

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO

COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS GOMES MARTINS

**ESTUDO DE CASO DE UM MODELO REFERENCIAL DE REFORÇO
ESTRUTURAL EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL DE TRÊS PAVIMENTOS**

MONOGRAFIA

ARACAJU

2017

MATHEUS GOMES MARTINS

**ESTUDO DE CASO DE UM MODELO REFERENCIAL DE REFORÇO
ESTRUTURAL EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL DE TRÊS PAVIMENTOS**

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel, da
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do
Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju.

Orientadora: Profa. D.ra. Carla Cristina
Nascimento Santos Pereira.

ARACAJU

2017

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
CAMPUS ARACAJU
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia Nº47
ESTUDO DE CASO DE UM MODELO REFERENCIAL DE REFORÇO
ESTRUTURAL EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL DE TRÊS PAVIMENTOS

MATHEUS GOMES MARTINS

Esta monografia foi apresentada às 14 horas do dia 26 de Janeiro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. D.ra. Carla Cristina Nascimento
Santos Pereira.
(IFS – Campus Aracaju)
Orientadora

Prof. D.r Carlos Henrique de Carvalho
(IFS – Campus Aracaju)

Prof. M.e Marcilio Fabiano Goivinho da
Silva
(IFS – Campus Aracaju)

Prof. M.e Euler Wagner Freitas Santos
(IFS – Campus Aracaju)

Prof. M.e Rodolfo Santos da Conceição
(IFS – Campus Aracaju)
Coordenador da COEC

Dedico este trabalho a minha mãe, Joilda Gomes, pois cada dificuldade que passamos, me fizeram mais forte para eu poder chegar a esse momento.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por iluminar meus caminhos e ter me guiado nessa caminhada. Como relata o Salmo 37:5 “Entrega teu caminho ao Senhor, confia nele, e ele o fará”. E foi dessa maneira que com muita luta e fé o Senhor construiu meus passos, trazendo-me para o sucesso.

Ao meu orientador, Prof. D.r Carlos Henrique de Carvalho, que foi bastante atencioso desde o TCC I. Agradeço por todo conhecimento passado ao longo desse período, a sua vasta experiência me guiou para chegar à conclusão deste trabalho.

Bem como, sou grato a minha mãe, Joilda Gomes, que com sua visão técnica como Desenhista ajudou-me a construir esse trabalho. Além disso por ser a pessoa que mais me apoia nessa caminhada, sendo a maior motivação para eu vencer as dificuldades do dia a dia. Agradeço pelos ensinamentos passados eles foram e sempre serão, o alicerce da minha hombridade.

A minha tia, Ana Lucia, que me deu muito apoio neste trabalho, além de me encorajar sempre nos momentos mais difíceis. Agradeço pelo carinho, que a senhora tem por mim, pela criação que me foi dada e por todos os ensinamentos.

Ao meu pai, por ter me incentivado, mesmo não estando tão envolvido com este trabalho. E a toda minha família que me deu estímulo para seguir em frente. Agradeço pelas palavras de força que me encorajaram a seguir adiante.

Agradeço a todos os amigos que fiz na Instituição, em especial a Antonio Alves, Wilson Ramos, Wallace Bruno e Lucas Menezes, que me auxiliaram para que eu concluísse esta monografia.

Ao professor Paulo Cesar Lima, que no início do curso, teve um papel crucial na minha trajetória acadêmica, e a todos os professores do curso que se dedicaram para passar os conhecimentos fundamentais para minha formação.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

“Surpreendente como mudamos nossas vidas, por força das descobertas e das realizações. Foi como se tivéssemos sido tocados por uma mão divina que, nos concedendo um dom diferenciado, a inteligência, ampliou nossas possibilidades e habilidades, tornando-nos capazes de grandes realizações manipulando conhecimento e realizando o que não imaginávamos.” Ozires Silva.

RESUMO

MARTINS, MATHEUS GOMES. **Estudo de caso de um modelo referencial de reforço estrutural em uma edificação residencial de três pavimentos**. 75 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2017.

A prospecção geotécnica através de ensaios *in loco* ou mesmo em laboratório é essencial para definir o tipo de fundação que será utilizada para transferir as cargas da superestrutura e do peso próprio da infraestrutura ao solo. Contudo, muitos são os casos que ocorrem a negligência desta etapa. Além disso, a interpretação equivocada dos resultados da investigação do solo torna, em muitos casos, necessário o reforço estrutural, buscando a solidez da edificação. Diante dessa perspectiva, o presente trabalho realizou um estudo de caso em uma edificação residencial de três pavimentos, onde ocorreram recalques na fundação. Concluiu-se que os recalques foram provocados pelo desconfinamento do seu subleito, gerado pela construção posterior de edificações vizinhas. Dessa forma, para solucionar os problemas gerados pelo movimento do maciço, foi elaborado um projeto de reforço estrutural da fundação, que contempla uma nova estrutura metálica para trabalhar em conjunto com a edificação existente, auxiliando-a na transferência de cargas para o solo.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Perícia patológica. Reforço estrutural. Estrutura metálica.

ABSTRACT

MARTINS, MATHEUS GOMES. **Case study of a structural reinforcement reference model in a three-story residential building.** 75 pages. Undergraduate Thesis (Civil Engineer Bachelor) – Federal Institute of Education, Science and Technology of Sergipe – Aracaju University Campus. 2017.

Geotechnical prospecting through on-site or even laboratory testing is essential to define the type of foundation that will be used to transfer the loads of the superstructure and the proper weight of the infrastructure to the ground. However, many are the cases that occur the neglect of this step. In addition, misinterpretation of soil research results in many cases necessitates structural strengthening, seeking the solidity of the building. Considering this perspective, the present work carried out a case study in a residential building of three floors, where there were settlements in the foundation. It was concluded that the re-settlements were caused by the deconfiation of its subleito, generated by the later construction of neighboring buildings. Thus, to solve the problems generated by the movement of the massif, a project of structural reinforcement of the foundation was elaborated, which contemplates a new metallic structure to work in conjunction with the existing building, aiding in the transfer of loads to the ground.

Keywords: Planning. Pathological. Pathological expertise. Structural reinforcement. Metal structure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Placas de gesso nas fissuras para monitoramento dos deslocamentos. ...	25
Figura 2- Preenchimento de painel.	26
Figura 3 - Revestimento com argamassa armada.....	27
Figura 4 - Inserção de pilares para contenção de paredes de alvenaria.	28
Figura 5 - Contraventamento em "X" de parede de alvenaria existente.	29
Figura 6 - Ação de forças verticais sobre estrutura de edifício.	33
Figura 7 - Ação de forças horizontais sobre estrutura de edifício.....	34
Figura 8 - Edificações analisadas.....	36
Figura 9 - Planta baixa do primeiro pavimento.	37
Figura 10 - Planta baixa do segundo pavimento.	38
Figura 11 - Plantas baixas do terceiro pavimento.	39
Figura 12 - Cotas de níveis.	44
Figura 13 – Fissura presente na laje.	45
Figura 14 – Fissura presentes na parede.....	45
Figura 15 – Fissura presente no segundo pavimento.	46
Figura 16 – Placa de gesso para verificação de vibração na estrutura.	47
Figura 17 - Perfis gerdaus em "h" utilizados como colunas.	51
Figura 18 – Arranjo da viga na laje.....	52
Figura 19 – Trama do vigamento empregado.	52
Figura 20 – Aplicação da argamassa projetada num perfil metálico.	55
Figura 21 – Planta baixa de vigas e pilares de concreto do primeiro pavimento.....	56
Figura 22 - Planta baixa de vigas e pilares de concreto do segundo pavimento.....	56
Figura 23 - Planta baixa de vigas e pilares de concreto do segundo pavimento.....	57
Figura 24 – Planta de lançamento da estrutura metálica do 1º e do 2º pavimento. ..	58
Figura 25 - Planta de lançamento da estrutura metálica do 3º pavimento.	58
Figura 26 - Pórtico em 3D.	59
Figura 27 - Planta de fundação.	60
Figura 28 – Detalhamento de uma sapata presente na fundação.....	60
Figura 29- Detalhamento do modelo das cargas inseridas no pórtico.....	61
Figura 30 – detalhamento de ligação de um nó da estrutura	62
Figura 31 - Detalhamento de ligação de um nó da estrutura.	62
Figura 32 - Demonstração do pilar inserido no bloco de concreto.	63
Figura 33 – Ilustração tridimensional	63

Figura 34 – Localização do shaft na estrutura.....64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva granulométrica da amostra coletada em estudo	41
Gráfico 2 - Curva de compactação do material em estudo.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Porcentagens das faixas granulométricas.....	41
Tabela 2 - Resultados dos limites de Atterberg e classificação quanto à plasticidade.	42
Tabela 3 - Classificação dos materiais.....	42
Tabela 4 - Valores de umidade ótima e peso específico aparente seco máximo das amostras.	43

LISTA DE SIGLAS

ABM	Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CAU	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
IFS	Instituto Federal de Sergipe
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora

LISTA DE SÍMBOLOS

γ	Gama
$\approx$	Aproximadamente
$=$	Igualdade
$\times$	Multiplicação
$+$	Soma
q	Carga da Parede
g	Peso do telhado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1.	OBJETIVO	17
2	METODOLOGIA	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1	PATOLOGIAS EM PAREDES	19
3.1.1	Principais Patologias em Paredes	19
3.2	PATOLOGIAS EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO ARMADO 20	
3.3	RECALQUE DIFERENCIAL DAS FUNDAÇÕES	21
3.4	CLASSIFICAÇÃO DAS FISSURAS	22
3.4.1	Classificação das Fissuras Segundo a Abertura	22
3.4.2	Classificação das Fissuras Segundo a Forma	23
3.5	EXTENSOMETRIA	23
3.6	TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE EDIFICAÇÕES	25
3.6.1	Preenchimento de Aberturas	26
3.6.2	Reforço da Ligação Laje-Parede	27
3.6.3	Reboco Armado	27
3.6.4	Reforço com Fibras Poliméricas	27
3.6.5	Reforço de Estruturas de Alvenaria	28
3.7	A UTILIZAÇÃO DO AÇO ESTRUTURAL	29
3.7.1	Classificação dos Aços	30
3.7.1.1	Aço patínavel	32
3.8	CONCEITO ESTRUTURAL BÁSICO	33
3.9	GESTÃO DA MANUTENÇÃO	35
3.9.1	Plano de Manutenção	35
4	O ESTUDO DE CASO	36
4.1	CARACTERÍSTICA DA EDIFICAÇÃO	36
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	39
4.2.1.1	Análise granulométrica	40
4.2.1.2	Consistência do solo (limites de Atterberg)	40
4.2.1.3	Ensaio para caracterização mecânica	40
4.2.1.4	Análise granulométrica	40
4.2.1.5	Consistência do solo (limites de Atterberg)	41
4.2.1.6	Massa específica dos grãos	42
4.2.1.7	Classificação do solo	42
4.2.1.8	Obtenção da compactação	42
4.2.1.9	Obtenção da expansão do solo	43

4.3	LEVANTAMENTO ALTIMÉTRICO.....	43
4.4	INSPEÇÃO VISUAL.....	45
4.5	EXTENSOMETRIA	47
4.6	DETERMINAÇÃO DOS CARREGAMENTOS	47
4.6.1	Ações Verticais	47
4.6.1.1	Cargas permanentes	48
4.6.1.2	Cargas acidentais.....	50
4.6.2	Cargas Horizontais	50
4.6.2.1	Perfis para pilares.....	50
4.6.2.2	Perfis para vigas.....	51
4.6.2.3	Arranjo para lajes pré-moldadas.....	51
4.6.2.4	Emprego da estrutura metálica na Edificação	52
4.6.2.5	Pintura	53
4.6.2.6	Tintas intumescentes.....	53
4.6.2.7	Argamassa projetada	54
4.7	ELABORAÇÃO DO MODELO ESTRUTURAL.....	55
4.8	GESTÃO DA MANUTENÇÃO.....	63
4.8.1.1	Plano de manutenção.....	64
5	ANÁLISES E DISCUSSÕES.....	68
6	CONCLUSÕES	71
7	SUGESTÕES	72
	REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

O CAU (Conselho de Arquitetura e Urbanismo), salienta que a maioria das reformas ou construções particulares no Brasil é feita sem a assistência de um profissional especializado, em desrespeito às leis e normas vigentes no país. Ainda segundo o Conselho, a falta de um profissional especializado na realização de reformas ou construções particulares pode ocasionar diversos problemas na obra e para a segurança das pessoas. (CAU/BR, 2015).

Dessa forma, para que não ocorram vícios construtivos nas edificações é imperioso a obediência das normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), bem como a arte de bem construir nas suas diversas etapas.

Dessa maneira, em julho de 2013, começou a vigência da chamada Norma de Desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2013) que estabelece responsabilidade para cada participante de empreendimentos. Sendo assim, projetistas, fornecedores, construtores, incorporadores e usuários têm, de per si, as responsabilidades definidas. A partir dessa preocupação geral, tornou-se necessário uma metodologia para avaliar o grau de deterioração de estruturas e fundações de forma sistêmica e eficaz.

Acima de tudo, os problemas que são ocasionados por essa falta de acompanhamento são estudados por profissionais capacitados na área pericial, no qual é feita uma análise das patologias que apresentam aquela edificação. Dessa forma, Patologia pode ser entendida como a parte da Engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema (HELENE, 1992).

Dessa forma, devido à crescente preocupação com a durabilidade das construções, à necessidade e oportunidade de se recuperar e reaproveitar espaços, sejam esses ociosos ou não, só têm impulsionado o mercado de reforço e recuperação nos últimos tempos. Apenas quando é diagnosticada a patologia de uma estrutura, é que se determina se a mesma passará por recuperação, reforço, ou por ambos os processos (CAMPOS, 2006).

É importante definir que reforço é uma intervenção no elemento estrutural onde o maior propósito é o aumento de sua capacidade de resistir às solicitações a

que está submetida, sua necessidade pode ser em razão do aumento do carregamento ou mesmo na correção de falha do projeto. Entretanto a recuperação, objetiva o restabelecimento da integridade física e eficiência da estrutura incluindo a vida útil inicial, evitando que se agravem os problemas que podem provocar desde sua inutilização até o colapso (CAMPOS, 2006).

Como objeto de estudo, optou-se pela concepção de uma nova estrutura de aço com sua respectiva fundação para uma edificação residencial de três pavimentos, que venha participar do desempenho estrutural da edificação existente. Optou-se pelo aço em face da maior produtividade, menor interferência na ocupação dos moradores, uma boa flexibilidade para execução do sistema, enfim uma boa relação custo/benefício.

1.1. OBJETIVO

Projetar um modelo referencial de reforço estrutural em aço da edificação de três pavimentos, juntamente com suas fundações, bem como especificar a metodologia do processo executivo.

2 METODOLOGIA

Para a elaboração desse estudo adotou-se a seguinte metodologia:

- a) Pesquisas em dissertações de mestrado, artigos científicos, sites de trabalhos especializados, normas pertinentes e publicações diversas sobre inspeção predial;
- b) Monitoramento expedito das manifestações patológicas, via Extensometria, utilizando insertes de gesso, em lugar de filamentos plásticos flexíveis de fina espessura (strain gages) dotados de fios de resistência de pequeno diâmetro. Tendo visto que houve deterioração da estrutura da edificação salientadas pelas fissuras vistoriadas, com uso de insertes de gesso procedeu-se um monitoramento das deformações nas superfícies inseridas;
- c) Levantamento Altimétrico em áreas de influências e observações pluviométricas;
- d) Coletas de amostras de solo retiradas nas proximidades das fundações das edificações analisadas;
- e) Inspeção visual edificações, e cadastro dos sintomas patológicos apresentados nas paredes, pisos e estruturas das edificações, conforme arquivo fotográfico postado no texto;
- f) Elaboração de um projeto estrutural através de softwares especializado.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PATOLOGIAS EM PAREDES

As patologias mais frequentes em paredes são as fissuras, manifestações de problemas associados à água, bem como a degradação dos revestimentos e acabamento (OLIVEIRA, 2012).

