T. M. Museu de arte do rio – MAR: uma abordagem do valor patrimonial. In: CONGRESO IBEROAMERICANO Y JORNADA TECNICA DE RESTAURACION Y CONSERVACION DEL PATRIMONIO, 3, 11, 2013, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13752**: perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro, 1996.

AZEVEDO, H. D. S. **Reforço de estruturas de alvenaria de pedra, taipa e adobe com elementos de madeira maciça**. 2010. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

AZEVEDO, S. L.; GUERRA, F. L. **Considerações sobre patologias e restauração de edifícios**. Revista Técnica, São Paulo, ed. 144, mar. 2009.

BABATUNDE, S. A. Review of strengthening techniques for masonry using fiber reinforced polymers. 2017. v. 161, p. 246–255

BENEDETTI, V. Di. **Consolidação estrutural século XIX**. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <<https://arquittetturasblog.wordpress.com/2017/07/25/consolidacao-estrutural-seculo-xix/>>. Acesso em: 16 out. 2017.

BRASIL. **Decreto-Lei nº25**, de 30 de novembro de 1937. Brasília, DF: Senado.

BROCATO, M.; DOMENICO, A. DE; ZANGHÌ, F. Structural control of a masonry vault. **Structural and Multidisciplinary Optimization**, 2002. v. 24, n. 5, p. 387–395.

CISER. **Folheto Parafusos para Estruturas Metálicas**.

COSTA, A.; ARÊDE, A. Inspeção e Avaliação Estrutural de Pontes - Algumas Contribuições da FEUP. **Seminário Segurança e Reabilitação das Pontes em Portugal**, 2001. p. 55–88.

FRANÇA, A. A. V.; MARCONDES, C. G. N.; ROCHA, F. C.; MEDEIROS, M. H. F.; HELENE, P. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**. Revista Técnica, São Paulo, ed. 174, set. 2011.

FELISBERTO, R. C. **O meio ambiente e os mecanismos de proteção do patrimônio culturais**. 2012. Monografia (Especialização). Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GERDAU. **Catálogo de Aços Planos**. 2016.

GERDAU. **Catálogo de Barras e Perfis**. 2016.

GERDAU. **Catálogo de Produtos**. 2012.

GUEDES, J. M. **Relatório de Inspeção à Estrutura das Cavalariças Santos Jorge** ., 2003.p. 1–10.

GOMIDE, T. L. F.; PUJADAS, F. Z. A.; NETO, J. C. P. F. **Técnicas de inspeção e manutenção predial**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006.

HELENE, Paulo. **Entrevista sobre o colapso de 3 edifícios no Rio de Janeiro** – Jornal da Gazeta, 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Dyq16tyrWrY>>. Acesso em: 12 de jun. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. **Norma de inspeção predial**. São Paulo, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DO RIO GRANDE DO SUL. **Manual de inspeção predial**. Porto Alegre, 2014.

KUSIAK, C.; GREVEN, H. A. Medidas adotadas no restauro da verga do portal da epístola da igreja de São Miguel In: CONGRESSO INTERNACIONAL NA RECUPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2, 2006, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2006. p[.].

LERSCH, I. M. **Contribuição para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**. 2003. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MOSTAFAVI, M.; LEATHERBARROW, D. **On Weathering: the life of building in time**. 1. ed. Massachusets: Bembo and Futura DEKR Corporation, 1993.

OLIVEIRA, M. M. **Tecnologia da conservação e da restauração – materiais e estruturas**. 4. ed. Salvador: EDUFBA, 2011.

OLIVEIRA, F. L. De; HANAI, J. B. De. **Reabilitação de paredes de alvenaria pela aplicação de revestimentos resistentes de argamassa armada**. Cadernos de Engenharia de Estruturas, 2005. v. 7, n. 26, p. 131–164.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de aço Dimensionamento prático**. 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PROGRAMA MONUMENTA. **Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural**. Brasília, 2005.

ROQUE, J. C. A. **Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria**. 2002. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Minho, Braga.

SOUSA, H. **Construções em alvenaria**. 2003. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

SOUZA, V. C. M. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998.

TAVARES, M. L. **A conservação e o restauro de revestimentos exteriores de edifícios antigos**. 2009. Tese (Doutorado). Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Faculdade de Arquitetura, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

TATU. **Laje Alveolar Protendida**.

TIRELLO, R. A.; CORREA, R. H. **Sistema normativo para mapa de danos de edifícios históricos aplicado à Lidgerwood manufacturing company de Campinas**. 2011. Estudo de Caso.GCOD _Arquitetura/Unicamp.Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas/Departamento de Arquitetura e Construção. São Paulo, Campinas.

TORRE Athaydeville: Torre H. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Athaydeville>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

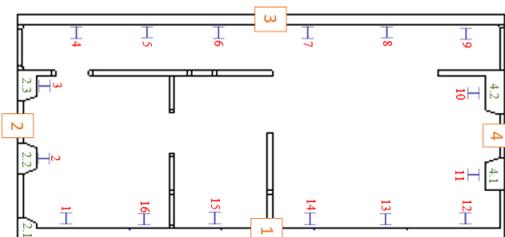
TORRE H: Trinta anos de abandono. Agência O Globo. Disponível em: <http://infograficos.oglobo.globo.com/rio/bairros/os-momentos-da-torre-h/trinta-anos-de-abandono-16659.html#description_text>. Acesso em: 13 jun. 2017.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das edificações**. 1. ed. Porto Alegre: Sagra, 1991.

**ANEXO A – Cargas horizontais atuantes no pórtico
(planilhas utilizadas no cálculo do carregamento)**

Peso Especifico - NBR 6120		
Avenaria 1 bloco	γ [kN/m ³]	γ [kgf/m ³]
Tijolo (maciço)	18,5	1850
Argamassa (cal, cimento e areia)	18	1800
	19	1900

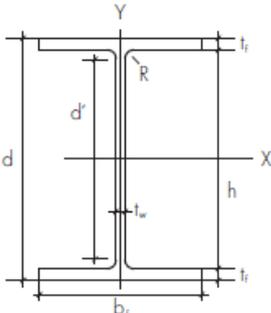
Cargas da Avenaria no Pórtico (Cargas Horizontais no Pórtico)					
Peso Próprio dos Elementos Estruturais de Avenaria					
Parede	Comprimento[m]	Altura[m]	Essarrural[m]	Peso Próprio[kgf]	Peso Próprio[kgf/m]
1	14,7	8,58	0,32	88536,0	6022,86
2	6,8	8,58	0,17	32744,8	4815,41
3	14,7	8,58	0,32	88536,0	6022,86
4	6,8	7,86	0,17	32659,1	4802,81
Órão					
1.1	3	14,7	0,17	13869,45	943,5
3.1	3	14,7	0,17	13869,45	943,5
Contraforte					
2.1	Área[m ²]	Altura[m]	Peso Próprio[kgf]		
	0,14	7,86	2035,74		
2.2	0,56	7,86	8142,96		
2.3	0,29	7,86	4216,89		
4.1	0,45	7,86	6543,45		
4.2	0,64	7,86	9306,24		



Carregamento Horizontal dos Pilares do Pórtico							
Pilar	h	L de influência da parede no pilar	PP Parede[kgf]	PP Contraforte [kgf]	PP Óreo [kgf]	PP total [kgf]	PP.cos2 [kgf]
1	8,58	2,03	12226,4		1915,3	14141,7	1081,81
2	8,58	3,3	15890,8	10178,7		26069,5	1994,27
3	8,58	2,77	13338,7	4216,9		17555,6	1342,97
4	8,58	2,03	12226,4		1915,3	14141,7	1081,81
5	8,4	2,8	16864,0		2641,8	19505,8	1492,16
6	8,4	2,8	16864,0		2641,8	19505,8	1492,16
7	7,86	2,8	16864,0		2641,8	19505,8	1492,16
8	7,86	2,6	15659,4		2453,1	18112,5	1385,57
9	7,86	1,8	10841,1		1698,3	12539,4	959,24
10	7,86	3,07	14744,6	9306,2		24050,9	1839,84
11	7,86	3,01	14456,4	6543,5		20999,9	1606,45
12	7,86	1,8	10841,1		1698,3	12539,4	959,24
13	7,86	2,6	15659,4		2453,1	18112,5	1385,57
14	7,86	2,8	16864,0		2641,8	19505,8	1492,16
15	8,4	2,8	16864,0		2641,8	19505,8	1492,16
16	8,4	2,8	16864,0		2641,8	19505,8	1492,16

**ANEXO B – Cargas verticais devido ao segundo pavimento no pórtico
(planilhas utilizadas no cálculo do carregamento)**

ANEXO C – Cálculo da Resistência dos Perfis
(planilhas utilizadas no cálculo da força resistente dos perfis de aço
utilizados no pórtico)

Perfil		I	Aço	ASTMA 572 grau 50		
Bitola	W 200 x 31,3		Fy	345	MPa	34,5 kN/cm ²
d	210	mm	Fu	450	MPa	45 kN/cm ²
d'	170	mm	E	200	GPa	2,00E+04 kN/cm ²
h	190	mm	G	77	GPa	7,70E+03 kN/cm ²
bf	134	mm				
tf	10,2	mm				
tw	6,4	mm				
A	40,3	cm ²				
Massa Linear	31,3	kg/m				
Ix	3168	cm ⁴				
Wx	301,7	cm ³				
rx	8,86	cm				
Iy	410	cm ⁴				
Wy	61,2	cm ³				
ry	3,19	cm				
r0	9,42	cm				
Cw	40822	cm ⁶				
J	12,59	cm ⁴				

Elemento Estrutural

H	4,29	m
	429	cm

Força Axial de Flambagem Elástica

Ne	439,74	kN
Ne=mín(Nex,Ney,Nez)		
Nex	3397,82	kN
kx	1	
Lx	429	cm
Ney	439,74	kN
ky	1	
Ly	429	cm
Nez	1586,98	
kz	1	
Lz	429	cm

Flambagem Global

λ0	1,78	
χ	0,28	
Ag	40,3	
Fy	34,5	kN/cm ²
Ne	439,74	kN
Q	1	

Todos os elementos da seção transversal não superaram valores limites

Flambagem Local

Mesa	
Elemento	AL
(b/t)lim	13,48
b=bf/2	67 mm
t=tf	10,2
b/t	6,57
b/t	< (b/t)lim
Alma	
Elemento	AA
(b/t)lim	35,87
b=d'	170 mm
t=tw	6,4 mm
b/t	26,6
b/t	< (b/t)lim

Momento Resistente de Cálculo1

ELU de plastificação

Mpl	11681,7	
zx	338,6	cm ³
Fy	34,5	kN/cm ²
γa1	1,1	
MRd	10619,73	kN.cm

ELU - Flambagem Local da Alma

hw=d'	170	mm	
tw	6,4	mm	
λ	26,56		
λp	90,53		
λ<λp	alma não esbelta		
MRd	=	10619,73	kN.cm

ELU - Flambagem Local da Mesa

b=bf/2	67	mm
t=tf	10,2	mm
λ	6,57	
λp	9,15	
λr	23,89	
σr	10,35	
λ	<	λp
γa1	1,1	
Mpl	11681,7	
MRd	10619,73	kN.cm

ELU - Flambagem lateral com torção

Lb	429		
ry	3,19		
λ	134,5		
λp	42,4		
λr	142,8		
beta1	0,03		
Mcr	7866,0		
Mr	7286,055		
γa1	1,1		
Cb	1		
λ<λr			
MRd	6956,0	>Mpl/γa1	10619,72727

Força Axial Resistente de Cálculo

Nc,Rd	350,60	kN
Nc,Rd	35059,516	kgf
χ	0,28	
Q	1	
Ag	40,3	
Fy	34,5	
γa1	1,1	

Momento Resistente de Cálculo1

Em relação ao Eixo de maior inércia	
MRd	6956,0 kN.cm
	6956,0 kgf.m

Momento Resistente de Cálculo2

Em relação ao Eixo de menor inércia	
MRd	9538,3123 kN.cm
	2948,1818 kgf.m

Cortante Resistente de Cálculo

VRd	252,92	kN
	25291,636	kgf

Cortante

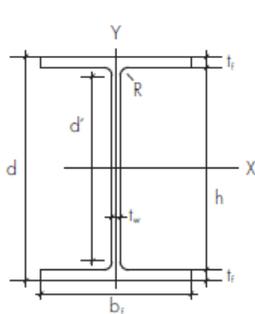
Plastificação da alma por cisalhamento	
Vpl	278,21 kN
Flambagem da alma por cisalhamento	
h	170
tw	6,4
λ	26,6
λp	59,2
kv	5 sem enrijecedores
VRd	252,92 kN

Momento Resistente de Cálculo2

FLM			
b	134	t	10,2
λ	13,1		
λp	9,15		
λr	23,9		
σr	10,35		
λp<λ<λr			
γa1	1,1		
Mr	7286,055	kN.cm	
MRd	9538,3123	kN.cm	
FLA			
h=d'	170	tw	6,4
λ	26,6		
λp	26,97		
λr	33,7		
λ<λp			
γa1	1,1		
zy	94		
Mpl	3243		
MRd	2948,18	kN.cm	

Momento1 no eixo local 1, ao longo do comprimento do elemento.

Momento2 no eixo local 2, no plano 1-Z (eixo local 1 e eixo global z) ou, se o elemento for vertical, paralelo ao eixo global x.

Perfil		I	Aço	ASTMA 572 grau 50			
Bitola	W 310 x 44,5		Fy	345	MPa	34,5	kN/cm ²
d	313	mm	Fu	450	MPa	45	kN/cm ²
d'	271	mm	E	200	GPa	2,00E+04	kN/cm ²
h	291	mm	G	77	GPa	7,70E+03	kN/cm ²
bf	166	mm					
tf	11,2	mm					
tw	6,6	mm					
A	57,2	cm ²					
Massa Linear	44,5	kg/m					
Ix	9997	cm ⁴					
Wx	638,8	cm ³					
rx	13,22	cm					
Iy	855	cm ⁴					
Wy	103	cm ³					
ry	3,87	cm					
r0	13,77	cm					
Cw	194433	cm ⁶					
J	19,9	cm ⁴					

Elemento Estrutural

H	6,07	m
	607	cm

Força Axial de Flambagem Elástica

Ne	458,06	kN
Ne=mín(Nex, Ney, Nez)		
Nex	5355,77	kN
kx	1	
Lx	607	cm
Ney	458,06	kN
ky	1	
Ly	607	cm
Nez	1356,53	
kz	1	
Lz	607	cm

Flambagem Global

λ0	1,01	
χ	0,65	
Ag	57,2	
Fy	34,5	kN/cm ²
Ne	458,06	kN
Q	0,24	

Todos os elementos da seção transversal não superam valores limites

Flambagem Local

Mesa		
Elemento	AL	
(b/t)lim	13,48	
b=bf/2	83	mm
t=tf	11,2	
b/t	7,41	
b/t	<	(b/t)lim
Alma		
Elemento	AA	
(b/t)lim	35,87	
b=d'	271	mm
t=tw	6,6	mm
b/t	41,1	
b/t	>	(b/t)lim
Q	0,24	
Qs	0,24	
Qa	1	
0,56*raiz(E/Fy)	13,48	
1,03*raiz(E/Fy)	24,80	
b/t>	1,03*raiz(E/Fy)	

Momento Resistente de Cálculo1

ELU de plastificação		
Mpl	24591,6	
zx	712,8	cm ³
Fy	34,5	kN/cm ²
γa1	1,1	
MRd	22356	kN.cm

ELU - Flambagem Local da Alma

hw=d'	271	mm	
tw	6,6	mm	
λ	41,06		
λp	90,53		
λ<λp	alma não esbelta		
MRd	=	22356	kN.cm

ELU - Flambagem Local da Mesa

b=bf/2	83	mm
t=tf	11,2	mm
λ	7,41	
λp	9,15	
λr	23,89	
σ	10,35	
λp<λ<λr		
γa1	1,1	
Mr	15427,02	kN.cm
MRd	23338,96	kN.cm

ELU - Flambagem lateral com torção

λ	156,8		
Lb	607		
ry	3,87		
λp	42,4		
λr	123,5		
beta1	0,04		
MRd	9870,5		
Mcr	10857,5		
γa1	1,1		
Cb	1		
λ>λr			
MRd	9870,5	<Mpl/γa1	22356

Força Axial Resistente de Cálculo

Nc,Rd	277,48	kN
Nc,Rd	27748,214	kgf
χ	0,65	
Q	0,2372517	
Ag	57,2	
Fy	34,5	
γa1	1,1	

Momento Resistente de Cálculo1

Em relação ao Eixo de maior inércia		
MRd	9870,5	kN.cm
	9870,5	kgf.m

Momento Resistente de Cálculo2

Em relação ao Eixo de menor inércia		
MRd	19149,148	kN.cm
	373,0	kgf.m

Cortante Resistente de Cálculo

VRd	388,75	kN
	38874,6	kgf

Cortante

Plastificação da alma por cisalhamento		
Vpl	427,62	kN
Flambagem da alma por cisalhamento		
h	271	
tw	6,6	
λ	41,1	
λp	59,2	
kv	5 sem enrijecedores	
VRd	388,75	kN