Algumas das principais causas que propiciam o surgimento destas patologias relacionam-se a causas humanas e/ou causas naturais. As causas humanas incluem ausência de projetos, inadequação ao ambiente, informação insuficiente no projeto e má execução do mesmo, dimensionamentos incorretos, má qualidade dos materiais empregados e mão de obra desqualificada, ausência de manutenções, entre outros; para as causas naturais podem-se associar as variações bruscas de temperatura do ambiente, presença de água e de sais, vento, vegetais ou animais que possam danificar a construção, entre outros (OLIVEIRA, 2012).

3.1.1 Principais Patologias em Paredes

a) Fissuras:

As fissuras, além de causarem desconforto aos usuários de residências em que estão manifestadas, ainda reduzem a durabilidade dos revestimentos e da própria parede, e diminuem a vida útil das edificações (SAHADE, 2005).

As fissuras podem ser isoladas atingindo tanto os blocos constituintes da parede quanto às juntas de assentamento, podendo estar dispostas na vertical, inclinadas ou na horizontal. As fissuras disseminadas, formam-se pela retração da argamassa de revestimento, em função do excesso de componentes finos no traço (SAHADE, 2005).

As principais causas de fissuração, mencionadas por Sahade (2005), são recalques de fundação, atuação de sobrecargas, variações de temperatura e de umidade, ataques químicos, etc. Essas causas comprometem diretamente a parede, bem como seu revestimento (chapisco e emboço/reboco).

b) Umidade

Entre todos os problemas de patologias existentes dentro da construção civil, a umidade é um dos mais difíceis de serem corrigidos. Alguns dos principais danos

provocados pela umidade são manchas na base das construções, destruição dos rebocos, formação de bolores, paredes mais frias, ambientes insalubres, entre outros (AZEVEDO, 2011).

Estas manifestações patológicas causam ao usuário do ambiente um desconforto quanto à segurança de utilização mediante a probabilidade de contrair algum problema que comprometa a saúde e o conforto de vivência neste espaço, além da questão estética envolvida (AZEVEDO, 2011).

Algumas das principais consequências de problemas relacionados à umidade é o aparecimento de manchas e eflorescências em paredes que, em sua maioria, deve-se à infiltração de água (AZEVEDO, 2011).

A eflorescência é causada pela formação de depósito salino na superfície dos materiais. Podendo vir de três fatores simultâneos: o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a pressão hidrostática para propiciar a migração da solução para a superfície (AZEVEDO, 2011).

Além das manifestações patológicas citadas anteriormente, a presença de umidade pode levar ao esfarelamento da argamassa, à formação de áreas com empolamento, podendo chegar à desagregação da superfície. O empolamento, que consiste na formação de bolhas derivadas da evaporação da água infiltrada nas paredes geralmente antecede o descolamento e o esfarelamento do revestimento. O descolamento com empolamento também pode acarretar o descascamento da pintura. Pode ser causado por problemas quanto ao preparo do substrato ou aplicação da tinta (AZEVEDO, 2011).

Desta forma, essas patologias decorrentes de infiltrações podem gerar danos elevados nas edificações, o que gera enormes gastos com recuperação e reparo, estes que poderiam ser evitados com medidas preventivas executadas no início da construção, como trabalhos de impermeabilização (AZEVEDO, 2011).

3.2 PATOLOGIAS EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO ARMADO

O concreto é considerado um material durável. Mesmo assim, a ocorrência de um grande número de patologias em estruturas de concreto armado tem causado índices elevados de deterioração nas mesmas e consequentemente reduzindo sua durabilidade (LAPA, 2008).

Patologia das estruturas é o campo da engenharia civil destinada ao estudo das causas, origens e formas de manifestação, bem como as respectivas consequências associadas aos diversos tipos de sistemas de degradação das estruturas. Dentre as várias patologias que podem aparecer numa edificação, destacamos as estruturais, tais como: recalque diferencial das fundações; fissuras e a corrosão das armaduras, porque elas nos parece ser as mais preocupantes, visto que, elas podem comprometer a segurança dos edifícios, caso não forem reparadas a tempo (LAPA, 2008).

De acordo com Machado (2002), as principais manifestações patológicas, em ordem crescente de ocorrência estatística são: Deterioração e a degradação química da construção em 7%; deformações (flechas e rotações excessivas) 10%; segregação dos materiais componentes do concreto (ninho) 20%; corrosão das armaduras do concreto armado 20%; fissuras e trincas ativas ou passivas nas peças de concreto armado 21%; manchas na superfície do concreto armado 22%. Logo abaixo estão descritas as patologias que podem aparecer nas edificações:

3.3 RECALQUE DIFERENCIAL DAS FUNDAÇÕES

Segundo Bressani *et al.* (1994), dizem que a causa mais frequente, geradora de problema de fundações, é a investigação do subsolo, seja pela inexistência ou pela inadequação. De acordo com Hachich *et al.* (1996), comentam que as causas prováveis para o mau desempenho de uma fundação são, entre outros:

- Ausência, insuficiência ou má qualidade das investigações geotécnicas;
- Má interpretação dos resultados da investigação geotécnica;
- Desconfinamento de solos por intervenções vizinhas.

Dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam os edifícios, particularmente, um dos mais graves é o de recalques diferenciais em fundações, principalmente aqueles que possam causar eventuais instabilidades para a estrutura, comprometendo a segurança (BRESSANI,1994).

Em caso de intervenção na reparação nas fundações (infraestruturas), pode, em algum caso, ser imprescindível também na superestrutura, como também, nas alvenarias, revestimentos entre outros (BRESSANI,1994).

Esta intervenção, quando realizada, representa um custo muito elevado quando comparado ao custo inicial necessário, investimento em projeto e investigação do subsolo. Em algum caso, poderá ser inviável a sua reparação, tendo em conta a relação custo/benefício (BRESSANI,1994).

Enfatiza-se que toda a escavação pode causar mudanças no estado de tensões do solo ocasionando deformações, desconfinamentos, fissuras generalizadas e inclusive o recalque das fundações com consequências para as superestruturas, sendo que esta última trata-se de uma situação potencialmente perigosa para a residência em questão. Nesses casos, as fundações por sapatas são geralmente as mais afetadas por estarem assentadas sobre camadas superficiais de solo (BARBERIAN, 2001).

Nesse sentido, Berberian (2001) explica que, ao proceder-se uma escavação num maciço terroso, as tensões de compressão são reduzidas pela gradual remoção do solo, mas as tensões de cisalhamento crescem à medida que a escavação prossegue devido à remoção do solo que fornecia suporte lateral ao paramento remanescente.

O correto procedimento de execução, neste caso, seria o de prever a realização de estruturas de contenção simultâneas às escavações, garantindo assim a segurança das fundações limítrofes. Dessa maneira, pode-se utilizar perfis de aço aliados a pranchas de madeira, ou paredes diafragma em concreto armado, as quais já funcionariam como fundação dos pilares externos.

3.4 CLASSIFICAÇÃO DAS FISSURAS

As fissuras em paredes de alvenaria podem ser classificadas segundo diferentes critérios: a abertura, a atividade, a forma, as causas, a direção, as tensões envolvidas, o tipo, entre outras (BARBERIAN, 2001).

3.4.1 Classificação das Fissuras Segundo a Abertura

As fissuras podem classificar-se, segundo sua abertura, em:

- a) Finas: fissuras com menos de 1,5 mm de espessura;
- b) Médias: espessuras entre 1,5 mm e 10,0 mm;
- c) Largas: superiores a 10,0 mm.

Outros autores propõem diferentes escalas, ainda de acordo com Barberian (2001), também segundo sua abertura, tais como: muito leves, leves, moderadas e severas; ou negligíveis muito leves, leves, moderadas, extensivas e muito extensivas. Além disto, fissuras com aberturas inferiores $\pm 0,1$ mm são chamadas capilares e consideradas insignificantes, não causando prejuízos nas edificações.

3.4.2 Classificação das Fissuras Segundo a Forma

Segundo Barberian (2001) classifica as fissuras, segundo sua forma, em:

- Isoladas: fissuras com causas diversas que seguem uma direção predominante, acompanhando as juntas de argamassa ou partindo componentes, seguindo fiadas horizontais ou verticais, ou, ainda, prolongando-se pela interface entre os componentes da alvenaria e a junta de argamassa;
- Disseminadas: fissuras disseminadas apresentam a forma de rede de fissuras, sendo mais comuns em revestimentos.

No presente trabalho o termo fissura é empregado de forma padronizada, sem se fazer diferenciação entre fissuras ou trincas, ou mesmo outros termos utilizados, como rachaduras, mesmo que na bibliografia possam ser encontradas estas terminologias.

3.5 EXTENSOMETRIA

A extensometria é a técnica que permite definir o comportamento de elementos estruturais sujeitos a solicitações mecânicas, permitindo obter em uma peça estrutural, através de uma resistência elétrica, sua deformação via leitura direta. As tensões, cargas e pressão são obtidas através de medidas indiretas, determinadas a partir de relações matemáticas de acordo com a Lei de *Hook* (IBRACON, 2003).

Os extensômetros elétricos (*strain gages*) são filamentos plásticos flexíveis de fina espessura dotados de fios de resistência de pequeno diâmetro. Os extensômetros elétricos se baseiam no princípio da variação da resistência elétrica e são cuidadosamente colados sobre a superfície do concreto. As solicitações

aplicadas acarretam a sua deformação junto com a superfície onde estão fixados (IBRACON, 2003).

O monitoramento das deformações é feito utilizando um sistema de aquisição de dados digital, com leitura em tempo real e em alta velocidade. Os gages são ligados neste aparelho através de cabos elétricos, individuais e protegidos, que são adequadamente conectados em seus terminais (IBRACON, 2003).

O aparelho de aquisição de dados é interligado à um computador, que apresenta uma tela permitindo a visualização e impressão dos gráficos gerados pelas movimentações (IBRACON, 2003).

Os gráficos gerados mostram a movimentação da estrutura, por amostragem e em intervalos pré-determinados. Os resultados são apresentados em μS (Micro Strain), que é um valor adimensional (IBRACON, 2003).

Deste modo no estudo utilizou-se insertes de gessos para fazer o monitoramento das deformações, sendo um método mais prático e econômico, onde se verificou que não havia necessidade do uso de uma extensometria eletrônica, pela ausência de elevadas sobrecargas e tensões mecânicas na estrutura da edificação em face do seu pequeno porte (IBRACON, 2003).

Tal monitoramento vem sendo realizado desde 22/05/2016 e se estenderá até 22/05/2017, e funciona da seguinte forma: as placas de gesso por serem finas e frágeis são adequadas à absorção apenas de pequenas deformações. Assim sendo, caso ocorra uma pequena movimentação devido deslocamentos, vibrações ou outra deformação considerável na estrutura, elas demonstrarão através de fissuras que continuam ocorrendo movimentações. Caso não aconteça nenhum dano às placas de gesso, demonstra-se que a fissura estaria estabilizada e por conseguinte não ocorrem movimentações causadas pelas fundações. Consequentemente, sem riscos para a superestrutura. As placas de gesso tem dimensões de 5 x 10 cm, com espessura de aproximadamente 1 cm e foram colocadas num espaçamento de 50 cm de eixo a eixo de placa, como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Placas de gesso nas fissuras para monitoramento dos deslocamentos.



Fonte: O autor (2016).

3.6 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE EDIFICAÇÕES

A restauração envolve a realização de uma série de operações necessárias na estrutura de uma edificação a fim de restabelecer sua eficiência estrutural original, antes de ocorrer o dano. No entanto reforçar, representa melhorar o desempenho estrutural a fim de permitir que a edificação atenda às novas exigências funcionais, como por exemplo, novo tipo de carregamento ou a condições ambientais provocadas, por exemplo, pela modificação da área de abalos sísmicos. (CAMPOS, 2006).

Segundo Araújo (2010), as operações de reforço podem ser subdivididas em:

- Operações de melhorias simples, que envolvem uma variedade de trabalhos em elementos estruturais individuais de uma edificação a fim de se conseguir um nível mais elevado de segurança, mas sem modificar de forma significativa sua composição;
- Operações que levam a um sistema estrutural diferente do original, que fazem com que a estrutura suporte novas solicitações de projeto, isto é, adições verticais e/ou horizontais, e casos onde a mudança de uso envolve aumento do carregamento original.

A melhor técnica de recuperação para qualquer projeto particular depende das peculiaridades da construção específica. Deve-se avaliar as causas que levaram à deficiência da edificação e qual o procedimento que deve ser adotado para reforço, levando-se em consideração a relação custo-benefício. Dessa forma é necessário encontrar técnicas que resolvam o problema da edificação em longo prazo (CAMPOS, 2006).

É o caso de edificações residenciais, em que os usuários, geralmente, têm baixo poder aquisitivo, requerendo, portanto, soluções que conduzam a pouca manutenção (CAMPOS, 2006).

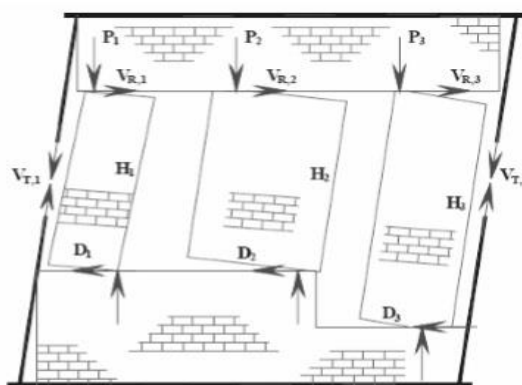
A seguir serão retratadas algumas das técnicas de recuperação existentes, aplicadas em alvenaria não armada de pequeno porte em caso de terremotos, que têm pontos comuns com edificações residenciais com um sistema laje, viga, pilar e alvenaria de vedação.

3.6.1 Preenchimento de Aberturas

Um método simples de enrijecer uma parede em seu plano consiste em preencher janelas ou portas que eventualmente possam ser eliminadas ou reduzidas, conforme Figura 2 (CAMPOS, 2006).

Esta ação previne contra concentrações de tensões que ocorrem nos cantos das aberturas e que privilegia o início de fissuras. É importante, neste caso, que a parte nova seja solidarizada com a antiga usando algum dispositivo que assegure a transferência de cisalhamento, para assegurar o comportamento conjunto (ARAÚJO, 2010).

Figura 2- Preenchimento de painel.



Fonte: Araújo (2010).

3.6.2 Reforço da Ligação Laje-Parede

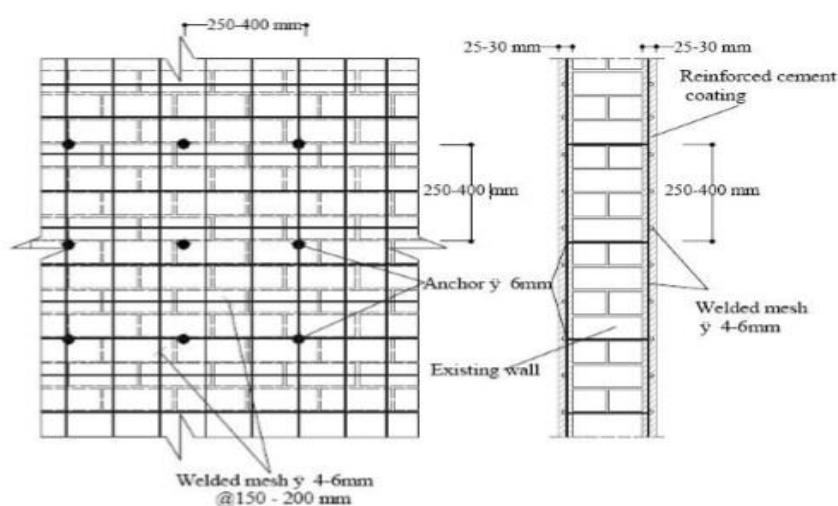
Na hipótese do colapso de uma parede, as cintas formam uma malha de tirantes horizontais, orientados segundo as direções das paredes, geralmente mutuamente perpendiculares, que podem manter alguma estabilidade durante a movimentação do conjunto. Estes tirantes permitem que os arcos formados em cada uma das paredes se mantenham equilibrados evitando, assim, a forma caótica do colapso. Podem também impedir rupturas fora do plano da parede, especialmente nas paredes situadas nas fachadas (CAMPOS, 2006).