Momento Resistente de Cálculo2

FLM			
b	166	t	11,2
λ	14,8		
λp	9,15		
λr	23,9		
σ	10,35		
λp<λ<λr			
γa1	1,1		
Mr	15427,02	kN.cm	
MRd	19149,148	kN.cm	
FLA			
h=d'	271	tw	6,6
λ	41,1		
λp	26,97		
λr	33,7		
λ>λr			
γa1	1,1		
Mr	1207,5	kN.cm	
bef	24,43		
Mcr	410,34463		
Wef	35,00	cm ³	
MRd	373,0	kN.cm	

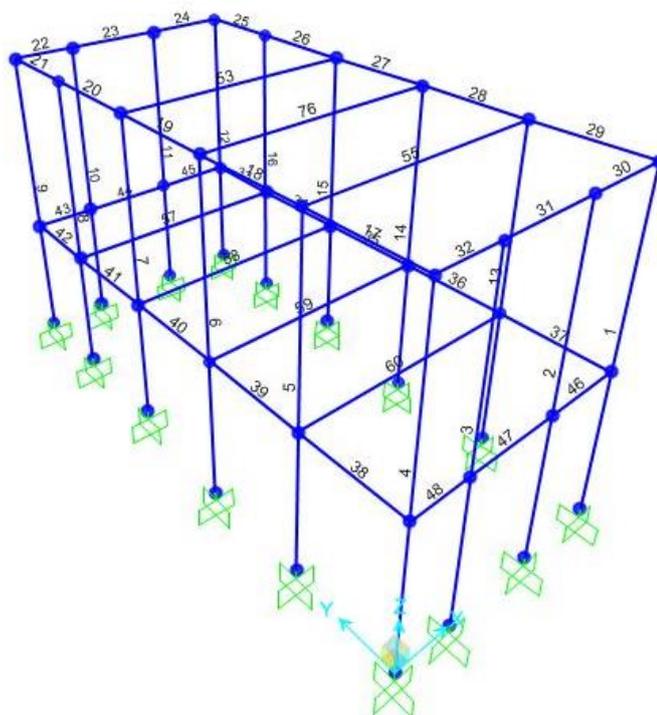
Momento1 no eixo local 1, ao longo do comprimento do elemento.

Momento2 no eixo local 2, no plano 1-Z (eixo local 1 e eixo global z) ou, se o elemento for vertical, paralelo ao eixo global x.

ANEXO D – Solicitações
(solicitações dos perfis obtidas pelo programa SAP2000 comparadas às
forças resistentes dos perfis)

O cálculo das solicitações foi realizado pelo software SAP 2000 e a correspondência entre número das barras da planilha e do pórtico é apresentada pela figura 96 abaixo.

Figura 96 – Número de identificação das barras



(fonte: elaborado pela autora)

TABLE: Element Forces - Frames													
Frame	Station	P		V2		V3		T		M2		M3	
Text	m	Kgf		Kgf		Kgf		Kgf-m		Kgf-m		Kgf-m	
1	0	-152,33	OK	-55,5	OK	9,39	OK	-3,41		21,84	OK	-92,69	OK
1	4,29	-320,18	OK	-55,5	OK	9,39	OK	-3,41		-18,43	OK	145,42	OK
1	4,7	-336,22	OK	-55,5	OK	9,39	OK	-3,41		-22,28	OK	168,18	OK
1	4,7	-1982,79	OK	-84,77	OK	1,37	OK	-0,31		-2,25	OK	-208,75	OK
1	8,58	-2134,6	OK	-84,77	OK	1,37	OK	-0,31		-7,54	OK	120,14	OK
2	0	-24,95	OK	-27,9	OK	77,52	OK	-3,23		7,93	OK	-60,48	OK
2	4,29	-192,8	OK	-27,9	OK	77,52	OK	-3,23		-324,62	OK	59,21	OK
2	4,7	-208,84	OK	-27,9	OK	77,52	OK	-3,23		-356,4	OK	70,64	OK
2	4,7	-4283	OK	-32,73	OK	-115,99	OK	-0,27		-353,39	OK	-72,33	OK
2	8,58	-4434,8	OK	-32,73	OK	-115,99	OK	-0,27		96,67	OK	54,67	OK
3	0	-43,5	OK	17,1	OK	54,14	OK	5,08		4,09	OK	20,54	OK
3	4,29	-211,35	OK	17,1	OK	54,14	OK	5,08		-228,19	OK	-52,81	OK
3	4,7	-227,39	OK	17,1	OK	54,14	OK	5,08		-250,39	OK	-59,82	OK
3	4,7	-3832,6	OK	25,29	OK	-85,14	OK	0,57		-249,02	OK	79,81	OK
3	8,58	-3984,41	OK	25,29	OK	-85,14	OK	0,57		81,32	OK	-18,31	OK
4	0	-187,27	OK	15,97	OK	-49,77	OK	3,47		-117,95	OK	21,55	OK
4	4,29	-355,12	OK	15,97	OK	-49,77	OK	3,47		95,55	OK	-46,98	OK
4	4,7	-371,16	OK	15,97	OK	-49,77	OK	3,47		115,95	OK	-53,53	OK
4	4,7	-1569,92	OK	23,37	OK	-26,84	OK	0,38		-53,01	OK	74,96	OK
4	8,58	-1721,73	OK	23,37	OK	-26,84	OK	0,38		51,13	OK	-15,73	OK
5	0	-172,03	OK	742,52	OK	-48,67	OK	-0,81		-114,63	OK	571,14	OK
5	4,2	-336,35	OK	742,52	OK	-48,67	OK	-0,81		89,78	OK	-2547,44	OK
5	4,7	-355,91	OK	742,52	OK	-48,67	OK	-0,81		114,11	OK	-2918,7	OK
5	4,7	-10637,4	OK	1731,78	OK	-30,28	OK	-0,05476		-56,59	OK	4329,05	OK
5	8,4	-10782,1	OK	1731,78	OK	-30,28	OK	-0,05476		55,46	OK	-2078,53	OK
6	0	-128,95	OK	619,33	OK	-44,22	OK	0,38		-104,23	OK	126,07	OK
6	4,2	-293,27	OK	619,33	OK	-44,22	OK	0,38		81,49	OK	-2475,13	OK
6	4,7	-312,83	OK	619,33	OK	-44,22	OK	0,38		103,6	OK	-2784,79	OK
6	4,7	-10828,2	OK	1798,88	OK	-26,15	OK	0,04476		-46,31	OK	4493,23	OK
6	8,4	-10973	OK	1798,88	OK	-26,15	OK	0,04476		50,43	OK	-2162,61	OK
7	0	-259,57	OK	718,7	OK	-45,76	OK	-0,7		-108,08	OK	572,07	OK
7	3,93	-413,33	OK	718,7	OK	-45,76	OK	-0,7		71,77	OK	-2252,42	OK
7	4,7	-443,46	OK	718,7	OK	-45,76	OK	-0,7		107,01	OK	-2805,82	OK
7	4,7	-10973,7	OK	2229,44	OK	-43,39	OK	0,003771		-66,45	OK	4770,95	OK
7	7,86	-11097,3	OK	2229,44	OK	-43,39	OK	0,003771		70,67	OK	-2274,09	OK
8	0	-99,29	OK	354,92	OK	-43,92	OK	0,94		-103,49	OK	-0,74	OK
8	3,93	-253,05	OK	354,92	OK	-43,92	OK	0,94		69,1	OK	-1395,57	OK
8	4,7	-283,18	OK	354,92	OK	-43,92	OK	0,94		102,92	OK	-1668,85	OK
8	4,7	-9860,58	OK	2284,72	OK	-41,01	OK	0,1		-61,35	OK	4892,41	OK
8	7,86	-9984,21	OK	2284,72	OK	-41,01	OK	0,1		68,26	OK	-2327,32	OK
9	0	-50,67	OK	15,42	OK	-36,87	OK	-2,17		-87,15	OK	26,26	OK
9	3,93	-204,43	OK	15,42	OK	-36,87	OK	-2,17		57,73	OK	-34,34	OK
9	4,7	-234,55	OK	15,42	OK	-36,87	OK	-2,17		86,12	OK	-46,21	OK
9	4,7	-1108,46	OK	49,7	OK	-32,35	OK	-0,3		-42,99	OK	102,98	OK
9	7,86	-1232,09	OK	49,7	OK	-32,35	OK	-0,3		59,22	OK	-54,08	OK
10	0	-44,32	OK	18,99	OK	-52,54	OK	-3,96		-5,24	OK	30,34	OK
10	3,93	-198,08	OK	18,99	OK	-52,54	OK	-3,96		201,26	OK	-44,27	OK
10	4,7	-228,2	OK	18,99	OK	-52,54	OK	-3,96		241,72	OK	-58,89	OK
10	4,7	-3214,76	OK	55,53	OK	80,67	OK	-0,41		239,71	OK	115,21	OK
10	7,86	-3338,39	OK	55,53	OK	80,67	OK	-0,41		-15,2	OK	-60,25	OK
11	0	-52,88	OK	-14,77	OK	-60,93	OK	3,45		-5,38	OK	-29,12	OK
11	3,93	-206,64	OK	-14,77	OK	-60,93	OK	3,45		234,08	OK	28,93	OK
11	4,7	-236,77	OK	-14,77	OK	-60,93	OK	3,45		281	OK	40,31	OK
11	4,7	-3657,7	OK	-12,05	OK	100,32	OK	0,48		279,1	OK	-30,25	OK
11	7,86	-3781,34	OK	-12,05	OK	100,32	OK	0,48		-37,92	OK	7,82	OK
12	0	-164,8	OK	-37,59	OK	22,21	OK	1,83		52,71	OK	-56,61	OK
12	3,93	-318,56	OK	-37,59	OK	22,21	OK	1,83		-34,56	OK	91,1	OK
12	4,7	-348,69	OK	-37,59	OK	22,21	OK	1,83		-51,66	OK	120,04	OK
12	4,7	-1776,44	OK	-75,34	OK	20,75	OK	0,33		35,51	OK	-166,47	OK
12	7,86	-1900,08	OK	-75,34	OK	20,75	OK	0,33		-30,07	OK	71,62	OK
13	0	-205,73	OK	-736,08	OK	15,69	OK	0,93		37,02	OK	-557,46	OK
13	4,2	-370,05	OK	-736,08	OK	15,69	OK	0,93		-28,88	OK	2534,1	OK
13	4,7	-389,62	OK	-736,08	OK	15,69	OK	0,93		-36,72	OK	2902,14	OK
13	4,7	-10716,5	OK	-1731,69	OK	7,09	OK	0,11		11,22	OK	-4330,55	OK
13	8,4	-10861,3	OK	-1731,69	OK	7,09	OK	0,11		-15,01	OK	2076,7	OK

14	0	-118,06	OK	-613,8	OK	18,98	OK	-0,43		44,71	OK	-118,51	OK
14	4,2	-282,39	OK	-613,8	OK	18,98	OK	-0,43		-35,01	OK	2459,47	OK
14	4,7	-301,95	OK	-613,8	OK	18,98	OK	-0,43		-44,5	OK	2766,37	OK
14	4,7	-10789,5	OK	-1789,43	OK	10,19	OK	0,003417		18,95	OK	-4479,8	OK
14	8,4	-10934,3	OK	-1789,43	OK	10,19	OK	0,003417		-18,76	OK	2141,09	OK
15	0	-243,18	OK	-688,57	OK	17,28	OK	0,87		40,8	OK	-505,81	OK
15	3,93	-396,94	OK	-688,57	OK	17,28	OK	0,87		-27,1	OK	2200,29	OK
15	4,7	-427,07	OK	-688,57	OK	17,28	OK	0,87		-40,4	OK	2730,49	OK
15	4,7	-10929,4	OK	-2202,13	OK	14,82	OK	0,05121		22,84	OK	-4742,89	OK
15	7,86	-11053	OK	-2202,13	OK	14,82	OK	0,05121		-24	OK	2215,84	OK
16	0	-49,41	OK	-328,72	OK	20,33	OK	-1,02		47,9	OK	1,09	OK
16	3,93	-203,17	OK	-328,72	OK	20,33	OK	-1,02		-31,98	OK	1292,97	OK
16	4,7	-233,3	OK	-328,72	OK	20,33	OK	-1,02		-47,63	OK	1546,08	OK
16	4,7	-9689,12	OK	-2270,58	OK	18,79	OK	-0,06316		31,31	OK	-4888,81	OK
16	7,86	-9812,76	OK	-2270,58	OK	18,79	OK	-0,06316		-28,08	OK	2286,22	OK
17	0	-2266,05	OK	-127,77	OK	1062,74	OK	-0,67		2251,17	OK	-112,17	OK
17	0,45667	-2266,05	OK	-109,9	OK	1062,74	OK	-0,67		1765,85	OK	-57,9	OK
17	0,91333	-2266,05	OK	-92,03	OK	1062,74	OK	-0,67		1280,53	OK	-11,79	OK
17	1,37	-2266,05	OK	-74,17	OK	1062,74	OK	-0,67		795,21	OK	26,15	OK
17	1,82667	-2266,05	OK	-56,3	OK	1062,74	OK	-0,67		309,89	OK	55,94	OK
17	2,28333	-2266,05	OK	-38,43	OK	1062,74	OK	-0,67		-175,43	OK	77,58	OK
17	2,74	-2266,05	OK	-20,57	OK	1062,74	OK	-0,67		-660,75	OK	91,05	OK
18	0	-2342,39	OK	-71,6	OK	-155,23	OK	-0,28		-430,81	OK	-23,58	OK
18	0,465	-2342,39	OK	-53,4	OK	-155,23	OK	-0,28		-358,63	OK	5,48	OK
18	0,93	-2342,39	OK	-35,21	OK	-155,23	OK	-0,28		-286,45	OK	26,09	OK
18	1,395	-2342,39	OK	-17,02	OK	-155,23	OK	-0,28		-214,28	OK	38,23	OK
18	1,86	-2342,39	OK	1,18	OK	-155,23	OK	-0,28		-142,1	OK	41,91	OK
18	2,325	-2342,39	OK	19,37	OK	-155,23	OK	-0,28		-69,92	OK	37,14	OK
18	2,79	-2342,39	OK	37,56	OK	-155,23	OK	-0,28		2,26	OK	23,9	OK
19	0	-2394,75	OK	-90,14	OK	-125,11	OK	0,3		13,59	OK	-80,33	OK
19	0,465	-2394,75	OK	-71,95	OK	-125,11	OK	0,3		71,77	OK	-42,65	OK
19	0,93	-2394,75	OK	-53,75	OK	-125,11	OK	0,3		129,95	OK	-13,42	OK
19	1,395	-2394,75	OK	-35,56	OK	-125,11	OK	0,3		188,12	OK	7,34	OK
19	1,86	-2394,75	OK	-17,37	OK	-125,11	OK	0,3		246,3	OK	19,65	OK
19	2,325	-2394,75	OK	0,83	OK	-125,11	OK	0,3		304,48	OK	23,49	OK
19	2,79	-2394,75	OK	19,02	OK	-125,11	OK	0,3		362,65	OK	18,88	OK
20	0	-2464,64	OK	-110,88	OK	608,37	OK	0,68		561,37	OK	-89,19	OK
20	0,465	-2464,64	OK	-92,68	OK	608,37	OK	0,68		278,47	OK	-41,87	OK
20	0,93	-2464,64	OK	-74,49	OK	608,37	OK	0,68		-4,42	OK	-3	OK
20	1,395	-2464,64	OK	-56,3	OK	608,37	OK	0,68		-287,31	OK	27,41	OK
20	1,86	-2464,64	OK	-38,1	OK	608,37	OK	0,68		-570,2	OK	49,36	OK
20	2,325	-2464,64	OK	-19,91	OK	608,37	OK	0,68		-853,09	OK	62,85	OK
20	2,79	-2464,64	OK	-1,72	OK	608,37	OK	0,68		-1135,99	OK	67,87	OK
21	0	-2508,56	OK	-101,01	OK	-1617,65	OK	-0,05769		-1136,92	OK	-35,61	OK
21	0,454	-2508,56	OK	-83,25	OK	-1617,65	OK	-0,05769		-402,51	OK	6,21	OK
21	0,908	-2508,56	OK	-65,48	OK	-1617,65	OK	-0,05769		331,9	OK	39,98	OK
21	1,362	-2508,56	OK	-47,72	OK	-1617,65	OK	-0,05769		1066,32	OK	65,67	OK
21	1,816	-2508,56	OK	-29,96	OK	-1617,65	OK	-0,05769		1800,73	OK	83,31	OK
21	2,27	-2508,56	OK	-12,19	OK	-1617,65	OK	-0,05769		2535,14	OK	92,87	OK
22	0	-2929,07	OK	-62,86	OK	2545,42	OK	5,72		2537,31	OK	-26,2	OK
22	0,3875	-2929,07	OK	-47,7	OK	2545,42	OK	5,72		1550,96	OK	-4,78	OK
22	0,775	-2929,07	OK	-32,54	OK	2545,42	OK	5,72		564,61	OK	10,77	OK
22	1,1625	-2929,07	OK	-17,38	OK	2545,42	OK	5,72		-421,75	OK	20,44	OK
22	1,55	-2929,07	OK	-2,22	OK	2545,42	OK	5,72		-1408,1	OK	24,23	OK
23	0	-2948,05	OK	-46,53	OK	113,97	OK	0,48		-1404,14	OK	-6,11	OK
23	0,488	-2948,05	OK	-27,44	OK	113,97	OK	0,48		-1459,75	OK	11,94	OK
23	0,976	-2948,05	OK	-8,35	OK	113,97	OK	0,48		-1515,37	OK	20,67	OK
23	1,464	-2948,05	OK	10,75	OK	113,97	OK	0,48		-1570,99	OK	20,09	OK
23	1,952	-2948,05	OK	29,84	OK	113,97	OK	0,48		-1626,6	OK	10,19	OK
23	2,44	-2948,05	OK	48,93	OK	113,97	OK	0,48		-1682,22	OK	-9,03	OK