3.6.3 Reboco Armado

Uma camada de reboco de cimento e areia aplicado sobre uma tela de aço pode servir de reforço, de acordo com a Figura 3. Experimentos mostraram que o aumento de resistência no plano da parede pode atingir de 1,25 a 3 vezes (CAMPOS, 2006).

O incremento de resistência depende da resistência da argamassa, da quantidade de armadura e da aderência com a superfície da parede a ser reforçada (CAMPOS, 2006).

Figura 3 - Revestimento com argamassa armada.



Fonte: Araújo (2010).

3.6.4 Reforço com Fibras Poliméricas

Polímero reforçado com fibras é um dos materiais mais usados em reforços estruturais. A baixa densidade e elevada resistência torna os polímeros reforçados

com fibras muito eficientes em reforços. Estudos experimentais mostram que paredes de alvenaria não armada reforçadas com fibras tem significativo aumento da resistência a ações que a solicitam no seu plano ou fora dele (CAMPOS, 2006).

3.6.5 Reforço de Estruturas de Alvenaria

O reforço de estruturas de alvenaria pode estar relacionado com o aumento do carregamento considerando tanto ações verticais como horizontais causadas, por exemplo, por movimento das fundações, assimetria geométrica ou de carga. Os edifícios de alvenaria estrutural podem ser reforçados através de técnicas de uso do aço em diferentes tipos de intervenção, indo da simples proteção, passando pela reparação e reforço até a total reformulação estrutural (CAMPOS, 2006).

O acréscimo de resistência ao carregamento vertical pode ser alcançado pelos seguintes métodos:

- Encamisamento das colunas de alvenaria, danificadas, com perfis verticais de aço;
- Inserção de colunas de aço novas em cavidades apropriadas ou simplesmente colocadas ao lado da parede a ser reforçada (Figura 4).
- Recuperar a resistência da parede em torno de aberturas por meio de vigamentos de aço, colocados acima das aberturas ou de pórticos colocados em torno da abertura.

Figura 4 - Inserção de pilares para contenção de paredes de alvenaria.



Fonte: Campos (2006).

O reforço de paredes ou colunas para suportar cargas horizontais pode ser feito como se segue:

- Fixação das paredes da fachada com seções de aço formando uma série

de anéis horizontais de vários níveis formando um feixe de vigas;

- Fixação dos cantos por meio de seções verticais de aço unidas por meio de vigas ou caibros;
- Introdução de contraventamento em aço para fornecer uma ligação transversal entre as paredes principais;
- Enrijecimento das paredes principais por meio de contraventamento em “X” introduzidos entre as colunas de aço (Figura 5).

Figura 5 - Contraventamento em “X” de parede de alvenaria existente.



Fonte: Campos (2006).

3.7 A UTILIZAÇÃO DO AÇO ESTRUTURAL

Tanto para edifícios de andares múltiplos, quanto para construções em aço em geral, a escolha do aço é feita em função de aspectos ligados ao ambiente em que as estruturas se localizam e da previsão do comportamento estrutural. São fatores ambientais que podem exigir aços de alta resistência à corrosão são o meio industrial com atmosfera agressiva à estrutura, proximidade de orla marítima ou a falta de manutenção eficiente ao longo do tempo de suas partes, devido à geometria e aos esforços solicitantes (PANNONI, 2006).

O aço é a mais versátil e a mais importante das ligas metálicas, bastante utilizado devido às suas notáveis propriedades, preço competitivo e à abundância das matérias-primas empregadas em sua confecção. Visando atender certo uso específico, o aço pode ser produzido em uma enorme variedade de características que podem ser controladas, podendo resultar como produto final um bisturi cirúrgico, um arranha-céu, uma ponte, um petroleiro, um reator nuclear ou um fogão. Esta

variedade decorre da necessidade contínua de adequar o produto às exigências de aplicações específicas que vão surgindo no mercado, seja pelo controle da composição química, seja pela garantia de propriedades específicas ou ainda na forma final. Existem mais de 3500 tipos diferentes de aços e cerca de 75% deles foram desenvolvidos nos últimos vinte anos (PANNONI,2006).

Atualmente, observa-se a utilização do aço na reabilitação, modernização e recuperação de edificações antigas. Os antigos edifícios de alvenaria, danificados, muitas vezes, pelo tempo de uso, e pelas intempéries, requerem sua reabilitação funcional que passa pela sua recuperação estrutural. Do ponto de vista estrutural, as estruturas de aço podem ser usadas em todos os níveis da reabilitação estrutural (PANNONI,2006).

A definição da natureza do aço é relativamente complexa, tendo em vista que, a rigor, os aços não são ligas binárias. Apesar de serem compostas principalmente pelos elementos ferro e carbono, as ligas sempre possuem outros elementos secundários, presentes devido aos processos de (PANNONI,2006).

3.7.1 Classificação dos Aços

Após o entendimento da definição proposta anteriormente sobre aço, pode-se fazer uma distinção entre os aços-carbono comuns e os aços especiais também chamados de Aço-liga (ARAÚJO, 2010).

Aço-carbono são ligas de Ferro-Carbono contendo geralmente de 0,008% até 2,11% de carbono, além de certos elementos residuais resultantes dos processos de fabricação. Aços especiais são os aços carbono que contém outros elementos de liga, ou apresenta os elementos residuais em teores acima dos que são considerados normais. Os primeiros podem ser subdivididos em:

- Aços de baixo teor de carbono, com $[C] < 0,3\%$, são aços que possuem grande ductilidade, bons para o trabalho mecânico e soldagem (construção de pontes, edifícios, navios, caldeiras e peças de grandes dimensões em geral). Estes aços não são temperáveis;
- Aços de médio carbono, com $0,3 < [C] < 0,7\%$, são aços utilizados em engrenagens, bielas, etc. São aços que, temperados e revenidos, atingem boa tenacidade e resistência;
- Aços de alto teor de carbono, com $[C] > 0,7\%$. São aços de elevada dureza

e resistência após à tempera, e são comumente utilizados em molas, engrenagens, componentes agrícolas sujeitos ao desgaste, pequenas ferramentas, etc.

Pode-se subdividir ainda, os aços-liga em dois grupos: os que possuem baixo teor de ligas (com menos de 8% desses elementos), e os que possuem alto teor de ligas (que apresentam mais de 8% dos elementos de liga) (ARAÚJO, 2010).

Os aços de maior interesse para construção civil são os chamados aços estruturais de média e alta resistência mecânica, termo designativo de todos os aços que, devido à sua resistência, ductilidade e outras propriedades, são adequados para a utilização em elementos da construção sujeitos a carregamento. As principais características dos aços destinados a aplicação estrutural são: elevada tensão de escoamento, elevada tenacidade, boa soldabilidade, homogeneidade micro estrutural, susceptibilidade de corte por chama sem endurecimento e boa trabalhabilidade em operações tais como corte, furação e dobramento, sem que se originem fissuras ou outros defeitos (ARAÚJO, 2010).

A Açominas atende o mercado da construção civil produzindo um aço carbono (ASTM A-36) e um aço-carbono micro ligado de alta resistência mecânica com elevada resistência à corrosão atmosférica (ASTM A-572 Grau 50) (CAMPOS, 2006).

A especificação dos aços micro ligados é dada pela sua resistência mecânica e não pela sua composição química. Seu desenvolvimento é feito a partir dos aços de baixo carbono (como o ASTM A-36), adicionando pequenas quantidades de Mn (até 2%) e outros elementos em níveis muito pequenos. Estes aços possuem maior resistência mecânica que aqueles de baixo carbono mantendo a soldabilidade e a ductilidade, sendo destinados às estruturas onde resistência e soldagem são requisitos importantes (carbono baixo) (ARAÚJO, 2010).

Geralmente, a utilização de aços micro ligados proporciona uma grande economia de aço na estrutura, reduzindo o custo consideravelmente (CAMPOS, 2006).

Segundo Campos (2006), os aços micro ligados que possuem alta resistência mecânica são muito utilizados onde se objetiva:

- Aumentar a resistência mecânica, com o objetivo de obter-se um aumento da carga unitária da estrutura, ou uma diminuição proporcional da seção, ou seja, o emprego de seções mais leves;

- Melhorar a resistência à corrosão atmosférica, possibilitando a utilização de seções mais finas pode conduzir diminuição da vida da estrutura, a não ser que um aumento correspondente da resistência à corrosão do material acompanhe a redução da seção;
- Melhorar a resistência ao impacto e o limite de fadiga;
- Elevar a relação do limite de escoamento para o limite de resistência à tração, sem redução significativa da ductilidade.

3.7.1.1 Aço patinável

O termo patinável se refere ao aço que tem a capacidade de desenvolver, sob certas condições de exposição, uma camada de óxidos protetores na sua superfície. Pátina é o nome da camada de cor esverdeada que se forma sobre o cobre ou bronze após longa exposição atmosférica, e que protege o substrato da corrosão, dificultando o acesso do oxigênio e da água (PANNONI, 2006).

O aço patinável, mais conhecido como Cor-Ten, é um aço estrutural de alta resistência e baixa liga utilizado em diversos projetos na construção civil, tanto em aplicações internas quanto externas. O material possui elementos de liga como cobre, cromo, vanádio e outros que, por meio de um processo complexo de reação química em contato com a atmosfera, desenvolve naturalmente uma pátina protetora (PANNONI, 2006).

Desde o lançamento do Cor-Ten até os nossos dias, desenvolveram-se outros aços com comportamentos semelhantes, que constituem a família dos aços conhecidos como patináveis. Enquadrados em diversas normas, dentre as quais as norte-americanas ASTM A242, A-588, A-606 e A-709, que especificam limites de composição química e propriedades mecânicas, estes aços tem sido utilizados no mundo todo na construção de edifícios de múltiplos andares, pontes, viadutos, passarelas, defensas, torres de transmissão, edifícios industriais, telhas, etc. Sua grande vantagem, além de dispensarem a pintura em certos ambientes, é possuírem uma resistência mecânica maior que a dos aços estruturais comuns (PANNONI, 2006).

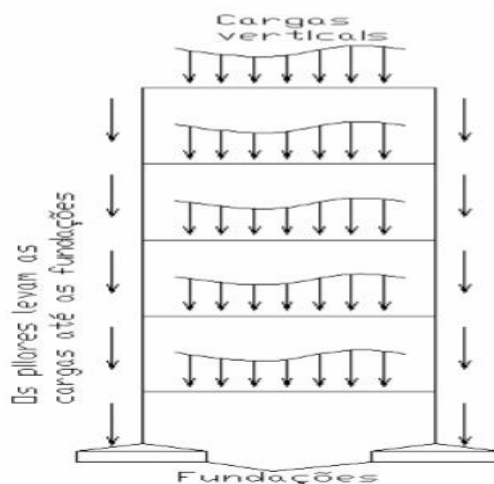
Em ambientes extremamente agressivos, como regiões que apresentam grande poluição por dióxido de enxofre ou aquelas próximas da orla marítima, a pintura lhes confere uma proteção superior àquela conferida aos aços comuns. No

Brasil, aços desse tipo encontram também grande aceitação entre os arquitetos. Além de inúmeras pontes e viadutos espalhados por todo o país, formam, por exemplo, a estrutura da catedral de Brasília e do edifício-sede da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (ABM), em São Paulo (PANNONI, 2006).

3.8 CONCEITO ESTRUTURAL BÁSICO

Tomando como modelo para elaboração do projeto a estrutura de uma edifício de múltiplos andares, percebe-se que geralmente, as estruturas desses edifícios são solicitadas por ações horizontais e verticais. Estas se dão devido à carga permanente pelo peso próprio das vigas, colunas, lajes, escadas, fachadas, caixa d'água, alvenarias, revestimentos, entre outros – e à sobrecarga – carga distribuída por metro quadrado nos andares, devido às pessoas, móveis, divisórias, e carga devido à água na caixa d'água, tubulações, etc. As ações verticais são absorvidas pelas lajes e transmitidas às vigas de aço. As vigas, por sua vez, transmitem as ações ou para outras vigas nas quais se apoiam ou diretamente para as colunas. Estas, por conseguinte, transmitem as ações verticais diretamente para as fundações, como pode-se observar na Figura 6 (ARAÚJO, 2010).

Figura 6 - Ação de forças verticais sobre estrutura de edifício.



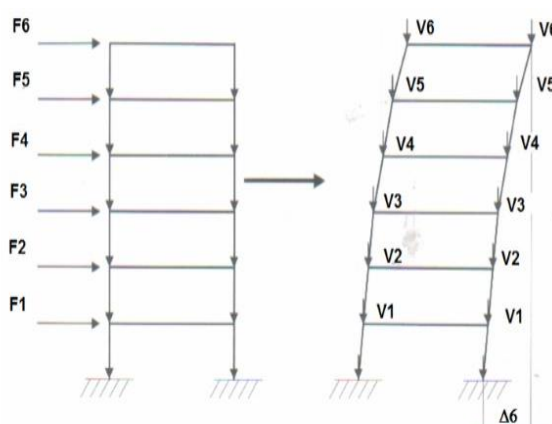
Fonte: Araújo (2010).

As ações horizontais são aquelas ocasionadas pelo vento sobre as faces expostas do edifício, provocando efeitos de pressão e sucção nas fachadas, dependendo da sua forma externa e resultando numa força global de arrasto na estrutura. Embora as Normas Brasileiras não considerem os efeitos sísmicos em

nosso território, eles também provocam ações horizontais nas estruturas (ARAÚJO, 2010).

O critério para a combinação básica de cálculo é estabelecido pela NBR 8681 (ABNT, 2003) descrito no item 4.2.1.2. A intensidade de efeito do vento, atuando isoladamente ou em conjunto com qualquer outra ação que também gere efeito horizontal, influencia terminantemente a solução estrutural a ser adotada – deve-se buscar a que resiste aos esforços horizontais de maneira mais econômica, observando-se os deslocamentos horizontais (Figura 7) (ARAÚJO, 2010).

Figura 7 - Ação de forças horizontais sobre estrutura de edifício.



Fonte: Araújo (2010).

Deslocamento horizontal de uma estrutura conforme o item da NBR 8800 (ABNT, 2008) - Anexo 1 - mostra os valores máximos recomendados para deformações horizontais em edifícios de múltiplos andares sob a ação dos valores nominais da carga de vento (aqueles obtidos diretamente na NBR 6123 (ABNT 1998) - Forças Devido ao Vento em Edificações, sem os coeficientes de ponderação das cargas). Em seguida é demonstrado a variação do deslocamento horizontal do edifício, relativo à base, devido a todos os efeitos:

- 1/500 da altura do edifício - deslocamento horizontal relativo entre dois pisos consecutivos, devido à força horizontal total no andar entre os dois pisos considerados, quando fachadas e divisórias (ou suas ligações com a estrutura) não absorvem as deformações da estrutura;
- 1/400 da altura do andar - idem, quando absorverem.

A escolha de cada uma delas deve depender da experiência do engenheiro estrutural e também ser baseada em estudos aprofundados constante da bibliografia técnica existente sobre o assunto (ARAÚJO, 2010).

3.9 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A execução de inspeções técnicas rotineiras e preventivas, realizadas nas estruturas metálicas, exerce um papel fundamental nas edificações evitando acidentes de trabalho, preservando o meio ambiente e mantendo a integridade e o pleno funcionamento das edificações e demais estruturas (CCMM, 2011).

O uso dos ensaios não destrutivos, executados unicamente ou em conjunto com outras técnicas de inspeção, permite que o engenheiro ou responsável técnico da edificação tenha parâmetros objetivos para avaliar, diagnosticar e apresentar um parecer técnico conclusivo da atual situação em que a estrutura se (CCMM, 2011).

Para se evitar danos maiores nas estruturas metálicas, a implantação de manutenções preventivas ou corretivas deve ser executada frequentemente, por profissionais com experiência neste tipo de avaliação e inspeções, utilizando os ensaios não destrutivos como uma ferramenta de grande importância, sendo possível avaliar a integridade e o atual estado de uso das edificações em estruturas metálicas (CCMM, 2011).

Técnicas de inspeção por ensaios não destrutivos, realizados por engenheiros e técnicos devidamente treinados e com experiência no assunto, permitem verificar a extensão dos danos e defeitos encontrados nas peças e ligações das estruturas metálicas. Estas inspeções servem como critério na tomada de decisão para aplicação de medidas de manutenções corretivas, preventivas ou até mesmo a tomada de decisão na reabilitação das estruturas (CCMM, 2011).

3.9.1 Plano de Manutenção

A existência de planos de manutenção nas edificações é fundamental para que se disponha do conhecimento atualizado das condições funcionais da estrutura de modo a que se possam programar antecipadamente as intervenções de conservação necessárias para que estas estruturas mantenham os níveis de segurança adequados e de desempenho durante seu tempo de vida, sem necessidade de grandes reparações. Estas intervenções devem prever a implantação de sistema de manutenção dos materiais verificando sua conformidade técnicas, operacionais e gestão (CCMM, 2011).

4 O ESTUDO DE CASO

O trabalho aborda um estudo de caso sobre manifestações patológicas estruturais numa edificação residencial convencional de três pavimentos motivadas pela imperícia de profissionais que não são qualificados ao exercício da engenharia civil, principalmente em sistemas estruturais e geotécnicos, e até mesmo pela ausência da presença desses profissionais.

Com isso, houveram recalques na fundação do imóvel estudado, que foram provocados pelo desconfinamento do seu subleito gerado pela edificação posteriormente construída na vizinhança, onde a figura Figura 8, exibi as duas edificações em estudo.

Figura 8 - Edificações analisadas.



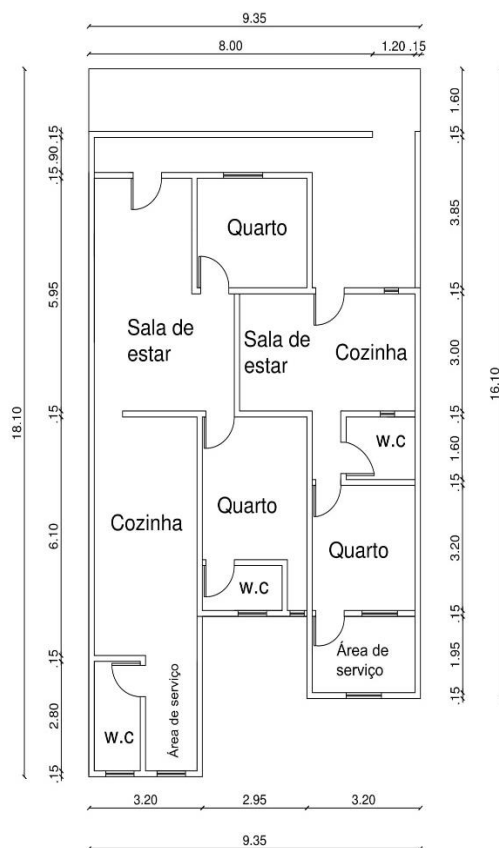
Fonte: O autor (2016).

4.1 CARACTERÍSTICA DA EDIFICAÇÃO

A Edificação estudada possui três pavimentos e faz vizinhança com uma residência que também foi analisada nesse estudo. A edificação do estudo de caso possui uma casa no primeiro pavimento (Figura 9) que vai ser alterada que foi executada com fundação com o sistema de vigas baldrame enterradas a uma certa altura do solo, havendo o sistema básico de viga, pilar e laje de concreto armado, com paredes de alvenaria de bloco cerâmico de seis furos, revestidas externamente com argamassa de cimento (reboco), e internamente com argamassa colante e piso

cerâmico tanto nas paredes quanto no chão, havendo dois quartos, uma cozinha, um banheiro e uma área de serviço. Com tempo de existência de 30 anos.

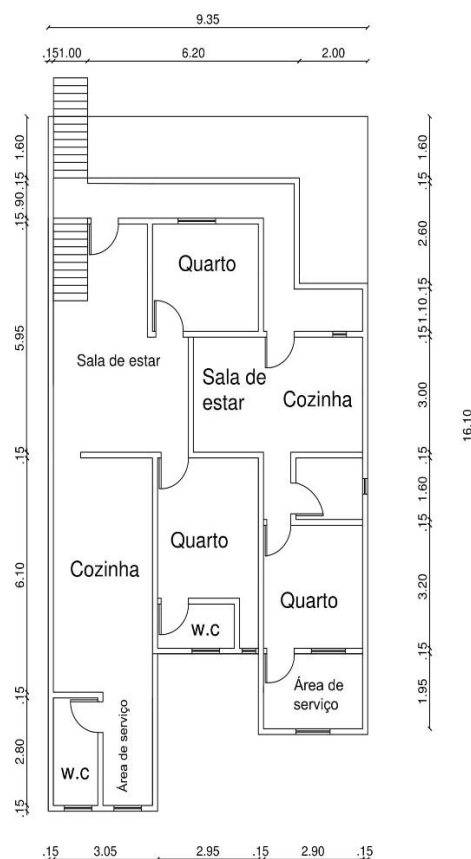
Figura 9 - Planta baixa do primeiro pavimento.



Fonte: O autor (2016).

Já o segundo pavimento possui um quarto, uma suíte, uma cozinha, uma área de serviço e uma varanda (Figura 10) vai ser editada ainda. Da mesma forma que o primeiro pavimento as paredes são de bloco cerâmico com seis furos, revestidas externamente com argamassa de cimento (reboco), e internamente com argamassa colante e piso cerâmico. No entanto, esse pavimento tem a laje da sala sendo do tipo maciça de concreto armado e a laje da cozinha sendo do tipo pré-moldada com treliças metálicas.

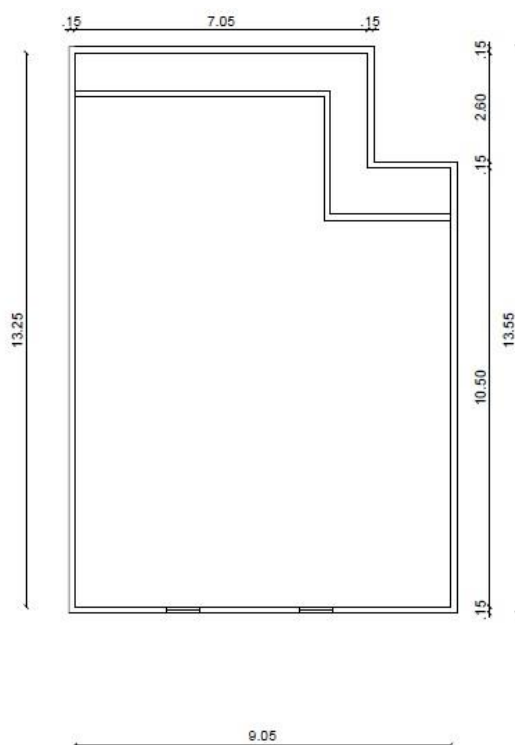
Figura 10 - Planta baixa do segundo pavimento.



Fonte: O autor (2016).

Por fim, no último pavimento (Figura 11) existem paredes de vedação apenas revestidas externamente com argamassa de cimento e internamente da mesma forma, a estrutura de telhado é em madeira, assenta-se sobre as paredes através de barrotes de madeira, sendo a coberta em telhas de fibrocimento, que é apoiada por três pilares de concreto armado. Esse pavimento é utilizado para acomodar o reservatório de abastecimento de água que contém 500 litros, e alguns objetos em desuso.

Figura 11 - Plantas baixas do terceiro pavimento.



Fonte: O autor (2016).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Mediante a principal suspeita do nexo causal, decidiu-se pela necessidade de ensaios no solo situado no quintal da edificação, visando obter a caracterização do material. Dessa forma retirou-se uma porção do solo, como demonstra a (Figura 9) onde inicialmente se fez uma limpeza na superfície do material coletado afim de eliminar qualquer resíduo que não faça parte originalmente desse solo (matéria orgânica). Escavou-se um buraco com profundidade 1,5m, de 0,80m de diâmetro, distante de 0,30 m do muro que delimita a área construída da edificação de três pavimentos e nas proximidades da edificação vizinha.

Em busca de obter a caracterização física, realizou-se os ensaios de análise granulométrica, limites de Atterberg (limite de liquidez e limite de plasticidade), massa específica real dos grãos e compactação. Os ensaios de análise granulométrica tiveram como base as diretrizes prescritas na NBR 7181 (ABNT, 1984). Os limites de Atterberg foram realizados de acordo com a norma NBR 6459 (ABNT, 1984) para o limite de liquidez a norma NBR 7180 (ABNT, 1984) para o limite de plasticidade. Os ensaios de massa específica real dos grãos seguiram as

prescrições normativas da NBR 6508 (ABNT, 1984). Os ensaios de compactação embasaram-se nas diretrizes prescritas na NBR 7182 (ABNT, 1984).

4.2.1.1 Análise granulométrica

O ensaio de granulometria foi realizado, sequencialmente, pelo peneiramento dos grãos grossos do material que ficou retido na peneira número 10. Depois, prosseguiu-se com a sedimentação de uma amostra do material passante na #10. Por fim, foi realizado o peneiramento dos grãos finos oriundos da etapa de sedimentação, após serem lavados na #nº200, a fim de retirar todas as partículas de silte e de argila.

4.2.1.2 Consistência do solo (limites de Atterberg)

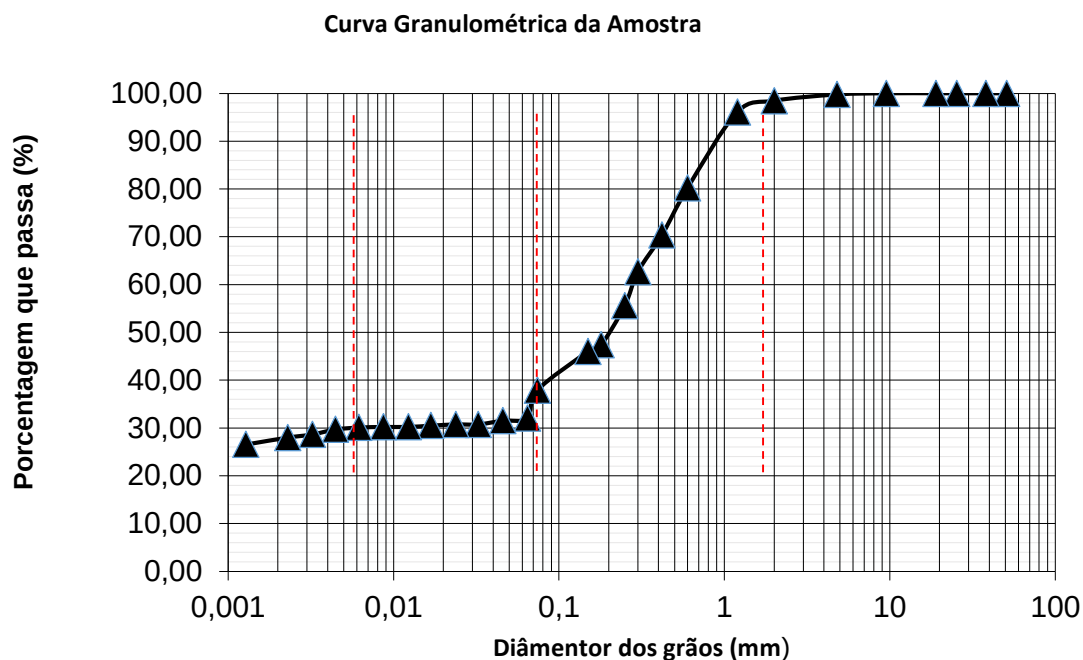
Realizou-se os ensaios de Limite de Atterberg como, Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e Limite de Contração, buscando avaliar o comportamento principalmente em relação a sua plasticidade. As amostras utilizadas nestes ensaios foram retiradas do material passante na peneira de número 40.

4.2.1.3 Ensaios para caracterização mecânica

Na etapa de caracterização mecânica, a análise foi constituída por ensaio de expansão do material. O ensaio de expansão foram executados conforme a NBR 9895 (ABNT, 1987).

4.2.1.4 Análise granulométrica

A curva granulométrica do solo está apresentada no (Gráfico 1). Com base na curva, verificou-se as características das partículas presentes no solo.

Gráfico 1 - Curva granulométrica da amostra coletada em estudo

Fonte: O autor (2016).

Com base na curva granulométrica, verificou-se que também para o solo não foi possível determinar os coeficientes de uniformidade (C_u) e coeficiente de curvatura (C_c), porque não possuem material passante com porcentagem menor ou igual a 10%, ou seja, não apresentam o valor correspondente ao diâmetro efetivo, o D_{10} .

Na Tabela 1, são mostrados os percentuais de pedregulho, areia, silte e argila presentes nas amostras.

Tabela 1 - Porcentagens das faixas granulométricas.

AMOSTRA	PEDREGULHO (%)	AREIA (%)	SILTE (%)	ARGILA (%)
Solo	1,56	66,38	4,07	27,99

Fonte: O autor (2016).

4.2.1.5 Consistência do solo (limites de Atterberg)

A Tabela 2 apresenta os parâmetros fornecidos pelos ensaios de limite de liquidez, de limite de plasticidade, bem como a classificação dos materiais em relação à plasticidade.

Tabela 2 - Resultados dos limites de Atterberg e classificação quanto à plasticidade.

AMOSTRA	LL(%)	LP (%)	IP (%)	CLASSIFICAÇÃO (%)
S	21,3	15,134	6,2	Fracamente plástico

Fonte: O autor (2016).

Os resultados dos limites de Atterberg indicam um solo que pode ser classificado como um material fracamente plástico ($1 < IP < 7$).

4.2.1.6 Massa específica dos grãos

De acordo com resultados dos ensaios, o valor para a massa específica dos grãos do solo foi de 2,651g/cm³, resultado típico de materiais arenosos.

4.2.1.7 Classificação do solo

Ao obter os resultados dos ensaios de granulometria e índices de consistência, o solo pode ser classificado em diferentes sistemas de classificação, de acordo com a tabela abaixo.

Tabela 3 - Classificação dos materiais.

AMOSTRA	ABNT	SUCS	TRB
S	Areia argilosa com vestígios de pedregulho e silte	SC	A-2-4

Fonte: O autor (2016).

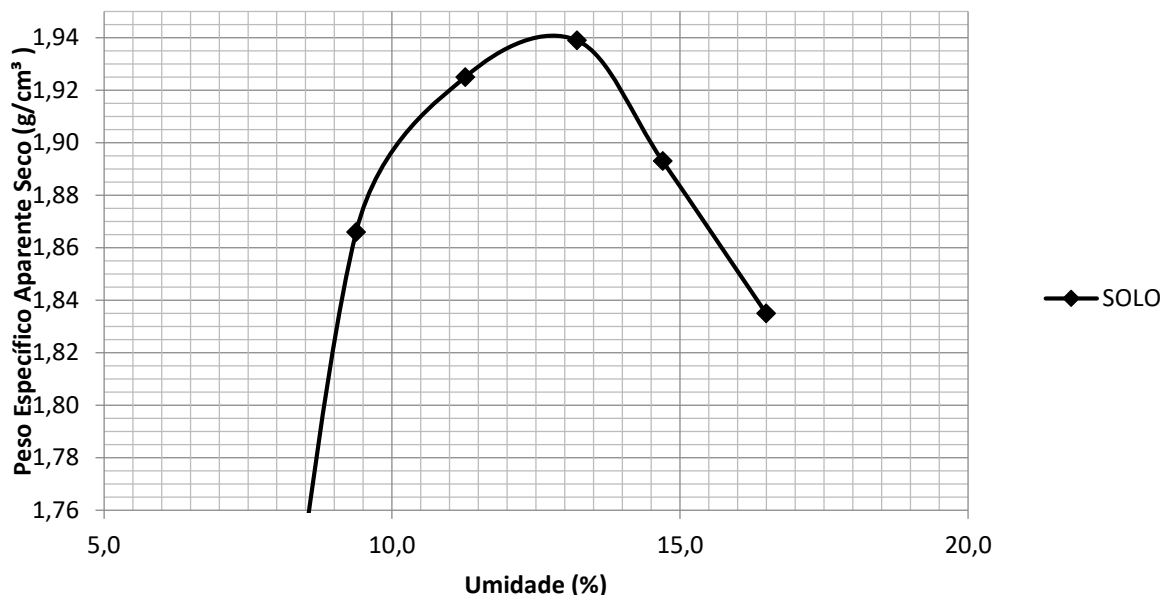
A classificação SUCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos) ou USCS (Unified Soil Classification System) foi desenvolvida originalmente pelo professor Arthur Casagrande, na Universidade de Harvard, EUA, entre os anos de 1942 e 1944, visando a aplicação na seleção de materiais para os projetos de pavimentos de aeroportos, sendo conhecida também como Sistema de Classificação de Aeroportos. O sistema considera como principais parâmetros classificatórios a distribuição e a forma da curva granulométrica, o limite de liquidez, o índice de plasticidade e a compressibilidade dos solos (DNIT, 2006).