24	0	-2933,28	OK	-3,95	OK	-1994,55	OK	-4,89		-1685,67	OK	20,09	OK
24	0,416	-2933,28	OK	12,33	OK	-1994,55	OK	-4,89		-855,94	OK	18,35	OK
24	0,832	-2933,28	OK	28,6	OK	-1994,55	OK	-4,89		-26,21	OK	9,83	OK
24	1,248	-2933,28	OK	44,88	OK	-1994,55	OK	-4,89		803,52	OK	-5,45	OK
24	1,664	-2933,28	OK	61,16	OK	-1994,55	OK	-4,89		1633,26	OK	-27,51	OK
24	2,08	-2933,28	OK	77,43	OK	-1994,55	OK	-4,89		2462,99	OK	-56,33	OK
25	0	-2016,76	OK	-87,37	OK	1599,7	OK	0,28		2461,15	OK	-47,82	OK
25	0,454	-2016,76	OK	-69,61	OK	1599,7	OK	0,28		1734,89	OK	-12,18	OK
25	0,908	-2016,76	OK	-51,84	OK	1599,7	OK	0,28		1008,63	OK	15,39	OK
25	1,362	-2016,76	OK	-34,08	OK	1599,7	OK	0,28		282,37	OK	34,89	OK
25	1,816	-2016,76	OK	-16,32	OK	1599,7	OK	0,28		-443,89	OK	46,33	OK
25	2,27	-2016,76	OK	1,44	OK	1599,7	OK	0,28		-1170,15	OK	49,71	OK
26	0	-2037,08	OK	-47,96	OK	-600,13	OK	-0,81		-1169,13	OK	1,81	OK
26	0,465	-2037,08	OK	-29,77	OK	-600,13	OK	-0,81		-890,08	OK	19,88	OK
26	0,93	-2037,08	OK	-11,58	OK	-600,13	OK	-0,81		-611,02	OK	29,5	OK
26	1,395	-2037,08	OK	6,62	OK	-600,13	OK	-0,81		-331,96	OK	30,65	OK
26	1,86	-2037,08	OK	24,81	OK	-600,13	OK	-0,81		-52,9	OK	23,34	OK
26	2,325	-2037,08	OK	43	OK	-600,13	OK	-0,81		226,16	OK	7,58	OK
26	2,79	-2037,08	OK	61,2	OK	-600,13	OK	-0,81		505,22	OK	-16,65	OK
27	0	-2078,49	OK	-74,18	OK	163,48	OK	-0,31		452,83	OK	-57,44	OK
27	0,465	-2078,49	OK	-55,98	OK	163,48	OK	-0,31		376,82	OK	-27,18	OK
27	0,93	-2078,49	OK	-37,79	OK	163,48	OK	-0,31		300,8	OK	-5,38	OK
27	1,395	-2078,49	OK	-19,6	OK	163,48	OK	-0,31		224,78	OK	7,97	OK
27	1,86	-2078,49	OK	-1,4	OK	163,48	OK	-0,31		148,76	OK	12,85	OK
27	2,325	-2078,49	OK	16,79	OK	163,48	OK	-0,31		72,75	OK	9,27	OK
27	2,79	-2078,49	OK	34,98	OK	163,48	OK	-0,31		-3,27	OK	-2,77	OK
28	0	-2105,61	OK	-84,32	OK	199,12	OK	0,26		34,83	OK	-47,47	OK
28	0,465	-2105,61	OK	-66,13	OK	199,12	OK	0,26		-57,76	OK	-12,49	OK
28	0,93	-2105,61	OK	-47,94	OK	199,12	OK	0,26		-150,35	OK	14,03	OK
28	1,395	-2105,61	OK	-29,74	OK	199,12	OK	0,26		-242,94	OK	32,09	OK
28	1,86	-2105,61	OK	-11,55	OK	199,12	OK	0,26		-335,53	OK	41,69	OK
28	2,325	-2105,61	OK	6,64	OK	199,12	OK	0,26		-428,12	OK	42,83	OK
28	2,79	-2105,61	OK	24,84	OK	199,12	OK	0,26		-520,71	OK	35,51	OK
29	0	-2148,97	OK	-64,4	OK	-1012,41	OK	0,64		-582,79	OK	-1,51	OK
29	0,45667	-2148,97	OK	-46,53	OK	-1012,41	OK	0,64		-120,45	OK	23,82	OK
29	0,91333	-2148,97	OK	-28,66	OK	-1012,41	OK	0,64		341,89	OK	40,99	OK
29	1,37	-2148,97	OK	-10,8	OK	-1012,41	OK	0,64		804,22	OK	50	OK
29	1,82667	-2148,97	OK	7,07	OK	-1012,41	OK	0,64		1266,56	OK	50,85	OK
29	2,28333	-2148,97	OK	24,94	OK	-1012,41	OK	0,64		1728,89	OK	43,54	OK
29	2,74	-2148,97	OK	42,8	OK	-1012,41	OK	0,64		2191,23	OK	28,08	OK
30	0	-2528,62	OK	-109,53	OK	2158,36	OK	6,24		2194,64	OK	-93,33	OK
30	0,416	-2528,62	OK	-93,25	OK	2158,36	OK	6,24		1296,76	OK	-51,15	OK
30	0,832	-2528,62	OK	-76,97	OK	2158,36	OK	6,24		398,89	OK	-15,75	OK
30	1,248	-2528,62	OK	-60,7	OK	2158,36	OK	6,24		-498,99	OK	12,89	OK
30	1,664	-2528,62	OK	-44,42	OK	2158,36	OK	6,24		-1396,87	OK	34,75	OK
30	2,08	-2528,62	OK	-28,15	OK	2158,36	OK	6,24		-2294,74	OK	49,85	OK
31	0	-2556,52	OK	-53,1	OK	-457,38	OK	-1,69		-2291,52	OK	-10,63	OK
31	0,488	-2556,52	OK	-34,01	OK	-457,38	OK	-1,69		-2068,32	OK	10,62	OK
31	0,976	-2556,52	OK	-14,91	OK	-457,38	OK	-1,69		-1845,12	OK	22,56	OK
31	1,464	-2556,52	OK	4,18	OK	-457,38	OK	-1,69		-1621,92	OK	25,18	OK
31	1,952	-2556,52	OK	23,27	OK	-457,38	OK	-1,69		-1398,72	OK	18,48	OK
31	2,44	-2556,52	OK	42,36	OK	-457,38	OK	-1,69		-1175,52	OK	2,47	OK
32	0	-2539,42	OK	-1,14	OK	-2216,28	OK	-5,78		-1180,6	OK	23,01	OK
32	0,3875	-2539,42	OK	14,02	OK	-2216,28	OK	-5,78		-321,79	OK	20,51	OK
32	0,775	-2539,42	OK	29,18	OK	-2216,28	OK	-5,78		537,02	OK	12,14	OK
32	1,1625	-2539,42	OK	44,34	OK	-2216,28	OK	-5,78		1395,83	OK	-2,1	OK
32	1,55	-2539,42	OK	59,5	OK	-2216,28	OK	-5,78		2254,64	OK	-22,22	OK
33	0	-145,17	OK	-115,07	OK	107,3	OK	2,31		176,67	OK	-85,38	OK
33	0,454	-145,17	OK	-97,3	OK	107,3	OK	2,31		127,96	OK	-37,17	OK
33	0,908	-145,17	OK	-79,54	OK	107,3	OK	2,31		79,24	OK	2,97	OK
33	1,362	-145,17	OK	-61,78	OK	107,3	OK	2,31		30,53	OK	35,05	OK
33	1,816	-145,17	OK	-44,01	OK	107,3	OK	2,31		-18,18	OK	59,07	OK
33	2,27	-145,17	OK	-26,25	OK	107,3	OK	2,31		-66,9	OK	75,02	OK

34	0	-155,72	OK	-52,65	OK	-2,57	OK	-0,05662		-16,54	OK	-3,9	OK
34	0,465	-155,72	OK	-34,46	OK	-2,57	OK	-0,05662		-15,34	OK	16,35	OK
34	0,93	-155,72	OK	-16,27	OK	-2,57	OK	-0,05662		-14,15	OK	28,14	OK
34	1,395	-155,72	OK	1,93	OK	-2,57	OK	-0,05662		-12,95	OK	31,48	OK
34	1,86	-155,72	OK	20,12	OK	-2,57	OK	-0,05662		-11,76	OK	26,35	OK
34	2,325	-155,72	OK	38,31	OK	-2,57	OK	-0,05662		-10,56	OK	12,77	OK
34	2,79	-155,72	OK	56,5	OK	-2,57	OK	-0,05662		-9,36	OK	-9,28	OK
35	0	-163,81	OK	-84,11	OK	9,95	OK	0,16		19,23	OK	-72,48	OK
35	0,465	-163,81	OK	-65,92	OK	9,95	OK	0,16		14,6	OK	-37,6	OK
35	0,93	-163,81	OK	-47,72	OK	9,95	OK	0,16		9,97	OK	-11,18	OK
35	1,395	-163,81	OK	-29,53	OK	9,95	OK	0,16		5,35	OK	6,78	OK
35	1,86	-163,81	OK	-11,34	OK	9,95	OK	0,16		0,72	OK	16,28	OK
35	2,325	-163,81	OK	6,86	OK	9,95	OK	0,16		-3,91	OK	17,32	OK
35	2,79	-163,81	OK	25,05	OK	9,95	OK	0,16		-8,53	OK	9,91	OK
36	0	-165,45	OK	-89,05	OK	29,42	OK	-0,07448		27,01	OK	-53,52	OK
36	0,465	-165,45	OK	-70,86	OK	29,42	OK	-0,07448		13,33	OK	-16,34	OK
36	0,93	-165,45	OK	-52,67	OK	29,42	OK	-0,07448		-0,35	OK	12,38	OK
36	1,395	-165,45	OK	-34,48	OK	29,42	OK	-0,07448		-14,03	OK	32,64	OK
36	1,86	-165,45	OK	-16,28	OK	29,42	OK	-0,07448		-27,7	OK	44,45	OK
36	2,325	-165,45	OK	1,91	OK	29,42	OK	-0,07448		-41,38	OK	47,79	OK
36	2,79	-165,45	OK	20,1	OK	29,42	OK	-0,07448		-55,06	OK	42,67	OK
37	0	-166,64	OK	-63,67	OK	-73,6	OK	-1,93		-41,69	OK	-5,26	OK
37	0,45667	-166,64	OK	-45,8	OK	-73,6	OK	-1,93		-8,08	OK	19,74	OK
37	0,91333	-166,64	OK	-27,94	OK	-73,6	OK	-1,93		25,52	OK	36,58	OK
37	1,37	-166,64	OK	-10,07	OK	-73,6	OK	-1,93		59,13	OK	45,25	OK
37	1,82667	-166,64	OK	7,8	OK	-73,6	OK	-1,93		92,74	OK	45,77	OK
37	2,28333	-166,64	OK	25,66	OK	-73,6	OK	-1,93		126,35	OK	38,13	OK
37	2,74	-166,64	OK	43,53	OK	-73,6	OK	-1,93		159,96	OK	22,33	OK
38	0	-151,25	OK	-160,7	OK	92,1	OK	1,96		186,68	OK	-166,89	OK
38	0,45667	-151,25	OK	-142,83	OK	92,1	OK	1,96		144,62	OK	-97,58	OK
38	0,91333	-151,25	OK	-124,97	OK	92,1	OK	1,96		102,56	OK	-36,43	OK
38	1,37	-151,25	OK	-107,1	OK	92,1	OK	1,96		60,5	OK	16,55	OK
38	1,82667	-151,25	OK	-89,23	OK	92,1	OK	1,96		18,44	OK	61,38	OK
38	2,28333	-151,25	OK	-71,37	OK	92,1	OK	1,96		-23,62	OK	98,05	OK
38	2,74	-151,25	OK	-53,5	OK	92,1	OK	1,96		-65,68	OK	126,56	OK
39	0	-142,65	OK	-86,84	OK	-4,57	OK	0,0703		-19,57	OK	-44,12	OK
39	0,465	-142,65	OK	-68,65	OK	-4,57	OK	0,0703		-17,44	OK	-7,97	OK
39	0,93	-142,65	OK	-50,46	OK	-4,57	OK	0,0703		-15,32	OK	19,73	OK
39	1,395	-142,65	OK	-32,26	OK	-4,57	OK	0,0703		-13,2	OK	38,96	OK
39	1,86	-142,65	OK	-14,07	OK	-4,57	OK	0,0703		-11,07	OK	49,73	OK
39	2,325	-142,65	OK	4,12	OK	-4,57	OK	0,0703		-8,95	OK	52,05	OK
39	2,79	-142,65	OK	22,32	OK	-4,57	OK	0,0703		-6,83	OK	45,9	OK
40	0	-135	OK	-109,11	OK	10,98	OK	-0,17		20,83	OK	-103,99	OK
40	0,465	-135	OK	-90,91	OK	10,98	OK	-0,17		15,72	OK	-57,48	OK
40	0,93	-135	OK	-72,72	OK	10,98	OK	-0,17		10,61	OK	-19,44	OK
40	1,395	-135	OK	-54,53	OK	10,98	OK	-0,17		5,51	OK	10,15	OK
40	1,86	-135	OK	-36,33	OK	10,98	OK	-0,17		0,4	OK	31,27	OK
40	2,325	-135	OK	-18,14	OK	10,98	OK	-0,17		-4,7	OK	43,94	OK
40	2,79	-135	OK	0,05231	OK	10,98	OK	-0,17		-9,81	OK	48,14	OK
41	0	-143,18	OK	-134,44	OK	26,31	OK	0,05113		25,73	OK	-125,28	OK
41	0,465	-143,18	OK	-116,24	OK	26,31	OK	0,05113		13,49	OK	-67	OK
41	0,93	-143,18	OK	-98,05	OK	26,31	OK	0,05113		1,26	OK	-17,18	OK
41	1,395	-143,18	OK	-79,86	OK	26,31	OK	0,05113		-10,98	OK	24,19	OK
41	1,86	-143,18	OK	-61,66	OK	26,31	OK	0,05113		-23,21	OK	57,09	OK
41	2,325	-143,18	OK	-43,47	OK	26,31	OK	0,05113		-35,45	OK	81,53	OK
41	2,79	-143,18	OK	-25,28	OK	26,31	OK	0,05113		-47,68	OK	97,51	OK
42	0	-152,36	OK	-131,61	OK	-71,51	OK	-2,32		-24,83	OK	-66,73	OK
42	0,454	-152,36	OK	-113,85	OK	-71,51	OK	-2,32		7,63	OK	-11,01	OK
42	0,908	-152,36	OK	-96,09	OK	-71,51	OK	-2,32		40,09	OK	36,65	OK
42	1,362	-152,36	OK	-78,33	OK	-71,51	OK	-2,32		72,56	OK	76,24	OK
42	1,816	-152,36	OK	-60,56	OK	-71,51	OK	-2,32		105,02	OK	107,77	OK
42	2,27	-152,36	OK	-42,8	OK	-71,51	OK	-2,32		137,48	OK	131,23	OK
43	0	-105,79	OK	-916,7	OK	147,84	OK	2,12		135,62	OK	-146,88	OK
43	0,3875	-105,79	OK	-365,34	OK	147,84	OK	2,12		78,33	OK	101,52	OK
43	0,775	-105,79	OK	186,03	OK	147,84	OK	2,12		21,04	OK	136,26	OK
43	1,1625	-105,79	OK	737,4	OK	147,84	OK	2,12		-36,25	OK	-42,65	OK
43	1,55	-105,79	OK	1288,76	OK	147,84	OK	2,12		-93,54	OK	-435,22	OK