4.2.1.8 Obtenção da compactação

Os dados que estão no (Gráfico 2), apresentam a curva de compactação do material. Tendo como referência a curva, foram obtidos os valores de umidade ótima

(w_{ot}) e do peso específico aparente seco máximo ($\rho_{dm\acute{a}x}$) de cada amostra, cujos valores estão apresentados na Tabela 4.

Gráfico 2 - Curva de compactação do material em estudo.



Fonte: O autor (2016).

Tabela 4 - Valores de umidade ótima e peso específico aparente seco máximo das amostras.

AMOSTRA	w_{ot} (%)	$\rho_{dm\acute{a}x}$ (g/cm³)
S	13,5	1,94

Fonte: O autor (2016).

De acordo com a curva, o solo pode ser classificado como areias finas argilosas lateríticas com $w_{ot} = 12$ a 14% e $\rho_{dm\acute{a}x} = 19 \text{ KN/m}^3$, onde é um solo com ramo seco nitidamente íngreme.

4.2.1.9 Obtenção da expansão do solo

Observou-se que o solo absorveu $0,2\%$ de massa de água(g).

4.3 LEVANTAMENTO ALTIMÉTRICO

O levantamento Altimétrico é imprescindível para o diagnóstico, pois através dele é possível chegar aos níveis de cada terreno, devido a principal suspeita da causa do problema ser o recalque diferencial da fundação por meio de uma escavação mais profunda gerada pela fundação vizinha que afetou a edificação de 3

4.4 INSPEÇÃO VISUAL

Para investigação do problema foram tiradas fotos das fissuras encontradas, na Figura 13 que segue logo abaixo, mostra a rachadura encontrada na laje do segundo pavimento, já a Figura 14 exibi a fissura encontrada na parede do próprio cômodo do mesmo pavimento, enquanto na Figura 15 apresenta a fissura localizada na parede do terceiro pavimento

Figura 13 – Fissura presente na laje.



Fonte: O autor (2016).

Figura 14 – Fissura presentes na parede.



Fonte: O autor (2016).

Figura 15 – Fissura presente no segundo pavimento.



Fonte: O autor (2016).

Percebe-se que as fissuras presentes nas paredes de alvenaria têm uma predominância de um alinhamento vertical e com sentido ortogonal ao esforço de tração, já na laje as fissuras tem predominância horizontal, demonstrando a movimentação da laje devido ao esforço sofrido pelo recalque diferencial na fundação

Verificou-se também que não houve nenhuma preocupação no momento da execução da fundação da edificação vizinha, pelo fato de estar apenas 20 cm próximo da edificação de três pavimento, deveria tomar-se cuidados com contenção do solo no momento, tais cuidados seriam imprescindíveis para evitar o desconfinamento do solo.

Outro fato importante a ser constatado, foi que não houve nenhum tipo de manifestação patológica na edificação vizinha, onde foi feita uma vistoria na edificação e um questionamento com o proprietário sobre tal aparição, principalmente de fissuras, isso demonstra que somente uma edificação sofreu com o desconfinamento do solo.

Em relação a saturação do solo devido as água pluviais, percebeu-se que o solo, de ambas edificações está completamente cimentado, e até mesmo com presença de uma pequena porção de cobertura vegetal, no caso na edificação de três pavimentos, fazendo com que haja uma certa drenagem e dissipação de água pelo terreno.

Observou-se que na edificação de três pavimentos existem vãos de 6 m sem pilares intermediários, apenas com paredes de alvenaria, fazendo com que essas paredes trabalhem com maiores tensões facilitando sua fissuração.

4.5 EXTENSOMETRIA

Notou-se que não houve nenhuma fissura ou danos nos insertes de gessos inseridos nas paredes, com demonstra a Figura 16, mostrando que até o momento a movimentação do solo está estabilizada, como também não ocorreu aumento nas aberturas das fissuras em nenhuma das paredes e nem o surgimento de novas fissuras, tanto na edificação de três pavimentos quanto na edificação vizinha

Figura 16 – Placa de gesso para verificação de vibração na estrutura.



Fonte: O autor (2016).

4.6 DETERMINAÇÃO DOS CARREGAMENTOS

Este tópico demonstra a alternativa para o reforço da edificação residencial de três pavimentos com o uso de perfis metálicos. Logo abaixo estão retratados desde as ações que devem ser consideradas, assim como os materiais primordiais que devem ser inseridos em tais eventos.

4.6.1 Ações Verticais

A norma ABNT (NBR 6120, 1980) fornece as cargas a serem consideradas na estrutura.

4.6.1.1 Cargas permanentes

Os pesos próprios dos elementos (cintas, vigas e pilares) foram calculados em função do peso específico dos seus respectivos materiais e das dimensões das seções transversais dos diversos elementos. O peso específico para o concreto armado adotado foi de 25 KN/m³ e um peso específico de 13 KN/m³ para a alvenaria de tijolos cerâmicos. A espessura da parede do edifício foi considerada com 15 cm (espessura do bloco + revestimento). Vale ressaltar que transformou-se todas as unidades para tf (tonelada força, para serem inseridas no software Metálicas 3D).

De acordo com a norma ABNT (NBR 6120, 2014), inseriu-se os valores das cargas abaixo:

- Sobrecarga nas lajes 1,5 KN/m².
- Revestimento: 1 KN/m².

Para encontrar a carga de parede na laje (q), utilizou-se a fórmula abaixo:

$$q = \frac{e \times A_{\text{parede}} \times \gamma_{\text{alv}}}{A_{\text{laje}}}$$

Onde:

- e = espessura da parede (≈ 15 cm);
- A_{parede} = área das paredes dos pavimentos;
- γ_{alv} = peso específico da alvenaria;
- A_{laje} = área total da laje.
- Peso das paredes do terceiro pavimento:

Sabendo-se que o pé direito é de 2,85 m, encontrou-se a Área da parede do terceiro pavimento da seguinte forma:

- Paredes externas = (9,35 x 2,85) x 2 + (13,25 x 2,85) x 2 = **128.820 m²**
- Paredes internas = (5,15 x 2,85) + (2,80 x 2,85) + (3,05 x 2,85) = **31.350 m²**
- Paredes externas + Paredes internas = **160.170 m²**

Assim, a carga das paredes do terceiro pavimento, será:

$$q = \frac{0,15 \times 160,17 \times 13}{121,1416} = 2,578 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{0,2578 \text{ tf/m}^2}$$

Encontrou-se a Área da parede do segundo pavimento da seguinte forma:

- Paredes externas = (8,20 x 2,85) + (1,45 x 2,85) + (9,05 x 2,85) x (14,20 x 2,85) = 141.218 m²

- Paredes internas = $(6,15 \times 2,85) \times 3 + (1,45 \times 2,85) + (13,15 \times 2,85) \times 2 + (1,70 \times 2,85) + (2,40 \times 2,85) + (1,15 \times 2,85) + (1,60 \times 2,85) + (2,90 \times 2,85) \times 5 = \mathbf{192.518 \text{ m}^2}$
- Paredes externas + Paredes internas = **333.736 m²**

Cálculo da carga das paredes do segundo e do primeiro pavimento:

$$q = \frac{0,15 \times 333.736 \times 13}{130.23} = 4,997 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{0, 4997 \text{ tf/m}^2}$$

De acordo com Moliterno (2010), para encontrar a carga permanente total por m² em projeção horizontal do telhado utilizou-se a fórmula:

$$\mathbf{g_{telhado} = g_{telhas} + g_{terças} + g_{oitões}}$$

Carga das telhas:

$$\mathbf{G_{telha} = \frac{P}{C \times l}}$$

Onde:

- P = Peso da telha (BRASILIT, 2008);
- C = comprimento da telha (BRASILIT, 2008);
- l = largura da telha (BRASILIT, 2008).

$$G_{telha} = \frac{16,30}{1,22 \times 1,10} = 12,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = \mathbf{0,00122 \frac{tf}{m^2}}$$

Carga das terças:

Para chapas onduladas de cimento – amianto, com vão máximo igual a 4 m o peso próprio das terças é de 45N/m² equivalente a 4,5 tf/m². (MOLITERNO,2010). Com isso para obter o peso das terças utilizou-se a fórmula:

$$\mathbf{g_{terças} = \frac{P}{A}}$$

Onde:

- P = Peso das terças;
- Área do pavimento onde há a cobertura.

Tem-se que:

$$\frac{4,5}{121,141} = \mathbf{0, 037 \frac{kg}{m^2} \approx 0,00004 \frac{tf}{m^2}}$$

Sendo que o peso do telhado é:

$$\mathbf{g_{telhado} = 0,0158 + 0,00004 = 0,0158 \frac{tf}{m^2}}$$

De acordo com o levantamento de dados e elaboração dos projetos arquitetônicos e estruturais, respectivamente a determinação das ações atuantes na estrutura, uma análise foi feita através do programa comercial Novo Metálica 3D. No que consiste em informar ao programa os mais diversos tipos de carregamentos atuantes, definidos pela sua natureza, o qual gera automaticamente as combinações de carregamento, tendo como principal saída para este caso o status (atende ou não atende quaisquer das verificações de segurança) de cada barra.

4.6.1.2 Cargas acidentais

Para as cargas acidentais consideradas na composição dos carregamentos do edifício modelado foram as seguintes sobrecargas definidas pela Norma NBR-6120 (ABNT, 2014).

- Quartos, salas, cozinhas e banheiros: $1,5 \text{ KN/m}^2$;
- Área de serviço: $2,0 \text{ KN/m}^2$;
- Argamassa de gesso (destinado ao forro): $0,5 \text{ KN/m}^2$;
- No reservatório superior, foi considerado o empuxo da água agindo nas paredes e laje de fundo e sobrecarga de $1,0 \text{ KN/m}^2$.

4.6.2 Cargas Horizontais

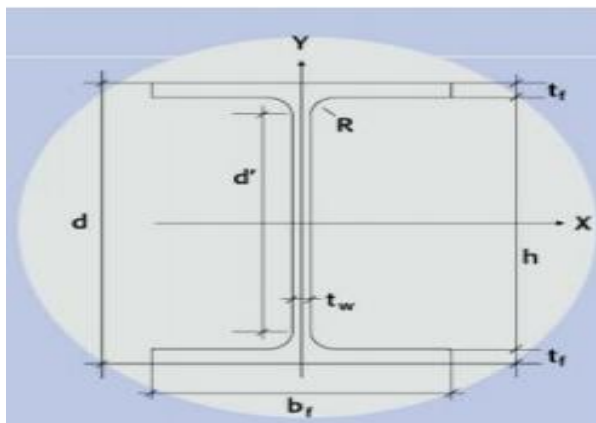
Como ainda não existe uma norma para o cálculo de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos vazados, foi considerada a norma NBR 10837 (ABNT, 2000) equivalente para blocos em concreto. De acordo com essa norma, se o prédio possuir paredes enrijecedoras e tiver menos de cinco pavimentos, a ação do vento pode ser desprezada. Por esse motivo, pelo fato da edificação do estudo de caso possuir características referidas anteriormente, o efeito do vento foi desconsiderado.

4.6.2.1 Perfis para pilares

Para este projeto utilizou-se perfis soldados VS 300 x 33 e para vigas e CS 250 x 52, sendo perfis I para as vigas e perfis H para os pilares, e o tipo de aço foi o ASTM A- 572 Grau 50, o dimensionamento do tamanho do perfil se deu através do carregamento inserido no programa.

Perfis utilizados para as colunas: Nos edifícios de andares múltiplos as colunas são dimensionadas fundamentalmente à compressão. Então, são utilizados perfis que possuam inércia significativa também em relação ao eixo de menor inércia, como é o caso dos perfis “H” que têm largura da mesa, igual ou próxima à altura da seção. A seguir são apresentados perfis utilizados como colunas (Figura 17).

Figura 17 - Perfis gerdaus em “h” utilizados como colunas.



Fonte: Araújo (2010).

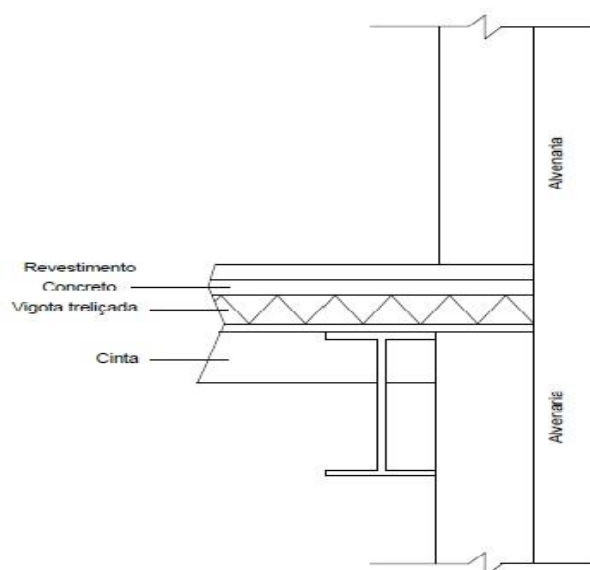
4.6.2.2 Perfis para vigas

Os perfis utilizados nas vigas dos edifícios perfis “I”, preferencialmente, é feita considerando que eles terão a mesa superior simplesmente apoiada pelas lajes, trabalhando, portanto, como vigas isoladas cujas verificações de estabilidade foram verificadas pelo programa conforme descrito anteriormente neste capítulo, atendendo às solicitações devido ao fenômeno de flambagem lateral com torção. Esta foi a solução adotada no projeto desenvolvido neste trabalho (ARAÚJO, 2010).

4.6.2.3 Arranjo para lajes pré-moldadas

Nesse caso os painéis pré-moldados de laje receberão perfis metálicos, colocado diretamente sob sua face inferior (Figura 18), sem a necessidade de escoramentos, sendo apenas posicionada em seu local definitivo e com o auxílio de macaco hidráulico aplica-se uma pré-carga equivalente a aproximadamente 30% da reação da laje sobre as paredes, com o propósito de bem ajustá-las para o procedimento de soldagem aos pilares metálicos, com a vantagem da liberação imediata da área para outros serviços (ARAÚJO, 2010).

Figura 18 – Arranjo da viga na laje



Fonte: Araújo (2010).

4.6.2.4 Emprego da estrutura metálica na Edificação

A solução consiste na confecção de uma “arranjo” para conceber a edificação, feita por perfis metálicos para o edifício de alvenaria resistente. Os pilares metálicos serão colocados por fora da construção nos dois lados em posições simétricas, nascendo em sapatas isoladas prosseguindo até o topo da edificação. Então, faz-se a ligação de ambos através de vigas metálicas que atravessam as paredes (Figura 19) e dão apoio às lajes segundo a orientação das nervuras que as originam.

Figura 19 – Trama do vigaamento empregado.



Fonte: Araújo (2010).

4.6.2.5 Pintura

A pintura é o principal meio de proteção das estruturas metálicas. Tintas são suspensões homogêneas de partículas sólidas (pigmentos) dispersas em um líquido (veículo), em presença de componentes em menores proporções, chamados de aditivos. Os pigmentos são pós orgânicos ou inorgânicos finamente divididos (aprox. 5 µm de diâmetro). Em suspensão na tinta líquida, são aglomerados pela resina após a secagem, formando uma camada uniforme sobre o substrato. Os pigmentos promovem a cor, opacidade, coesão e inibição do processo corrosivo, e também a consistência, a dureza e resistência da película (CBCA, 2012).