44	0	-142,33	OK	-1697,79	OK	14,63	OK	0,11		-97,09	OK	-609,32	OK
44	0,488	-142,33	OK	-1003,43	OK	14,63	OK	0,11		-104,23	OK	49,78	OK
44	0,976	-142,33	OK	-309,06	OK	14,63	OK	0,11		-111,37	OK	370,03	OK
44	1,464	-142,33	OK	385,3	OK	14,63	OK	0,11		-118,51	OK	351,42	OK
44	1,952	-142,33	OK	1079,67	OK	14,63	OK	0,11		-125,65	OK	-6,03	OK
44	2,44	-142,33	OK	1774,03	OK	14,63	OK	0,11		-132,79	OK	-702,34	OK
45	0	-145,06	OK	-1646,9	OK	-146,63	OK	-1,79		-129,81	OK	-631,78	OK
45	0,416	-145,06	OK	-1054,98	OK	-146,63	OK	-1,79		-68,82	OK	-69,78	OK
45	0,832	-145,06	OK	-463,06	OK	-146,63	OK	-1,79		-7,82	OK	245,97	OK
45	1,248	-145,06	OK	128,85	OK	-146,63	OK	-1,79		53,17	OK	315,48	OK
45	1,664	-145,06	OK	720,77	OK	-146,63	OK	-1,79		114,17	OK	138,76	OK
45	2,08	-145,06	OK	1312,69	OK	-146,63	OK	-1,79		175,17	OK	-284,2	OK
46	0	-102,86	OK	-1603,04	OK	158,62	OK	2,3		156,86	OK	-375	OK
46	0,416	-102,86	OK	-895,74	OK	158,62	OK	2,3		90,87	OK	144,75	OK
46	0,832	-102,86	OK	-188,44	OK	158,62	OK	2,3		24,89	OK	370,26	OK
46	1,248	-102,86	OK	518,86	OK	158,62	OK	2,3		-41,1	OK	301,53	OK
46	1,664	-102,86	OK	1226,16	OK	158,62	OK	2,3		-107,08	OK	-61,43	OK
46	2,08	-102,86	OK	1933,46	OK	158,62	OK	2,3		-173,07	OK	-718,63	OK
47	0	-107,69	OK	-2140,7	OK	-34,89	OK	-0,71		-176,03	OK	-861,61	OK
47	0,488	-107,69	OK	-1310,98	OK	-34,89	OK	-0,71		-159	OK	-19,4	OK
47	0,976	-107,69	OK	-481,26	OK	-34,89	OK	-0,71		-141,97	OK	417,9	OK
47	1,464	-107,69	OK	348,46	OK	-34,89	OK	-0,71		-124,94	OK	450,31	OK
47	1,952	-107,69	OK	1178,18	OK	-34,89	OK	-0,71		-107,92	OK	77,81	OK
47	2,44	-107,69	OK	2007,9	OK	-34,89	OK	-0,71		-90,89	OK	-699,59	OK
48	0	-99,5	OK	-1597,32	OK	-174,17	OK	-2,08		-86,38	OK	-559,96	OK
48	0,3875	-99,5	OK	-938,47	OK	-174,17	OK	-2,08		-18,89	OK	-68,65	OK
48	0,775	-99,5	OK	-279,63	OK	-174,17	OK	-2,08		48,61	OK	167,36	OK
48	1,1625	-99,5	OK	379,22	OK	-174,17	OK	-2,08		116,1	OK	148,06	OK
48	1,55	-99,5	OK	1038,06	OK	-174,17	OK	-2,08		183,59	OK	-126,54	OK
53	0	-3467,73	OK	-107,81	OK	-24,13	OK	-0,008318		51,51	OK	-505,31	OK
53	0,46692	-3467,73	OK	-89,54	OK	-24,13	OK	-0,008318		62,78	OK	-459,24	OK
53	0,93385	-3467,73	OK	-71,27	OK	-24,13	OK	-0,008318		74,05	OK	-421,7	OK
53	1,40077	-3467,73	OK	-53	OK	-24,13	OK	-0,008318		85,32	OK	-392,68	OK
53	1,86769	-3467,73	OK	-34,74	OK	-24,13	OK	-0,008318		96,59	OK	-372,2	OK
53	2,33462	-3467,73	OK	-16,47	OK	-24,13	OK	-0,008318		107,86	OK	-360,24	OK
53	2,80154	-3467,73	OK	1,8	OK	-24,13	OK	-0,008318		119,13	OK	-356,82	OK
53	3,26846	-3467,73	OK	20,07	OK	-24,13	OK	-0,008318		130,39	OK	-361,92	OK
53	3,73538	-3467,73	OK	38,34	OK	-24,13	OK	-0,008318		141,66	OK	-375,56	OK
53	4,20231	-3467,73	OK	56,61	OK	-24,13	OK	-0,008318		152,93	OK	-397,73	OK
53	4,66923	-3467,73	OK	74,87	OK	-24,13	OK	-0,008318		164,2	OK	-428,42	OK
53	5,13615	-3467,73	OK	93,14	OK	-24,13	OK	-0,008318		175,47	OK	-467,65	OK
53	5,60308	-3467,73	OK	111,41	OK	-24,13	OK	-0,008318		186,74	OK	-515,4	OK
53	6,07	-3467,73	OK	129,68	OK	-24,13	OK	-0,008318		198,01	OK	-571,69	OK
55	0	-1540,1	OK	-116,49	OK	-27,67	OK	-0,00496		61,14	OK	-557,07	OK
55	0,46692	-1540,1	OK	-98,22	OK	-27,67	OK	-0,00496		74,06	OK	-506,95	OK
55	0,93385	-1540,1	OK	-79,96	OK	-27,67	OK	-0,00496		86,98	OK	-465,35	OK
55	1,40077	-1540,1	OK	-61,69	OK	-27,67	OK	-0,00496		99,9	OK	-432,28	OK
55	1,86769	-1540,1	OK	-43,42	OK	-27,67	OK	-0,00496		112,83	OK	-407,74	OK
55	2,33462	-1540,1	OK	-25,15	OK	-27,67	OK	-0,00496		125,75	OK	-391,73	OK
55	2,80154	-1540,1	OK	-6,88	OK	-27,67	OK	-0,00496		138,67	OK	-384,25	OK
55	3,26846	-1540,1	OK	11,39	OK	-27,67	OK	-0,00496		151,59	OK	-385,3	OK
55	3,73538	-1540,1	OK	29,65	OK	-27,67	OK	-0,00496		164,51	OK	-394,89	OK
55	4,20231	-1540,1	OK	47,92	OK	-27,67	OK	-0,00496		177,43	OK	-413	OK
55	4,66923	-1540,1	OK	66,19	OK	-27,67	OK	-0,00496		190,35	OK	-439,64	OK
55	5,13615	-1540,1	OK	84,46	OK	-27,67	OK	-0,00496		203,28	OK	-474,81	OK
55	5,60308	-1540,1	OK	102,73	OK	-27,67	OK	-0,00496		216,2	OK	-518,51	OK
55	6,07	-1540,1	OK	121	OK	-27,67	OK	-0,00496		229,12	OK	-570,74	OK
57	0	-1831,99	OK	-9429,42	OK	-12,08	OK	-0,02151		-51,31	OK	-6437,26	OK
57	0,46692	-1831,99	OK	-7975,54	OK	-12,08	OK	-0,02151		-45,67	OK	-2373,87	OK
57	0,93385	-1831,99	OK	-6521,66	OK	-12,08	OK	-0,02151		-40,03	OK	1010,67	OK
57	1,40077	-1831,99	OK	-5067,77	OK	-12,08	OK	-0,02151		-34,39	OK	3716,35	OK
57	1,86769	-1831,99	OK	-3613,89	OK	-12,08	OK	-0,02151		-28,75	OK	5743,19	OK
57	2,33462	-1831,99	OK	-2160,01	OK	-12,08	OK	-0,02151		-23,11	OK	7091,17	OK
57	2,80154	-1831,99	OK	-706,12	OK	-12,08	OK	-0,02151		-17,47	OK	7760,3	OK
57	3,26846	-1831,99	OK	747,76	OK	-12,08	OK	-0,02151		-11,83	OK	7750,58	OK
57	3,73538	-1831,99	OK	2201,64	OK	-12,08	OK	-0,02151		-6,19	OK	7062,01	OK
57	4,20231	-1831,99	OK	3655,53	OK	-12,08	OK	-0,02151		-0,55	OK	5694,58	OK
57	4,66923	-1831,99	OK	5109,41	OK	-12,08	OK	-0,02151		5,09	OK	3648,31	OK
57	5,13615	-1831,99	OK	6563,29	OK	-12,08	OK	-0,02151		10,73	OK	923,18	OK
57	5,60308	-1831,99	OK	8017,18	OK	-12,08	OK	-0,02151		16,37	OK	-2480,8	OK
57	6,07	-1831,99	OK	9471,06	OK	-12,08	OK	-0,02151		22,02	OK	-6563,63	OK