As tintas de fundo, conhecidas como, são costumeiramente classificadas de acordo com o principal pigmento anticorrosivo participante, enquanto que as tintas intermediárias e de acabamento são usualmente classificadas de acordo com a resina empregada, como por exemplo, epoxídicas, acrílicas, alquídicas, etc (CBCA, 2012).

Para este trabalho optou-se pela proteção através da tinta poliuretânica. Pode-se dizer que as tintas bicomponentes em que o componente A é baseado em resina de poliéster ou resina acrílica, e o B, o agente de cura, é à base de isocianato alifático. As tintas poliuretânicas são bastante resistentes ao intemperismo. Assim, são indicadas para a pintura de acabamento em estruturas expostas ao tempo. São compatíveis com primers epoxídicos e resistem por muitos anos com menor perda da cor e do brilho originais (CBCA, 2012).

4.6.2.6 Tintas intumescentes

A proteção térmica dos elementos estruturais de aço (proteção passiva) é o meio mais comum de se proteger o aço contra o incêndio, dessa forma, vários são os materiais utilizados com esta finalidade, tais como as argamassas projetadas, tintas intumescentes, mantas cerâmicas ou de lã de rocha basáltica, gesso acartonado e outros (CBCA, 2012).

Para a proteção térmica definiu-se, o tipo argamassa projetada.

4.6.2.7 Argamassa projetada

São produtos com alto conteúdo de aglomerantes que, quando misturados com água, geram uma massa fluida que pode ser bombeada. São apresentados como produtos de baixa, média ou alta densidade, e são constituídos basicamente de gesso (aproximadamente 80% do peso seco), cimento Portland (em materiais de média e alta densidade), resinas acrílicas e cargas inertes, tais como poliestireno expandido, celulose e conservantes (CBCA, 2010).

Materiais de baixa densidade são aplicados, de modo geral, em obras internas. Materiais de média densidade são utilizados em obras internas com requisitos de certa resistência ao impacto e à umidade. Materiais de alta densidade são utilizados em obras externas onde o risco de impacto é alto, assim como a umidade (CBCA, 2010).

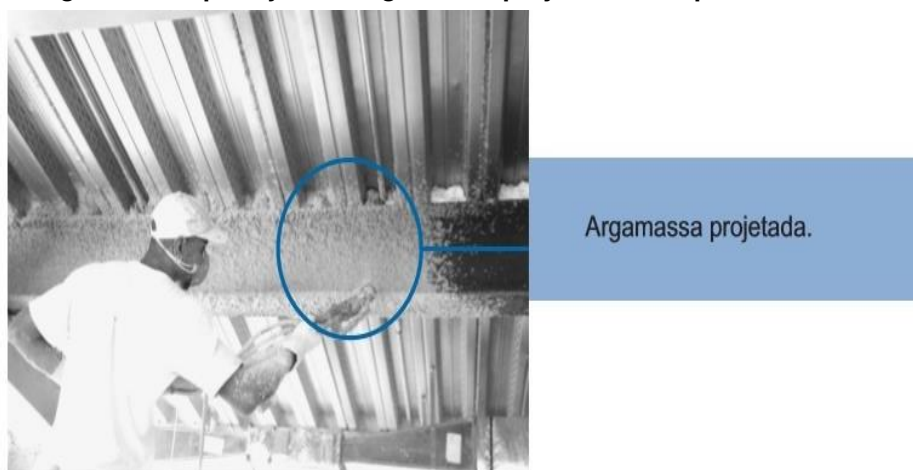
Estes produtos, de modo geral, não necessitam, para sua aplicação, da retirada da carepa de laminação e de alguma ferrugem formada. Antes da projeção, faz-se uma limpeza manual, retirando-se o material solto sobre a superfície.

Para aplicações típicas em interiores, como demonstra a (Figura 20), onde o aço será enclausurado em um ambiente controlado, a utilização de um primer é, de modo geral, desnecessária. Exceções são as áreas de alta umidade, como piscinas, lavanderias, cozinhas, etc. Nestas, é recomendável o uso de primers para a proteção contra a corrosão, e eventualmente, pode ser necessária a adoção de uma ponte de aderência, que consiste de uma base acrílica solúvel em água (CBCA, 2010).

Aços não pintados apresentam a melhor condição de aderência dos materiais, dispensando a utilização de elementos de ancoragem, salvo peças de excessiva altura (CBCA, 2010).

Quando a temperatura ambiente atinge 90 C - 150 C, as ligações químicas existentes no gesso hidratado começam a se romper, liberando água de hidratação. Esta reação absorve a energia do fogo, que seria conduzida ao aço. Este processo permite ao aço manter uma temperatura relativamente baixa por 20 a 30 minutos durante a primeira hora crítica do incêndio. A mesma consideração é aplicada para placas de gesso acartonado (CBCA, 2010).

Figura 20 – Aplicação da argamassa projetada num perfil metálico.



Fonte: CBCA (2010).

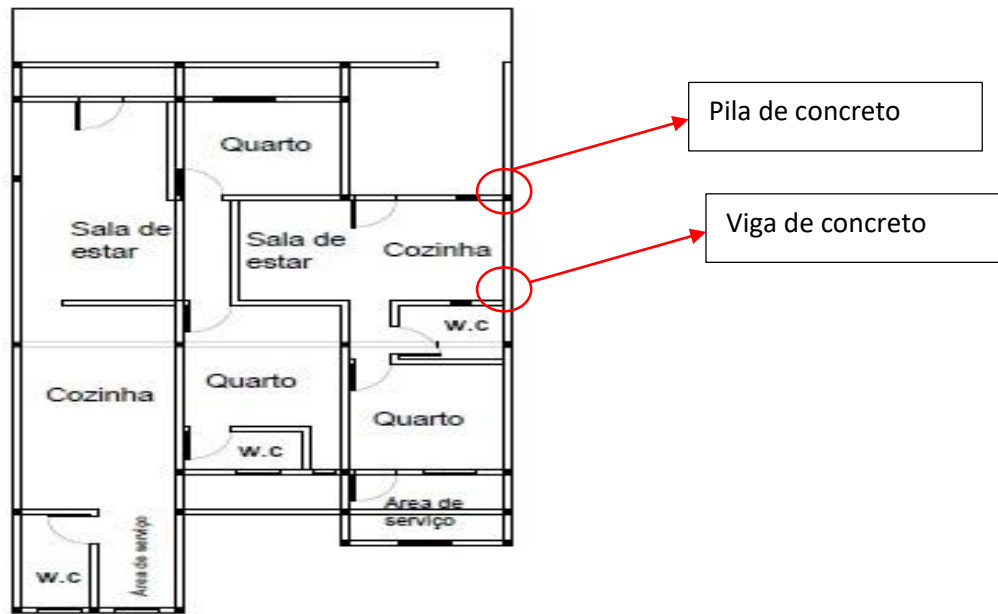
4.7 ELABORAÇÃO DO MODELO ESTRUTURAL

Procurou-se elaborar um modelo de projeto estrutural para o reforço da edificação, que possa servir como referência para um futuro projeto executivo definitivo na edificação.

Nesse sentido elaborou-se as plantas baixas a partir de croquis e medições *in loco*, vale salientar que não existia nenhum tipo de projeto arquitetônico e nem estrutural da edificação residencial, sendo que os projetos apresentados no corpo deste trabalho foram confeccionados para auxiliar a geração do pórtico metálico.

A partir do momento que elaborou-se as plantas baixas dos pavimentos, houve a necessidade de identificar a posição dos pilares e vigas conforme as Figuras 21, 22 e 23 para daí ter a possibilidade de prever um lançamento dos perfis metálicos, onde buscou-se uma organização entre a parte estrutural existente e os novos perfis a serem instalados, de maneira que evitou o choque de pilar de concreto com pilar metálico por exemplo, que serve de alicerce para o lançamento da estrutura metálica.

Figura 21 – Planta baixa de vigas e pilares de concreto do primeiro pavimento.



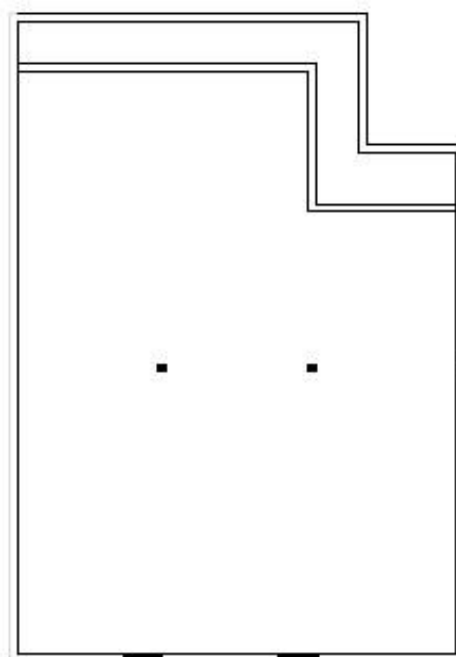
Fonte: O autor (2016).

Figura 22 - Planta baixa de vigas e pilares de concreto do segundo pavimento.



Fonte: O autor (2016).

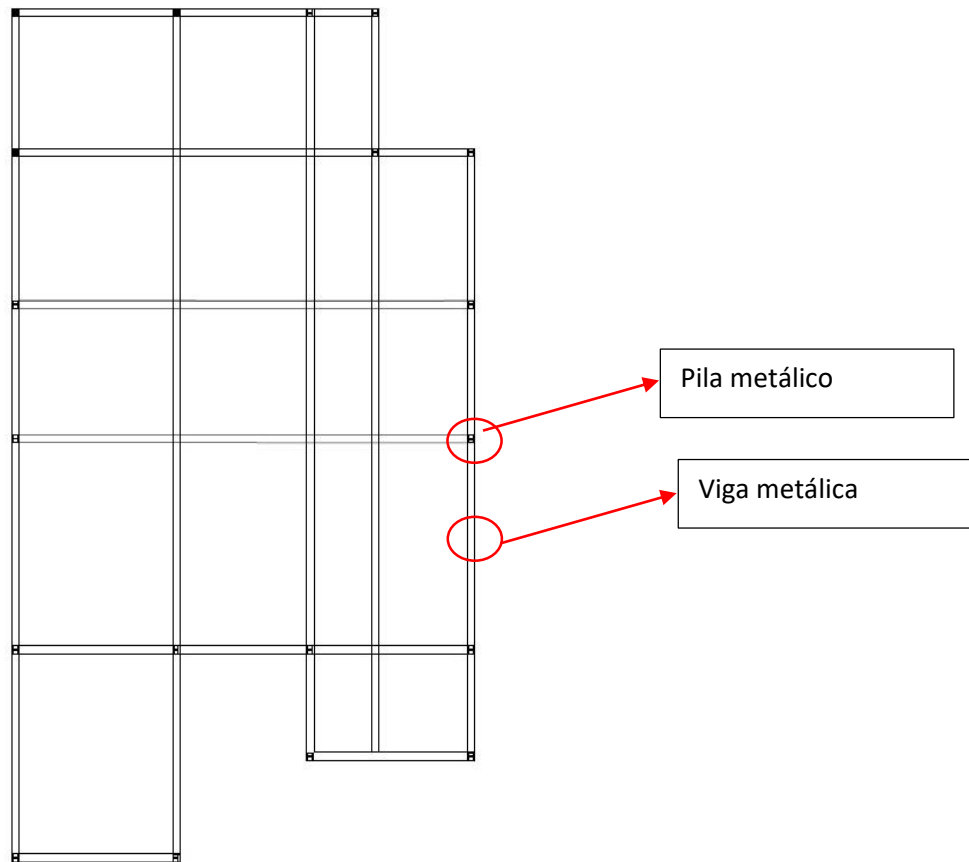
Figura 23 - Planta baixa de vigas e pilares de concreto do segundo pavimento.



Fonte: O autor (2016).

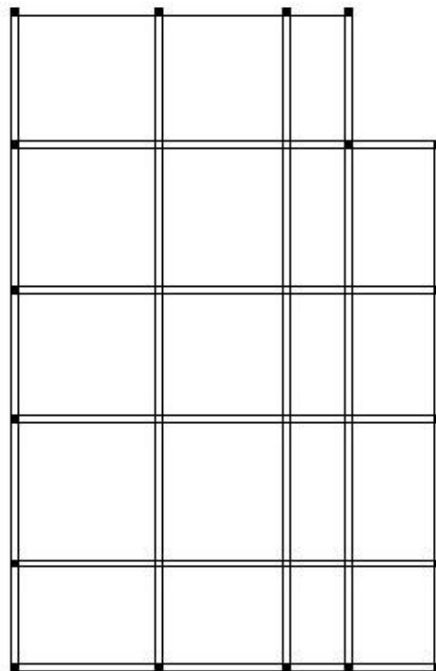
Com base nessas informações procurou-se fazer o lançamento da estrutura metálica, Figuras 24 e 25, de acordo com as condições estruturais da edificação, os pilares foram inseridos na parte externa da edificação para que não houvesse nenhum perfil passando por dentro da residência, pois entende-se que isso não seria agradável visivelmente para os moradores e também ocuparia um espaço considerável na área dos pavimentos, além de perfurar a estrutura afetando na resistência da mesma, uma vez que para passar as vigas metálicas, se faz necessidade de uma perfuração na alvenaria de bloco existente.

Figura 24 – Planta de lançamento da estrutura metálica do 1º e do 2º pavimento.



Fonte: O autor (2016).

Figura 25 - Planta de lançamento da estrutura metálica do 3º pavimento.



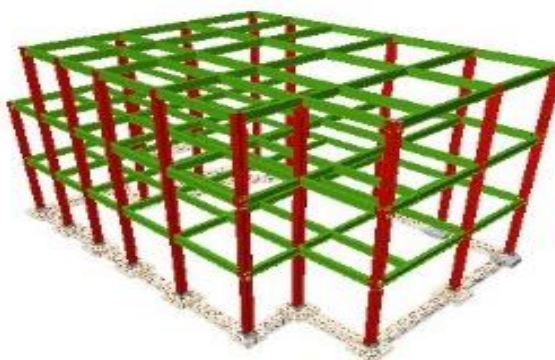
Fonte: O autor (2016).

Dessa forma gerou-se o pórtico (Figura 26) que foi analisado através de um programa de análise estrutural Novo Metálica 3D. Escolheu-se um arranjo simples para o encontro de vigas e pilares para que caso houvesse o desejo de execução, a compatibilização dos projetos seria mais fácil.

Enfatiza-se que o estudo de caso visou abranger toda levantamento técnico pertinente a edificação residencial necessário para a construção do modelo estrutural e apresenta-lo de forma didática.

O Novo Metálica 3D, além da geração do pórtico e a análise estrutural, o programa oferece como saída também toda a relação de materiais, reações dos apoios, esforços solicitantes, bem como o status de todas as verificações dos perfis considerados na obra.

Figura 26 - Pórtico em 3D.



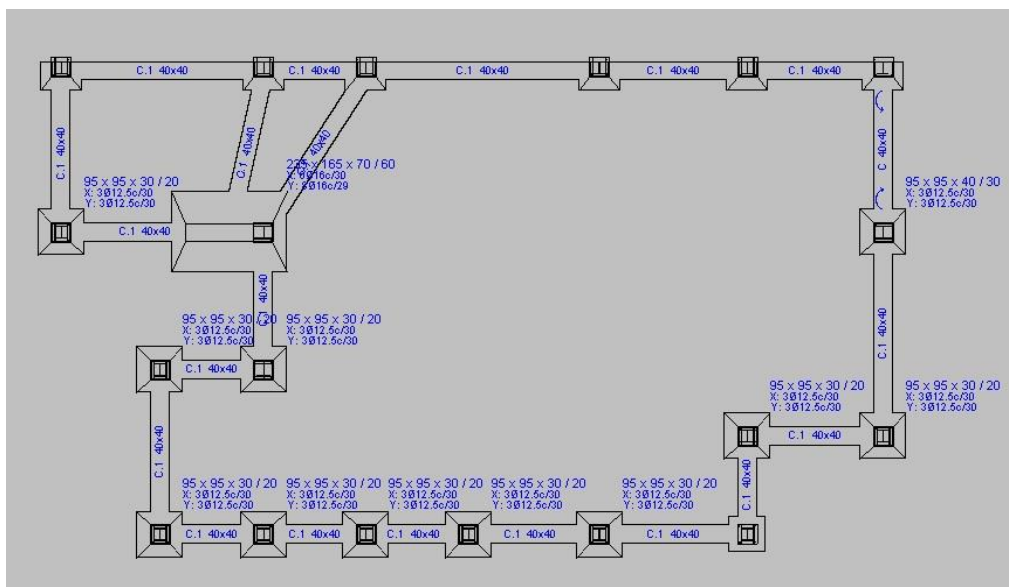
Fonte: O autor (2016).