58	0	-1526,08	OK	-10361,7	OK	-10,55	OK	-0,03148		-27,77	OK	-7473,17	OK
58	0,46692	-1526,08	OK	-8764,94	OK	-10,55	OK	-0,03148		-22,84	OK	-3007,84	OK
58	0,93385	-1526,08	OK	-7168,22	OK	-10,55	OK	-0,03148		-17,92	OK	711,94	OK
58	1,40077	-1526,08	OK	-5571,5	OK	-10,55	OK	-0,03148		-12,99	OK	3686,17	OK
58	1,86769	-1526,08	OK	-3974,77	OK	-10,55	OK	-0,03148		-8,07	OK	5914,86	OK
58	2,33462	-1526,08	OK	-2378,05	OK	-10,55	OK	-0,03148		-3,15	OK	7398	OK
58	2,80154	-1526,08	OK	-781,33	OK	-10,55	OK	-0,03148		1,78	OK	8135,6	OK
58	3,26846	-1526,08	OK	815,39	OK	-10,55	OK	-0,03148		6,7	OK	8127,64	OK
58	3,73538	-1526,08	OK	2412,12	OK	-10,55	OK	-0,03148		11,63	OK	7374,14	OK
58	4,20231	-1526,08	OK	4008,84	OK	-10,55	OK	-0,03148		16,55	OK	5875,1	OK
58	4,66923	-1526,08	OK	5605,56	OK	-10,55	OK	-0,03148		21,48	OK	3630,51	OK
58	5,13615	-1526,08	OK	7202,28	OK	-10,55	OK	-0,03148		26,4	OK	640,37	OK
58	5,60308	-1526,08	OK	8799	OK	-10,55	OK	-0,03148		31,32	OK	-3095,32	OK
58	6,07	-1526,08	OK	10395,73	OK	-10,55	OK	-0,03148		36,25	OK	-7576,55	OK
59	0	-1195,09	OK	-10373,4	OK	-10,43	OK	-0,02688		-35,98	OK	-7246,4	OK
59	0,46692	-1195,09	OK	-8776,72	OK	-10,43	OK	-0,02688		-31,11	OK	-2775,57	OK
59	0,93385	-1195,09	OK	-7180	OK	-10,43	OK	-0,02688		-26,24	OK	949,71	OK
59	1,40077	-1195,09	OK	-5583,28	OK	-10,43	OK	-0,02688		-21,37	OK	3929,44	OK
59	1,86769	-1195,09	OK	-3986,56	OK	-10,43	OK	-0,02688		-16,5	OK	6163,63	OK
59	2,33462	-1195,09	OK	-2389,83	OK	-10,43	OK	-0,02688		-11,63	OK	7652,27	OK
59	2,80154	-1195,09	OK	-793,11	OK	-10,43	OK	-0,02688		-6,76	OK	8395,37	OK
59	3,26846	-1195,09	OK	803,61	OK	-10,43	OK	-0,02688		-1,89	OK	8392,91	OK
59	3,73538	-1195,09	OK	2400,33	OK	-10,43	OK	-0,02688		2,98	OK	7644,92	OK
59	4,20231	-1195,09	OK	3997,06	OK	-10,43	OK	-0,02688		7,84	OK	6151,37	OK
59	4,66923	-1195,09	OK	5593,78	OK	-10,43	OK	-0,02688		12,71	OK	3912,28	OK
59	5,13615	-1195,09	OK	7190,5	OK	-10,43	OK	-0,02688		17,58	OK	927,64	OK
59	5,60308	-1195,09	OK	8787,22	OK	-10,43	OK	-0,02688		22,45	OK	-2802,54	OK
59	6,07	-1195,09	OK	10383,94	OK	-10,43	OK	-0,02688		27,32	OK	-7278,27	OK
60	0	-892,59	OK	-10243,1	OK	-9,79	OK	-0,01825		-12,55	OK	-7234,54	OK
60	0,46692	-892,59	OK	-8666,88	OK	-9,79	OK	-0,01825		-7,97	OK	-2819,78	OK
60	0,93385	-892,59	OK	-7090,63	OK	-9,79	OK	-0,01825		-3,4	OK	858,99	OK
60	1,40077	-892,59	OK	-5514,38	OK	-9,79	OK	-0,01825		1,17	OK	3801,78	OK
60	1,86769	-892,59	OK	-3938,14	OK	-9,79	OK	-0,01825		5,74	OK	6008,58	OK
60	2,33462	-892,59	OK	-2361,89	OK	-9,79	OK	-0,01825		10,31	OK	7479,39	OK
60	2,80154	-892,59	OK	-785,64	OK	-9,79	OK	-0,01825		14,88	OK	8214,22	OK
60	3,26846	-892,59	OK	790,61	OK	-9,79	OK	-0,01825		19,45	OK	8213,06	OK
60	3,73538	-892,59	OK	2366,86	OK	-9,79	OK	-0,01825		24,02	OK	7475,91	OK
60	4,20231	-892,59	OK	3943,11	OK	-9,79	OK	-0,01825		28,59	OK	6002,77	OK
60	4,66923	-892,59	OK	5519,36	OK	-9,79	OK	-0,01825		33,16	OK	3793,65	OK
60	5,13615	-892,59	OK	7095,61	OK	-9,79	OK	-0,01825		37,73	OK	848,54	OK
60	5,60308	-892,59	OK	8671,85	OK	-9,79	OK	-0,01825		42,3	OK	-2832,55	OK
60	6,07	-892,59	OK	10248,1	OK	-9,79	OK	-0,01825		46,87	OK	-7249,64	OK
62	0	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		-37,67	OK	-117,93	OK
62	0,46692	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		-33,88	OK	-118,51	OK
62	0,93385	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		-30,08	OK	-119,1	OK
62	1,40077	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		-26,28	OK	-119,68	OK
62	1,86769	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		-22,48	OK	-120,26	OK
62	2,33462	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		-18,68	OK	-120,84	OK
62	2,80154	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		-14,88	OK	-121,42	OK
62	3,26846	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		-11,08	OK	-122	OK
62	3,73538	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		-7,29	OK	-122,58	OK
62	4,20231	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		-3,49	OK	-123,17	OK
62	4,66923	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		0,31	OK	-123,75	OK
62	5,13615	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		4,11	OK	-124,33	OK
62	5,60308	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		7,91	OK	-124,91	OK
62	6,07	-2664,99	OK	1,25	OK	-8,14	OK	-0,000914		11,71	OK	-125,49	OK
63	0	-1081,42	OK	-102,61	OK	-24,89	OK	-0,005212		-207,91	OK	-505,94	OK
63	0,46692	-1081,42	OK	-84,34	OK	-24,89	OK	-0,005212		-196,28	OK	-462,3	OK
63	0,93385	-1081,42	OK	-66,07	OK	-24,89	OK	-0,005212		-184,66	OK	-427,18	OK
63	1,40077	-1081,42	OK	-47,8	OK	-24,89	OK	-0,005212		-173,04	OK	-400,6	OK
63	1,86769	-1081,42	OK	-29,53	OK	-24,89	OK	-0,005212		-161,42	OK	-382,54	OK
63	2,33462	-1081,42	OK	-11,27	OK	-24,89	OK	-0,005212		-149,79	OK	-373,02	OK
63	2,80154	-1081,42	OK	7	OK	-24,89	OK	-0,005212		-138,17	OK	-372,02	OK
63	3,26846	-1081,42	OK	25,27	OK	-24,89	OK	-0,005212		-126,55	OK	-379,56	OK
63	3,73538	-1081,42	OK	43,54	OK	-24,89	OK	-0,005212		-114,93	OK	-395,62	OK
63	4,20231	-1081,42	OK	61,81	OK	-24,89	OK	-0,005212		-103,31	OK	-420,22	OK
63	4,66923	-1081,42	OK	80,08	OK	-24,89	OK	-0,005212		-91,68	OK	-453,34	OK
63	5,13615	-1081,42	OK	98,34	OK	-24,89	OK	-0,005212		-80,06	OK	-495	OK
63	5,60308	-1081,42	OK	116,61	OK	-24,89	OK	-0,005212		-68,44	OK	-545,18	OK
63	6,07	-1081,42	OK	134,88	OK	-24,89	OK	-0,005212		-56,82	OK	-603,9	OK

ANEXO E – Ligações
(ligações realizadas nos perfis do pórtico)

Ligações							
Parafusos				Chapa de ligação			
Parafusos de Alta Resistência	AÇO	ASTM A325	Perfil cantoneira	AÇO	ASTM A 572		
db = 1/2"	=	13 mm	bf	50,8 mm	L	160 mm	Ag
	[mm]		tf	7,94 mm	CG	1,55 cm	7,42 cm²
d(furo)	14,5		Fy	345 MPa		34,5 kN/cm²	
folga	1,5		Fu	450 MPa		45 kN/cm²	
furo punçionado	Não						
Força Resistente ao Corte nos Parafusos							
fu	tensão de ruptura à tração do aço do conector						
Número de parafusos	2						
Fv,Rd	129,8	kN	12978,27	kgf			
Ab	1,33	cm²					
fub	82,5	kN/cm²	825	MPa			
γa2	1,35						
corte duplo	2						
Pressão de Apoio e Rasgamento							
Chapa - Parafuso							
a	37,75 mm	>	26 mm	uso	26 mm		
Rdt	104,867 kN	10486,67 kgf					
t(espessura da do perfil)	6,6 mm						
fu	82,5 kN/cm²						
γa2	1,35						
Parafuso - Parafuso							
a	55,5	>	26 mm	uso	26 mm		
Rdt	104,867 kN	10486,67 kgf					
t	6,6 mm						
fu	82,5 kN/cm²						
γa2	1,35						
Resistência da Ligação							
Rdt	419,467 kN	41946,67 kgf					
Resistência do Perfil de Ligação à Ruptura da Seção Líquida							
An,ef	3,98426		ec	15,5	mm		
An	5,1174	Ct	0,77857143	1	70 mm		
Fy	63,5	kN/cm²	635	MPa			
γa1	1,1						
Rd	138,00	kN	13800,0328	kgf			