Para a elaboração da fundação do pórtico, teve-se a necessidade de utilizar sapatas excêntricas numa das faces da estrutura, pois está faz divisa com outra edificação residencial, e com isso não seria possível a execução da sapata isolada como nas demais regiões da área da edificação.

Como também fez-se a amarração das sapatas com vigas de travamento, cuja finalidade foi transmitir os momentos devido as excentricidades geradas pelas sapatas de divisa e também tornara a fundação mais coesa.

Deste modo todas as cargas e detalhamento da fundação foram feitos também pelo software Novo Metálicas 3D, esta fundação foi detalhada de acordo com os perfis estabelecidos pelo programa, como indica a (Figura 27).

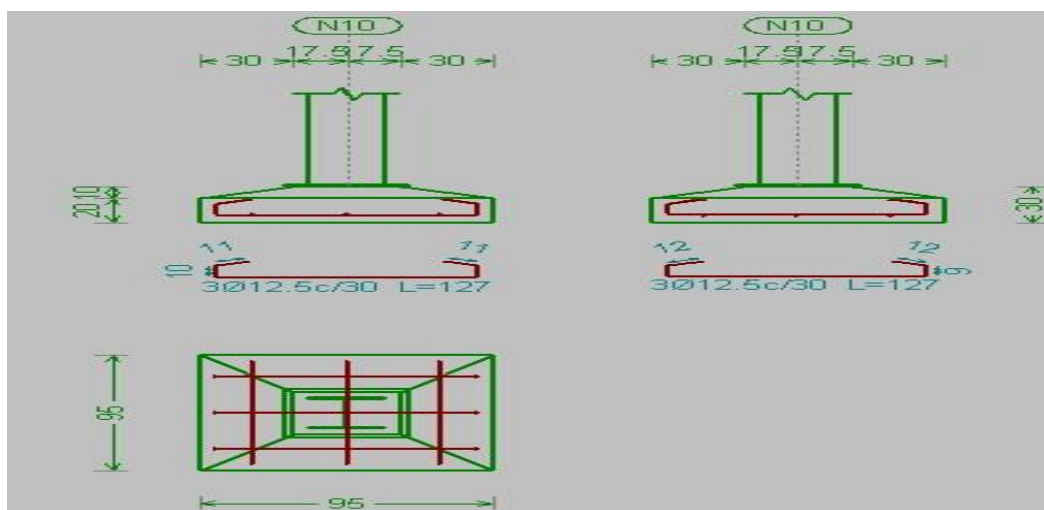
Figura 27 - Planta de fundação.



Fonte: O autor (2016).

Cada sapata foi detalhada pelo software, mas como este projeto é um modelo referencial não abordou-se todo o detalhamento, é demonstrado logo abaixo através da (Figura 28) como foi feito um tipo detalhamento, deixando como base para um futuro projeto executivo definitivo.

Figura 28 – Detalhamento de uma sapata presente na fundação.



Fonte: O autor (2016).

A partir da definição do modelo estrutural da edificação, que se fez a representação por elementos de barra, fez-se a determinação das ações atuantes nele e respectivamente uma análise através do programa Novo Metálicas 3D.

No que consiste em informar ao programa os mais diversos tipos de carregamentos atuantes, definidos pela sua natureza, o qual gera automaticamente

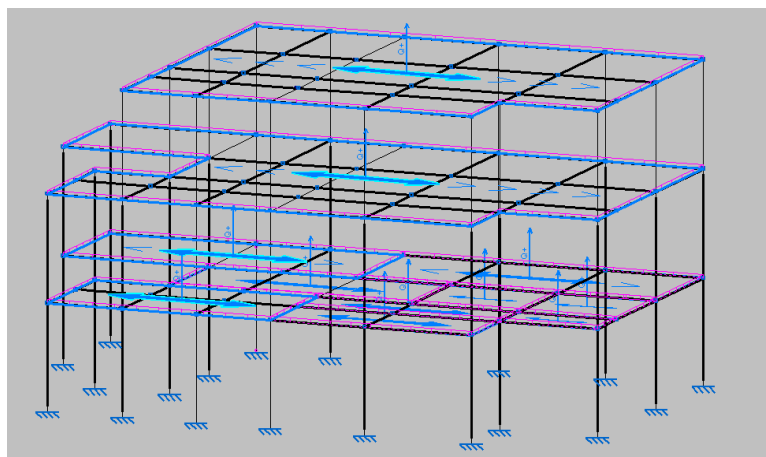
as combinações de carregamento, tendo como principal saída para este caso o status (atende ou não atende quaisquer das verificações de segurança) de cada barra (ARAÚJO, 2010).

Visto que a orientação do sentido das nervuras das lajes, não estavam presentes em projeto, fez-se uma inspeção visual com intuito de entender como foi feita tal distribuição. Devido à dificuldade construtiva encontrada, do acontecimento de reformas e alterações na estrutura, não foi possível chegar a uma conclusão clara em relação as nervuras das lajes, como não foi possível fazer nenhuma perfuração para investigação da estrutura, adotou-se um sentido para padronizar o projeto tridimensional e facilitar a análise feita pelo programa. Com isso obteve-se sucesso nas análises estruturais geradas pelo programa, o modelo estrutural atendeu as solicitações que lhe foram submetidas, respectivamente fez-se o dimensionamento dos perfis com base nesse quesito.

Além disso foi feito o levantamento das cargas que entendeu-se pertinentes no carregamento da estrutura, descritas no tópico 4.6 (Determinação dos carregamentos), e inseridas no programa para fazer o dimensionamento dos perfis.

Neste Programa ainda é possível a visualização dessas ações (individual por natureza ou geral) através do pórtico tridimensional representado na Figura 29

Figura 29- Detalhamento do modelo das cargas inseridas no pórtico.



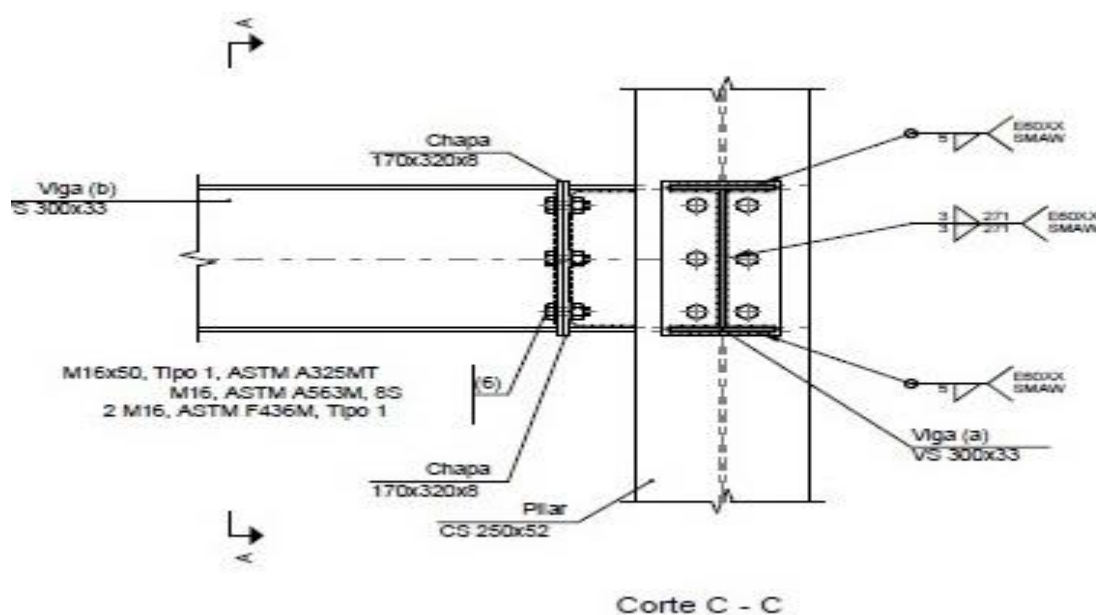
Fonte: O autor (2016).

Considerou-se as ligações para vinculação entre as peças do tipo rotulada, pois assim não haveria transmissão de momento torsor de uma barra para outra, sendo que as ligações rotuladas são de maior facilidade de execução e menor custo.

As ligações para unir os perfis foram do tipo parafusada, como mostram as Figuras 30 e 31, pois entende-se como um tipo de ligação que tem maior facilidade de execução em compara a ligação soldada e menor custo.

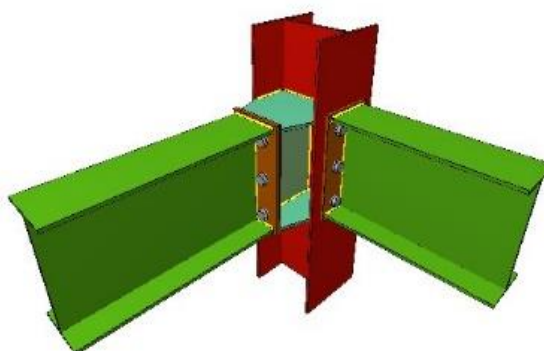
Devido ao fato de ser um projeto referencial, o detalhamento completo não foi explorado no corpo deste trabalho, traz-se como sugestão o tipo de ligação mencionada para a futura exploração técnica definitiva.

Figura 30 – detalhamento de ligação de um nó da estrutura



Fonte: O autor (2016).

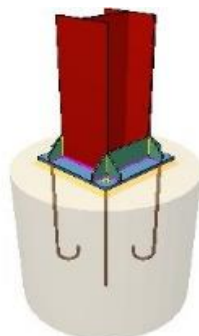
Figura 31 - Detalhamento de ligação de um nó da estrutura.



Fonte: O autor (2016).

Por fim preocupando-se com a corrosão que acontece através do acúmulo de umidade presente nos extremos do pilar em contato com o solo, pensou-se na inserção de blocos de concreto acima da sapata para evitar a percolação da água para o perfil, como demonstra a (Figura 32)

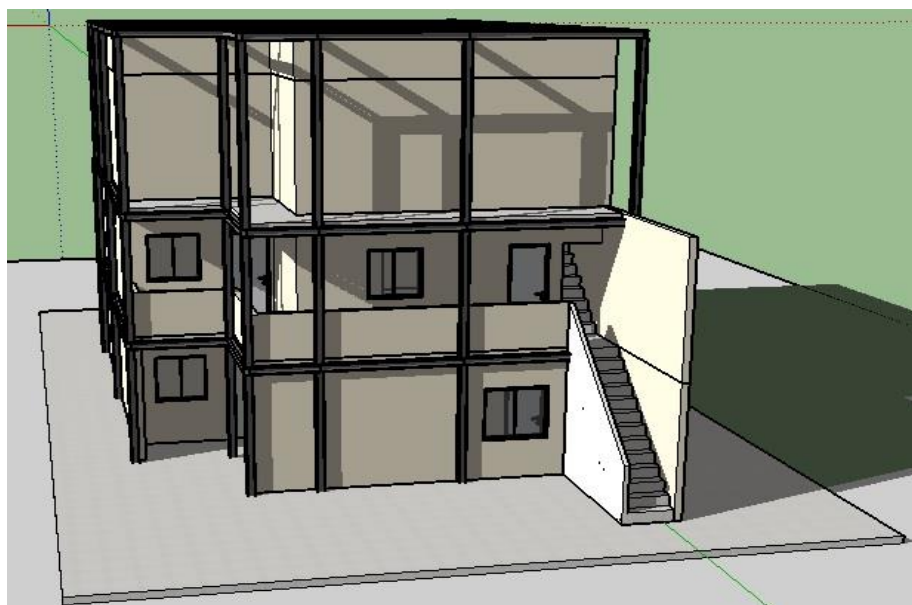
Figura 32 - Demonstração do pilar inserido no bloco de concreto.



Fonte: O autor (2016).

Então, procurou-se visualizar o modelo da estrutura metálica, juntamente com a estrutura da edificação residencial através de uma maquete tridimensional elaborada pelo programa *Sketchup* de acordo com a (Figura 33) para facilitar o entendimento do funcionamento da estrutura metálica e auxiliar no processo de instalação dos perfis.

Figura 33 – lustração tridimensional



Fonte: O autor (2016).

4.8 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A execução de inspeções técnicas rotineiras e preventivas, realizadas nas estruturas metálicas, exerce um papel fundamental nas edificações evitando acidentes de trabalho, preservando o meio ambiente e mantendo a integridade e o pleno funcionamento das edificações e demais estruturas (CCMM, 2011).

O uso dos ensaios não destrutivos, executados unicamente ou em conjunto com outras técnicas de inspeção, permite que o engenheiro ou responsável técnico da edificação tenha parâmetros objetivos para avaliar, diagnosticar e apresentar um parecer técnico conclusivo da atual situação em que a estrutura se (CCMM, 2011).

Para se evitar danos maiores nas estruturas metálicas, a implantação de manutenções preventivas ou corretivas deve ser executada frequentemente, por profissionais com experiência neste tipo de avaliação e inspeções, utilizando os ensaios não destrutivos como uma ferramenta de grande importância, sendo possível avaliar a integridade e o atual estado de uso das edificações em estruturas metálicas (CCMM, 2011).

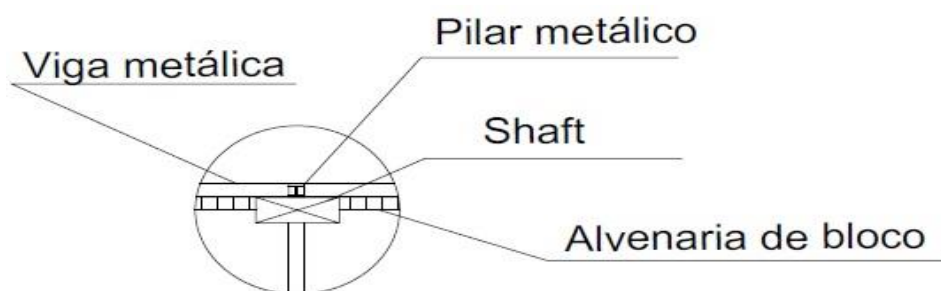
Técnicas de inspeção por ensaios não destrutivos, realizados por engenheiros e técnicos devidamente treinados e com experiência no assunto, permitem verificar a extensão dos danos e defeitos encontrados nas peças e ligações das estruturas metálicas. Estas inspeções servem como critério na tomada de decisão para aplicação de medidas de manutenções corretivas, preventivas ou até mesmo a tomada de decisão na reabilitação das estruturas (CCMM, 2011).

4.8.1.1 Plano de manutenção

O plano de manutenção deste modelo estrutural, contempla alguns tópicos a serem seguidos para garantir a vida útil da estrutura, que estão listados logo abaixo:

- Inspeção visual: haverá uma inspeção visual a cada 5 anos, como ilustrado na (Figura 34) tanto nos perfis externos, que tem fácil acesso, através dos shafts de inspeção, para que seja possível verificar o estados dos perfis instalados entre as duas edificações.

Figura 34 – Localização do shaft na estrutura.



- **Acessibilidade:** Todas as superfícies da estrutura que precisam ser pintadas devem ser visíveis e possíveis de se alcançar através de métodos seguros. As pessoas envolvidas no preparo de superfície, pintura e inspeção devem estar aptas a se mover facilmente – e de modo seguro – por todas as partes da estrutura, em condições de boa iluminação. As superfícies que serão tratadas devem ser suficientemente acessíveis para permitir ao operador espaço suficiente para o trabalho
- **Tratamento de frestas:** Todas as superfícies da estrutura que precisam ser pintadas devem ser visíveis e possíveis de se alcançar através de métodos seguros. As pessoas envolvidas no preparo de superfície, pintura e inspeção devem estar aptas a se mover facilmente – e de modo seguro – por todas as partes da estrutura, em condições de boa iluminação. As superfícies que serão tratadas devem ser suficientemente acessíveis para permitir ao operador espaço suficiente para o trabalho.
- **Bases:** deve-se fazer uma análise das bases de concreto e acionar os profissionais de manutenção se descobrir afundamentos, quebras e deslocamentos da estrutura. Atenção especial deve ser dada aos pontos de transição do concreto ao aço, particularmente no caso de estruturas compostas, sujeitas às condições severas de corrosão;
- **Soldas:** deve-se fazer uma inspeção nos pontos de solda com o objetivo de encontrar cavidades, as quais devem ser reparadas para evitar a penetração de umidade e consequente oxidação;
- **Fadiga:** deve-se verificar se há pontos em que o material da estrutura está envergando ou tombando para um determinado lado, comunique os especialistas em manutenção imediatamente e impeça a circulação de pessoas na área até que a manutenção seja realizada;
- **Pintura:** A pintura deverá ser feita a cada 5 anos ou mediante necessidade devido a avaliação da estrutura;

Deverão ser feitos os ensaios a cada 5 anos. Todos os resultados dos ensaios podem ser avaliados unicamente ou em conjunto com as demais técnicas utilizadas na inspeção, permitindo assim, que o engenheiro ou responsável técnico pela estrutura tome a correta decisão sobre em quais condições a estrutura se

encontra e possa definir correta metodologia de trabalho ou intervenção será realizada na estrutura.

- Por líquido penetrante;
- Ensaio por ultrassom;
- Ensaio por partículas magnéticas;
- Ensaios eletromagnéticos em cabos de aço;
- Análise de Vibração;
- Correntes Parasitas;
- Ensaios Radiográficos;
- Estanqueidade;
- Termografia;

Fez-se necessário um plano contra incêndio que abrange os tópicos abaixo:

- Métodos de aviso e desocupação;
- Propagação do incêndio dentro da edificação;
- Resposta estrutural;
- Propagação do incêndio para fora da edificação;
- Acesso para bombeiros.

Também deverá haver a cada 5 anos uma inspeção do estado da argamassa projetada, e de acordo com a situação serão feitos os devidos reparos.

Elaborou-se esse plano de manutenção com base nas seguintes leis e normas:

- NBR 14037 (ABNT, 2014). Ele contém informações que se referem à utilização e à manutenção da sua propriedade, bem como à forma de manter sua conservação através do bom uso.
- NBR 5674 (ABNT, 2012) determina e informa o sistema de manutenção que devem ser aplicados para a preservação das características originais da edificação e preservação contra a perda de seu desempenho.
- NBR 14323 (ABNT, 2013) estabelece as condições a serem atendidas pelos elementos estruturais (aço, concreto, madeira, etc.) e de compartimentação que integram os edifícios para que, em situação de incêndio, seja evitado o colapso estrutural. Ela se aplica a elementos estruturais de concreto, aço, madeira, etc. As exigências dessa norma são dadas em termos de “Tempos Requeridos de Resistência ao Fogo”,

também conhecidos como “TRRF”. O TRRF é definido na própria norma como o “tempo mínimo de resistência ao fogo de um elemento construtivo quando sujeito a um ensaio padronizado”. Esse ensaio padronizado é conhecido como incêndio-padrão.

- Este manual segue também a LEI (Nº 5.907,2001), que dispõe sobre a manutenção preventiva e periódica das edificações e equipamentos públicos ou privados, no âmbito do Município de Salvador e dá outras providências.

5 ANÁLISES E DISCUSSÕES

Tendo em vista que não existia nenhum tipo de projeto para orientar a elaboração do pórtico metálico, mostra-se que o levantamento de informações técnicas foi imprescindível para êxito da modelagem.

Assim, a solução exposta elimina a possibilidade de colapso parcial e total da edificação, por motivo de ausência de resistência suficiente da sua atual estrutura, dessa forma transfigura-se bastante conveniente por se tratar de uma sugestão que excluiria vários pontos não desejados em relação a outras técnicas para reparos de edificação.

Fazendo uma ligação com o estudo de caso em análise, observou-se que a fase da concepção foi carente de conteúdo tecnológico diante das frequentes carências de recursos em empreendimentos equivalentes. Destaca-se nessa etapa, através do relato dos moradores, que houve um esboço sucinto de planta baixa sem o profissional capacitado e habilitado a acompanhar sua execução, seguida de uma estimativa de recursos a serem utilizados, tais como materiais de construção e mão de obra, etapas comuns para a tomada de decisão do executar.

No estudo de caso, salientou-se que as fase de Gestão da Concepção e da Produção se confundiram, inclusive uma expedita análise do terreno, juntamente com um pequeno estudo do solo para decidir como seria feita a fundação da edificação, a caracterização da edificação será abordada logo a mais no corpo do texto, além disso. Tentou-se seguir o planejamento criado, foram utilizados profissionais de confiança dos contratados, como normalmente é feito na construção de edificações residências de pequeno e médio porte, esses profissionais não tem nenhuma especialização técnica, mas porém com boa experiência de prática de construção. Ocorreram alguns erros executivos que levaram a algumas modificações. Pode-se citar o nível da Sala de Estar situada no terceiro pavimento, que por erro construtivo teve que ficar mais elevada do que os outros cômodos. Percebeu-se que com o passar do tempo foram realizadas reformas em todos os andares da edificação, inclusive ampliações da área construída.

Em relação aos materiais de construção, foram planejados na fase de concepção, estabelecidos pela dona da edificação, mas não se teve controle adequado em relação quantidade e prazo de execução da obra. Não houve

ferramenta para o monitoramento do realizado com o previsto bem como utilizou-se da “experiência” dos pedreiros nas estimativas de material e prazo.

Em relação a última fase construtiva (gestão da pós-ocupação), não existiu qualquer planejamento de manutenção preventiva ou corretiva. As reformas que sucederam não foram acompanhadas por profissional qualificado de engenharia, fez-se, novamente, uso da experiência dos pedreiros e do proprietário. Não ocorreram obediência às prescrições das normas técnicas.

De acordo com os ensaios e levantamentos feitos tem-se que:

- Extensometria

Notou-se que não houve nenhuma fissura ou danos nos insertes de gessos inseridos na paredes, mostrando que até o momento a movimentação do solo está estabilizada, como também não ocorreu aumento nas aberturas das fissuras em nenhuma das paredes e nem o surgimento de novas fissuras, tanto na edificação de três pavimentos quanto na edificação vizinha.

- Caracterização do solo

Primordialmente enfatiza-se que não houve nenhuma sondagem do terreno se para poder fazer uma análise do tipo de fundação mais adequada às duas edificações. O que se tem feito é baseado na experiência dos pedreiros, esse fato não acontece somente com essas edificações como na maioria das residências de médio porte, sendo este um fator agravante para ocasionar diversas manifestações patológicas nas edificações. Em referência ao solo, observou-se que o solo possui uma composição arenosa tendo sua maior predominância deste material com 66,38 %. Diante esses valores destaca-se que o cuidado ao se construir num talude de solo arenoso teria que ser redobrado, visto que esse tipo de material não possui coesão. Em razão da falta de coesão, os cortes no terreno exigem que sejam feitas superfícies inclinadas denominadas de taludes. É aconselhado a não realizar uma incisão vertical nesse tipo de terreno para que não haja perda de estabilidade e gere uma conexão capaz de causar uma elevada instabilidade do maciço, tornando-se mais favorável ao desprendimentos de grãos.

Dessa forma, a areia ao ser escavada imediatamente escorrega sobre si mesma e se acomoda até atingir um ângulo natural de repouso, que foi o que aconteceu com a fundação em estudo. Referindo-se a distribuição granulométrica, tem-se para o solo analisado uma má distribuição, pois ele não apresenta grande variabilidade de grãos, fato observado nas quantidades retidas no ensaio de

peneiramento mostrados acima, conseqüentemente do ponto de vista granulométrico não existe um bom empacotamento entre as partículas, fazendo com que elas se desagreguem mais facilmente com a conseqüente redução da resistência do atrito do solo.

Outras propriedades a serem frisadas é a baixa plasticidade do material, indicada pelo seu Índice de Plasticidade classificado na análise dos Limites de Atterberg, que interferem diretamente na baixa resistência desse solo.

- Levantamento Altimétrico

Mediante a situação encontrada observou-se que a edificação vizinha foi executado um aterro de aproximadamente 1,50 metro para nivelamento do terreno com a outra edificação, sendo o indício de desnivelamento entre os terrenos, como mostra a figura 10 presente no corpo do estudo.

Além disso, ocorreu a colaboração da escavação feita pelo vizinho, pois através do levantamento Altimétrico em estudo, calculou-se um desnível de 0,50 m entre a fundação vizinha e a fundação da edificação de 3 pavimentos, percebendo-se uma diferença de nível entre 2,10 m e 1,60 m nas fundações, comprovando que a fundação da edificação de um pavimento, está mais abaixo do que a edificação de três pavimentos, sendo o principal motivo de haver um recalque diferencial no solo.

6 CONCLUSÕES

Para corroborar as hipóteses citadas no corpo deste estudo de caso, é notório que a falta de um responsável técnico, ou até mesmo um conjunto de profissionais para fazer um planejamento e execução de edificações residências de médio porte, da população de classe média, gera grandes problemas de médio a longo prazo para a estrutura das mesmas.

É imprescindível que a cultura da população mude e que a busca por profissionais habilitados para prestar tais serviços aumentem, além disso é necessário também que os órgãos responsáveis, torne de maneira mais acessível e menos burocrática para a população quanto para os profissionais, a possibilidade de interligação entre as partes.

Mediante tais conclusões nos ensaios de caracterização do solo, na extensometria, na inspeção visual e no levantamento altimétrico, fez-se imperioso apresentar soluções de recuperação ou reforço estrutural para a fundação com novos sistemas.

Em visto disso, optou-se pela utilização de um reforço em estrutura metálica, pois a proposta é convergente com o cuidado que esta edificação requer. Tendo em vista que a sugestão de um reforço em estrutura de aço permite menor prazo de recuperação, com isso o projeto apresentado elimina, a chance de uma fissuração elevada ou até o colapso progressivo da edificação, que são os aspectos de maior nível de risco.

Além disso, escolheu-se esse modelo de reforço, pois notou-se que haveria uma menor perturbação na vivência dos moradores e da própria vizinhança, em comprado com outras técnicas de recuperação, como no caso de uma fundação com estaca raiz. Por ser um sistema que necessita de pouco tempo para sua instalação, elimina transtornos em relação a locação das pessoas, como no caso de edifício de múltiplos andares.

Enfim, o modelo estrutural para o reforço da fundação, consegue aliviar as cargas existentes na edificação residencial de três pavimentos, fazendo com que o recalque encontrado não perturbe de maneira significativa a estrutura da residência, nem que haja possíveis problemas estruturais devido ao desconfinamento gerado.

7 SUGESTÕES

Com um intuito de elevar o aperfeiçoamento e de se atingir melhores análises em reforços de edificações residenciais, com a utilização de perfis metálicos, transfigura-se essencial uma maior pesquisa nessa área, principalmente na região Nordeste.

Dessa forma, modelo estrutural exposto mostra-se uma excelente solução referencial para o reforço estrutural da edificação de três pavimentos e outras edificações residenciais, sendo que este projeto pode ser utilizado como base para uma abordagem mais profunda caso haja desejo dos moradores por executar este tipo de estrutura, cabe a exigência de um corpo técnico com profissionais de engenharia para fazer a compatibilização da realidade, com o projeto e desse modo dá um aval da execução.

Com isso pode-se mencionar alguns tópicos, que merecem uma atenção maior para futuras pesquisas:

- Aprofundar o conhecimento sobre estruturas metálicas;
- Promover projetos de pesquisas voltados para área estrutural, para auxiliar a visão do aluno em relação a análise de estruturas;
- Inserir softwares de análise estrutural, nas universidades;
- Buscar conhecimentos técnico através de palestras, seminários e debates.
- Ao fazer um projeto estrutural, recomenda-se analisar criteriosamente os carregamentos que estão presentes na estrutura.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. R., HOROWITZ, B., OLIVEIRA, R. A. **Alvenaria estrutural, aplicação para habitação popular do tipo multifamiliar**. Ed. Secretaria de Habitação do Estado de Pernambuco. Recife – PE, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR: 6120**: Cargas para cálculo de estruturas de edificações (Versão corrigida). Rio de Janeiro, 2014

_____. **NBR 8681**: ações e segurança nas estruturas. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 8800**: Projeto de Estruturas de Aço e Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios. Rio de Janeiro 2008.

_____. **NBR 10837**: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 14037**: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações - Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 14323** (dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575**: Norma de desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

AZEVEDO, M.T. Patologia das estruturas de concreto. In: ISAIA, G.C. Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011.

BERBERIAN (2001), Dickran. **Engenharia de Fundações**. Editora UnB, 24º Edição Experimental. Brasília-DF, 2001.

BRASIL. Nº 5.907: dispõe sobre a manutenção preventiva e periódica das edificações e equipamentos públicos ou privados, no âmbito do município de Salvador e dá outras providências. **Diário oficial da união**. 24 de janeiro de 2001, n. 136, seção 93 de de 23 de janeiro de 2001.

BRASILIT. **Cátalo go técnico telha onduldada**: São Paulo: Editora Saint - Gobain, 2008.

BRESSANI, Luiz Antônio, SILVA, Denise Antunes da. **Patologia de fundações – Resultados de um estudo de casos ocorridos no Rio Grande do Sul**. In: X COBRAM-SE. Anais. Foz do Iguaçu. ABS, 1994.

CAMPOS, M. D. **Considerações sobre soluções para recuperação de prédios**

construídos com alvenaria resistente. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

CASTRO, E.K. **Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado.** 1994. 129 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1994.

CAU/BR. **Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil** Entidade Brasília, Disponível em: www.caubr.gov.br/pesquisa2015. Acessado em 22 de maio de 2016.

CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço - **Manual de Construção em Aço – Estruturas Mistas** – Volumes 1 e 2 – 2ª edição, 2012.

CCMM Atas do VIII **Congresso de Construção Metálica e Mista** – Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista – Novembro de 2011.

FERREIRA, Rui Miguel. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão.** 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade

HACHICH, W. (Coord.) et al. **Fundações: Teoria e prática.** São Paulo. Editora PINI, 1996.

GRANTE. Grupo de Análise e Projeto Mecânico. **Apostila de Extensometria** – Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

HELENE, Paulo R. L. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 2ª ed. São Paulo: editora PINI, 1992.

IANSEN, Daniel; TORRESCASANA, C.E. **Análise das patologias das edificações de Chapecó.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Graduação em Engenharia Civil, Uno Chapecó, Chapecó, 2003.

IBRACON, Instituto Brasileiro de Concreto. 45º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO. 16 a 20 de agosto de 2003 - Vitória - ES

IOSHIMOTO, Eduardo. Incidência de Manifestações **Patológicas em Edificações Habitacionais.** São Paulo: IPT, 1994. (Publicação 2182).

KLEIN, D.; GASTAL, F.; CAMPANOLO, J. L.; SILVA FILHO, L. C. (1991), **Crerios adotados na vistoria e avaliaão de obras de arte.** XXV Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, Anais, 1991. p. 185-196.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperaão e reparo das estruturas de concreto.** 2008. 56p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

MENDONÇA, Luís Viegas. **Durabilidade de Estruturas de Betão Armado, Degradaão do Betão e Corrosão de Armaduras, Importância da Inspeção Perióica,** Março 2005. Publicado na revista “Arte e Cimento”, Out. 2005.

MESEGUER, A. G. **Controle e garantia da qualidade na construaão.** São Paulo: Projeto, 1991.

MOLITERNO, Antonio. **Caderno de projetos de telhado**. Editora Revista.2010.

PANNONI, F.D. La **Prevención de la Corrosión en Estructuras Metálicas**. Acero Latinoamericano, v.496, p.16-25, 2006.

PFEFFERMANN, O. **Les fissures dans les constructions conséquence de phénomènes physiques naturels**. Annales de L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, v. 21, n. 250, p. 1453- 82, oct. 1968.

SAHADE, Renato Freua. **Avaliação de Sistemas de Recuperação de Fissuras em Alvenaria de Vedação**. São Paulo, SP, 2005. 169p. Dissertação (Mestrado em em Habitação). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT.