

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANA CLAUDIA VALÉRIO SOARES

**DIMENSIONAMENTO DE UM EDIFÍCIO MULTIPAVIMENTOS EM
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Campo Mourão

2016

ANA CLAUDIA VALÉRIO SOARES

**DIMENSIONAMENTO DE UM EDIFÍCIO MULTIPAVIMENTOS EM
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Civil, do Departamento de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR-, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Prof. Msc. Ângelo Giovanni Bonfim Corelhano

CAMPO MOURÃO

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

DIMENSIONAMENTO DE UM EDIFÍCIO MULTIPAVIMENTOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

por

Ana Claudia Valério Soares

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 15h50min do dia 15 de junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Jeferson Rafael Bueno
(UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Ronaldo Rigobello
(UTFPR)

**Prof. Me. Ângelo Giovanni Bonfim
Corelhano**
(UTFPR)
Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Marcelo Guelbert

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

A Deus autor da minha vida e escritor da minha história, e a meus intercessores, obrigada por serem minha força, guiarem-me pelo bom caminho e permanecerem comigo sempre.

A meu pai João por ser firme, educar-me, ensinar-me o que é reto e digno, por ser meu maior incentivador e exemplo. A minha amada mãe Claudicéia pelas orações diárias, amor, cuidado e preocupação, obrigada por fazer a minha vida mais doce!

A meu irmão João Paulo, obrigada por ser meu companheiro, arrancar sorrisos nos momentos difíceis e cuidar de mim! A minha querida cunhada Daniella, obrigada por ouvir-me e entender-me quando ninguém podia. A meu sobrinho Guilherme, que me apresentou uma nova espécie de amor.

A meus familiares e aqui incluo a família Morete, obrigada pelo incentivo, carinho, pelos abraços nas chegadas e partidas, pelos desejos de boa sorte e por partilhar comigo a minha conquista, e os momentos mais importantes da minha vida.

Aos meus amigos de infância Caroline, Vislaine e Franchescolli, obrigada por ensinarem-me o valor da amizade e permanecerem comigo sempre! Aos meus amigos de Jales, por todos os momentos inesquecíveis que vivemos.

Ao “Grupo” (Giovanna, Beatriz, Francielle, Giorgie, Heloa, Mariane, Mayara, Matheus, Priscilla e Emanuelli (in memorian)) e Renan, obrigada por serem minha família em Campo Mourão e por fazerem parte da minha história.

A Nathália e Mariane, pela república e por estarem comigo em quatro dos cinco anos de graduação, e também à Lara, Ana Paula e às meninas do pensionato que mesmo por pouco tempo partilharam de bons momentos comigo.

Ao Prof. Esp. Sérgio Braga, obrigada por ensinar-me além da sala de aula, acreditar em meu potencial e pelos conselhos que levarei para vida toda, além de grande ser humano é um grande profissional.

A Construtora e Metalúrgica Terra Nobre LTDA. (Anderson, Carol, Sr. Diomar) por terem confiado em mim e dado minha primeira oportunidade de estágio. Ao querido mestre de obras Sebastião e aos demais funcionários, pelos ensinamentos, respeito e amizade.

A AIESEC por ter me proporcionado a melhor experiência pessoal da vida, obrigada por ser essa organização extraordinária que desenvolve pessoas para mudar o mundo! E a todos os AIESECers especialmente à Gabriela, Rafaela, Giovanni, João e Arthur, trainees e intercambistas que conheci por terem feito minha experiência melhor ainda.

A Dra Fernanda Afonso, palavras não são suficientes para agradecer sua ajuda no período mais difícil e desafiador da minha vida, você é o significado de luz e exemplo de ser humano.

Ao orientador deste trabalho, Prof. Msc. Giovanni Corelhan, obrigada pela paciência, orientação, pela disponibilidade material e de tempo e pela ajuda em meu trabalho; expresso também minha admiração pela sua competência profissional.

Aos demais professores do meu curso, muito obrigada pelos ensinamentos, respeito e dedicação que foram cruciais na minha formação. A UTFPR, corpo docente e administração, obrigada por proporcionarem o ambiente e as condições necessárias à minha formação.

A todos que não foram citados mas carrego no meu coração por terem feito parte direta ou indiretamente da minha trajetória acadêmica, sem o apoio e o carinho de vocês não teria chegado até aqui.

RESUMO

SOARES, A. C. V. **Dimensionamento de um edifício multipavimentos em alvenaria estrutural**, 2016. 118 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo antigo. Esse sistema possui algumas vantagens que permitem reduzir custos, tempo de construção e aumentar a produtividade, quando comparado ao sistema convencional de concreto armado por exemplo. O arranjo arquitetônico tem importância significativa no dimensionamento, que embora seja mais simples em relação a outros sistemas, pode se tornar trabalhoso de acordo com a quantidade de paredes e de pavimentos. Nesse sentido, este trabalho tem a intenção de mostrar um exemplo do dimensionamento de paredes de alvenaria estrutural de um edifício em blocos de concreto, de acordo com a ABNT NBR 15961-1:2011 Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto – Parte 1: Projeto, e alguns processos envolvidos no cálculo.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Blocos de Concreto. Dimensionamento.

ABSTRACT

SOARES, A. C. V. **Design of Multistore Masonry Building**, 2016. 118 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

The structural masonry is an old structural system. This system has some advantages that reduce costs, construction time and increases productivity when it is compared to the conventional system of reinforced concrete for example. The architectural layout has quite importance in the design process, although it is simpler in relation of other systems, may become laborious according to the number of walls and stores. In this sense, this study have the intention to show an example of the structural walls design, of a concrete blocks building, according to ABNT NBR 15961-1: 2011 Structural Masonry – Concrete blocks – Part 1: Project, and some calculation procedure involved.

Keywords: Structural Masonry. Concrete blocks. Design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Exemplo de Alvenaria Não-Armada	18
Figura 2 - Exemplo de Alvenaria Estrutural Armada	19
Figura 3- Exemplo de Alvenaria Protendida	20
Figura 4- Alguns tipos de blocos de concreto.....	21
Figura 5 - Planta Base para o edifício	24
Figura 6- Cargas Acidentais.....	27
Figura 7- Método das Charneiras Plásticas.....	27
Figura 8- Exemplo de diafragma rígido	29
Figura 9- Desaprumo	31
Figura 10- Distribuição das cargas verticais.....	33
Figura 11- Apartamento Tipo.....	41
Figura 12 - Configuração do pavimento tipo.....	42
Figura 13 - Paredes.....	43
Figura 14 - Exemplo de Parede com Aba	44
Figura 15 - Propriedades Geométricas da PAR 3Y.....	45
Figura 16 - Configuração de Lajes	50
Figura 17- Ábaco para vento de baixa turbulência	54
Figura 18- Força Resultante na direção x	62
Figura 19 - Força Resultante na direção y	63
Figura 20- Cálculo da Cortante pela rigidez na direção x.....	65
Figura 21 - Fbk.....	69
Figura 22- Resistência à tração na flexão	74
Figura 23 - Resistência ao Cisalhamento.....	76
Figura 25- Cortante na direção x.....	86
Figura 26- Momento fletor na direção x.....	86
Figura 27- Cortante na direção y.....	87
Figura 28- Momento Fletor na direção y	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades Geométricas na direção x	45
Tabela 2 - Propriedades Geométricas na direção y	45
Tabela 3- Peso próprio das paredes na direção x.....	48
Tabela 4- Peso próprio das paredes na direção y.....	48
Tabela 5- Reações da laje do pavimento tipo na direção x.....	51
Tabela 6 - Reações da laje do pavimento tipo na direção y.....	51
Tabela 7- Distribuição do peso próprio das paredes do pavimento tipo.....	52
Tabela 8- Distribuição das reações das lajes do pavimento tipo.....	52
Tabela 9- Tabela do parâmetro s_2	54
Tabela 10- Coeficientes de arrasto	56
Tabela 11 - Força horizontal nas direções x e y.....	56
Tabela 12- Cálculo de M_{1d} para direção x.....	59
Tabela 13- Cálculo de M_{1d} para direção y.....	59
Tabela 14- Cálculo de M_d para direção x.....	60
Tabela 15- Cálculo de M_d para direção y.....	61
Tabela 16- Força Horizontal resultante em x e y.....	61
Tabela 17- Rigidez relativa na direção x	63
Tabela 18- Rigidez relativa na direção y	64
Tabela 19- Força do vento por parede pela rigidez do 1º pavimento	64
Tabela 20- Cortante do 1º pavimento através da rigidez	66
Tabela 21- Comparação das cortantes para o 1º pavimento	66
Tabela 22- Resultante de cargas em kN para o 1º pavimento	68
Tabela 23- Resultante de Cargas em kN/m para o 1º pavimento	68
Tabela 24- Valores de f_{pk} para o 1º pavimento em MPa.....	68
Tabela 25 - Valores de f_{pk} para o 1º pavimento a direção x.....	71
Tabela 26- Valores de f_{bk} para o 1º pavimento na direção y	71
Tabela 27- Especificação dos blocos para os pavimentos.....	72
Tabela 28- Valores de f_{pk} para o 6º pavimento na direção x.....	72
Tabela 29- Valores de f_{pk} para o 6º pavimento na direção y.....	73
Tabela 31- Combinação para a flexo-tração na direção y em MPa.....	75
Tabela 32- Verificação do Cisalhamento para a direção x no 1º pavimento	76
Tabela 33- Verificação do Cisalhamento para a direção y no 1º pavimento	77
Tabela 34- Taxas de armadura para as paredes não-conforme no 1º pavimento	77
Tabela 35- Reações das lajes de cobertura na direção x	82
Tabela 36- Reações das lajes de cobertura na direção y	82
Tabela 37- Reações das lajes de cobertura do reservatório e casa de máquinas na direção x.....	83
Tabela 38- Reações das lajes de cobertura do reservatório e casa de máquinas na direção y.....	83
Tabela 39- Distribuição do peso próprio das paredes de cobertura	84
Tabela 40- Distribuição das reações da laje de cobertura	84
Tabela 41- Distribuição das reações das lajes do reservatório e casa de máquinas.....	85
Tabela 42- Cortante obtida no F_{tool} na direção x do 10º ao 6º pavimento.	88

Tabela 43- Cortante obtida no Ftool na direção x do 5° ao 1° pavimento	89
Tabela 44- Cortante obtida no Ftool na direção y do 10° ao 6° pavimento	89
Tabela 45- Cortante obtida no Ftool na direção y do 5° ao 1° pavimento	89
Tabela 46- Momento obtido no Ftool do 10° ao 6° pavimento na direção x	90
Tabela 47- Momento obtido no Ftool do 5° ao 1° pavimento na direção x	90
Tabela 48- Momento obtido no Ftool do 10° ao 6° pavimento na direção y	90
Tabela 49- Momento obtido no ftool do 5° ao 1° pavimento.....	91
Tabela 50- Força horizontal proporcional a rigidez na direção x do 10° ao 6° pavimento.....	91
Tabela 51- Força horizontal proporcional a rigidez na direção x do 5° ao 1° pavimento.....	91
Tabela 52- Força horizontal proporcional a rigidez na direção y do 10° ao 6° pavimento.....	92
Tabela 53- Força Horizontal proporcional a rigidez na direção y do 5° ao 1° pavimento.....	92
Tabela 54- Esforço cortante pela rigidez na direção x do 10° ao 6° pavimento	93
Tabela 55- Esforço cortante pela rigidez na direção x do 5° ao 1° pavimento .	93
Tabela 56- Esforço cortante pela rigidez na direção y do 10° ao 6° pavimento	94
Tabela 57- Esforço cortante pela rigidez na direção y do 5° ao 1° pavimento ...	94
Tabela 58- Resultante das cargas do 10° ao 6° pavimento em kN	95
Tabela 59- Resultante das cargas do 5° ao 1° pavimento em kN	95
Tabela 60- Resultante Nk/L do 10° ao 7° pavimento.....	95
Tabela 61- Resultante Nk/L do 6° ao 4° pavimento	96
Tabela 62- Resultante Nk/L do 3° ao 1° pavimento	96
Tabela 63- Valores de fpk do 10° ao 8° pavimento	96
Tabela 64- Valores de fpk do 7° ao 5° pavimento	97
Tabela 65- Valores de fpk do 4° ao 1° pavimento	97
Tabela 66- fpk no 10° pavimento na direção x	98
Tabela 67- fpk no 9° pavimento na direção x	98
Tabela 68- fpk no 8° pavimento na direção x	99
Tabela 69- fpk no 7° pavimento na direção x	99
Tabela 70- fpk no 6° pavimento na direção x	99
Tabela 71- fpk no 5° pavimento na direção x	100
Tabela 72- fpk no 4° pavimento na direção x	100
Tabela 73- fpk no 3° pavimento na direção x	101
Tabela 74- fpk no 2° pavimento na direção x	101
Tabela 75- fpk no 1° pavimento na direção x	102
Tabela 76- fpk no 10° pavimento na direção y	102
Tabela 77- fpk no 9° pavimento na direção y	103
Tabela 78- fpk no 8° pavimento na direção y	103
Tabela 79- fpk no 7° pavimento na direção y	104
Tabela 80- fpk no 6° pavimento na direção y	104
Tabela 81- fpk no 5° pavimento na direção y	105
Tabela 82- fpk no 4° pavimento na direção y	105
Tabela 83- fpk no 3° pavimento na direção y	106
Tabela 84- fpk no 2° pavimento na direção y	106
Tabela 85- fpk no 1° pavimento na direção y	107

Tabela 86- verificação do cisalhamento no 10° pavimento na direção x.....	108
Tabela 87- verificação do cisalhamento no 9° pavimento na direção x.....	108
Tabela 88- área de aço para as paredes não-conforme no 9° pavimento.....	108
Tabela 89- verificação do cisalhamento no 8° pavimento na direção x.....	109
Tabela 90- área de aço para as paredes não-conforme no 8° pavimento.....	109
Tabela 91- verificação do cisalhamento no 7° pavimento na direção x.....	109
Tabela 92- área de aço para as paredes não-conforme no 7° pavimento.....	109
Tabela 93- Verificação do cisalhamento no 6° pavimento na direção x	110
Tabela 94- Área de aço para as paredes não-conforme no 6° pavimento	110
Tabela 95- Verificação do cisalhamento no 5° pavimento na direção x	110
Tabela 96- Área de aço para as paredes não-conforma no 5° pavimento	110
Tabela 97- Verificação do cisalhamento no 4° pavimento na direção x	111
Tabela 98- Área de aço para as paredes não-conforme do 4° pavimento	111
Tabela 99- Verificação do cisalhamento no 3° pavimento na direção x	111
Tabela 100- Área de aço para as paredes não-conforme no 3° pavimento ...	111
Tabela 101- Verificação do cisalhamento no 2° pavimento na direção x	112
Tabela 102- Área de aço para as paredes não-conforme no 2° pavimento ...	112
Tabela 103- Verificação do cisalhamento no 1° pavimento na direção x	112
Tabela 104- Área de aço para as paredes não-conforme no 1° pavimento ...	112
Tabela 105- Verificação do cisalhamento no 10° pavimento na direção y	113
Tabela 106- verificação do cisalhamento no 9° pavimento na direção y.....	113
Tabela 107- verificação do cisalhamento no 8° pavimento na direção y.....	114
Tabela 108- Verificação do cisalhamento no 7° pavimento na direção y	114
Tabela 109- Área de aço para as paredes não conforme no 7° pavimento na direção y.....	114
Tabela 110- Verificação do cisalhamento no 6° pavimento na direção y	115
Tabela 111- área de aço das paredes não-conforme no 6° pavimento na direção y.....	115
Tabela 112- Verificação do cisalhamento no 5° pavimento na direção y	115
Tabela 113- Área de aço para a parede não conforme no 5° pavimento na direção y.....	116
Tabela 114- Verificação do cisalhamento do 4° pavimento na direção y	116
Tabela 115- áreas de aço para as paredes não-conforme no 4° pavimento na direção y.....	116
Tabela 116- Verificação do cisalhamento no 3° pavimento na direção y	117
Tabela 117- Áreas de aço para as paredes não-conforme no 3° pavimento na direção y.....	117
Tabela 118- Verificação do cisalhamento no 2° pavimento na direção y	117
Tabela 119- Áreas de aço das paredes não conforme no 2° pavimento na direção y.....	118
Tabela 120- verificação do cisalhamento no 1° pavimento na direção y.....	118
Tabela 121- Áreas de aço para as paredes não-conforme no 1° pavimento na direção y.....	118

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 JUSTIFICATIVA	16
4 REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1 CONCEITO DE ALVENARIA ESTRUTURAL.....	17
4.2 TIPOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL.....	18
4.2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL NÃO-ARMADA	18
4.2.2 ALVENARIA ESTRUTURAL ARMADA	18
4.2.3 ALVENARIA ESTRUTURAL PROTENDIDA	19
4.3 COMPONENTES DA ALVENARIA ESTRUTURAL	20
4.3.1 BLOCOS	20
4.3.2 ARGAMASSA.....	22
4.3.3 GRAUTE	22
4.3.4 ARMADURA.....	23
5 MATERIAIS E MÉTODO	24
5.1 MATERIAIS	24
5.2 MÉTODO.....	25
5.2.1 PROJETO ARQUITETÔNICO.....	25
5.2.2 AÇÕES.....	25
5.2.3 DISTRIBUIÇÃO DAS AÇÕES HORIZONTAIS E VERTICAIS	33
5.2.4 DIMENSIONAMENTO.....	34
5.2.5 COMPRESSÃO SIMPLES	35
5.2.6 VERIFICAÇÃO A FLEXO COMPRESSÃO E DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS	37
5.2.7 FLEXO-TRAÇÃO	38
5.2.8 CISALHAMENTO	39
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
6.1 ANÁLISE VISUAL E DESENHO ARQUITETÔNICO.....	41
6.2 PESO PRÓPRIO DAS PAREDES	46
6.3 REAÇÕES DAS LAJES.....	49
6.4 DISTRIBUIÇÃO DAS AÇÕES VERTICAIS	52

6.5 CÁLCULO DO VENTO E DESAPRUMO	53
6.5 DISTRIBUIÇÃO DAS AÇÕES HORIZONTAIS.....	62
6.6 COMPRESSÃO SIMPLES	67
6.7 VERIFICAÇÃO DA FLEXO COMPRESSÃO E ESPECIFICAÇÃO DOS BLOCOS	70
6.8 VERIFICAÇÃO DE FLEXO-TRAÇÃO	74
6.9 VERIFICAÇÃO DE CISALHAMENTO	75
7 CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIAS.....	79
APÊNDICE A – Reações das Lajes de Cobertura, Cobertura do Reservatório e Casa de Máquinas	82
APÊNDICE B- Peso Próprio das Paredes de Cobertura.....	84
APÊNDICE C – Distribuição das Ações Horizontais	86
APÊNDICE D – Valores de Fpk de Acordo com a Compressão Simples... 95	95
APÊNDICE E- Valores de FpK na flexo-compressão	98
APÊNDICE F- Valores de verificação do cisalhamento	108

1 INTRODUÇÃO

Dentre os sistemas construtivos, a alvenaria estrutural pode ser considerada a que possui raízes mais antigas, já que o homem utilizava materiais como argila e pedra e arranjos arquitetônicos nos quais predominavam os esforços de compressão.

Ramalho e Corrêa (2003) elenca obras como as Pirâmides de Guizé (2600 a.C.), o Farol de Alexandria (280 a.C.), o Coliseu (70 d.C.) e a Catedral de Reims (construída entre 1211 e 1300 d.C), como modelos de construções de alvenaria que resistiram ao tempo e que são exemplos da evolução da alvenaria estrutural.

No século XVI a alvenaria chegou ao Brasil pelos portugueses, porém somente em 1977, edifícios em alvenaria não armada começaram a ser construídos (REBOREDO, 2013).

Mesmo com a demora do aprimoramento do sistema de alvenaria estrutural no Brasil, atualmente é uma técnica difundida pelas vantagens que possui, como por exemplo a rapidez da construção, a economia de fôrmas e a grande quantidade de blocos especiais existentes para facilitar a construção de vergas e contravergas por exemplo.

Nesse sentido, devido a empregabilidade deste sistema construtivo para fim residencial e da necessidade de habitações seguras para a população, o presente estudo visa analisar e dimensionar as paredes estruturais de um edifício de dez pavimentos analisando a praticidade do cálculo utilizada cotidianamente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Calcular os esforços e dimensionar as paredes de alvenaria estrutural de um edifício de dez pavimentos, com configuração de apartamentos para fins residenciais usando blocos de concreto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar os esforços aos quais a estrutura estará sujeita;
- b) Determinar o fbk dos blocos em cada pavimento;
- c) Verificar as tensões normais e tangenciais segundo a norma ABNT NBR 15961-1:2011.
- d) Comparar dois métodos de distribuição de ações horizontais: o método das paredes enfileiradas e o método do grupo isolado de paredes proposto por Ramalho e Corrêa (2003).

3 JUSTIFICATIVA

Alguns dos grandes desafios do engenheiro civil são diminuir o tempo de execução de obras, o desperdício, os retrabalhos, e melhorar o aproveitamento dos insumos. Sendo assim é importante buscar novas técnicas e melhorar os sistemas construtivos existentes, para avançar tecnologicamente e construir com maior eficiência.

Além da preocupação com a execução, muito tem se discutido sobre o ramo de projeto e dimensionamento que são significantes para o bom andamento da construção e trazem consequências graves em caso de imperícia.

Vantagens como a velocidade da obra, menor custo de instalação elétricas e hidráulicas, diminuição da armadura, aumento da produtividade e redução na utilização da madeira, fazem da alvenaria estrutural uma escolha viável (FREIRE, 2007).

No programa Minha Casa, Minha Vida por exemplo, a maioria das construções foram realizadas em alvenaria estrutural visto que era uma solução para aumentar a produtividade, diminuir o tempo de execução e aumentar o lucro devido ao baixo desperdício.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003) a alvenaria estrutural em blocos de concreto não armada é o tipo de alvenaria mais disseminado principalmente pelo número de fornecedores de blocos e pelo controle de fabricação destes.

O presente trabalho tem preocupação com a recente demanda, e visa esclarecer o processo de dimensionamento das paredes da alvenaria de um edifício com o auxílio da norma ABNT NBR 15961-1:2011.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 CONCEITO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Ramalho e Corrêa (2003) definem a alvenaria estrutural como um processo construtivo no qual a transferência de ações provenientes das tensões de compressão são o fator característico.

Tauil e Nesse (2010) conceituam a alvenaria como um conjunto de artefatos sobrepostos ligados por uma argamassa adequada, compondo um elemento vertical conexo. A Alvenaria é o componente da construção que protege a edificação de intempéries, agressores e invasores, confere segurança, compartimenta ambientes e provê conforto térmico e acústico às habitações.

A diferença entre a alvenaria de vedação e a estrutural é que além de conferir as propriedades de vedação, ela deve funcionar como um elemento estrutural, ou seja, deve receber e transportar carregamentos sem comprometer a segurança da edificação.

Freire (2007) classifica a alvenaria estrutural como um elemento no qual não é necessário o emprego de vigas e pilares, nesse caso ao invés da carga ser transmitida pontualmente ela é conduzida por blocos cerâmicos ou de concreto que resistem à compressão e conduzem o próprio peso; o da laje e o carregamento dos pisos superiores até as fundações.

O Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural NEPAE (2000) trata a alvenaria estrutural como um sistema construtivo que segue os princípios da racionalização, no qual os componentes que cumprem o papel estrutural são de alvenaria (blocos estruturais).

Reboredo (2013) classifica a alvenaria como um elemento que pode ser armado não-armado ou protendido, constituídos de paredes que podem ser estruturais ou não-estruturais amarrados direta ou indiretamente.

4.2 TIPOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

4.2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL NÃO-ARMADA

Segundo Tauil e Nese (2010) este é o tipo de alvenaria que recebe reforços de aço somente por motivos construtivos e para coibir o aparecimento de patologias.

Nesse caso “a armadura é desconsiderada para resistir a esforços solicitantes” (Parsekian et al, 2012).

A figura 1 representa esse tipo de alvenaria:

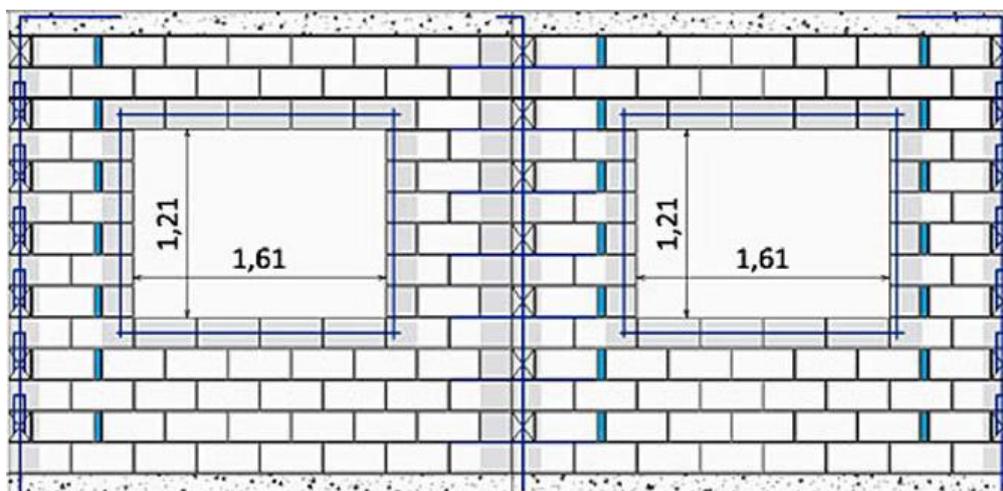


Figura 1- Exemplo de Alvenaria Não-Armada
 Fonte: Tauil e Nese (2010, p. 21)

Em azul na figura 1 é possível notar que o local de aplicação das barras é justamente nas vergas e contravergas, para que proteja a edificação de ocorrência de fissuras devido a acomodação da estrutura.

4.2.2 ALVENARIA ESTRUTURAL ARMADA

Para Tauil e Nese (2010) é necessário armar a alvenaria aplicando as barras em lugares específicos por causa de necessidades de algumas regiões, e nesse caso a armadura é solidarizada ao bloco com o auxílio do graute.

Parsekian et al (2012) explica que esse tipo de elemento deve receber uma armadura passiva pois haverá esforços solicitantes atuando na alvenaria.

A figura 2 ilustra uma alvenaria estrutural armada:

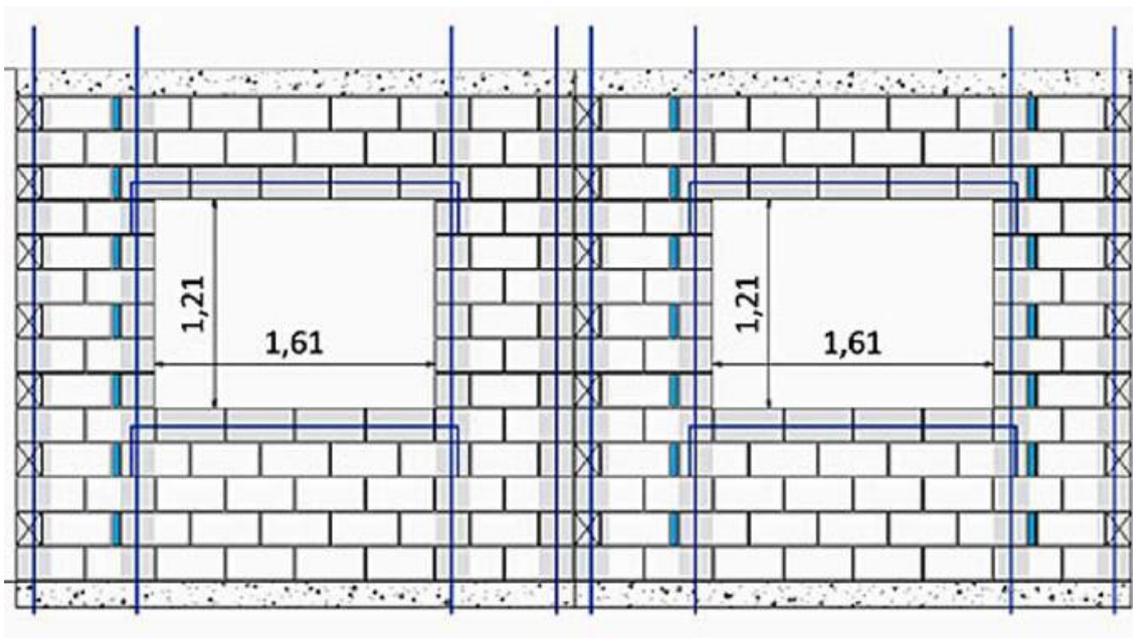


Figura 2 - Exemplo de Alvenaria Estrutural Armada
Fonte: Tauil e Nesse (2010, p.22)

Como é possível observar em cor azul são as barras de aço, e elas estão localizadas em locais específicos do artefato, indicando portanto que nesses locais existe a solicitações de esforços e por isso a necessidade das barras.

4.2.3 ALVENARIA ESTRUTURAL PROTENDIDA

Parsekian et al. (2012); Camacho (2006) e Tauil e Nese (2010), afirmam que a alvenaria estrutural protendida é aquela na qual é utilizada uma armadura de aço ativa, tensionada, que sujeita a edificação um esforço de compressão, e os últimos autores ainda mostram que esse tipo de alvenaria é o menos utilizado devido ao alto custo.

A figura 3 representa a alvenaria estrutural protendida:

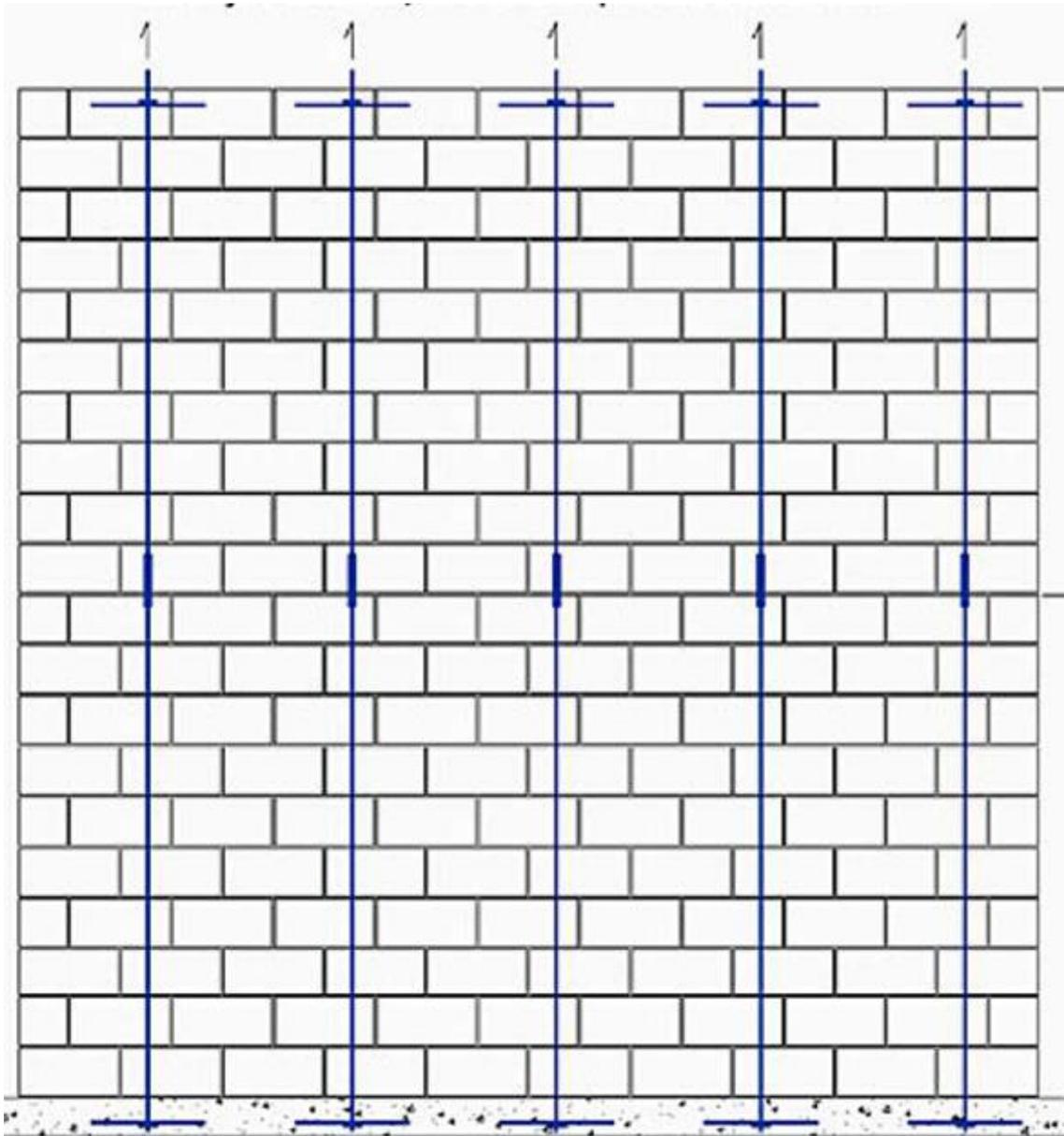


Figura 3- Exemplo de Alvenaria Protendida
Fonte: Tauil e Nesse (2010, p. 23)

Os esforços de proteção gerados nos cabos fomentam a resistência aos impactos acidentais; vento e as solicitações nas laterais (Tauil e Nese, 2010).

4.3 COMPONENTES DA ALVENARIA ESTRUTURAL

4.3.1 BLOCOS

Ramalho e Corrêa (2003) definem os blocos como os artefatos que devem conferir resistência à estrutura. Camacho (2006) pondera em sua conceituação,

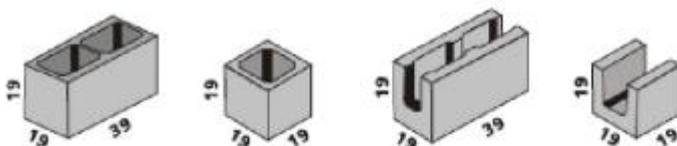
definindo os blocos como os itens mais importantes da alvenaria, que têm o potencial de resistir aos esforços de compressão.

Entre as propriedades destes itens destacam-se a resistência à compressão; a vedação; a trabalhabilidade; a estabilidade dimensional; a absorção adequada e a modulação (Camacho, 2006).

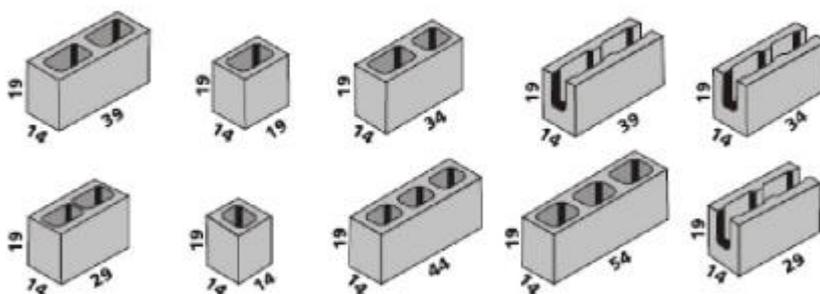
Os blocos mais utilizados nas construções brasileiras são os cerâmicos, os de concreto e os silico-calcáreos.

BLOCO ESTRUTURAL CLASSE A e B - 1

LINHA 19



LINHA 14



LINHA 9



Figura 4- Alguns tipos de blocos de concreto
Fonte: Catálogo Blocos Torati (2013).

Como pode ser observado na figura 4 existem diversos tipos de blocos e são variados para atender as necessidades dos projetos. Já que eles são as unidades mais importantes da alvenaria e tem comportamento portante, quanto mais íntegro melhor a resistência.

Os blocos cerâmicos são constituídos de argila, material que confere ao produto maior conforto térmico e acústico e além disso permite que o bloco não sofra retração na secagem.

Segundo Tavares (2011) os blocos cerâmicos pesam 40% menos que os de concreto o que confere a obra mais produtividade, modulação e um alívio de

cargas nas fundações, mas para isso o bloco deve ser íntegro, com superfícies regulares e sem defeitos sistemáticos.

Freire (2007) conceitua os blocos de concreto como elementos vibro prensados constituídos da mistura já conhecida de cimento Portland, agregados e água.

Tavares (2011) afirma em seu estudo que os blocos de concreto chegam a altas resistências que transitam entre 12MPa e 20MPa e são empregados em construções com maior quantidade de pavimentos.

Segundo a ABNT NBR 6136:2014 os blocos de concreto devem ser homogêneos, sem trincas ou danos, com arestas vivas, cantos bem definidos sem causar danos ao assentamento.

É notável a diversidade de blocos cerâmicos em detrimento dos feitos com concreto, porém no mercado é possível observar a preocupação de oferecer blocos de concreto para as mesmas necessidades que os de cerâmica atendem, inclusive com variação de cores.

4.3.2 ARGAMASSA

A argamassa é a mistura homogênea de cimento, cal, agregado miúdo e água, que pode ou não conter aditivos.

Freire (2007) destaca que a função da argamassa é solidarizar os blocos fazendo com que a transferência de tensões seja uniforme, ele ainda determina que a espessura da junta de argamassa deve ser de 1cm para não afetar a resistência da parede nem possibilitar a concentração de tensões.

Camacho (2006) em seu estudo cita que a função da argamassa é conectar as unidades; garantir a vedação; garantir a aderência com as armaduras nas juntas e compensar as variações dimensionais da unidade, até porque ela é trabalhável; retém água e contribui para a resistência à compressão.

4.3.3 GRAUTE

Ramalho E Corrêa (2003) definem o graute como um concreto bem fluido com agregados de pequena granulometria, que tem por função solidarizar as armaduras com as partes vazadas do bloco.

Para Camacho (2006) ele é uma espécie de micro concreto obtido a partir da mistura de água e cimento e agregados de até 9,5mm, e sua textura fluida tem a capacidade de alcançar melhor os vazios aumentando a resistência da alvenaria.

Tavares (2011) cita características importantes que o graute deve ter que são a consistência fluida e a não necessidade de adensamento; além disso ele deve atingir altas resistências iniciais e finais e apresentar expansão controlada.

4.3.4 ARMADURA

A armadura na alvenaria estrutural é a mesma empregada no concreto armado, com a sutil diferença de que na alvenaria estrutural ela é envolvida pelo graute.

Freire (2011) conceitua a armadura como o item da alvenaria armada que absorve os esforços de tração e cisalhamento, garantindo a amarração e o trabalho conjunto da alvenaria.

5 MATERIAIS E MÉTODO

5.1 MATERIAIS

Para o dimensionamento do edifício foi utilizado como base a planta do projeto arquitetônico que consta na figura 5 como referência para a montagem de cada pavimento.

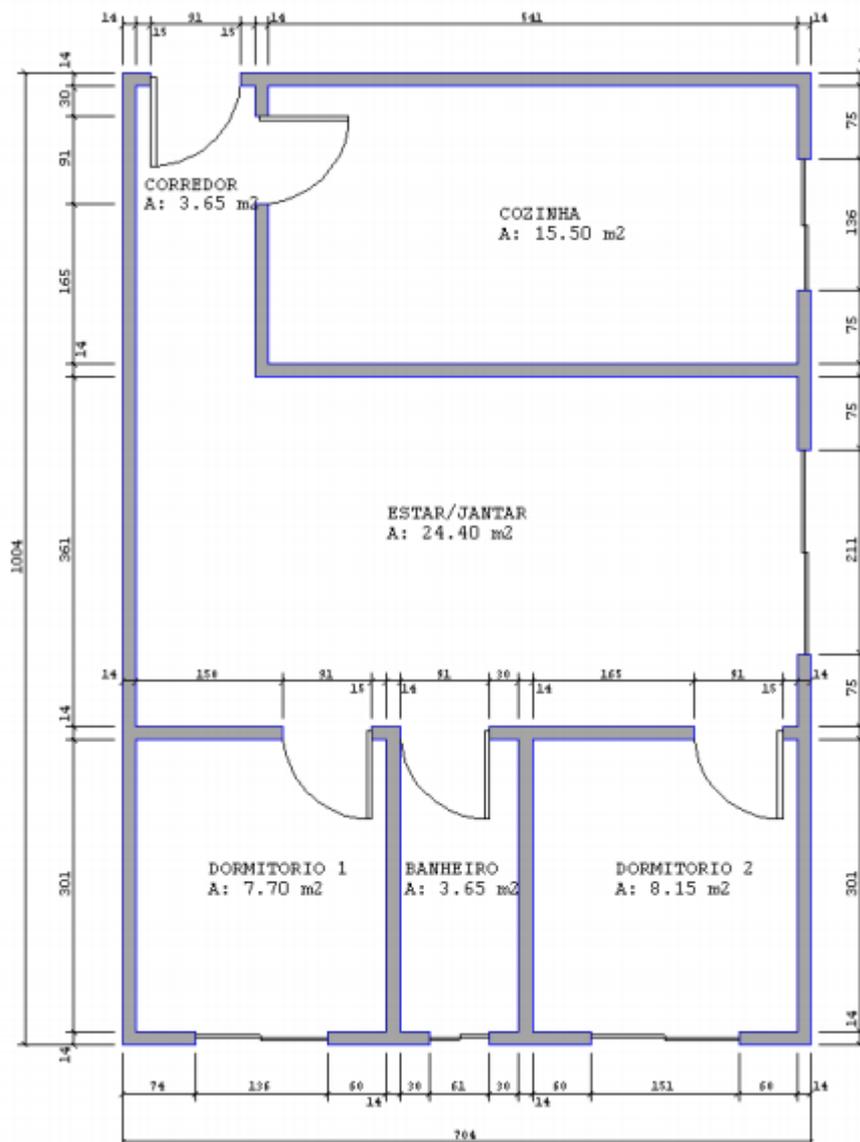


Figura 5 - Planta Base para o edifício
 Fonte: Busi (2009, p.55)

Esta planta tem a configuração de um apartamento residencial comumente utilizado em construções de alvenaria estrutural. O pavimento tipo é formado por quatro apartamentos.

Os programas utilizados na realização do trabalho foram o AUTOCAD® para desenho e medidas, o FTOOL® para análise de esforços e solicitações e o EXCEL® para o apoio ao dimensionamento.

5.2 MÉTODO

5.2.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

Com base no modelo do desenho arquitetônico da figura 5, foi desenhado no AUTOCAD® um projeto arquitetônico com as medidas moduladas para auxiliar os cálculos.

Posteriormente foi realizada uma análise do desenho arquitetônico para que fosse identificado aspectos importantes como a presença de simetria, a repetição das paredes e o posicionamento destas na planta, observando se a estrutura estava bem contraventada.

5.2.2 AÇÕES

O levantamento e cálculo das ações verticais foi realizado de acordo com a ABNT NBR 8681:2003 “Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento”.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003) em edifícios de alvenaria estrutural que se destinam a fins residenciais, as principais cargas a serem consideradas nas paredes são as reações da laje e o peso próprio da alvenaria.

No que tange as ações permanentes, as cargas foram calculadas através da equação 1 a fim de caracterizar o valor do peso próprio de cada parede:

$$P_p = \gamma \cdot e \cdot h_{ef} \quad (1)$$

No qual,

P_p é o peso próprio da alvenaria

γ é o peso específico da alvenaria

e é a espessura da alvenaria

h_{ef} é a altura efetiva da alvenaria

Os parâmetros utilizados no cálculo estão descritos na ABNT NBR 6120:1980 e ABNT NBR 15961-1:2011. No que se refere ao peso específico dos materiais por exemplo, para alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto $\gamma = 14\text{kN/m}^3$, para alvenaria não estrutural de blocos vazados de concreto $\gamma = 13\text{kN/m}^3$, para argamassa de cimento, cal e areia $\gamma = 19\text{kN/m}^3$ e para o graute $\gamma = 24\text{kN/m}^3$.

A espessura da alvenaria e altura efetiva adotadas levou em consideração o tipo de bloco e modulação escolhidos como descrito no item 6.2 deste trabalho, sendo $e = 0,14\text{m}$ e $h_{ef} = 2,60\text{m}$, para a espessura dos revestimentos foi utilizado $e = 1,00\text{ cm}$ para revestimento interno e $e = 2,50\text{ cm}$ para revestimento externo. A altura de portas foi considerada $h = 2,10\text{m}$ que é o valor convencional e para peitoril de janelas foi empregado $h = 1,00\text{m}$.

No que se refere as cargas acidentais sobre as lajes foi utilizado os valores da tabela 2 da ABNT NBR 6120:1980 como consta na figura 6.

10 Depósitos	A ser determinada em cada caso e na falta de valores experimentais conforme o indicado em 2.2.1.3	-
11 Edifícios residenciais	Dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro Despensa, área de serviço e lavanderia	1,5 2
12 Escadas	Com acesso ao público (ver 2.2.1.7) Sem acesso ao público	3 2,5
13 Escolas	Anfiteatro com assentos fixos Corredor e sala de aula Outras salas	3 2
14 Escritórios	Salas de uso geral e banheiro	2
15 Forros	Sem acesso a pessoas	0,5
16 Galerias de arte	A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo	3

Figura 6- Cargas Acidentais

Fonte: ABNT NBR 6120 (1980, p. 3)

As reações das lajes foram calculadas segundo o método das charneiras plásticas, como está descrito no item 17.4.6.1 da ABNT NBR 6118:2011, cuja a reação em cada bordo é calculada segundo a área de trapézios ou triângulos, formados por retas inclinadas que respeitam o tipo de vinculação da laje, a saber: 45° entre apoios iguais, 60° a partir do engaste se a relação for engaste-apoio, e 90° a partir do apoio em caso de borda livre, como na figura 7 abaixo:

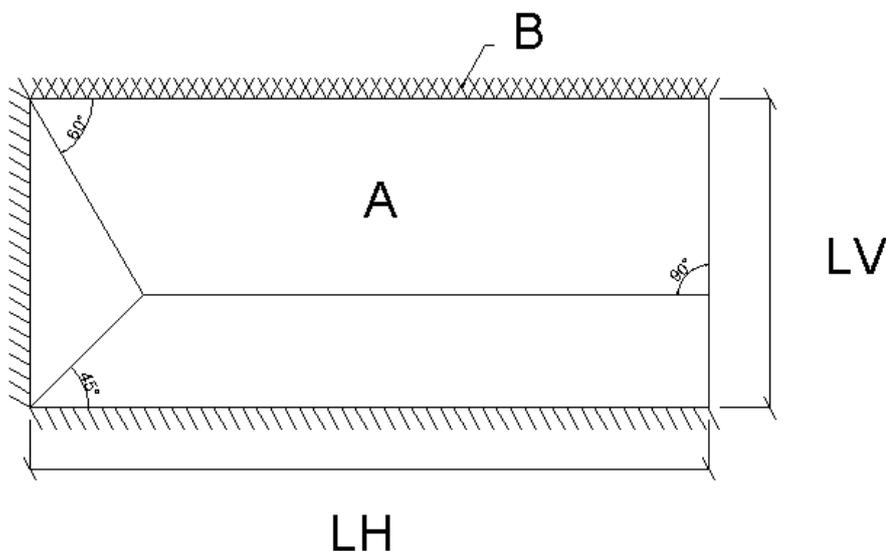


Figura 7- Método das Charneiras Plásticas

Fonte: Autoria Própria.

A equação para a obtenção da reação utilizada foi:

$$R_B = \frac{P.A}{LH} \quad (2)$$

No qual:

B é a viga;

A é a área do trapézio ou triângulo;

P é a carga atuante na laje e;

LH é o comprimento da viga

Para a definição da vinculação dos bordos foi realizada a análise de continuidade das lajes, que leva em conta duas condições, se as duas forem satisfeitas a laje examinada estará engastada na laje vizinha, caso uma ou nenhuma das duas condições forem satisfeitas, a laje examinada estará apoiada na laje vizinha. As condições são descritas abaixo:

$$L_{1x} \geq \frac{1}{4} L_{2x} \quad (3)$$

$$L_{1y} \geq \frac{2}{3} L_{2y} \quad (4)$$

No qual:

L_{2x} é a medida horizontal da laje examinada;

L_{2y} é a medida vertical da laje examinada;

L_{1x} é a medida horizontal da laje vizinha e;

L_{1y} é a medida vertical da laje vizinha.

Lembrando que L_x é sempre o menor lado da laje, portanto L_y é o maior lado. Além disso como convenção, a laje em análise recebeu o nome de L_1 e a laje vizinha de L_2 .

As ações horizontais são significantes em edifícios altos. Como o edifício em análise possui dez pavimentos, esforços causados por vento e desaprumo são preponderantes.

Ramalho e Corrêa (2003) afirma que a ação do vento sobre edifícios de alvenaria estrutural só ocorre devido ao diafragma rígido, que é o arranjo formado entre as paredes e as lajes, no qual a ação incidente sobre uma parede de fachada é transmitida às lajes e posteriormente às paredes de contraventamento, como na figura 8.

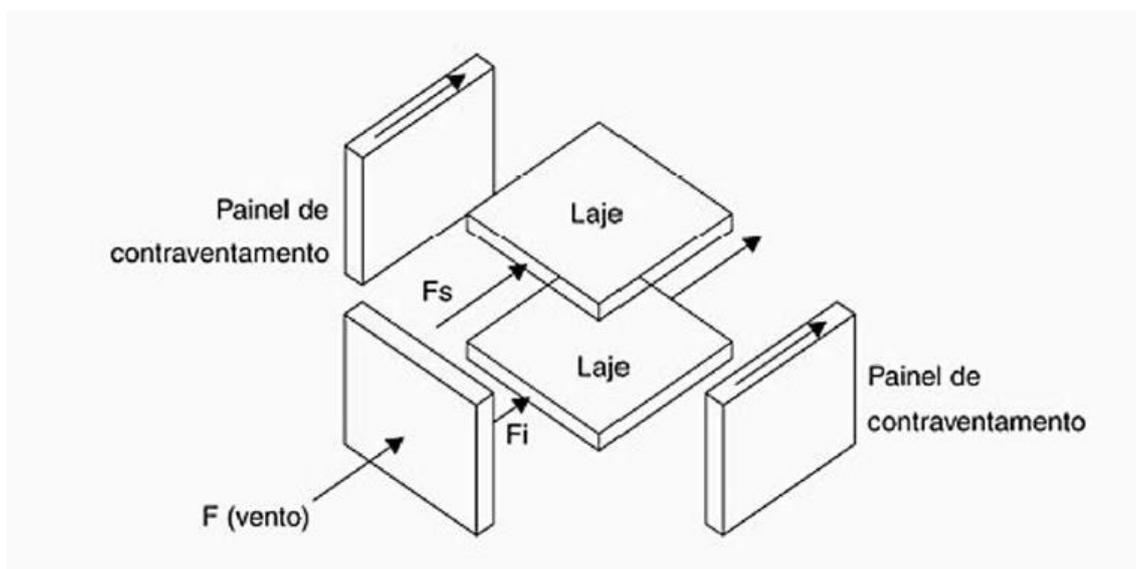


Figura 8- Exemplo de diafragma rígido
 Fonte: Ramalho e Corrêa, 2003, p. 46

A laje possui uma rigidez muito grande comportando-se como uma chapa, e permitindo que as ações que se distribuam pelas paredes de alvenaria proporcionalmente à rigidez destas.

O cálculo do vento foi realizado de acordo com a ABNT NBR 6123:1988 “Forças devido ao vento em edificações”. Foi escolhido a cidade de Campo Mourão – PR e a zona central desta para que se pudesse ter parâmetros necessário para o procedimento do cálculo.

O processo de cálculo consiste inicialmente na obtenção da velocidade característica do vento que obedece a equação:

$$V_k = s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot V_0 \quad (5)$$

No qual:

v_0 é a velocidade básica do vento que foi obtida de acordo com o mapa de isopletras da norma;

s_1 é o fator topográfico que foi caracterizado pelo relevo do local onde edifício foi analisado;

s_2 é o fator de rugosidade, que determina um valor para cada cota especificada na tabela 2 do item 5.3 da norma, o intervalo da cota utilizado foi calculado segundo a altura da edificação;

s_3 é o fator estatístico, que leva em conta o grau de segurança da edificação.

O cálculo da força do vento foi feito segundo duas direções, x e y, e foi obtida através das equações 6 e 7.

$$F_x = C a_x \cdot q \cdot A_x \text{ para a direção x e,} \quad (6)$$

$$F_y = C a_y \cdot q \cdot A_y \text{ para a direção y} \quad (7)$$

No qual,

q é a pressão dinâmica do vento;

$C a_x, C a_y$ são o coeficiente de arrasto;

A_x, A_y são as áreas de projeção do vento.

A pressão dinâmica do vento foi obtida pela equação:

$$q = 0,613 \cdot V_k^2 \quad (8)$$

Sendo V_K a velocidade característica do vento.

A pressão dinâmica do vento foi calculada de acordo com cada cota analisada no fator de rugosidade s_2 e os coeficientes de arrasto foram calculados com o auxílio do ábaco de coeficiente de arrasto da norma.

A ABNT NBR 15961-1:2011 preconiza que para edifícios de múltiplos pavimentos faz-se necessário o cálculo do desaprumo global. Este foi realizado de acordo com o item 11.3.3.4.1 da ABNT NBR 6118:2014 que trata de imperfeições globais.

Através das equações 9 e 10 abaixo e da figura 9 é possível entender como foi realizado o cálculo:

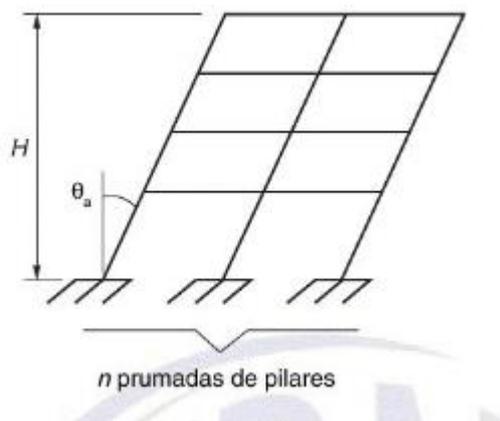


Figura 9- Desaprumo
 Fonte: ABNT NBR 6118:2014, p. 59

$$\theta_1 = \frac{1}{100\sqrt{H}} \quad (9)$$

$$\theta_a = \theta_1 \sqrt{1 + \frac{1}{n}} \quad (10)$$

Sendo:

θ_1 parâmetro para θ_a ;

H a altura total da edificação;

θ_a ângulo de desaprumo em radianos;

n o número de prumadas, ou no caso em questão, de paredes.

Através da análise de deslocabilidade que também é abordado pela ABNT NBR 6118:2011 foi verificado os seguintes limites para θ_1 :

$$\theta_{1min} = \frac{1}{400} \text{ para estruturas de nós fixos} \quad (11)$$

$$\theta_{1min} = \frac{1}{300} \text{ para estruturas de nós móveis} \quad (12)$$

$$\theta_{1máx} = \frac{1}{200} \quad (13)$$

A ABNT NBR 6118:2014 afirma que uma estrutura de nós fixos é aquela na qual os efeitos de 2ª ordem são desprezíveis, visto que os deslocamentos horizontais são pequenos; já a estrutura de nós móveis sofre grandes deslocamentos horizontais, portanto os efeitos de 2ª ordem são significantes.

Assim foi possível obter a força horizontal equivalente ao desaprumo que é dado pela equação 14:

$$F_d = \theta_a \cdot \Delta P \quad (14)$$

No qual:

F_d é a força horizontal equivalente por pavimento;

ΔP é o peso total do pavimento;

θ_a é o ângulo desaprumo em radianos.

É importante salientar que o desaprumo não deve ser necessariamente adicionado à ação do vento como indica o item 11.3.3.4.1 da ABNT NBR 6118:2014, é preciso obter a ação mais desfavorável, verificando se a relação entre o momento gerado pelo vento e o momento gerado pelo desaprumo são maiores que 30%, nesse caso faz-se necessária a soma dos dois esforços sobre a edificação.

Para diagnosticar se a estrutura é de nós fixos ou nós móveis, foi realizada a análise de não linearidade geométrica através do cálculo do coeficiente γ_z .

A ABNT NBR 6118:2014 no item 15.5.3 relata que o cálculo é válido somente para edifícios com mais de 4 pavimentos e deve ser obtido através da equação 15:

$$\Upsilon_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_d}{M_{1d}}} \quad (15)$$

No qual:

γ_z é o parâmetro de instabilidade;

ΔM_d é a soma dos produtos das forças verticais de cálculo atuantes pelos respectivos deslocamentos de 1ª ordem;

M_{1d} é o momento de tombamento de cálculo.

Assim se:

$$\Upsilon_z \leq 1,10 \text{ a estrutura é de nós fixos;} \quad (16)$$

$$1,10 \leq \Upsilon_z \leq 1,3 \text{ a estrutura é de nós móveis e;} \quad (17)$$

$$\Upsilon_z > 1,3 \text{ é preciso enrijecer a estrutura.} \quad (18)$$

5.2.3 DISTRIBUIÇÃO DAS AÇÕES HORIZONTAIS E VERTICAIS

Segundo a NBR 15961:2011 as cargas verticais se distribuem conforme a figura 11:

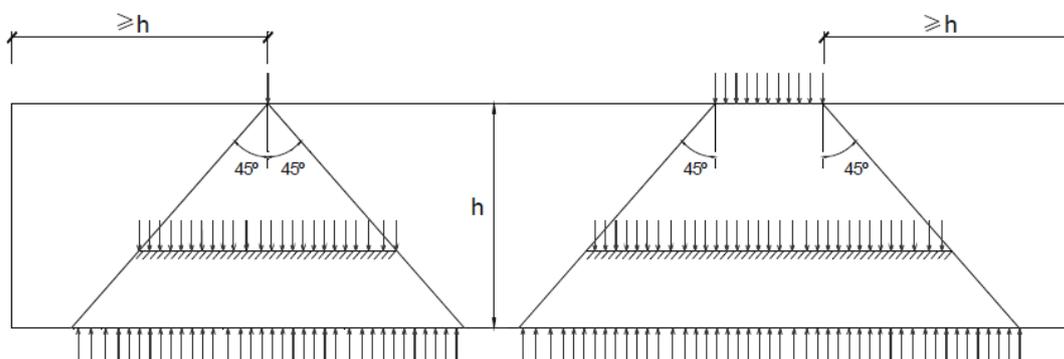


Figura 10- Distribuição das cargas verticais
Fonte: NBR 15961:2011, p.21

Conforme é possível observar na figura 10, a distribuição tanto de cargas concentradas quanto de cargas distribuídas horizontalmente dá-se aos quarenta e cinco graus.

Para efeito de distribuição das cargas na vertical, foi utilizado o método de grupos isolados de paredes como recomendado por Ramalho e Corrêa (2003). Neste método cada parede é separada pela abertura de portas e janelas e agrupadas de acordo com essas aberturas. As cargas sobre cada parede do grupo são somadas e se tornam uniformes por todas as paredes do grupo.

No que tange a distribuição das ações horizontais foram utilizados dois métodos, o método das paredes isoladas, e o método das paredes enfileiradas.

O método das paredes isoladas foi realizado segundo o que é proposto por Ramalho e Corrêa (2003), e é utilizado em estruturas em que os contraventamentos sejam simétricos. Nesse método a força horizontal que atua em um pavimento é distribuída pelas paredes de acordo com a rigidez dessas.

O cálculo da rigidez foi obtido pela equação 19:

$$R = \frac{I_i}{\Sigma I} \quad (19)$$

No qual:

R é a rigidez;

I_i é a inércia da parede; e

ΣI é o somatório das inércias.

A força proporcional da parede foi obtida pela equação 20:

$$F_i = F_{tot} \cdot R_i \quad (20)$$

No qual:

F_i é a força na parede;

F_{tot} é a força no pavimento; e

R_i é a rigidez da parede.

5.2.4 DIMENSIONAMENTO

O trabalho possui algumas limitações:

- Não foram dimensionadas estruturas de concreto;

- Não foram dimensionadas as lajes da casa de máquinas e reservatório, apenas foram calculadas apenas suas cargas sobre a estrutura;

- Não foram criados projetos de produção, a fim de demarcar as fiadas.

Essas limitações foram consideradas porque apesar do dimensionamento de um edifício englobar todos esses processos, o objetivo do trabalho era estudar as paredes de alvenaria estrutural.

Após a modulação e obtenção das medidas pelo software AUTOCAD®, o projeto arquitetônico foi segmentado de acordo com os eixos de simetria obtendo duas direções principais X e Y.

Nessas direções as paredes consideradas de contraventamento foram mantidas, e estas foram agrupadas de acordo com as aberturas de portas e janelas, para proceder o cálculo.

Com o auxílio do AUTOCAD® foram determinadas as propriedades geométricas das paredes, dados essenciais para os procedimentos de cálculo. Com os valores de ações e reações de laje distribuídos foi possível obter as tensões para o dimensionamento.

De acordo com o que é exigido pela ABNT NBR 15961-1:2011, foram calculados: compressão simples, flexo-compressão (dimensionante), flexo-tração e cisalhamento.

5.2.5 COMPRESSÃO SIMPLES

Pelo fato da alvenaria estrutural suportar bem os esforços de compressão, a compressão simples é a resistência mais significativa da alvenaria, e é dada pela equação 21:

$$Nr_d = f_d \cdot A \cdot R \quad (21)$$

No qual:

Nr_d é a força normal de cálculo;

f_d é a resistência à compressão de cálculo da alvenaria

A é a área bruta da seção resistente

R é o coeficiente redutor devido a esbeltez da parede, é dada pela equação 22:

$$R = \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right] \quad (22)$$

No qual:

λ é o coeficiente de esbeltes, e $\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}}$, sendo h_{ef} a altura efetiva da

seção e t_{ef} a espessura efetiva da seção.

A resistência é verificada pela equação 23:

$$\frac{\gamma_f \cdot N_k}{A} \leq 1,0 \cdot \frac{0,7 f_{pk}}{\gamma_m} \cdot \left[1 - \left(\frac{\lambda}{40} \right)^3 \right] \quad (23)$$

No qual:

γ_f, γ_m são coeficientes de ponderação das ações e resistências respectivamente;

N_k é a força normal característica;

A é a área bruta da seção transversal;

f_{pk} é a resistência característica da compressão simples de prisma;

λ é a esbeltez.

O item 6.2.5.3 da ABNT NBR 15961-1:2011, diz que a compressão (f_k) deve ser obtida com base no ensaio de parede, ou estimada me 70% do ensaio de compressão de prisma (f_{pk}) ou 85% do ensaio de pequena parede.

No trabalho a resistência característica da parede (f_k) foi admitida igual a 70% de f_{pk} . A verificação foi obtida pela equação 24:

$$\frac{\gamma_f \cdot N_k}{A} \leq \frac{0,7 f_{pk}}{\gamma_m} \cdot \left[1 - \left(\frac{h_{ef}}{40 \cdot t_{ef}} \right)^3 \right] \cdot \frac{A}{L} \quad (24)$$

A verificação a compressão foi apenas uma referência para a especificação dos blocos. A dimensionante é a verificação à flexo-compressão.

5.2.6 VERIFICAÇÃO A FLEXO COMPRESSÃO E DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS

A verificação à flexo-compressão é dada pela equação 25:

$$\frac{N_d}{A.R} + \frac{M_d}{1,5.W} \leq f_d \quad (25)$$

No qual:

N_d é a normal de cálculo;

A é a área da seção transversal;

R é o coeficiente redutor devido a esbeltez;

M_d é o momento fletor de cálculo;

W é o módulo de resistência elástica à flexão;

f_d é a resistência de cálculo à compressão.

Na parcela de compressão simples foi considerada as tensões pelo carregamento permanente e acidental, e na parcela de flexão foi utilizado as tensões causadas pelo momento devido as ações horizontais.

Como se tratou de duas ações variáveis agindo ao mesmo tempo foram empregadas duas combinações descritas em 26 e 27:

$$\frac{\gamma_{f_q} \cdot \Psi_0 \cdot \sigma_Q + \gamma_{f_g} \cdot \sigma_G}{R} + \frac{\gamma_{f_q} \cdot \sigma_{vento}}{1,5} \leq \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (26)$$

$$\frac{\gamma_{f_q} \cdot \sigma_Q + \gamma_{f_g} \cdot \sigma_G}{R} + \frac{\gamma_{f_q} \cdot \Psi_0 \cdot \sigma_{vento}}{1,5} \leq \frac{f_k}{\gamma_m} \quad (27)$$

Como $f_k = 0,7 f_{pk}$, foram realizadas as substituições nas combinações e obtidos dois valores de f_{pk} para cada parede. Em cada pavimento foram selecionados os maiores valores de f_{pk} para que pudesse ser realizada as especificações do bloco.

Foi observada a eficiência de cada bloco para escolher o f_{bk} (resistência característica à compressão do bloco) que atendesse a todas as paredes do pavimento, se somente uma ou duas paredes tivesse o f_{bk} mais elevado que as outras, a solução adotada foi grautear essas paredes.

5.2.7 FLEXO-TRAÇÃO

As tensões de tração devem ser verificadas pela equação 28:

$$\frac{M_d}{W} - \frac{N_d}{A} \leq f_{td} \quad (28)$$

No qual:

M_d é o momento fletor de cálculo;

W é o módulo de resistência à flexão;

N_d é a normal de cálculo;

A é a área da seção transversal;

f_{td} é a resistência de cálculo à tração

Para as paredes de contraventamento a compressão devido a 90% da carga permanente somada a tensão normal de tração causada pelas ações horizontais deve ser menor que a resistência a tração da alvenaria, sendo assim:

$$\gamma_{fg} \cdot \sigma_G - \gamma_{fq} \cdot \sigma_{vento} \leq \frac{f_{tk}}{\gamma_m} \quad (29)$$

No qual:

γ_m é o coeficiente de minoração da alvenaria;

γ_{f_q} é o coeficiente de majoração da ação do vento;

γ_{f_g} é o coeficiente de majoração da ação permanente com efeito favorável;

σ_G é a tensão gerada pela carga permanente;

σ_{vento} é a tensão gerada pelo vento e desaprumo;

f_{t_k} é a resistência a tração na flexão normal à fiada;

É importante salientar que foi adotado o sinal positivo para compressão e negativo para tração.

5.2.8 CISALHAMENTO

Em edifícios altos a verificação ao cisalhamento é muito importante pela ação do vento ser proporcionalmente significativa a medida que a altura aumenta.

Pela ABNT NBR 15961-1:2011:

$$f_{v_k} = 0,15 + 0,5 \cdot \sigma_G \leq 1,4 \text{ MPa} \quad (30)$$

No qual:

f_{v_k} é o valor característico de resistência ao cisalhamento;

σ_G é a tensão normal considerando 90% da carga permanente pois é uma ação favorável.

A verificação é dada pela equação 31:

$$\frac{\tau_d}{f_{v_d}} < 1 \quad (31)$$

No qual:

$$f_{v_d} = \frac{f_{v_k}}{\gamma_m} \text{ é a resistência de cálculo ao cisalhamento;} \quad (32)$$

$$\tau_d = 1,4 \cdot \tau_k \text{ é a tensão de cisalhamento de cálculo.} \quad (33)$$

Caso a verificação não seja atendida será necessário calcular uma armadura de cisalhamento e é dada pela equação 34:

$$A_{s_w} = \frac{(V_d - V_a) \cdot s}{0,5 f_{y_d} \cdot d} \quad (34)$$

$$\text{Sendo: } V_a = f_{v_d} \cdot b \cdot d \quad (35)$$

No qual:

A_{s_w} é a área de seção transversal da armadura de cisalhamento;

V_d é a cortante de cálculo;

V_a é a força cortante absorvida pela alvenaria;

s é o espaçamento das barras, para paredes $s \leq 60 \text{ cm}$;

f_{y_d} é a resistência de cálculo da armadura;

d é a altura da seção; e

b é a largura da seção.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 ANÁLISE VISUAL E DESENHO ARQUITETÔNICO

Foi especificado o bloco da família M-15 com dimensões:

- Largura: 14cm (15cm);
- altura: 19cm (20cm);
- comprimento: 29cm (30cm).

O apartamento ficou com a configuração da Figura 11:

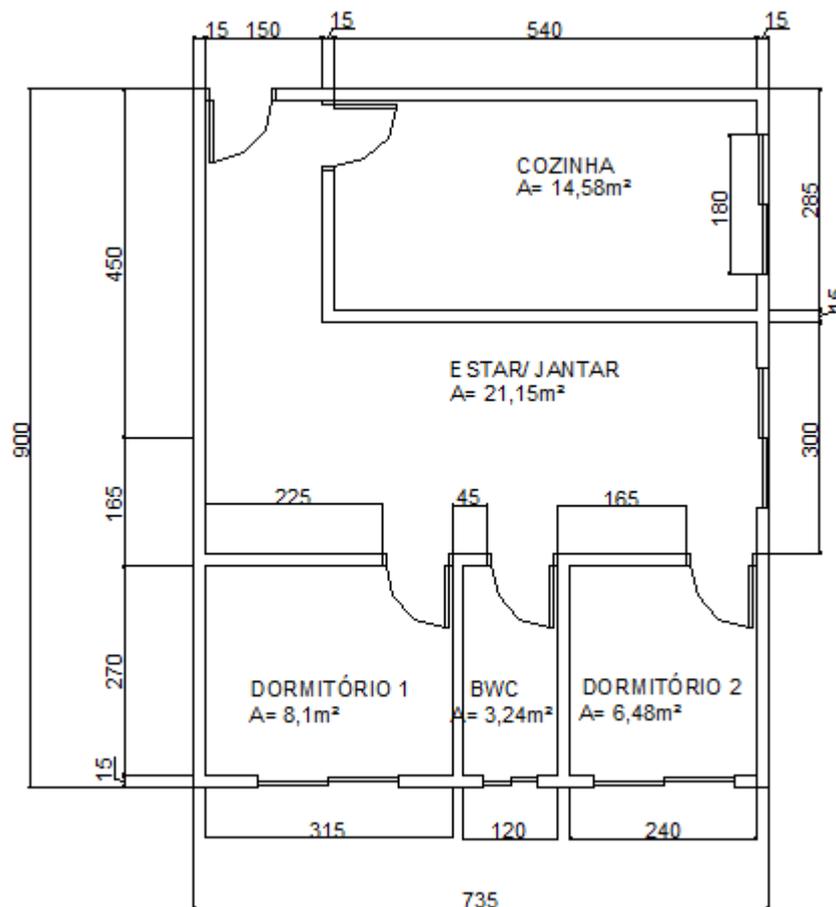


Figura 11- Apartamento Tipo
Fonte: Autoria Própria.

Depois da especificação foram determinadas as medidas internas e assim foi obtido as dimensões para o apartamento, como pode ser observado na Figura 11.

A configuração do pavimento tipo ficou de acordo com a Figura 12:

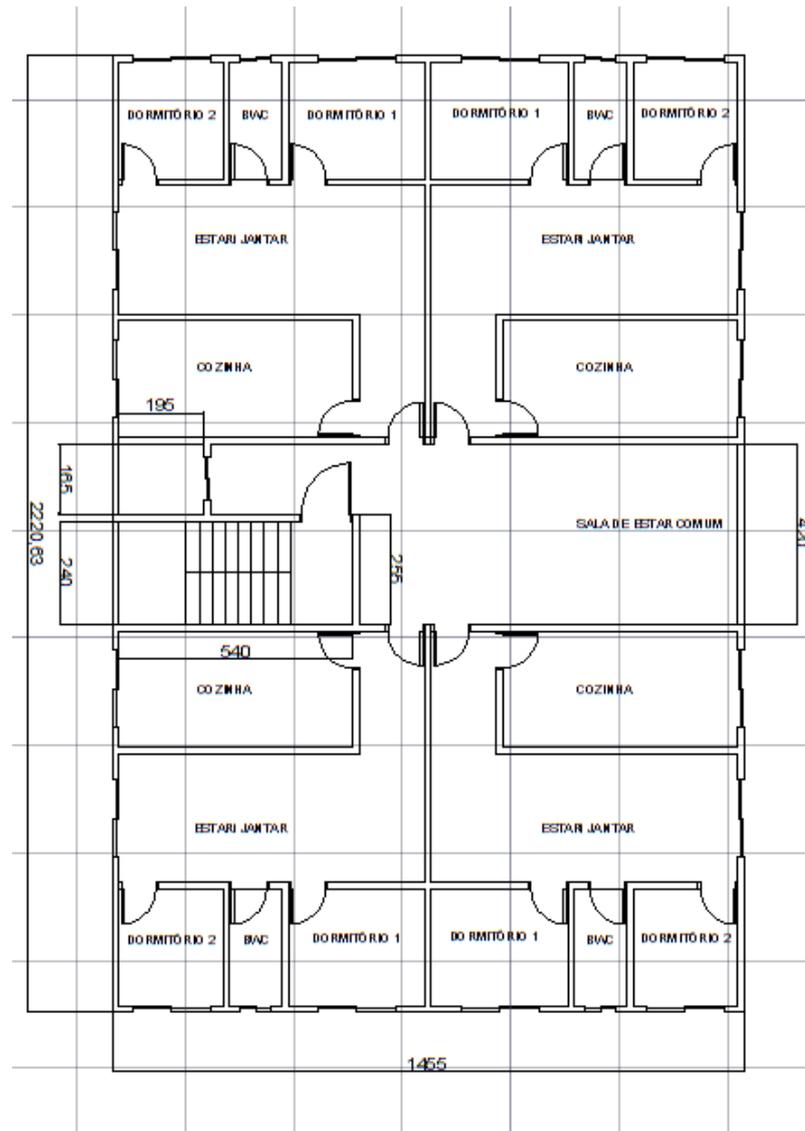


Figura 12 - Configuração do pavimento tipo
Fonte: Autoria Própria.

A configuração do pavimento tipo conta com quatro apartamentos como o da figura 12 além da escada, do elevador e uma sala de estar comum.

Após esse processo as paredes foram nominadas de acordo com a direção em que se encontram, foi adotado y para a vertical e x para a horizontal como na figura 13.

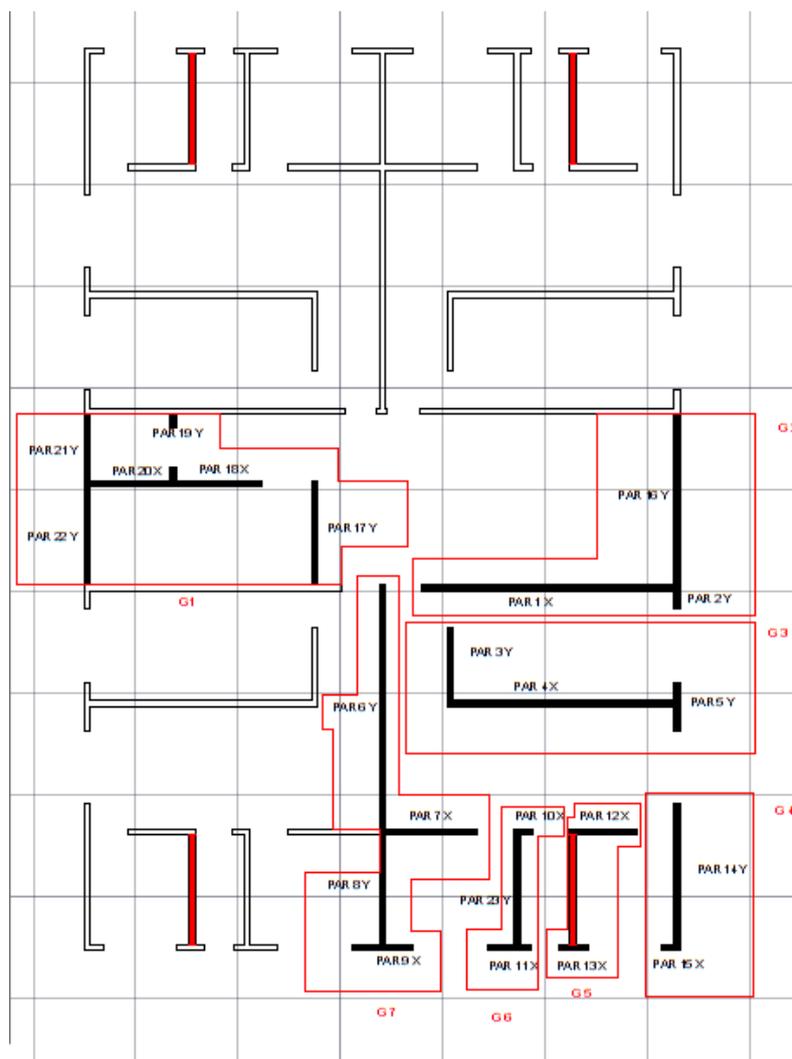


Figura 13 - Paredes
Fonte: Autoria Própria.

Como o pavimento tipo é simétrico, existem paredes com a mesma característica que se repetem, sendo assim, foram classificadas somente uma delas para serem utilizadas no cálculo, que podem ser identificadas na figura 13 pela hachura preta.

A hachura vermelha identifica uma parede não estrutural presente no projeto. Ela foi escolhida por ser a parede do banheiro que receberá tubulação hidráulica, e que pode receber eventuais reparos.

Os destaques em vermelho sinalizam a divisão de grupo de paredes para o cálculo da distribuição de cargas na vertical. Cada grupo reúne paredes próximas e foram separados de acordo com as aberturas de portas e janelas.

A análise visual realizada verificou que na direção x a estrutura está bem contraventada, devido ao número de paredes de contraventamento nessa direção. Já na direção y o número de paredes é menor, portanto foi considerado abas nos cálculos das propriedades.

Ramalho e Corrêa (2003) limita o comprimento de abas em seis vezes a espessura, como a espessura nominal da parede é 14cm:

$$6.t_{ef} = 6 \times 14 = 84\text{cm} \quad (36)$$

Sendo assim, a aba deve ser menor ou igual a 84cm. Um exemplo do cálculo das propriedades é apresentado nas figuras 14 e 15.

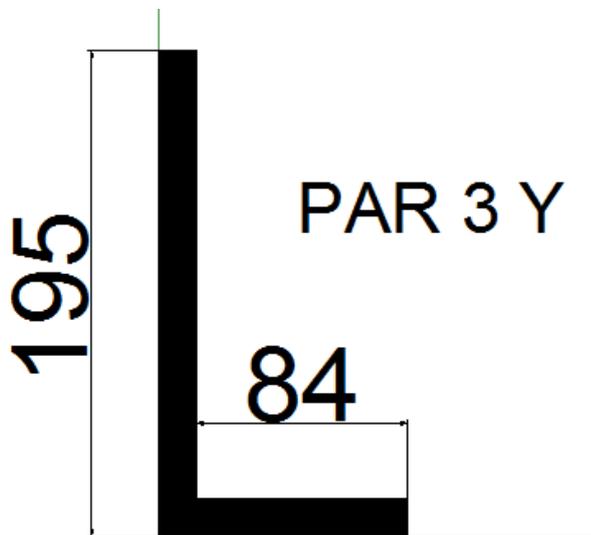


Figura 14 - Exemplo de Parede com Aba
Fonte: Autoria Própria.

```
Hatch boundary associativity removed.
Command: MASSPROP
Select objects: 1 found
Select objects:
----- REGIONS -----
Area: 4185.0000
Perimeter: 588.0000
Bounding box: X: 0.0000 -- 99.0000
               Y: 0.0000 -- 195.0000
Centroid: X: 22.4032
           Y: 70.4032
Moments of inertia: X: 37168875.0000
                   Y: 5053995.0000
Product of inertia: XY: 2677556.2500
Radii of gyration: X: 94.2415
                  Y: 34.7512
Principal moments and X-Y directions about centroid:
I: 1894278.4964 along [0.2607 -0.9654]
J: 17484690.6165 along [0.9654 0.2607]
MASSPROP Write analysis to a file? [Yes No] <N>: |
```

Figura 15 - Propriedades Geométricas da PAR 3Y
Fonte: Autoria Própria.

Cada parede foi calculada separadamente, e com os dados obtidos foi construída a Tabela 1 e a tabela 2:

Tabela 1 - Propriedades Geométricas na direção x

Nome	Qty.	Área (m ²)	Inércia (m ⁴)	Inércia total (m ⁴)	x (m)	Comp. (m)
PAR 1X	4	0,9225	11,6304	46,5217	3,08	6,15
PAR 4X	4	0,8100	7,8732	31,4928	2,70	5,40
PAR 7X	4	0,3375	0,5695	2,2781	1,13	2,25
PAR 9X	2	0,2250	0,16875	0,3375	0,75	1,50
PAR 10X	4	0,0675	0,0046	0,0182	0,23	0,45
PAR 11X	4	0,1612	0,06211	0,2485	0,54	1,08
PAR 12X	4	0,2475	0,2246	0,8984	0,83	1,65
PAR 13X	4	0,1050	0,0172	0,0686	0,35	0,75
PAR 15X	4	0,0675	0,0046	0,0182	0,23	0,45
PAR 18X	1	0,315	0,4631	0,4631	1,05	2,10
PAR 20X	1	0,2925	0,3707	0,3707	0,98	1,95

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 2 - Propriedades Geométricas na direção y

(continua)

Nome	Qty.	Área (m ²)	Inércia (m ⁴)	Inércia total (m ⁴)	y (m)	Comp. (m)
PAR 2Y	4	0,2160	0,0490	0,1961	0,43	0,60
PAR 3Y	4	0,4185	0,3717	1,4868	0,70	1,95
PAR 5Y	4	0,3060	0,1440	0,5762	0,63	1,20
PAR 6Y	2	0,9000	10,8000	21,6000	3,00	6,00

Tabela 2 - Propriedades Geométricas na direção y

Nome	Qtd.	Área (m ²)	Inércia (m ⁴)	Inércia total (m ⁴)	(conclusão)	
					y (m)	Comp. (m)
PAR 8Y	2	0,6300	1,1590	2,3180	1,93	2,85
PAR 14Y	4	0,5850	2,3331	9,3326	2,10	3,60
PAR 16Y	1	0,6300	3,7044	3,7044	2,10	4,20
PAR 17Y	1	0,6210	0,9858	0,9858	1,79	2,70
PAR 19Y	2	0,3232	0,0767	0,1534	0,36	0,48
PAR 21 Y	1	0,7560	4,4765	4,4765	2,16	4,20
PAR 22Y	4	0,6338	1,7361	6,9445	1,71	3,00
PAR 23 Y	4	0,4050	0,9842	3,9366	1,35	2,70

Fonte: Autoria Própria.

Nas tabelas podemos observar a quantidade de vezes que cada parede aparece no pavimento, a área, a inércia, a inércia total (que é a inércia multiplicada pela quantidade de paredes), a coordenada x ou y do centroide e o comprimento total na direção x ou y.

6.2 PESO PRÓPRIO DAS PAREDES

Para o cálculo do peso próprio foram utilizados os seguintes pesos específicos dos materiais:

- alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto $\gamma = 14kN/m^3$;
- alvenaria não estrutural de blocos vazados de concreto $\gamma = 13kN/m^3$;
- argamassa de cal, cimento e areia $\gamma = 19 kN/m^3$
- concreto armado $\gamma = 25kN/m^3$

E a altura efetiva: $h_{ef} = 2,60m$

O peso próprio da parede externa foi obtido pela soma da alvenaria, dos revestimentos externo e interno, sendo assim:

- alvenaria : $14 kN/m^3 \cdot 0,14m = 1,96 kN/m^2$;
- revestimento externo: $19 kN/m^3 \cdot 0,0025m = 0,475 kN/m^2$;

-revestimento interno: $19 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,01\text{m} = 0,19 \text{ kN/m}^2$

-peso próprio da parede externa: $P_{pext} = 2,64 \text{ kN/m}^2$

Para paredes sem abertura:

$-P_{pext} = 2,64 \cdot 2,60 = 6,86 \text{ kN/m}$

Para paredes com abertura de janela, a altura da janela foi considerado igual a 1,00m, sendo assim

$-P_{pexta} = 2,64 \cdot (2,60 - 1,00) = 4,23 \text{ kN/m}$

O Peso próprio da parede interna, foi obtido somando-se o peso próprio da alvenaria (já calculado), mais duas vezes o peso do revestimento interno, que tem espessura de 1cm, então:

-revestimento interno: $2 \cdot 0,19 = 0,38 \text{ kN/m}^2$

-peso próprio da parede interna: $P_{pint} = 2,34 \text{ kN/m}^2$

Para paredes sem abertura:

$-P_{pint} = 2,34 \cdot 2,60 = 6,1 \text{ kN/m}$

Para paredes com abertura de porta, a altura da porta foi considerada 2,10m, então:

$-P_{pintp} = 2,34 \cdot (2,60 - 2,10) = 1,17 \text{ kN/m}$

O peso próprio da parede não-estrutural foi calculado por:

-alvenaria não estrutural: $13 \cdot 0,14 = 1,82 \text{ kN/m}^2$

- revestimento interno: $0,19 \cdot 2 = 0,38 \text{ kN/m}^2$

-peso próprio: $P_{pnint} = 2,2 \text{ kN/m}^2$

Como a parede não tem abertura:

$-P_{pnint} = 2,2 \cdot 2,6 = 5,72 \text{ kN/m}$

Na Tabela 3 e a tabela 4 estão organizados os pesos próprios das paredes:

Tabela 3- Peso próprio das paredes na direção x

Nome	Comp. (m)	Pp (kN/m) (1)	Pp A. (kN/m) (2)	P Tot. (KN) (3)
PAR 1X	6,15	6,1	0,585	41,11
PAR 4X	5,4	6,1	0	32,94
PAR 7X	2,25	6,1	0,585	15,04
PAR 9X	1,5	6,86	2,12	13,49
PAR 10X	0,45	6,1	0,585	3,01
PAR 11X	1,075	6,86	2,12	9,67
PAR 12X	1,65	6,1	0,585	11,03
PAR 13X	0,75	6,86	2,12	6,75
PAR 15X	0,45	6,86	2,12	4,05
PAR 18X	2,1	6,1	0,585	14,04
PAR 20X	1,95	6,1	0	11,90

Fonte: Autoria Própria.

Notas:

- (1) Peso próprio da parede;
- (2) Peso próprio da parede sob e sobre aberturas;
- (3) Peso próprio total

Tabela 4- Peso próprio das paredes na direção y

Nome	Comp. (m)	Pp (kN/m) (1)	Pp A. (kN/m) (2)	P Tot. (KN) (3)
PAR 2Y	0,60	6,86	2,12	5,40
PAR 3Y	1,95	6,10	0,585	13,04
PAR 5Y	1,20	6,86	2,12	10,79
PAR 6Y	6,00	6,10	0	36,60
PAR 8Y	2,85	6,10	0	17,39
PAR 14Y	3,60	6,86	2,12	32,38
PAR 16Y	4,20	6,86	0	28,81
PAR 17Y	2,70	6,10	0,585	18,05
PAR 19Y	0,48	6,10	0	2,90
PAR 21 Y	4,20	6,86	0	28,81
PAR 22Y	3,00	6,86	0	20,58
PAR 23 Y	2,70	6,10	0	16,47

Fonte: Autoria Própria.

Notas:

- (1) Peso próprio da parede;
- (2) Peso próprio da parede sob e sobre aberturas;
- (3) Peso próprio total.

Em cada tabela encontra-se o comprimento, o peso próprio de acordo com a posição (parede interna, parede externa), o peso próprio da abertura e o peso total.

Em cima da abertura de portas e em cima e embaixo das janelas existe uma parede, que foi calculado como peso próprio da parede com abertura, esse peso foi dividido entre as duas paredes adjacentes, por isso os valores de 0,585 kN/m e 2,12 kN/m na tabela.

6.3 REAÇÕES DAS LAJES

A espessura da laje adotada foi de dez centímetros, o valor da carga permanente foi dado por:

$$-P_p = 25 \cdot 0,10 = 2,5 \text{ kN/m}^2;$$

$$-\text{revestimento do piso: } 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$-G_{\text{laje}} = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

Para as cargas acidentais foram adotados os valores da figura 7, sendo assim:

$$-\text{cobertura: } Q = 0,5 \text{ kN/m}^2;$$

$$-\text{escada: } Q = 3 \text{ kN/m}^2;$$

$$-\text{casa de máquinas: } Q = 7,5 \text{ kN/m}^2;$$

$$-\text{piso do reservatório: } Q = 2,0 \text{ kN/m}^2;$$

$$-\text{cobertura do reservatório: } Q = 0,5 \text{ (utilização)} + 2,0 \text{ (possibilidade de empoçamento)} = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$-\text{dormitório/sala/cozinha: } Q = 1,5 \text{ kN/m}^2;$$

$$-\text{área de serviço/circulação: } Q = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$-\text{sala de estar comum: } Q = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

A configuração das lajes ficou como na figura 16:

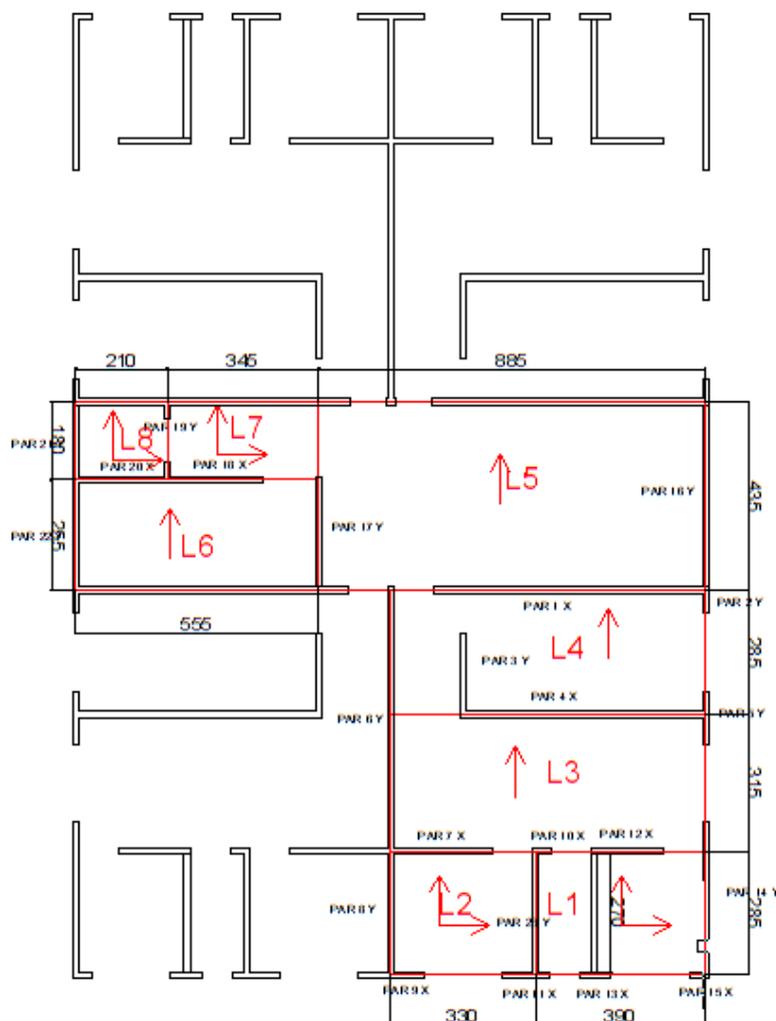


Figura 16 - Configuração de Lajes
Fonte: Autoria Própria.

Em vermelho na figura 16 estão identificadas as lajes. As lajes L6 e L8 não fizeram parte do cálculo do pavimento tipo, visto que por se tratar da escada e do elevador, elas só foram contadas na cobertura.

A parede PAR 3Y e a parede não estrutural do banheiro foram consideradas como paredes sobre laje, então na laje L1 a carga permanente recebeu um acréscimo g_2 :

$$P_{par} = P_{pnint.comp} = 6,1.2,70 = 16,47 \text{ kN}$$

$$g_2 = \frac{P_{par}}{A_{laje}} = \frac{16,47}{(3,90.2,85)} = 1,48 \text{ kN/m}^2$$

Na laje L4 o acréscimo foi de:

$$P_{par} = P_{pnint. comp} = 6,69.1,80 = 12,04 \text{ kN}$$

$$g_2 = \frac{P_{par}}{Alaje} = \frac{12,04}{(7,20.2,85)} = 0,59 \text{ kN/m}$$

O cálculo das reações obedeceu o método das charneiras plásticas descrito no item 5.2.2 deste trabalho, o resultado das reações do pavimento tipo está organizado nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5- Reações da laje do pavimento tipo na direção x

Nome	Comp. (m)	G (KN/m)	Q (KN/m)	Total (kN/m)	Total (kN)
PAR 1X	6,15	11,16	5,31	16,47	101,29
PAR 4X	5,40	10,25	4,09	14,34	77,44
PAR 7X	2,25	8,41	3,6	12,01	27,02
PAR 9X	1,50	2,07	0,89	2,96	4,44
PAR 10X	0,45	8,37	3,13	11,5	5,18
PAR 11X	1,08	5,62	1,96	7,58	8,15
PAR 12X	1,65	5,62	1,96	7,58	12,51
PAR 13X	0,75	3,55	1,07	4,62	3,47
PAR 15X	0,45	3,55	1,07	4,62	2,08
PAR 18X	2,10	1,55	1,52	3,07	6,45
PAR 20X	1,95	0	0	0	0,00

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 6 - Reações da laje do pavimento tipo na direção y

Nome	Comp. (m)	G (KN/m)	Q (KN/m)	Total (kN/m)	Total (kN)
PAR 2Y	0,60	1,76	0,60	2,36	1,42
PAR 3Y	1,95	0,00	0,00	0,00	0,00
PAR 5Y	1,20	3,35	1,34	4,69	5,63
PAR 6Y	6,00	3,35	1,34	4,69	28,14
PAR 8Y	2,85	1,83	0,78	2,61	7,44
PAR 14Y	3,60	5,14	1,75	6,89	24,80
PAR 16Y	4,20	3,80	2,17	5,97	25,07
PAR 17Y	2,70	5,80	3,31	9,11	24,60
PAR 19Y	0,48	2,00	1,14	3,14	1,49
PAR 21 Y	4,20	0,00	0,00	0,00	0,00
PAR 22Y	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PAR 23 Y	2,70	9,30	3,20	12,50	33,75

Fonte: Autoria Própria.

Os valores das reações das lajes de cobertura, e de cobertura do reservatório, e da casa de maquinas estão no apêndice A.

6.4 DISTRIBUIÇÃO DAS AÇÕES VERTICAIS

A distribuição das ações verticais foi calculada de acordo com o descrito em 5.2.3 e os resultados obtidos encontram-se nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7- Distribuição do peso próprio das paredes do pavimento tipo

Grupo	Paredes	Total Par. (kN)	Comp. (m)	Pp (kN/m)	Qtd	Total(kN)
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	96,28	12,43	7,75	1	96,28
G2	1X 2Y 16Y	75,32	10,95	6,88	1	75,32
G3	3Y 4X 5Y	56,95	8,55	6,66	4	227,8
G4	14Y 15X	36,43	4,05	9,00	4	145,72
G5	12X 13X	17,78	2,4	7,41	4	71,12
G6	10X 11X 23Y	12,68	1,53	8,31	4	50,72
G7	6Y 7X 8Y 9X	82,52	12,8	6,47	2	165,04

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 8- Distribuição das reações das lajes do pavimento tipo

Grupo	Paredes	Comp. (m)	G+Q (kN/m)	G+Q (kN)	Qtd	Total(kN)
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	12,43	15,32	190,35	1	190,35
G2	1X 2Y 16Y	10,95	24,8	271,56	1	271,56
G3	3Y 4X 5Y	8,55	19,03	162,71	4	650,83
G4	14Y 15X	4,05	11,51	46,62	4	186,46
G5	12X 13X	2,40	12,2	29,28	4	117,12
G6	10X 11X 23Y	1,53	31,58	48,16	4	192,64
G7	6Y 7X 8Y 9X	12,75	22,27	283,94	2	567,89

Fonte: Autoria Própria.

O peso próprio das paredes da cobertura (platibanda), a distribuição das ações nas paredes de cobertura, e a distribuição das reações das lajes da cobertura encontram-se no apêndice B. O peso próprio total do edifício é $P_{ed} = 10\,933,41\text{ kN}$.

6.5 CÁLCULO DO VENTO E DESAPRUMO

O edifício foi considerado situado em Campo Mourão-PR, na zona central da cidade. De acordo com o mapa de isopletas da norma, a velocidade básica do vento nessa região é $v_0 = 45\text{m/s}$. O fator topográfico foi considerado $s_1 = 1,0$ que corresponde a terrenos planos ou fracamente acidentados.

Para o cálculo do fator de rugosidade s_2 a categoria do terreno foi classificada na categoria IV, que segundo a ABNT NBR 6123:1968 caracteriza “terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados em zona urbana”, e classe B que segundo a mesma norma é utilizada para “toda edificação ou parte da edificação para qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20m e 50m”.

A altura total da edificação para o cálculo do vento foi considerada 27m, já que se tratam de 10 pavimentos com altura efetiva de 2,60m e laje com altura de 0,10m.

O fator estatístico s_3 foi considerado igual a 1,00 por fazer parte do grupo 2 que se refere a edificações para hotéis e fins residenciais.

Com todos esses valores foi calculado a velocidade característica do vento, que se deu pela equação 5, realizando as substituições têm-se as equações 37 e 38:

$$V_k = 1,00.1,00.45. s_{2(z)} \quad (37)$$

$$V_k = 45. s_{2(z)} \quad (38)$$

Como s_2 é função da cota do edifício, foi montado a tabela 9 para facilitar os cálculos:

Tabela 9- Tabela do parâmetro s2

z(m) (1)	s2	Vk(m/s)	q(N/m ²)
≤ 5	0,76	34,2	716,99
10	0,83	37,35	855,15
15	0,88	39,6	961,28
20	0,91	40,95	1027,94
30	0,96	43,2	1144

Fonte: Autoria Própria.

Notas:

(1) A cota do terreno começa a ser considerada no nível do solo em valor crescente.

O regime de escoamento do vento foi considerado de baixa turbulência, pelo fato do edifício se localizar em zona urbanizada. Com essa consideração e o ábaco da figura 17 abaixo foi possível calcular os coeficientes de arrasto:

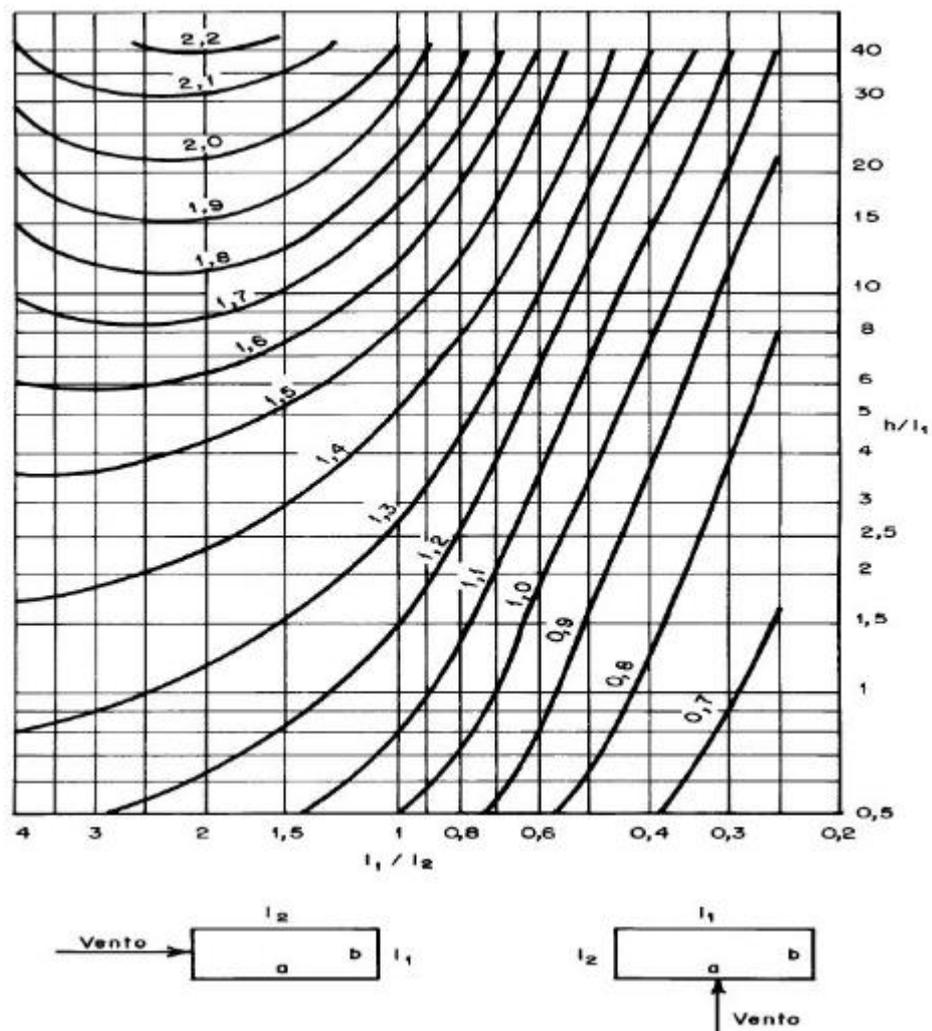
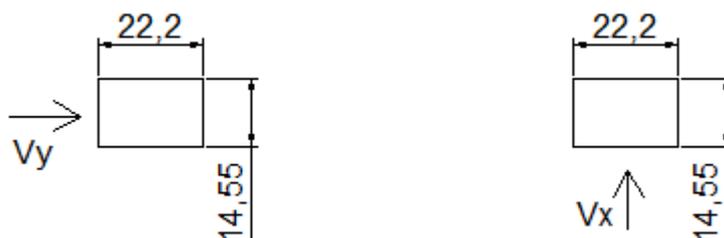


Figura 17- Ábaco para vento de baixa turbulência

Fonte: ABNT NBR 6123:1988, p.20

Na parte debaixo da figura 17, é possível observar a convenção do ábaco.
Para o edifício em análise a convenção ficou:



Sendo assim para a direção y:

$$-L1 = 14,55m$$

$$-L2 = 22,20m$$

$$-\frac{L1}{L2} = \frac{14,55}{22,20} = 0,65$$

$$-\frac{h}{L1} = \frac{27}{14,55} = 1,85$$

$$-Ca_y = 1,04 \text{ (do ábaco)}$$

E para a direção x:

$$-L1 = 22,20m$$

$$-L2 = 14,55m$$

$$-\frac{L1}{L2} = \frac{22,20}{14,55} = 1,52$$

$$-\frac{h}{L1} = \frac{27}{22,20} = 1,21$$

$$-Ca_x = 1,26 \text{ (do ábaco)}$$

Com esses valores foi construída a tabela 10:

Tabela 10- Coeficientes de arrasto

z(m)	q(N/m²)	q.Cax(kN/m²)	q.Cay (kN/m²)
≤ 5	716,99	0,9	0,74
10	855,15	1,08	0,89
15	961,28	1,21	0,99
20	1027,94	1,29	1,07
30	1144	1,44	1,19

Fonte: Aatoria Própria.

Na tabela 10 o valor de C_{a_x} e C_{a_y} foi calculado multiplicando o valor da pressão dinâmica pelo valor obtido no ábaco. Esses valores representam o coeficiente de arrasto em cada cota do parâmetro s_2 .

Após esse processo finalmente foi possível obter o valor da força do vento em cada pavimento, como pode ser observado na tabela 11.

Tabela 11 - Força horizontal nas direções x e y

Pav.	Cota (m)	Fvx(kN)	Fvy (kN)
10 ^o	2,7	43,16	23,37
9 ^o	5,4	86,31	46,75
8 ^o	8,1	86,31	46,75
7 ^o	10,8	78,15	24,47
6 ^o	13,5	77,06	41,86
5 ^o	16,2	75,53	38,89
4 ^o	18,9	70,94	32,33
3 ^o	21,6	64,73	34,96
2 ^o	24,3	60,94	32,89
1 ^o	27	53,95	29,07

Fonte: Aatoria Própria.

Na segunda coluna da tabela 11 estão localizados os valores das cotas de cada pavimento do edifício, que difere dos valores de cota observado na tabela 10 que vêm do parâmetro s_2 . Na tabela 10 os valores são múltiplos de 5, e na tabela 11 a distância entre pavimentos é de 2,70m.

Para que fosse possível obter os valores da força do vento, foi realizada uma média ponderada, no qual o edifício foi dividido em faixas de 1,35m (metade de 2,70m) para que a área efetiva fosse corretamente calculada.

No cálculo do desaprumo, a altura do edifício também foi considerada de 27,00m. Assim da equação 9 obteve-se a equação 39:

$$\theta_1 = \frac{1}{100\sqrt{27}} = 1,86 \times 10^{-3} \text{rad} = \frac{1}{537,6} \quad (39)$$

O número de prumadas, nesse caso corresponde ao número de paredes, que é igual a 65, então da equação 10, obteve-se a equação 40:

$$\theta_a = 1,86 \times 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{65}}{2}} = 1,32 \times 10^{-3} \text{rad} = \frac{1}{757,5} \quad (40)$$

Considerando que a estrutura seja de nós fixos (equação 11):

$$\frac{1}{537,6} < \frac{1}{400} \quad (41)$$

$$\theta_a = 2,5 \times 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{65}}{2}} = 1,78 \times 10^{-3} \text{rad} = \frac{1}{562} \quad (42)$$

Considerando que a estrutura seja de nós móveis (equação 12 e 13):

$$\frac{1}{757,5} < \frac{1}{300} \quad (43)$$

$$\theta a = 3,33 \times 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{1}{65}}{2}} = 2,37 \times 10^{-3} \text{ rad} = \frac{1}{422} \quad (44)$$

A força horizontal equivalente foi:

- nós móveis:

$$F_d = \frac{1}{422} \cdot 10933,41 = 25,9 \text{ kN} \quad (45)$$

-nós fixos:

$$F_d = \frac{1}{562} \cdot 10933,41 = 19,5 \text{ kN} \quad (46)$$

Como discutido anteriormente no item 5.2.2 o desaprumo não deve ser necessariamente superposto a ação do vento, antes deve-se fazer a análise da relação entre o momento gerado por eles. Se o valor dessa relação for menor que 30%, o desaprumo não deve ser somado a vento.

Sendo assim:

$$M_{v_x} = 10637,2 \text{ kNm} \quad (47)$$

$$M_{v_y} = 5762,8 \text{ kNm} \quad (48)$$

$$M_{\text{nós móveis}} = 3846,15 \text{ kNm} \quad (49)$$

$$M_{\text{nós fixos}} = 2895,75 \text{ kNm} \quad (50)$$

Para nós móveis:

$$R = \frac{3846,15}{10637,2} = 0,36 = 36\% \quad (51)$$

$$-R = \frac{3846,15}{5762,8} = 0,68 = 68\% \quad (52)$$

Para nós fixos:

$$R = \frac{2895,75}{10637,2} = 0,30 = 30\% \quad (53)$$

$$-R = \frac{2895,75}{5672,8} = 0,51 = 51\% \quad (54)$$

Como observado nas equações 51, 52, 53 e 54, todas as relações foram maiores que 30%, sendo assim o desaprumo foi adicionado ao esforço do vento.

Foi realizado então a análise de não linearidade geométrica a fim de diagnosticar se a estrutura era de nós fixos ou móveis.

$$M_{1d} = \sum F_i d_i \quad (55)$$

A equação 55 que é a força horizontal multiplicado pela distância vertical, foi utilizada para o cálculo. Nas tabelas 12 e 13 encontram-se os valores de M_{1d} para as direções x e y respectivamente:

Tabela 12- Cálculo de M1d para direção x

Pav.	Cota (m) (1)	Fvx(kN) (2)	Fvxd (kN) (3)	M1d (kNm) (4)
10 ^o	2,7	43,16	60,42	163,14
9 ^o	5,4	86,31	120,83	652,50
8 ^o	8,1	86,31	120,83	978,76
7 ^o	10,8	78,15	109,41	1181,63
6 ^o	13,5	77,06	107,88	1456,43
5 ^o	16,2	75,53	105,74	1713,02
4 ^o	18,9	70,94	99,32	1877,07
3 ^o	21,6	64,73	90,62	1957,44
2 ^o	24,3	60,94	85,32	2073,18
1 ^o	27	53,95	75,53	2039,31
			Σ	14092,48

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 13- Cálculo de M1d para direção y

Pav.	Cota (m) (1)	Fvy (kN) (2)	Fvyd (kN) (3)	M1d (kNm) (4)
10 ^o	2,7	23,37	32,72	88,34
9 ^o	5,4	46,75	65,45	353,43
8 ^o	8,1	46,75	65,45	530,15
7 ^o	10,8	24,47	34,26	369,99
6 ^o	13,5	41,86	58,60	791,15
5 ^o	16,2	38,89	54,45	882,03
4 ^o	18,9	32,33	45,26	855,45
3 ^o	21,6	34,96	48,94	1057,19
2 ^o	24,3	32,89	46,05	1118,92
1 ^o	27	29,07	40,70	1098,85
			Σ	7145,49

Fonte: Autoria Própria.

Notas:

- (1) A referência para a cota é o topo do edifício;

- (2) F_v é o valor da força do vento, F_{vx} para a direção x e F_{vy} para a direção y.
 (3) F_{vd} é o valor da força de vento de cálculo, F_{vxd} para a direção x e F_{vyd} para a direção y;
 (4) M_{1d} é o valor da força do vento de cálculo multiplicado pela cota

Para o cálculo do ΔM_d foi utilizada a equação 56,

$$\Delta M_d = \sum P_i e_i \quad (56)$$

Na equação 56 a força vertical multiplicada é pela distância horizontal. Foi preciso utilizar o FTOOL[®] para obter as excentricidades causadas pelo vento, além disso a força vertical utilizada foi a combinação mais desfavorável das cargas, então:

$$P_d = 1,4 F_g + 1,4 (V + 0,5 F_q) \quad (57)$$

Os valores de inércia e área utilizados estão descritos nas tabelas 1 e 2 que abrangem as propriedades geométricas, já o módulo de elasticidade e coeficiente de poisson considerados foram: $E = 2400MPa, \nu = 0,20$ para alvenaria estrutural e $E = 28000MPa, \nu = 0,20$ para a laje.

Os resultados obtidos pelas equações 56 e 57, encontram-se nas tabelas 14 e 15:

Tabela 14- Cálculo de M_d para direção x

Pav.	comb	e (m)	ΔM_d (kNm)
10°	381,115	0,039	14,86
9°	657,202	0,034	22,34
8°	872,879	0,028	24,44
7°	1077,132	0,023	24,77
6°	1291,283	0,018	23,24
5°	1504,818	0,014	21,07
4°	1714,069	0,009	15,43
3°	1921,052	0,006	11,53
2°	2131,423	0,003	6,39
1°	2337,314	0,0007	1,64
		Σ	165,72

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 15- Cálculo de Md para direção y

Pav.	comb	e (m)	ΔMd (kNm)
10°	292,915	0,0104	3,05
9°	506,919	0,009	4,56
8°	688,191	0,008	5,51
7°	838,271	0,006	5,03
6°	1014,909	0,005	5,07
5°	1192,023	0,004	4,77
4°	1364,111	0,002	2,73
3°	1549,065	0,002	3,10
2°	1727,439	0,0008	1,38
1°	1903,363	0,0002	0,38
		Σ	35,58

Fonte: Autoria Própria.

Assim, para a direção x, tem-se a equação 58:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{165,72}{14092,48}} = 1,00 < 1,10 \quad (58)$$

E para a direção y, tem-se a equação 59:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{35,58}{7145,49}} = 1,00 < 1,10 \quad (59)$$

Então, para as duas direções a estrutura é de nós fixos, e o valor total da força horizontal que ocorre em cada pavimento é dado na tabela 16.

Tabela 16- Força Horizontal resultante em x e y

Pav.	Cota (m)	Fvx (kN)	Fvy (kN)	FD (kN)	FHx (kN)	FHy (kN)
10°	2,7	43,16	23,37	19,5	62,66	42,87
9°	5,4	86,31	46,75	19,5	105,81	66,25
8°	8,1	86,31	46,75	19,5	105,81	66,25
7°	10,8	78,15	24,47	19,5	97,65	43,97
6°	13,5	77,06	41,86	19,5	96,56	61,36
5°	16,2	75,53	38,89	19,5	95,03	58,39
4°	18,9	70,94	32,33	19,5	90,44	51,83
3°	21,6	64,73	34,96	19,5	84,23	54,46
2°	24,3	60,94	32,89	19,5	80,44	52,39
1°	27	53,95	29,07	19,5	73,45	48,57

Fonte: Autoria Própria.

A força horizontal resultante em x e em y estão na quarta e quinta coluna da tabela 16 respectivamente.

6.5 DISTRIBUIÇÃO DAS AÇÕES HORIZONTAIS

A distribuição das ações horizontais foi realizada de duas maneiras. No primeiro método que foi o das paredes enfileiradas, foi utilizado somente o FTOOL[®], as lajes foram rotuladas nas paredes e o único valor de entrada foi a força horizontal resultante (vento e desaprumo) em cada pavimento, como mostram as figuras 18 e 19.

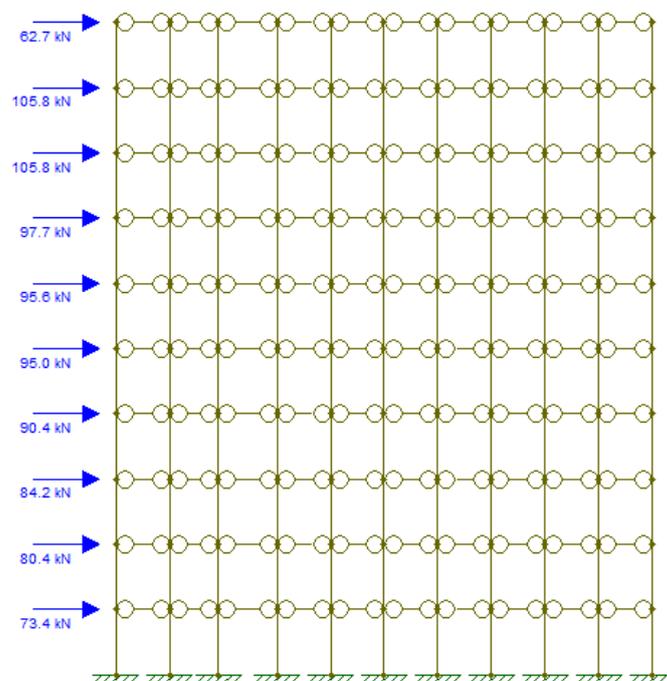


Figura 18- Força Resultante na direção x
Fonte: Autoria Própria.

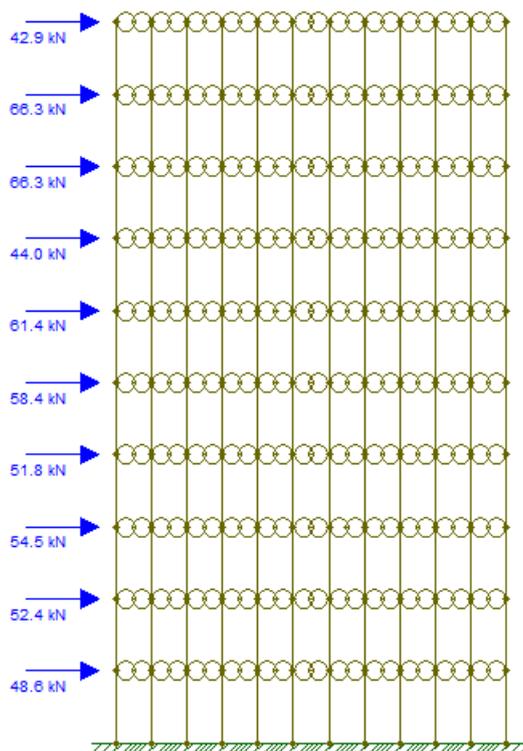


Figura 19 - Força Resultante na direção y
Fonte: Autoria Própria.

Então foram obtidos os valores de momento fletor e força cortante em cada pavimento, como mostra as imagens e tabelas no apêndice C

A segunda forma de cálculo foi através das rigidezes relativas das paredes segundo o que foi apresentado no item 5.2.3 deste trabalho, os valores obtidos estão nas tabelas 16 e 17.

Tabela 17- Rigidez relativa na direção x

Nome	R relativa
PAR 1X	0,5438
PAR 4X	0,3681
PAR 7X	0,0266
PAR 9X	0,0079
PAR 10X	0,0002
PAR 11X	0,0029
PAR 12X	0,0105
PAR 13X	0,0008
PAR 15X	0,0002
PAR 18X	0,0216
PAR 20X	0,0173

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 18- Rigidez relativa na direção y

Nome	R relativa
PAR 2Y	0,0018
PAR 3Y	0,0139
PAR 5Y	0,0054
PAR 6Y	0,4027
PAR 8Y	0,0432
PAR 14Y	0,0870
PAR 16Y	0,1381
PAR 17Y	0,0368
PAR 19Y	0,0029
PAR 21 Y	0,1669
PAR 22Y	0,0647
PAR 23 Y	0,0367

Fonte: Aatoria Própria.

A força proporcional em cada parede foi obtida multiplicando-se a rigidez relativa pela força horizontal resultante em cada pavimento, como mostra por exemplo a tabela 19 que representa o cálculo para o primeiro pavimento na direção y. Os demais valores encontram-se no apêndice C.

Tabela 19- Força do vento por parede pela rigidez do 1º pavimento

Nome	R relativa	FVpav (kN)	Fvpar (kN)
PAR 2Y	0,0018	48,6	0,09
PAR 3Y	0,0139	48,6	0,67
PAR 5Y	0,0054	48,6	0,26
PAR 6Y	0,4027	48,6	19,57
PAR 8Y	0,0432	48,6	2,10
PAR 14Y	0,0870	48,6	4,23
PAR 16Y	0,1381	48,6	6,71
PAR 17Y	0,0368	48,6	1,79
PAR 19Y	0,0029	48,6	0,14
PAR 21 Y	0,1669	48,6	8,11
PAR 22Y	0,0647	48,6	3,15
PAR 23 Y	0,0367	48,6	1,78

Fonte: Aatoria Própria.

Assim, para encontrar o valor da força cortante também foi utilizado o FTOOL®, porém em cada parede foi colocada o valor da força proporcional, como ilustra a figura 20.

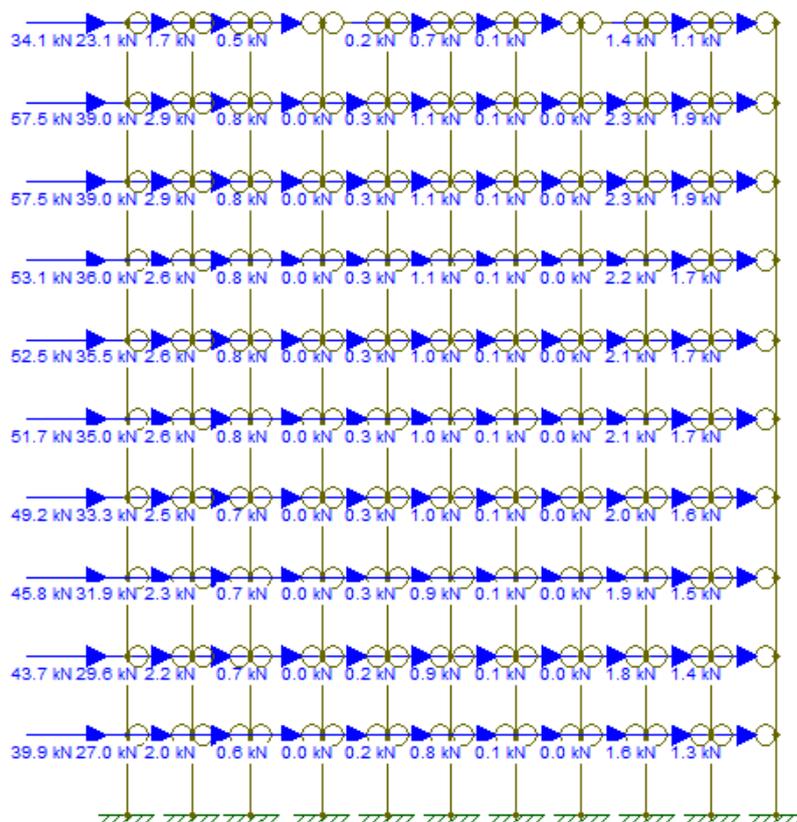


Figura 20- Cálculo da Cortante pela rigidez na direção x
Fonte: Autoria Própria.

Então obteve-se os valores de cortante, como na tabela 19 que mostra os valores obtidos no primeiro pavimento para a direção x. Os outros valores encontram-se no apêndice C.

Tabela 20- Cortante do 1º pavimento através da rigidez

Nome	V rigidez
PAR 1X	486,6
PAR 4X	329,5
PAR 7X	22,9
PAR 9X	7,1
PAR 10X	0,2
PAR 11X	2,6
PAR 12X	9,5
PAR 13X	0,7
PAR 15X	0,2
PAR 18X	19,5
PAR 20X	15,5

Fonte: Aatoria Própria

Na tabela 21 abaixo estão elencados os valores de cortante obtidos pelo método das paredes enfileiradas e pelo método dos grupos isolado de paredes para o primeiro pavimento

Tabela 21- Comparação das cortantes para o 1º pavimento

Nome	V enfileiradas	V rigidez
PAR 1X	508,6	486,6
PAR 4X	310,2	329,5
PAR 7X	22,2	22,9
PAR 9X	6,5	7,1
PAR 10X	0,2	0,2
PAR 11X	2,4	2,6
PAR 12X	8,6	9,5
PAR 13X	0,7	0,7
PAR 15X	0,2	0,2
PAR 18X	17,5	19,5
PAR 20X	14	15,5

Fonte: Aatoria Própria.

Ao compararmos os valores da tabela 21 pode-se observar que estão muito próximos, existem valores iguais e valores que diferem de alguns décimos. Os valores para os outros pavimentos encontram-se no apêndice C.

6.6 COMPRESSÃO SIMPLES

Como já discutido anteriormente no item 5.2.5 deste trabalho a compressão simples é a resistência mais importante, porém os valores a seguir servem de parâmetro para o dimensionamento dos blocos, na verdade a flexo-compressão é dimensionante.

Para a verificação da compressão simples temos a equação 60:

$$F_{p_k} \geq \frac{\gamma_f \cdot \frac{N_k}{L} \cdot \gamma_m}{0,7 \cdot \left[1 - \left(\frac{h_{ef}}{40 \cdot t_{ef}} \right)^3 \right] \cdot t} \quad (60)$$

Sendo:

$$-\gamma_f = 1,4;$$

$$-\gamma_m = 2;$$

$$-h_{ef} = 2,60m;$$

$$-t_{ef} = 0,14m;$$

Da equação 60 e realizando as substituições, tem-se a equação 61 e 62:

$$F_{p_K} \geq \frac{1,4 \cdot \frac{N_K}{L} \cdot 2}{0,7 \cdot \left[1 - \left(\frac{2,60}{40 \cdot 0,14} \right)^3 \right] \cdot 0,14} \quad (61)$$

$$F_{p_K} \geq 31,75 \cdot \frac{N_K}{L} \quad (62)$$

Na tabela 21 temos a resultante de cargas em kN para o décimo pavimento:

Tabela 22- Resultante de cargas em kN para o 1º pavimento

NOME	PAREDES	1º PAV
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	3204,94
G2	1X 2Y 16Y	3336,75
G3	3Y 4X 5Y	2120,38
G4	14Y 15X	791,41
G5	12X 13X	453,72
G6	10X 11X 23Y	591,2
G7	6Y 7X 8Y 9X	3535,54

Fonte: Autorial Própria.

Esses valores da tabela 22 foram divididos pelo comprimento equivalente de cada grupo, e assim foi obtida a tabela 23, que mostra o valor para o primeiro pavimento:

Tabela 23- Resultante de Cargas em kN/m para o 1º pavimento

NOME	Paredes	Comp. (m)	1º PAV
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	12,43	257,94
G2	1X 2Y 16Y	10,95	304,72
G3	3Y 4X 5Y	8,55	247,99
G4	14Y 15X	4,05	195,41
G5	12X 13X	2,4	189,05
G6	10X 11X 23Y	1,53	387,67
G7	6Y 7X 8Y 9X	12,8	277,29

Fonte: Autorial Própria.

O valor da quarta coluna na tabela 23 representa a relação $\frac{Nk}{L}$ da equação de verificação, e de acordo com esta tem-se na tabela 24 o valor de fpk para o primeiro pavimento:

Tabela 24- Valores de fpk para o 1º pavimento em MPa

Grupo	Paredes	Fpk 1º PAV
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	8,19
G2	1X 2Y 16Y	9,68
G3	3Y 4X 5Y	7,87
G4	14Y 15X	6,20
G5	12X 13X	6,00
G6	10X 11X 23Y	12,31
G7	6Y 7X 8Y 9X	8,80

Fonte: Autorial Própria.

A figura 21 abaixo mostra parte de uma tabela para especificação dos blocos.

MPa, área bruta						
f_{bk}	f_n	f_{gk}	f_{pk}/f_{bk}	f_{pk}	f_{pk}^*/f_{pk}	f_{pk}^*
3,0	4,0	15,0	0,80	2,40	2,00	4,80
4,0	4,0	15,0	0,80	3,20	2,00	6,40
6,0	6,0	15,0	0,80	4,80	1,75	8,40
8,0	6,0	20,0	0,80	6,40	1,75	11,20
10,0	8,0	20,0	0,75	7,50	1,75	13,13
12,0	8,0	25,0	0,75	9,00	1,60	14,40
14,0	12,0	25,0	0,70	9,80	1,60	15,68
16,0	12,0	30,0	0,70	11,20	1,60	17,92
18,0	14,0	30,0	0,70	12,60	1,60	20,16
20,0	14,0	30,0	0,70	14,00	1,60	22,40

Em que:

f_n = resistência média à compressão da argamassa;
 f_{bk} = resistência característica à compressão do bloco;
 f_{gk} = resistência característica à compressão do graute;
 f_{pk} = resistência característica à compressão do prisma oco;
 f_{pk}^* = resistência característica à compressão do prisma cheio.
 Blocos de 14 cm de espessura.

Figura 21 - Fbk
 Fonte: Parsekian et al, 2012, p. 68.

De acordo com a figura 21 acima o bloco recomendado para esse pavimento seria o de $f_{bk} = 3,0 \text{ MPa}$, porém é somente um parâmetro. Os valores para os demais pavimentos encontram-se no apêndice D.

6.7 VERIFICAÇÃO DA FLEXO COMPRESSÃO E ESPECIFICAÇÃO DOS BLOCOS

Como foi exposto no item 5.2.6, para verificação da flexo-compressão, foram realizadas duas combinações descritas nas equações 26 e 27.

Como:

$$-f_k = 0,7f_{p_k}$$

$$-\psi_0 = 0,6 \text{ para o vento;}$$

$$-\psi_0 = 0,5 \text{ para as cargas acidentais}$$

$$-\gamma_{f_g} = \gamma_{f_q} = 1,4$$

$$-\gamma_m = 2,0$$

$$-R = \left[1 - \left(\frac{hef}{40.tef} \right)^3 \right] = \left[1 - \left(\frac{2,60}{40.0,14} \right)^3 \right] = 0,9$$

Substituindo os valores nas combinações e rearranjando temos as equações 63 e 64:

$$2,22\sigma_Q + 4,44\sigma_G + 2,66\sigma_{vento} \quad (63)$$

$$4,44\sigma_Q + 4,44\sigma_G + 1,60\sigma_{vento} \quad (64)$$

Assim para o décimo pavimento nas direções x e y pode ser observado nas tabelas 25 e 26 o resultado da substituição dos valores nas combinações das equações 63 e 64:

Tabela 25 - Valores de fpk para o 1º pavimento a direção x

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 1X	-1,95	1,35	0,39	1,69	4,62
PAR 4X	-1,69	1,24	0,30	1,68	4,15
PAR 7X	-0,7	1,14	0,27	3,78	5,11
PAR 9X	-0,47	0,81	0,07	2,47	3,11
PAR 10X	-0,14	1,14	0,23	5,17	5,82
PAR 11X	-0,33	1,08	0,14	4,26	4,93
PAR 12X	-0,51	0,92	0,14	3,05	3,91
PAR 13X	-0,22	0,92	0,08	3,69	4,10
PAR 15X	-0,14	0,92	0,08	3,89	4,22
PAR 18X	-0,65	0,61	0,12	1,25	2,20
PAR 20X	-0,6	0,48	0,04	0,62	1,35

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 26- Valores de fbk para o 1º pavimento na direção y

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 2Y	-0,16	0,77	0,04	3,10	3,37
PAR 3Y	-0,25	0,48	0,00	1,46	1,72
PAR 5Y	-0,21	0,89	0,10	3,62	4,06
PAR 6Y	-0,93	0,68	0,10	0,79	1,99
PAR 8Y	-0,6	0,57	0,06	1,07	1,84
PAR 14Y	-0,64	1,02	0,13	3,12	4,09
PAR 16Y	-0,63	0,78	0,16	2,13	3,15
PAR 17Y	-1,45	0,96	0,26	0,96	3,06
PAR 19Y	-0,11	0,60	0,10	2,61	2,96
PAR 21 Y	-0,65	0,51	0,02	0,58	1,31
PAR 22Y	-0,51	0,51	0,01	0,93	1,48
PAR 23 Y	-0,4	1,12	0,24	4,45	5,39

Fonte: Autoria Própria.

Para a especificação do fbk do bloco para o primeiro pavimento foi observado os maiores valores de fpk nas paredes das duas direções. As paredes com maior fbk são a PAR 7X ($comb1 = 3,78MPa$ e $comb2 = 5,11 MPa$) e a PAR 23Y ($comb1 = 4,45 MPa$ e $comb2 = 5,39MPa$).

Pela figura 21 o fbk do bloco para esse pavimento foi escolhido de 8,0 MPa, pois de acordo com o valor de eficiência $fpk = 6,4MPa$ supre as necessidades de todas as paredes do pavimento.

Na tabela 26 estão as especificações do fbk dos blocos para cada pavimento de acordo com as paredes dimensionantes.

Tabela 27- Especificação dos blocos para os pavimentos

Pavimento	Par. Dim. X	Par. Dim. Y	fbk (MPa)	fpk (MPa)
10º	PAR 1X	PAR 17Y	3	2,4
9º	PAR 1X	PAR 23Y	3	2,4
8º	PAR 1X	PAR 23Y	3	2,4
7º	PAR 1X	PAR 23Y	4	3,2
6º	PAR 1X	PAR 23Y	4	3,2
5º	PAR 1X	PAR 23Y	6	4,8
4º	PAR 10X	PAR 23Y	6	4,8
3º	PAR 10X	PAR 23Y	8	6,4
2º	PAR 10X	PAR 23Y	8	6,4
1º	PAR 7X	PAR 23Y	8	6,4

Fonte: Autoria Própria.

Buscou-se procurar um valor de fpk para o qual todas as paredes tivessem um fpk menor que o especificado, porém em alguns casos como no sexto pavimento preferiu-se grautear uma parede não-conforme, visando a economia.

As paredes dimensionantes do sexto pavimento são a PAR 1X ($comb1 = 2,240 MPa$ e $comb2 = 3,237 MPa$) e a PAR 23Y ($comb1 = 2,513 MPa$ e $comb2 = 2,904 MPa$). Olhando os outros valores de fbk das paredes desse mesmo pavimento na tabela 27 tem-se:

Tabela 28- Valores de fpk para o 6º pavimento na direção x

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	$\sigma V+D$	σG	σQ	comb.1	comb. 2
PAR 1X	-0,522	0,717	0,200	2,240	3,237
PAR 4X	-0,458	0,657	0,155	2,043	2,875
PAR 7X	-0,191	0,599	0,137	2,457	2,964
PAR 9X	-0,127	0,409	0,033	1,556	1,766
PAR 10X	-0,039	0,597	0,114	2,802	3,097
PAR 11X	-0,091	0,562	0,074	2,417	2,680
PAR 12X	-0,140	0,479	0,074	1,922	2,236
PAR 13X	-0,059	0,473	0,043	2,040	2,199
PAR 15X	-0,039	0,473	0,040	2,087	2,220
PAR 18X	-0,178	0,318	0,061	1,077	1,403
PAR 20X	-0,165	0,261	0,040	0,810	1,075

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 29- Valores de fpk para o 6° pavimento na direção y

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 2Y	-0,035	0,388	0,023	1,682	1,770
PAR 3Y	-0,057	0,239	0,000	0,908	0,969
PAR 5Y	-0,051	0,450	0,051	1,977	2,145
PAR 6Y	-0,248	0,347	0,051	0,994	1,370
PAR 8Y	-0,16	0,289	0,030	0,923	1,158
PAR 14Y	-0,175	0,517	0,067	1,980	2,313
PAR 16Y	-0,175	0,396	0,081	1,474	1,840
PAR 17Y	-0,149	0,510	0,139	2,175	2,641
PAR 19Y	-0,03	0,314	0,062	1,450	1,619
PAR 21 Y	-0,181	0,265	0,019	0,736	0,969
PAR 22Y	-0,143	0,265	0,008	0,814	0,984
PAR 23 Y	-0,113	0,573	0,122	2,514	2,904

Fonte: Autoria Própria.

E como pode ser observado, não há grandes variações nos resultados, a não ser as paredes dimensionantes. Para esse pavimento o mais viável era escolher ou o bloco com fbk=4,0 Mpa, ou fbk= 6,0 Mpa, como somente a PAR 1x tem valor maior que o fpk para o bloco de 4,0 MPa, decidiu-se especificar o bloco de 4,0 MPa e grautear a parede PAR 1x.

De acordo com a ABNT NBR 15961-1:2011 quando se aplica o graute a área bruta é considerada o dobro da área líquida então:

$$-f_{pk} \ 3,2 \ MPa \cdot 0,5 = 1,6 \ MPa \quad (65)$$

$$-f_{pk} \ 6,3 \ MPa \cdot 0,5 = 3,2 \ MPa \quad (66)$$

$$-1,6 + 3,2 = 4,8 \ MPa \quad (67)$$

Sendo assim a parede grauteada resiste até 4,8MPa. Os valores de fpk das paredes dos outros pavimentos encontra-se no apêndice E.

6.8 VERIFICAÇÃO DE FLEXO-TRAÇÃO

Para a verificação de flexo-tração foi utilizada a equação 29.

Para o cálculo do limite $\frac{f_{tk}}{\gamma_m}$ foi utilizado os dados da figura 22.

Direção da tração	Resistência média à compressão da argamassa MPa		
	1,5 a 3,4 ^a	3,5 a 7,0 ^b	Acima de 7,0 ^c
Normal à fiada	0,10	0,20	0,25
Paralela à fiada	0,20	0,40	0,50

NOTA Valores relativos à área bruta

^a Classes P2 e P3, conforme ABNT NBR 13281.

^b Classes P4 e P5, conforme ABNT NBR 13281.

^c Classe P6, conforme ABNT NBR 13281.

Figura 22- Resistência à tração na flexão
Fonte: ABNT NBR 15961-1:2011, p. 11

De acordo com a figura 22 e a figura 21 $f_{tk} = 0,20MPa$ visto que os valores de resistência à compressão da argamassa dos blocos especificados estão dentro do intervalo de 3,5MPa à 7,0MPa,

Sendo assim:

$$0,9 \cdot \sigma_G - 1,4 \cdot \sigma_{vento} \leq \frac{0,20}{2} \quad (68)$$

$$0,9 \cdot \sigma_G - 1,4 \cdot \sigma_{vento} \leq 0,10 MPa \quad (69)$$

Lembrando que a convenção para os resultados é de compressão positivo e tração negativo, portanto para não atender a verificação o valor da combinação deve ser negativo.

Nas tabelas 29 e 30 encontra-se os valores das combinações da equação acima para as paredes nas direções x e y respectivamente em MPa.

Tabela 29- Combinação para flexo-tração na direção x em MPa.

Parede	10º pav	9º pav	8º pav	7º pav	6º pav	5º pav	4º pav	3º pav	2º pav	1º pav
PAR 1X	0,22	0,42	0,69	1,01	1,38	1,80	2,26	2,78	3,34	3,96
PAR 4X	0,20	0,39	0,62	0,90	1,23	1,61	2,03	2,49	2,98	3,48
PAR 7X	0,17	0,30	0,45	0,62	0,81	1,02	1,24	1,49	1,75	2,01
PAR 9X	0,09	0,19	0,29	0,41	0,55	0,69	0,85	1,02	1,20	1,38
PAR 10X	0,15	0,25	0,36	0,48	0,59	0,71	0,83	0,96	1,09	1,22
PAR 11X	0,14	0,25	0,37	0,50	0,63	0,78	0,94	1,10	1,27	1,44
PAR 12X	0,13	0,23	0,35	0,48	0,63	0,79	0,97	1,15	1,35	1,55
PAR 13X	0,11	0,20	0,30	0,40	0,51	0,62	0,75	0,87	1,00	1,14
PAR 15X	0,10	0,19	0,29	0,38	0,48	0,58	0,69	0,80	0,91	1,02
PAR 18X	0,09	0,17	0,28	0,40	0,54	0,70	0,87	1,06	1,26	1,46
PAR 20X	0,09	0,16	0,24	0,35	0,47	0,61	0,76	0,93	1,10	1,28

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 30- Combinação para a flexo-tração na direção y em MPa.

Parede	10º pav	9º pav	8º pav	7º pav	6º pav	5º pav	4º pav	3º pav	2º pav	1º pav
PAR 2Y	0,08	0,15	0,25	0,31	0,40	0,49	0,58	0,68	0,76	0,93
PAR 3Y	0,04	0,09	0,17	0,22	0,29	0,38	0,45	0,54	0,62	0,78
PAR 5Y	0,10	0,19	0,29	0,39	0,48	0,59	0,70	0,82	0,94	1,09
PAR 6Y	0,10	0,21	0,34	0,50	0,66	0,86	1,09	1,34	1,62	1,93
PAR 8Y	0,07	0,16	0,25	0,36	0,48	0,63	0,78	0,96	1,15	1,35
PAR 14Y	0,14	0,26	0,40	0,56	0,71	0,90	1,11	1,33	1,57	1,82
PAR 16Y	0,11	0,21	0,33	0,46	0,60	0,77	0,96	1,16	1,37	1,59
PAR 17Y	0,17	0,27	0,40	0,53	0,67	0,84	3,56	1,21	1,41	2,89
PAR 19Y	0,08	0,14	0,20	0,26	0,33	0,40	0,47	0,54	0,62	0,70
PAR 21 Y	0,08	0,15	0,25	0,36	0,49	0,64	0,81	0,99	1,17	1,37
PAR 22Y	0,07	0,14	0,23	0,33	0,44	0,57	0,71	0,86	1,01	1,17
PAR 23 Y	0,17	0,29	0,42	0,56	0,67	0,84	1,01	1,20	1,39	1,58

Fonte: Autoria Própria.

Como pode ser observado, todas as paredes atenderam a verificação.

6.9 VERIFICAÇÃO DE CISALHAMENTO

De acordo com a figura 22 que é a tabela 4 da norma ABNT NBR 15961-1:2011 e de acordo com a figura 23, $f_{vk} = 0,15 + 0,5\sigma$ visto que a resistência

média de compressão da argamassa dos blocos especificados em 6.7, estão no intervalo de 3,5MPa a 7,0 MPa.

Resistência média de compressão da argamassa MPa		
1,5 a 3,4	3,5 a 7,0	Acima de 7,0
$0,10 + 0,5 \sigma \leq 1,0$	$0,15 + 0,5 \sigma \leq 1,4$	$0,35 + 0,5 \sigma \leq 1,7$

Figura 23 - Resistência ao Cisalhamento

Fonte: ABNT NBR 15961-1:2011

A verificação é atendida quando a equação 31 é satisfeita. Levando em consideração as equações 32 e 33 e a equação 70:

$$\sigma = 0,9 \sigma_G. \quad (70)$$

Foram construídas tabelas para organizar os resultados. Para as paredes do primeiro pavimento foram encontrados os seguintes valores para direção x (tabela 31) e para a direção y (tabela 32)

Tabela 31- Verificação do Cisalhamento para a direção x no 1° pavimento

PAREDE	fvk (Mpa)	fvd (Mpa)	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 1X	0,76	0,38	590,71	0,59	0,83	2,18
PAR 4X	0,71	0,35	410,32	0,41	0,57	1,62
PAR 7X	0,66	0,33	70,48	0,07	0,10	0,30
PAR 9X	0,51	0,26	30,95	0,03	0,04	0,17
PAR 10X	0,66	0,33	3,17	0,00	0,00	0,01
PAR 11X	0,64	0,32	15,95	0,02	0,02	0,07
PAR 12X	0,56	0,28	37,23	0,04	0,05	0,18
PAR 13X	0,56	0,28	6,67	0,01	0,01	0,03
PAR 15X	0,56	0,28	3,17	0,00	0,00	0,02
PAR 18X	0,43	0,21	59,52	0,06	0,08	0,39
PAR 20X	0,37	0,18	51,28	0,05	0,07	0,39

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 32- Verificação do Cisalhamento para a direção y no 1° pavimento

PAREDE	fvk	fvd	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 2Y	0,50	0,25	47,62	0,0476	0,0667	0,267939
PAR 3Y	0,36	0,18	63,10	0,0631	0,0883	0,484184
PAR 5Y	0,55	0,28	27,38	0,0274	0,0383	0,139113
PAR 6Y	0,46	0,23	280,36	0,2804	0,3925	1,71376
PAR 8Y	0,41	0,20	62,70	0,0627	0,0878	0,430917
PAR 14Y	0,61	0,30	94,00	0,0940	0,1316	0,431482
PAR 16Y	0,50	0,25	118,37	0,1184	0,1657	0,663364
PAR 17Y	0,58	0,29	50,98	0,0510	0,0714	0,246055
PAR 19Y	0,42	0,21	30,30	0,0303	0,0424	0,201342
PAR 21 Y	0,38	0,19	137,07	0,1371	0,1919	1,011527
PAR 22Y	0,38	0,19	74,05	0,0740	0,1037	0,546425
PAR 23 Y	0,66	0,33	46,56	0,0466	0,0652	0,198952

Fonte: Autoria Própria.

Como pode ser observado tabela 32, a verificação não é atendida para a PAR 1X e PAR 4X, e na tabela 33 a verificação não é atendida para a parede PAR 6Y, então será necessário calcular uma armadura de cisalhamento que é dado pelas equações 34 e 35.

Os resultados para a direção x encontram-se na tabela 34:

Tabela 33- Taxas de armadura para as paredes não-conforme no 1° pavimento

PAREDE	d (cm)	s (cm)	Vd (kN)	Va (kN)	Asw (cm ²)	Ø
PAR 1X	615	20,00	712,040	326,95	0,576	1Ø8
PAR 4X	540	20,00	434,280	267,81	0,284	1Ø6,3

Fonte: Autoria Própria.

Os valores para as paredes dos outros pavimentos encontram-se no apêndice F.

7 CONCLUSÕES

O processo de dimensionamento de edifícios em alvenaria estrutural é mais simples que outros processos, pois não requer softwares de cálculo muito avançados.

Mesmo que a arquitetura seja limitada pelas modulações, quanto maior o número de paredes e de pavimentos, o cálculo torna-se mais trabalhoso, e além disso alguns arranjos arquitetônicos podem interferir no bom contraventamento da estrutura e também pode incluir esforços de torção, que não foi o caso deste trabalho.

No que tange a distribuição das ações horizontais, na distribuição através da rigidez relativa ou pórticos enfileirados, observou-se que os valores são praticamente os mesmos.

Por fim, o número de paredes também é um fator agravante no que tange o tempo para a especificação dos blocos, visto que a análise tem que ser feita em cada parede para cada direção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-1**: Alvenaria Estrutural- Blocos de Concreto. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto- Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

_____. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. 2014.

_____. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas -Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

BUSI, Thiago P. **Análise Comparativa de edifícios em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos: geometria em planta baixa mais recomendada**. 2009. 83f.TCC (grauuação em engenharia civil)- Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28535/000769445.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12 nov. 2015

BLOCOS TORATI INDÚSTRIA DE ARTEFATOS DE CONCRETO. **Catálogo blocos Torati**. Mogi Guaçu, 2013. Disponível em: <

http://www.blocostorati.com.br/files/catalogo_blocos_torati_set_2013.pdf >
Acesso em: 20 jun. 2016.

CAMACHO, Jefferson S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 2006. 53 f. Monografia – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006. Disponível em: <<http://www.nepae.feis.unesp.br/Apostilas/Projeto%20de%20edificios%20de%20alvenaria%20estrutural.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2015.

FREIRE, Bruno S. **Sistema construtivo em alvenaria estrutural de bloco de concreto**. 2007. 44f. TCC – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2007. Disponível em: < <http://engenharia.anhembi.br/tcc-07/civil-09.pdf>> Acesso em: 25 ou. 2015.

NÚCLEO DE ENSINO E PESQUISA DA ALVENARIA ESTRUTURAL. **Alvenaria estrutural**. Disponível em: <<http://www.nepae.feis.unesp.br/alvenaria.php>>. Acesso em: 21 out. 2015.

PARSEKIAN, Guilherme A. (Org.). **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. São Carlos: EduFSCar, 2012.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

REBOREDO, André R. **Dimensionamento de um edifício em alvenaria estrutural de blocos de concreto: Comentários sobre a NBR 15961-1 (2011)**. 2013. 173 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina Ufsc, Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/115443/A5andrerrampa_zzo.pdf?sequence=1>. Acesso em: 28 nov. 2015.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José M. **Alvenaria estrutural**. 1. Ed. São Paulo: Pini, 2010.

TAVARES, Jandson H. **Alvenaria estrutural: estudo bibliográfico e definição**. 58 f. Monografia – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011. Disponível em: <<http://ebiblio.ufersa.edu.br/Download/20640.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2015.

APÊNDICE A – Reações das Lajes de Cobertura, Cobertura do Reservatório e Casa de Máquinas

Tabela 34- Reações das lajes de cobertura na direção x

Nome	Comp. (m)	G (KN/m)	Q (KN/m)	Total (kN/m)	Total (kN)
PAR 1X	6,15	11,16	1,48	12,64	77,74
PAR 4X	5,40	10,25	1,32	11,57	62,48
PAR 7X	2,25	8,41	1,2	9,61	21,62
PAR 9X	1,50	2,07	0,29	2,36	3,54
PAR 10X	0,45	8,37	0,36	8,73	3,93
PAR 11X	1,08	5,62	0,65	6,27	6,74
PAR 12X	1,65	5,62	0,65	6,27	10,35
PAR 13X	0,75	3,55	0,69	4,24	3,18
PAR 15X	0,45	3,55	0,36	3,91	1,76
PAR 18X	2,10	2,48	0,93	3,41	7,16
PAR 20X	1,95	3,08	5,16	8,24	16,07

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 35- Reações das lajes de cobertura na direção y

Nome	Comp. (m)	G (KN/m)	Q (KN/m)	Total (kN/m)	Total (kN)
PAR 2Y	0,60	1,76	0,2	1,96	1,18
PAR 3Y	1,95	0	0	0	0,00
PAR 5Y	1,20	3,35	0,43	3,78	4,54
PAR 6Y	6,00	3,35	0,43	3,78	22,68
PAR 8Y	2,85	1,83	0,26	2,09	5,96
PAR 14Y	3,60	5,14	0,59	5,73	20,63
PAR 16Y	4,20	3,8	0,54	4,34	18,23
PAR 17Y	2,70	8,63	2,44	11,07	29,89
PAR 19Y	0,48	3,15	2,75	5,9	2,80
PAR 21 Y	4,20	1,15	2,46	3,61	15,16
PAR 22Y	3,00	1,63	0,93	2,56	7,68
PAR 23 Y	2,70	9,3	1,07	10,37	28,00

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 36- Reações das lajes de cobertura do reservatório e casa de máquinas na direção x

Nome	Comp. (m)	G (KN/m)	Q (KN/m)	Total (kN/m)	Total (kN)
PAR 1X	6,15	0	0	0	0,00
PAR 4X	5,40	0	0	0	0,00
PAR 7X	2,25	0	0	0	0,00
PAR 9X	1,50	0	0	0	0,00
PAR 10X	0,45	0	0	0	0,00
PAR 11X	1,08	0	0	0	0,00
PAR 12X	1,65	0	0	0	0,00
PAR 13X	0,75	0	0	0	0,00
PAR 15X	0,45	0	0	0	0,00
PAR 18X	2,10	0,93	0,14	1,07	2,25
PAR 20X	1,95	3,08	0,45	3,53	6,88

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 37- Reações das lajes de cobertura do reservatório e casa de máquinas na direção y

Nome	Comp. (m)	G (KN/m)	Q (KN/m)	Total (kN/m)	Total (kN)
PAR 2Y	0,60	0	0	0	0
PAR 3Y	1,95	0	0	0	0
PAR 5Y	1,20	0	0	0	0
PAR 6Y	6,00	0	0	0	0
PAR 8Y	2,85	0	0	0	0
PAR 14Y	3,60	0	0	0	0
PAR 16Y	4,20	0	0	0	0
PAR 17Y	2,70	2,83	0,4	3,23	1,20
PAR 19Y	0,48	1,15	0,16	1,31	2,76
PAR 21 Y	4,20	1,63	0,16	1,79	0,43
PAR 22Y	3,00	1,15	0,23	1,38	0,46
PAR 23 Y	2,70	0	0	0	0

Fonte: Autoria Própria.

APÊNDICE B- Peso Próprio das Paredes de Cobertura

-altura da platibanda: 1,00m;

-alvenaria de vedação $\gamma = 13kN/m^2$;

- $Palv = 13.0,14 = 1,82kN/m^2$

- $rev ext = 19.0,025 = 0,475 \frac{kN}{m^2}$

- $rev int = 19.0,01 = 0,19 kN/m^2$

- $Pp = 2,48kN/m^2$

- $Pplat = 2,48.1,0 = 2,48kN/m$

- $Pres = 2,64.2,60 = 6,86 \frac{kN}{m}$

Tabela 38- Distribuição do peso próprio das paredes de cobertura

Grupo	Paredes	Total Par. (KN)	Comp. (m)	Pp (KN/m)	Qtd.	Total(kN)	Total (KN/m)
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	41,16	12,43	3,31	1	41,16	3,31
G2	1X 2Y 16Y	7,44	10,95	0,68	1	7,44	0,68
G3	3Y 4X 5X	7,44	8,55	0,87	4	29,76	3,48
G4	14Y 15X	4,96	4,05	1,22	4	19,84	4,90
G5	12X 13X	4,96	2,4	2,07	4	19,84	8,27
G6	10X 11X 23Y	4,96	1,53	3,25	4	19,84	13,01
G7	6Y 7X 8Y 9X	9,92	12,8	0,78	2	19,84	1,56

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 39- Distribuição das reações da laje de cobertura

GRUPO	PAREDES	Comp. (m)	G+Q (kN/m)	G+Q (kN)	QTD	TOTAL (kN)
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	12,43	34,7	431,15	1	431,15
G2	1X 2Y 16Y	10,95	18,94	207,39	1	207,39
G3	3Y 4X 5Y	8,55	15,91	136,03	4	544,12
G4	14Y 15X	4,05	9,64	39,04	4	156,17
G5	12X 13X	2,40	10,51	25,22	4	100,90
G6	10X 11X 23Y	1,53	25,37	38,69	4	154,76
G7	6Y 7X 8Y 9X	12,75	17,84	227,46	2	454,92

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 40- Distribuição das reações das lajes do reservatório e casa de máquinas

GRUPO	PAREDES	Comp. (m)	G+Q (kN/m)	G+Q (kN)	QTD	TOTAL (kN)
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	12,43	12,31	152,95	1	152,95
G2	1X 2Y 16Y	10,95	0	0,00	1	0
G3	3Y 4X 5Y	8,55	0	0,00	4	0
G4	14Y 15X	4,05	0	0,00	4	0
G5	12X 13X	2,40	0	0,00	4	0
G6	10X 11X 23Y	1,53	0	0,00	4	0
G7	6Y 7X 8Y 9X	12,75	0	0,00	2	0

Fonte: Autoria Própria.

APÊNDICE C – Distribuição das Ações Horizontais

A Figura 25, e a Figura 26, ilustram respectivamente a cortante e o momento fletor obtidos com a força horizontal resultante em cada pavimento para a direção x.

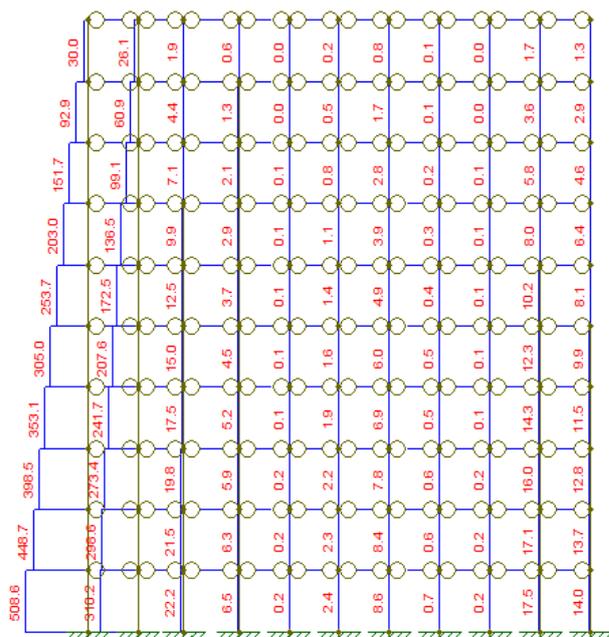


Figura 24- Cortante na direção x
Fonte: Autoria Própria

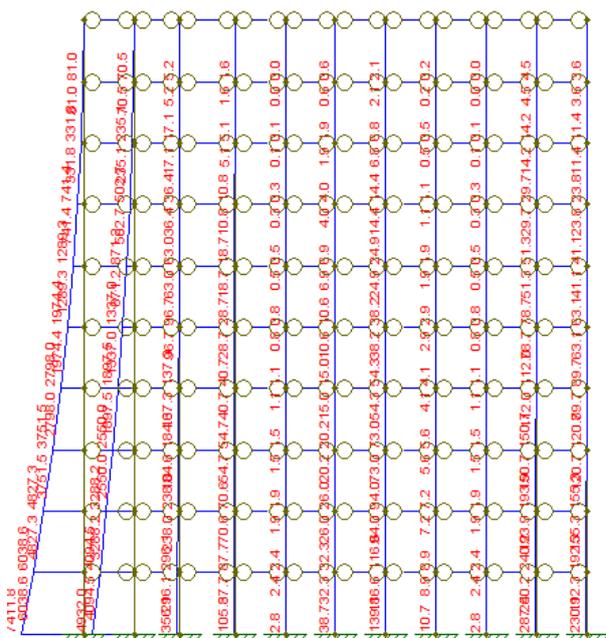


Figura 25- Momento fletor na direção x
Fonte: Autoria Própria

A Figura 27, e a Figura 28, ilustram respectivamente a cortante e o momento fletor obtidos com a força horizontal resultante em cada pavimento para a direção y.

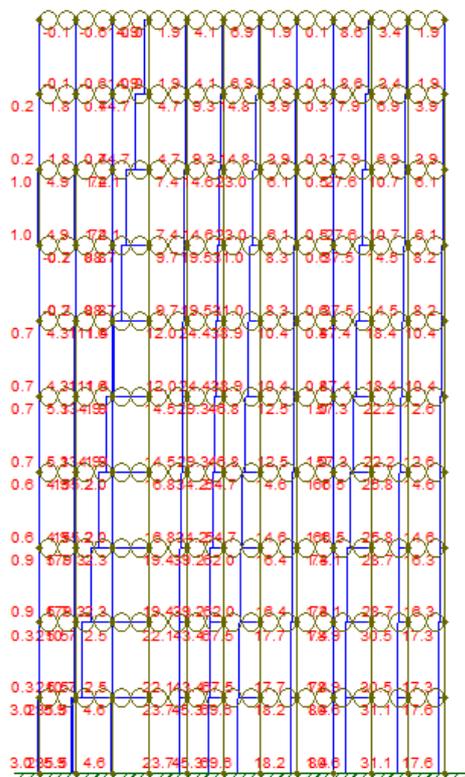


Figura 26- Cortante na direção y
Fonte: Autoria Própria

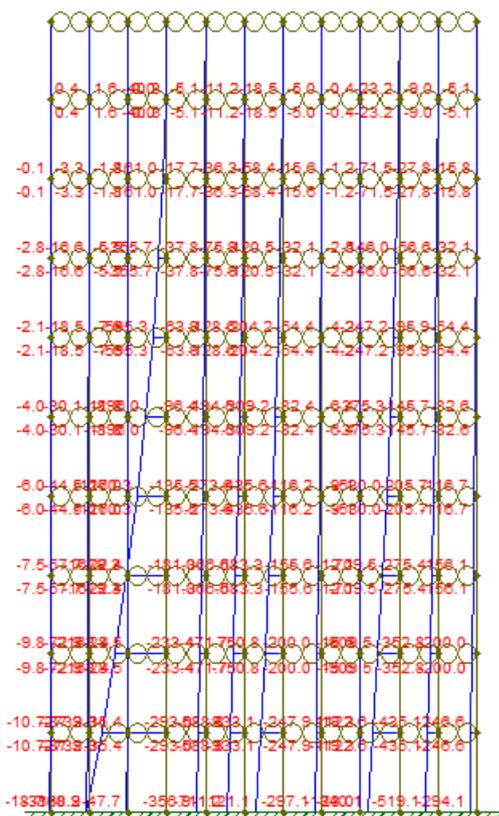


Figura 27- Momento Fletor na direção y
Fonte: Autoria Própria

Tabela 41- Cortante obtida no Ftool na direção x do 10° ao 6° pavimento.

Parede	10° pav	9° pav	8° pav	7° pav	6° pav
PAR 1X	30,00	92,90	151,70	203,00	253,70
PAR 4X	26,10	60,90	99,10	136,50	172,50
PAR 7X	1,90	4,40	7,10	9,90	12,50
PAR 9X	0,60	1,30	2,10	2,90	3,70
PAR 10X	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10
PAR 11X	0,20	0,50	0,80	1,10	1,40
PAR 12X	0,80	1,70	2,60	3,90	4,90
PAR 13X	0,10	0,10	0,20	0,30	0,40
PAR 15X	0,00	0,00	0,10	0,10	0,10
PAR 18X	1,70	3,60	5,80	8,00	10,20
PAR 20X	1,30	2,90	4,60	6,40	8,10

Fonte: Autoria Própria

Tabela 42- Cortante obtida no Ftool na direção x do 5° ao 1° pavimento

Parede	5º pav	4º pav	3º pav	2º pav	1º pav
PAR 1X	305,00	353,10	398,50	448,70	508,60
PAR 4X	207,60	241,70	273,40	298,50	310,20
PAR 7X	15,00	17,50	19,80	21,50	22,20
PAR 9X	4,50	5,20	5,90	6,30	6,50
PAR 10X	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20
PAR 11X	1,60	1,90	2,20	2,30	2,40
PAR 12X	6,00	6,90	7,60	6,40	8,60
PAR 13X	0,50	0,50	0,60	0,60	0,70
PAR 15X	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20
PAR 18X	12,30	14,30	16,00	17,10	17,50
PAR 20X	9,90	11,50	12,80	13,70	14,00

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 43- Cortante obtida no Ftool na direção y do 10° ao 6° pavimento

Parede	10º pav	9º pav	8º pav	7º pav	6º pav
PAR 2Y	-0,10	2,00	1,00	-0,20	0,70
PAR 3Y	-0,60	1,80	4,90	0,70	4,30
PAR 5Y	0,00	0,70	1,40	0,80	1,60
PAR 6Y	14,90	44,70	72,10	88,70	111,40
PAR 8Y	1,90	4,70	7,40	9,70	12,00
PAR 14Y	4,10	9,30	14,60	19,50	24,40
PAR 16Y	6,90	14,80	23,00	31,00	38,90
PAR 17Y	1,90	3,90	6,10	8,30	10,40
PAR 19Y	0,10	0,30	0,50	0,60	0,80
PAR 21 Y	8,60	17,90	27,60	37,50	47,40
PAR 22Y	3,40	6,90	10,70	14,50	18,40
PAR 23 Y	1,90	3,90	6,10	8,20	10,40

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 44- Cortante obtida no Ftool na direção y do 5° ao 1° pavimento

Parede	5º pav	4º pav	3º pav	2º pav	1º pav
PAR 2Y	0,70	0,60	0,90	0,30	3,00
PAR 3Y	5,30	4,90	5,70	5,50	15,90
PAR 5Y	1,90	2,00	2,30	2,50	4,60
PAR 6Y	134,90	155,20	179,30	210,70	235,50
PAR 8Y	14,50	16,80	19,40	22,10	23,70
PAR 14Y	29,30	34,20	39,20	43,40	45,40
PAR 16Y	46,80	54,70	62,00	67,50	69,60
PAR 17Y	12,50	14,60	16,40	17,70	18,20
PAR 19Y	1,90	1,10	1,30	1,40	1,40
PAR 21 Y	57,30	66,50	74,10	78,90	80,60
PAR 22Y	22,20	25,80	28,70	30,50	31,10
PAR 23 Y	12,60	14,60	16,30	17,30	17,60

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 45- Momento obtido no Ftool do 10° ao 6° pavimento na direção x

Parede	10° pav	9° pav	8° pav	7° pav	6° pav
PAR 1X	-81,00	-331,80	-741,40	-1289,30	-1974,40
PAR 4X	-70,50	-235,10	-502,70	-871,20	-1337,00
PAR 7X	-5,20	-17,10	-36,40	-63,00	-96,70
PAR 9X	-1,60	-5,10	-10,80	-18,70	-28,70
PAR 10X	0,00	-0,10	-0,30	-0,50	-0,80
PAR 11X	-0,60	-1,90	-4,00	-6,90	-10,60
PAR 12X	-2,10	-6,80	-14,40	-24,90	-38,20
PAR 13X	-0,20	-0,50	-1,10	-1,90	-2,90
PAR 15X	0,00	-0,10	-0,30	-0,50	-0,80
PAR 18X	-4,50	-14,20	-29,70	-51,30	-78,70
PAR 20X	-3,60	-11,40	-23,80	-41,10	-63,10

Fonte: Autoria Própria

Tabela 46- Momento obtido no Ftool do 5° ao 1° pavimento n direção x

Parede	5° pav	4° pav	3° pav	2° pav	1° pav
PAR 1X	-2798,00	-3751,50	-4827,30	-6038,30	-7411,80
PAR 4X	-1897,50	-2550,00	-3288,20	-4094,50	-4932,00
PAR 7X	-137,30	-184,60	-238,00	-296,10	-356,10
PAR 9X	-40,70	-54,70	-70,60	-87,70	-105,30
PAR 10X	-1,10	-1,50	-1,90	-2,40	-2,80
PAR 11X	-15,00	-20,20	-26,00	-32,30	-38,70
PAR 12X	-54,30	-73,00	-94,00	-116,60	-139,80
PAR 13X	-4,10	-5,60	-7,20	-8,90	-10,70
PAR 15X	-1,10	-1,50	-1,90	-2,40	-2,80
PAR 18X	-112,00	-150,70	-193,90	-240,20	-287,50
PAR 20X	-89,70	-120,70	-155,30	-192,30	-230,10

Fonte: Autoria Própria

Tabela 47- Momento obtido no Ftool do 10° ao 6° pavimento na direção y

Parede	10° pav	9° pav	8° pav	7° pav	6° pav
PAR 2Y	0,40	-0,10	-2,80	-2,10	-4,00
PAR 3Y	1,60	-3,30	-16,60	-18,50	-30,10
PAR 5Y	0,00	-1,80	-5,50	-7,60	-11,80
PAR 6Y	-40,30	-161,00	-355,70	-595,30	-896,00
PAR 8Y	-5,10	-17,70	-37,80	-63,90	-96,40
PAR 14Y	-11,20	-36,30	-75,90	-128,60	-194,50
PAR 16Y	-18,50	-58,40	-120,50	-204,20	-309,20
PAR 17Y	-5,90	-15,60	-32,10	-54,40	-82,40
PAR 19Y	-0,40	-1,20	-2,50	-4,20	-6,40
PAR 21 Y	-23,20	-71,50	-146,00	-247,20	-375,30
PAR 22Y	-9,00	-27,80	-56,60	-95,90	-145,70
PAR 23 Y	-5,10	-15,80	-32,10	-54,40	-82,60

Fonte: Autoria Própria

Tabela 48- Momento obtido no ftool do 5° ao 1° pavimento

Parede	5º pav	4º pav	3º pav	2º pav	1º pav
PAR 2Y	-6,00	-7,50	-9,80	-10,70	-18,70
PAR 3Y	-44,50	-57,70	-72,90	-87,90	-130,90
PAR 5Y	-17,00	-22,40	-28,50	-35,40	-47,70
PAR 6Y	-1260,30	-1679,30	-2163,40	-2732,30	-3368,20
PAR 8Y	-135,50	-181,00	-233,40	-293,00	-356,90
PAR 14Y	-273,60	-366,00	-471,70	-588,80	-711,20
PAR 16Y	-435,60	-583,30	-750,80	-933,10	-1121,90
PAR 17Y	-116,20	-1155,60	-200,00	-247,90	-797,10
PAR 19Y	-9,10	-12,10	-15,60	-19,30	-23,00
PAR 21 Y	-530,00	-709,50	-909,50	-1122,60	-1340,10
PAR 22Y	-205,70	-275,40	-352,80	-435,10	-519,10
PAR 23 Y	-116,70	-156,10	-200,00	-246,60	-294,10

Fonte: Aatoria Própria**Tabela 49- Força horizontal proporcional a rigidez na direção x do 10° ao 6° pavimento**

Parede	10º pav	9º pav	8º pav	7º pav	6º pav
PAR 1X	34,07	57,54	57,54	53,10	52,51
PAR 4X	23,07	38,95	38,95	35,95	35,54
PAR 7X	1,67	2,82	2,82	2,60	2,57
PAR 9X	0,49	0,83	0,83	0,77	0,76
PAR 10X	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
PAR 11X	0,18	0,31	0,31	0,28	0,28
PAR 12X	0,66	1,11	1,11	1,03	1,01
PAR 13X	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08
PAR 15X	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
PAR 18X	1,36	2,29	2,29	2,11	2,09
PAR 20X	1,09	1,83	1,83	1,69	1,67

Fonte: Aatoria Própria**Tabela 50- Força horizontal proporcional a rigidez na direção x do 5° ao 1° pavimento**

Parede	5º pav	4º pav	3º pav	2º pav	1º pav
PAR 1X	51,67	49,18	45,80	43,74	39,94
PAR 4X	34,98	33,29	31,01	29,61	27,04
PAR 7X	2,53	2,41	2,24	2,14	1,96
PAR 9X	0,75	0,71	0,66	0,63	0,58
PAR 10X	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
PAR 11X	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21
PAR 12X	1,00	0,95	0,88	0,84	0,77
PAR 13X	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
PAR 15X	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
PAR 18X	2,06	1,96	1,82	1,74	1,59
PAR 20X	1,65	1,57	1,46	1,39	1,27

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 51- Força horizontal proporcional a rigidez na direção y do 10° ao 6° pavimento

Parede	10° pav	9° pav	8° pav	7° pav	6° pav
PAR 2Y	0,08	0,12	0,12	0,08	0,11
PAR 3Y	0,59	0,92	0,92	0,61	0,85
PAR 5Y	0,23	0,36	0,36	0,24	0,33
PAR 6Y	17,26	26,68	26,68	17,71	24,71
PAR 8Y	1,85	2,86	2,86	1,90	2,65
PAR 14Y	3,73	5,76	5,76	3,82	5,34
PAR 16Y	5,92	9,15	9,15	6,07	8,47
PAR 17Y	1,58	2,43	2,43	1,62	2,26
PAR 19Y	0,12	0,19	0,19	0,13	0,18
PAR 21 Y	7,16	11,06	11,06	7,34	10,24
PAR 22Y	2,78	4,29	4,29	2,85	3,97
PAR 23 Y	1,57	2,43	2,43	1,61	2,25

Fonte: Autoria Própria

Tabela 52- Força Horizontal proporcional a rigidez na direção y do 5° ao 1° pavimento.

Parede	5° pav	4° pav	3° pav	2° pav	1° pav
PAR 2Y	0,11	0,09	0,10	0,10	0,09
PAR 3Y	0,81	0,72	0,75	0,73	0,67
PAR 5Y	0,31	0,28	0,29	0,28	0,26
PAR 6Y	23,51	20,87	21,93	21,10	19,56
PAR 8Y	2,52	2,24	2,35	2,26	2,10
PAR 14Y	5,08	4,51	4,74	4,56	4,23
PAR 16Y	8,06	7,16	7,52	7,24	6,71
PAR 17Y	2,15	1,90	2,00	1,93	1,79
PAR 19Y	0,17	0,15	0,16	0,15	0,14
PAR 21 Y	9,75	8,65	9,09	8,74	8,11
PAR 22Y	3,78	3,36	3,53	3,39	3,14
PAR 23 Y	2,14	1,90	2,00	1,92	1,78

Fonte: Autoria Própria

Tabela 53- Esforço cortante pela rigidez na direção x do 10° qo 6° pavimento

Parede	10° pav	9° pav	8° pav	7° pav	6° pav
PAR 1X	34,2	91,1	149,5	202,7	255,3
PAR 4X	23,1	62,2	101	137,3	172,9
PAR 7X	1,7	2,5	7,3	9,9	12,5
PAR 9X	0,5	1,3	2,2	2,9	3,7
PAR 10X	0	0	0,1	0,1	0,1
PAR 11X	0,2	0,5	0,8	1,1	1,4
PAR 12X	0,7	1,8	2,9	3,9	4,9
PAR 13X	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4
PAR 15X	0	0	0,1	0,1	0,1
PAR 18X	1,4	3,7	6	8,1	10,2
PAR 20X	1,1	2,9	4,8	6,5	8,1

Fonte: Autoria Própria**Tabela 54- Esforço cortante pela rigidez na direção x do 5° ao 1° pavimento**

Parede	5° pav	4° pav	3° pav	2° pav	1° pav
PAR 1X	307,2	356,6	402,7	446,6	486,6
PAR 4X	207,9	241,2	272,6	302,4	329,5
PAR 7X	15	17,5	19,7	21,9	22,9
PAR 9X	4,5	5,3	5,8	6,5	7,1
PAR 10X	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
PAR 11X	1,6	1,9	2,2	2,4	2,6
PAR 12X	5,9	6,9	7,8	8,6	9,5
PAR 13X	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7
PAR 15X	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
PAR 18X	14,2	14,2	16	17,8	19,4
PAR 20X	11,4	11,4	12,8	14,2	15,5

Fonte: Autoria Própria

Tabela 55- Esforço cortante pela rigidez na direção y do 10° ao 6° pavimento

Parede	10° pav	9° pav	8° pav	7° pav	6° pav
PAR 2Y	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
PAR 3Y	0,6	1,5	2,4	3	3,8
PAR 5Y	0,2	0,6	0,9	1,1	1,5
PAR 6Y	18,2	45,9	73,6	92,5	118,7
PAR 8Y	1,8	4,6	7,4	9,2	11,8
PAR 14Y	3,6	9,2	14,9	18,6	23,7
PAR 16Y	5,7	14,7	23,6	29,4	37,6
PAR 17Y	1,5	3,9	6,3	7,8	10
PAR 19Y	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8
PAR 21 Y	7	17,8	28,6	35,5	45,2
PAR 22Y	2,7	6,9	11,1	13,8	17,6
PAR 23 Y	1,5	3,9	6,3	7,8	10

Fonte: Autoria Própria

Tabela 56- Esforço cortate pela rigidez na direção y do 5° ao 1° pavimento

Parede	5° pav	4° pav	3° pav	2° pav	1° pav
PAR 2Y	0,6	0,7	0,8	0,9	1
PAR 3Y	4,6	5,1	5,8	6,5	7,2
PAR 5Y	1,8	2	2,3	2,5	2,8
PAR 6Y	144,6	159	183,2	205,5	225,5
PAR 8Y	14,2	16,1	18,2	20,5	22,5
PAR 14Y	28,4	32,4	36,8	41,2	45,4
PAR 16Y	45,1	51,6	58,6	66,5	72,1
PAR 17Y	12	13,7	15,6	17,4	19,2
PAR 19Y	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5
PAR 21 Y	54,4	62,4	70,9	79,3	87,3
PAR 22Y	21,2	24,2	27,5	30,8	33,8
PAR 23 Y	11,9	13,7	15,6	17,4	19,2

Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE D – Valores de Fpk de Acordo com a Compressão Simples

Tabela 57- Resultante das cargas do 10º ao 6º pavimento em kN

Grupo	Paredes	10º PAV	9º PAV	8º PAV	7º PAV	6º PAV
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	625,26	911,89	1198,52	1485,15	1771,78
G2	1X 2Y 16Y	214,83	561,71	908,59	1255,47	1602,35
G3	3Y 4X 5Y	143,47	363,13	582,78	802,44	1022,10
G4	14Y 15X	44,00	127,05	210,09	293,14	376,18
G5	12X 13X	30,18	77,24	124,30	171,36	218,42
G6	10X 11X 23Y	43,65	104,49	165,33	226,17	287,01
G7	6Y 7X 8Y 9X	237,38	603,84	970,31	1336,77	1703,23

Fonte: Autoria Própria

Tabela 58- Resultante das cargas do 5º ao 1º pavimento em kN

Grupo	Paredes	5º PAV	4º PAV	3º PAV	2º PAV	1º PAV
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	2058,41	2345,05	2631,68	2918,31	3204,94
G2	1X 2Y 16Y	1949,23	2296,11	2642,99	2989,87	3336,75
G3	3Y 4X 5Y	1241,75	1461,41	1681,07	1900,72	2120,38
G4	14Y 15X	459,23	542,28	625,32	708,37	791,41
G5	12X 13X	265,48	312,54	359,60	406,66	453,72
G6	10X 11X 23Y	347,85	408,69	469,53	530,37	591,20
G7	6Y 7X 8Y 9X	2069,69	2436,16	2802,62	3169,08	3535,54

Fonte: Autoria Própria

Tabela 59- Resultante Nk/L do 10º ao 7º pavimento

Grupo	Paredes	10º PAV	9º PAV	8º PAV	7º PAV
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	50,32	73,39	96,46	119,53
G2	1X 2Y 16Y	19,62	51,30	82,98	114,66
G3	3Y 4X 5Y	16,78	42,47	68,16	93,85
G4	14Y 15X	10,86	31,37	51,87	72,38
G5	12X 13X	12,58	32,19	51,79	71,40
G6	10X 11X 23Y	28,62	68,52	108,41	148,31
G7	6Y 7X 8Y 9X	18,62	47,36	76,10	104,84

Fonte: Autoria Própria

Tabela 60- Resultante Nk/L do 6° ao 4° pavimento

Grupo	Paredes	6° PAV	5° PAV	4° PAV
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	142,60	165,6671429	188,74
G2	1X 2Y 16Y	146,33	178,0121461	209,69
G3	3Y 4X 5Y	119,54	145,234269	170,93
G4	14Y 15X	92,88	113,39	133,90
G5	12X 13X	91,01	110,6183333	130,23
G6	10X 11X 23Y	188,20	228,0962295	267,99
G7	6Y 7X 8Y 9X	133,59	162,3288235	191,07

Fonte: Aatoria Própria**Tabela 61- Resultante Nk/L do 3° ao 1° pavimento**

Grupo	Paredes	3° PAV	2° PAV	1° PAV
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	211,8049296	234,8738229	257,9427
G2	1X 2Y 16Y	241,3692237	273,0477626	304,7263
G3	3Y 4X 5Y	196,6159064	222,3067251	247,9975
G4	14Y 15X	154,4001235	174,9051852	195,4102
G5	12X 13X	149,835	169,4433333	189,0517
G6	10X 11X 23Y	307,8857377	347,7804918	387,6752
G7	6Y 7X 8Y 9X	219,8131373	248,5552941	277,2975

Fonte: Aatoria Própria**Tabela 62- Valores de fpk do 10° ao 8° pavimento**

Grupo	Paredes	fpk 10° PAV	fpk 9° PAV	fpk 8° PAV
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	1,60	2,33	3,06
G2	1X 2Y 16Y	0,62	1,63	2,63
G3	3Y 4X 5Y	0,53	1,35	2,16
G4	14Y 15X	0,34	1,00	1,65
G5	12X 13X	0,40	1,02	1,64
G6	10X 11X 23Y	0,91	2,18	3,44
G7	6Y 7X 8Y 9X	0,59	1,50	2,42

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 63- Valores de fpk do 7° ao 5° pavimento

Grupo	Paredes	fpk 7° PAV	fpk 6° PAV	fpk 5° PAV
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	3,80	4,53	5,26
G2	1X 2Y 16Y	3,64	4,65	5,65
G3	3Y 4X 5Y	2,98	3,80	4,61
G4	14Y 15X	2,30	2,95	3,60
G5	12X 13X	2,27	2,89	3,51
G6	10X 11X 23Y	4,71	5,98	7,24
G7	6Y 7X 8Y 9X	3,33	4,24	5,15

Fonte: Autoria Própria

Tabela 64- Valores de fpk do 4° ao 1° pavimento

Grupo	Paredes	fpk 4° PAV	fpk 3° PAV	fpk 2° PAV	fpk 1° PAV
G1	17Y 18X 19Y 20X 21Y 22Y	5,99	6,72	7,46	8,19
G2	1X 2Y 16Y	6,66	7,66	8,67	9,68
G3	3Y 4X 5Y	5,43	6,24	7,06	7,87
G4	14Y 15X	4,25	4,90	5,55	6,20
G5	12X 13X	4,13	4,76	5,38	6,00
G6	10X 11X 23Y	8,51	9,78	11,04	12,31
G7	6Y 7X 8Y 9X	6,07	6,98	7,89	8,80

Fonte: Autoria Própria

APÊNDICE E- Valores de FpK na flexo-compressão

Tabela 65- fpk no 10° pavimento na direção x

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 1X	-0,021	0,207	0,048	0,971	1,101
PAR 4X	-0,024	0,19	0,038	0,865	0,976
PAR 7X	-0,010	0,167	0,034	0,794	0,881
PAR 9X	-0,007	0,093	0,008	0,416	0,443
PAR 10X	0	0,167	0,024	0,798	0,854
PAR 11X	-0,005	0,144	0,018	0,669	0,716
PAR 12X	-0,007	0,128	0,018	0,589	0,639
PAR 13X	-0,004	0,114	0,012	0,527	0,560
PAR 15X	0	0,114	0,010	0,533	0,556
PAR 18X	-0,010	0,083	0,018	0,383	0,435
PAR 20X	-0,009	0,087	0,040	0,453	0,552

Fonte: Autoria Própria

Tabela 66- fpk no 9° pavimento na direção x

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 1X	-0,087	0,334	0,086	1,444	1,729
PAR 4X	-0,080	0,306	0,067	1,298	1,534
PAR 7X	-0,033	0,275	0,06	1,268	1,437
PAR 9X	-0,022	0,172	0,014	0,740	0,797
PAR 10X	-0,004	0,274	0,047	1,312	1,422
PAR 11X	-0,016	0,248	0,032	1,134	1,224
PAR 12X	-0,024	0,215	0,032	0,965	1,064
PAR 13X	-0,010	0,204	0,020	0,926	0,982
PAR 15X	-0,004	0,204	0,017	0,935	0,980
PAR 18X	-0,032	0,142	0,029	0,610	0,709
PAR 20X	-0,029	0,131	0,040	0,591	0,712

Fonte: Autoria Própria

Tabela 67- fpk no 8° pavimento na direção x

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 1X	-0,196	0,462	0,124	1,806	2,290
PAR 4X	-0,172	0,423	0,097	1,638	2,036
PAR 7X	-0,071	0,383	0,085	1,702	1,968
PAR 9X	-0,048	0,251	0,021	1,038	1,135
PAR 10X	-0,014	0,382	0,069	1,813	1,983
PAR 11X	-0,034	0,353	0,046	1,580	1,720
PAR 12X	-0,052	0,303	0,046	1,312	1,471
PAR 13X	-0,022	0,294	0,027	1,308	1,394
PAR 15X	-0,014	0,294	0,025	1,323	1,396
PAR 18X	-0,067	0,200	0,040	0,802	0,962
PAR 20X	-0,062	0,174	0,040	0,698	0,854

Fonte: Autoria Própria

Tabela 68- fpk no 7° pavimento na direção x

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 1X	-0,340	0,589	0,162	2,071	2,793
PAR 4X	-0,298	0,540	0,126	1,885	2,482
PAR 7X	-0,124	0,491	0,111	2,098	2,477
PAR 9X	-0,083	0,330	0,027	1,309	1,458
PAR 10X	-0,024	0,489	0,092	2,314	2,544
PAR 11X	-0,059	0,457	0,060	2,008	2,206
PAR 12X	-0,091	0,391	0,060	1,631	1,862
PAR 13X	-0,038	0,383	0,035	1,680	1,800
PAR 15X	-0,024	0,383	0,033	1,712	1,812
PAR 18X	-0,116	0,259	0,051	0,957	1,193
PAR 20X	-0,108	0,218	0,040	0,771	0,974

Fonte: Autoria Própria

Tabela 69- fpk no 6° pavimento na direção x

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 1X	-0,522	0,717	0,200	2,240	3,237
PAR 4X	-0,458	0,657	0,155	2,043	2,875
PAR 7X	-0,191	0,599	0,137	2,457	2,964
PAR 9X	-0,127	0,409	0,033	1,556	1,766
PAR 10X	-0,039	0,597	0,114	2,802	3,097
PAR 11X	-0,091	0,562	0,074	2,417	2,680
PAR 12X	-0,140	0,479	0,074	1,922	2,236
PAR 13X	-0,059	0,473	0,043	2,040	2,199
PAR 15X	-0,039	0,473	0,040	2,087	2,220
PAR 18X	-0,178	0,318	0,061	1,077	1,403
PAR 20X	-0,165	0,261	0,040	0,810	1,075

Fonte: Autoria Própria

Tabela 70- fpk no 5° pavimento na direção x

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 1X	-0,739	0,844	0,238	2,310	3,623
PAR 4X	-0,650	0,773	0,184	2,115	3,215
PAR 7X	-0,271	0,707	0,162	2,779	3,428
PAR 9X	-0,180	0,489	0,040	1,779	2,060
PAR 10X	-0,054	0,705	0,136	3,289	3,650
PAR 11X	-0,129	0,666	0,088	2,811	3,145
PAR 12X	-0,199	0,567	0,088	2,186	2,594
PAR 13X	-0,083	0,563	0,050	2,390	2,591
PAR 15X	-0,054	0,563	0,048	2,463	2,628
PAR 18X	-0,253	0,377	0,072	1,161	1,592
PAR 20X	-0,235	0,305	0,040	0,818	1,157

Fonte: Autoria Própria

Tabela 71- fpk no 4° pavimento na direção x

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 1X	-0,991	0,971	0,276	2,290	3,954
PAR 4X	-0,874	0,890	0,213	2,104	3,505
PAR 7X	-0,364	0,814	0,188	3,066	3,872
PAR 9X	-0,243	0,568	0,046	1,979	2,340
PAR 10X	-0,074	0,812	0,159	3,764	4,195
PAR 11X	-0,174	0,770	0,102	3,186	3,599
PAR 12X	-0,268	0,655	0,102	2,425	2,937
PAR 13X	-0,114	0,652	0,058	2,723	2,974
PAR 15X	-0,074	0,652	0,056	2,825	3,028
PAR 18X	-0,341	0,436	0,083	1,213	1,761
PAR 20X	-0,317	0,349	0,040	0,794	1,220

Fonte: Autoria Própria

Tabela 72- fpk no 3° pavimento na direção x

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 1X	-1,276	1,099	0,314	2,184	4,234
PAR 4X	-1,127	1,007	0,2431	2,014	3,749
PAR 7X	-0,470	0,922	0,214	3,322	4,296
PAR 9X	-0,313	0,647	0,052	2,156	2,606
PAR 10X	-0,093	0,920	0,181	4,238	4,741
PAR 11X	-0,224	0,875	0,116	3,547	4,044
PAR 12X	-0,345	0,743	0,116	2,641	3,266
PAR 13X	-0,146	0,742	0,066	3,051	3,354
PAR 15X	-0,093	0,742	0,063	3,187	3,428
PAR 18X	-0,439	0,494	0,094	1,238	1,914
PAR 20X	-0,408	0,392	0,040	0,746	1,267

Fonte: Autoria Própria

Tabela 73- fpk no 2° pavimento na direção x

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 1X	-1,596	1,226	0,351	1,982	4,456
PAR 4X	-1,404	1,124	0,272	1,861	3,954
PAR 7X	-0,584	1,030	0,24	3,552	4,705
PAR 9X	-0,389	0,726	0,059	2,319	2,863
PAR 10X	-0,118	1,027	0,203	4,700	5,278
PAR 11X	-0,279	0,979	0,037	3,690	4,071
PAR 12X	-0,428	0,831	0,130	2,841	3,585
PAR 13X	-0,181	0,831	0,073	3,374	3,730
PAR 15X	-0,118	0,831	0,071	3,536	3,820
PAR 18X	-0,544	0,553	0,105	1,244	2,055
PAR 20X	-0,505	0,436	0,040	0,680	1,305

Fonte: Autoria Própria

Tabela 74- fpk no 1° pavimento na direção x

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 1X	-1,959	1,354	0,389	1,666	4,609
PAR 4X	-1,691	1,241	0,301	1,681	4,143
PAR 7X	-0,70	1,138	0,265	3,773	5,108
PAR 9X	-0,46	0,805	0,065	2,476	3,117
PAR 10X	-0,138	1,135	0,226	5,174	5,823
PAR 11X	-0,334	1,084	0,144	4,244	4,920
PAR 12X	-0,513	0,919	0,144	3,036	3,901
PAR 13X	-0,218	0,921	0,081	3,691	4,103
PAR 15X	-0,138	0,921	0,079	3,899	4,221
PAR 18X	-0,651	0,612	0,116	1,244	2,193
PAR 20X	-0,605	0,479	0,040	0,609	1,340

Fonte: Autoria Própria

Tabela 75- fpk no 10° pavimento na direção y

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 2Y	0,003	0,089	0,005	0,419	0,428
PAR 3Y	0,003	0,047	0	0,220	0,217
PAR 5Y	0	0,112	0,012	0,526	0,554
PAR 6Y	-0,011	0,091	0,012	0,404	0,444
PAR 8Y	-0,008	0,069	0,007	0,303	0,329
PAR 14Y	-0,010	0,137	0,016	0,622	0,669
PAR 16Y	-0,010	0,103	0,019	0,474	0,528
PAR 17Y	-0,010	0,171	0,043	0,828	0,937
PAR 19Y	-0,001	0,088	0,028	0,452	0,519
PAR 21 Y	-0,011	0,068	0,018	0,317	0,371
PAR 22Y	-0,008	0,068	0,008	0,301	0,328
PAR 23 Y	-0,006	0,176	0,030	0,832	0,908

Fonte: Autoria Própria

Tabela 76- fpk no 9° pavimento na direção y

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 2Y	-0,0008	0,1662	0,01	0,758	0,781
PAR 3Y	-0,0062	0,0955	0	0,407	0,414
PAR 5Y	-0,0078	0,2002	0,02	0,918	0,975
PAR 6Y	-0,0447	0,1589	0,02	0,636	0,733
PAR 8Y	-0,0295	0,1263	0,01	0,511	0,572
PAR 14Y	-0,0326	0,2386	0,02	1,038	1,137
PAR 16Y	-0,0331	0,1794	0,03	0,786	0,898
PAR 17Y	-0,0283	0,2602	0,06	1,230	1,410
PAR 19Y	-0,0056	0,1464	0,03	0,717	0,806
PAR 21 Y	-0,0345	0,1178	0,01	0,473	0,551
PAR 22Y	-0,0273	0,1178	0,008	0,469	0,516
PAR 23 Y	-0,0216	0,2864	0,05	1,333	1,474

Fonte: Autoria Própria

Tabela 77- fpk no 8° pavimento na direção y

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 2Y	-0,024	0,243	0,0006	1,015	1,043
PAR 3Y	-0,031	0,143	0,0021	0,557	0,595
PAR 5Y	-0,024	0,288	0,0013	1,220	1,248
PAR 6Y	-0,098	0,226	0,0192	0,785	0,933
PAR 8Y	-0,063	0,183	0,0086	0,664	0,750
PAR 14Y	-0,068	0,339	0,0087	1,346	1,438
PAR 16Y	-0,068	0,255	0,0094	0,974	1,067
PAR 17Y	-0,058	0,349	0,0079	1,414	1,493
PAR 19Y	-0,011	0,204	0,0008	0,877	0,892
PAR 21 Y	-0,070	0,166	0,0116	0,579	0,680
PAR 22Y	-0,055	0,166	0,0077	0,610	0,686
PAR 23 Y	-0,044	0,396	0,0039	1,652	1,707

Fonte: Autoria Própria

Tabela 78- fpk no 7° pavimento na direção y

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 2Y	-0,018	0,319	0,018	1,412	1,473
PAR 3Y	-0,035	0,191	0	0,755	0,792
PAR 5Y	-0,033	0,376	0,041	1,676	1,803
PAR 6Y	-0,165	0,293	0,041	0,957	1,224
PAR 8Y	-0,106	0,239	0,024	0,834	1,001
PAR 14Y	-0,115	0,440	0,054	1,769	2,012
PAR 16Y	-0,115	0,331	0,065	1,311	1,580
PAR 17Y	-0,098	0,438	0,114	1,939	2,299
PAR 19Y	-0,019	0,262	0,053	1,229	1,369
PAR 21 Y	-0,119	0,215	0,018	0,682	0,850
PAR 22Y	-0,094	0,215	0,008	0,726	0,844
PAR 23 Y	-0,074	0,506	0,099	2,270	2,569

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 79- fpk no 6° pavimento na direção y

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 2Y	-0,035	0,388	0,022	1,682	1,770
PAR 3Y	-0,057	0,238	0	0,908	0,969
PAR 5Y	-0,051	0,450	0,050	1,976	2,143
PAR 6Y	-0,248	0,347	0,050	0,992	1,369
PAR 8Y	-0,160	0,288	0,029	0,921	1,157
PAR 14Y	-0,175	0,517	0,066	1,979	2,313
PAR 16Y	-0,175	0,396	0,081	1,474	1,840
PAR 17Y	-0,149	0,509	0,138	2,173	2,639
PAR 19Y	-0,030	0,313	0,061	1,449	1,618
PAR 21 Y	-0,181	0,264	0,018	0,735	0,969
PAR 22Y	-0,143	0,264	0,008	0,813	0,983
PAR 23 Y	-0,113	0,572	0,121	2,513	2,904

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 80- fpk no 5° pavimento na direção y

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 2Y	-0,05	0,465	0,027	1,985	2,102
PAR 3Y	-0,08	0,286	0	1,048	1,137
PAR 5Y	-0,07	0,538	0,060	2,328	2,541
PAR 6Y	-0,350	0,414	0,060	1,044	1,549
PAR 8Y	-0,225	0,345	0,035	1,011	1,329
PAR 14Y	-0,246	0,618	0,079	2,266	2,703
PAR 16Y	-0,246	0,472	0,096	1,655	2,132
PAR 17Y	-0,211	0,599	0,162	2,458	3,042
PAR 19Y	-0,043	0,371	0,069	1,690	1,890
PAR 21 Y	-0,256	0,313	0,018	0,754	1,067
PAR 22Y	-0,202	0,313	0,008	0,873	1,106
PAR 23 Y	-0,160	0,682	0,144	2,927	3,419

Fonte: Autoria Própria

Tabela 81- fpk no 4° pavimento na direção y

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 2Y	-0,065	0,542	0,031	2,301	2,441
PAR 3Y	-0,109	0,334	0	1,193	1,309
PAR 5Y	-0,098	0,626	0,070	2,678	2,937
PAR 6Y	-0,466	0,482	0,070	1,055	1,705
PAR 8Y	-0,301	0,402	0,040	1,073	1,484
PAR 14Y	-0,329	0,719	0,091	2,521	3,074
PAR 16Y	-0,330	0,548	0,112	1,805	2,405
PAR 17Y	-2,102	0,688	0,185	-2,124	0,517
PAR 19Y	-0,057	0,429	0,077	1,927	2,161
PAR 21 Y	-0,342	0,362	0,018	0,741	1,146
PAR 22Y	-0,271	0,362	0,008	0,908	1,214
PAR 23 Y	-0,214	0,792	0,167	3,323	3,922

Fonte: Autoria Própria

Tabela 82- fpk no 3° pavimento na direção y

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 2Y	-0,0862	0,618	0,035	2,598	2,768
PAR 3Y	-0,1380	0,382	0	1,329	1,475
PAR 5Y	-0,1248	0,715	0,079	3,019	3,328
PAR 6Y	-0,6009	0,549	0,079	1,018	1,832
PAR 8Y	-0,3892	0,458	0,046	1,104	1,620
PAR 14Y	-0,4245	0,820	0,104	2,744	3,425
PAR 16Y	-0,4256	0,624	0,127	1,925	2,660
PAR 17Y	-0,363	0,777	0,209	2,949	3,800
PAR 19Y	-0,074	0,487	0,085	2,158	2,427
PAR 21 Y	-0,439	0,411	0,018	0,701	1,209
PAR 22Y	-0,3475	0,411	0,008	0,923	1,309
PAR 23 Y	-0,2743	0,902	0,190	3,702	4,416

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 83- fpk no 2° pavimento na direção y

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 2Y	-0,094	0,695	0,04	2,927	3,116
PAR 3Y	-0,166	0,429	0	1,465	1,642
PAR 5Y	-0,155	0,803	0,08	3,352	3,714
PAR 6Y	-0,758	0,617	0,08	0,919	1,922
PAR 8Y	-0,488	0,515	0,05	1,104	1,737
PAR 14Y	-0,529	0,921	0,11	2,939	3,760
PAR 16Y	-0,528	0,700	0,14	2,023	2,902
PAR 17Y	-0,451	0,866	0,23	3,166	4,161
PAR 19Y	-0,091	0,545	0,09	2,386	2,692
PAR 21 Y	-0,542	0,460	0,01	0,645	1,262
PAR 22Y	-0,428	0,460	0,008	0,924	1,397
PAR 23 Y	-0,338	1,012	0,21	4,071	4,903

Fonte: Aatoria Própria

Tabela 84- fpk no 1° pavimento na direção y

PAREDE	TENSÕES (MPa)			fpk mín (Mpa)	
	σ V+D	σ G	σ Q	comb.1	comb. 2
PAR 2Y	-0,164	0,772	0,044	3,091	3,363
PAR 3Y	-0,247	0,477	0	1,461	1,723
PAR 5Y	-0,208	0,891	0,098	3,621	4,062
PAR 6Y	-0,935	0,684	0,098	0,770	1,981
PAR 8Y	-0,595	0,572	0,057	1,084	1,843
PAR 14Y	-0,640	1,022	0,129	3,122	4,088
PAR 16Y	-0,635	0,776	0,158	2,110	3,137
PAR 17Y	-1,450	0,955	0,256	0,956	3,063
PAR 19Y	-0,109	0,603	0,102	2,614	2,957
PAR 21 Y	-0,647	0,509	0,018	0,583	1,311
PAR 22Y	-0,511	0,509	0,008	0,922	1,482
PAR 23 Y	-0,403	1,122	0,236	4,437	5,389

Fonte: Aatoria Própria

APÊNDICE F- Valores de verificação do cisalhamento

Tabela 85- verificação do cisalhamento no 10° pavimento na direção x

PAREDE	f _{vk} (Mpa)	f _{vd} (Mpa)	τ _{vk} (kN/m ²)	τ _{vk} (MPa)	τ _d	τ _d /f _{vd}
PAR 1X	0,24	0,12	34,84	0,03	0,05	0,40
PAR 4X	0,24	0,12	34,52	0,03	0,05	0,41
PAR 7X	0,23	0,11	6,03	0,01	0,01	0,07
PAR 9X	0,19	0,10	2,86	0,00	0,00	0,04
PAR 10X	0,23	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
PAR 11X	0,22	0,11	1,33	0,00	0,00	0,02
PAR 12X	0,21	0,10	3,46	0,00	0,00	0,05
PAR 13X	0,20	0,10	0,95	0,00	0,00	0,01
PAR 15X	0,20	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
PAR 18X	0,19	0,09	5,78	0,01	0,01	0,09
PAR 20X	0,19	0,09	4,76	0,00	0,01	0,07

Fonte: Autoria Própria

Tabela 86- verificação do cisalhamento no 9° pavimento na direção x

PAREDE	f _{vk} (Mpa)	f _{vd} (Mpa)	τ _{vk} (kN/m ²)	τ _{vk} (MPa)	τ _d	τ _d /f _{vd}
PAR 1X	0,30	0,15	107,90	0,11	0,15	1,01
PAR 4X	0,29	0,14	80,56	0,08	0,11	0,78
PAR 7X	0,27	0,14	13,97	0,01	0,02	0,14
PAR 9X	0,23	0,11	6,19	0,01	0,01	0,08
PAR 10X	0,27	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
PAR 11X	0,26	0,13	3,32	0,00	0,00	0,04
PAR 12X	0,25	0,12	7,36	0,01	0,01	0,08
PAR 13X	0,24	0,12	0,95	0,00	0,00	0,01
PAR 15X	0,24	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00
PAR 18X	0,21	0,11	12,24	0,01	0,02	0,16
PAR 20X	0,21	0,10	10,62	0,01	0,01	0,14

Fonte: Autoria Própria

Tabela 87- área de aço para as paredes não-conforme no 9° pavimento

PAREDE	d (cm)	s (cm)	V _d (kN)	V _a (kN)	A _{sw} (cm ²)	Ø
PAR 1X	615	20,00	130,060	129,40	0,001	1Ø8

Fonte: Autoria Própria

Tabela 88- verificação do cisalhamento no 8° pavimento na direção x

PAREDE	f _{vk} (Mpa)	f _{vd} (Mpa)	τ _{vk} (kN/m ²)	τ _{vk} (MPa)	τ _d	τ _d /f _{vd}
PAR 1X	0,36	0,18	176,19	0,18	0,25	1,38
PAR 4X	0,34	0,17	131,08	0,13	0,18	1,08
PAR 7X	0,32	0,16	22,54	0,02	0,03	0,20
PAR 9X	0,26	0,13	10,00	0,01	0,01	0,11
PAR 10X	0,32	0,16	1,59	0,00	0,00	0,01
PAR 11X	0,31	0,15	5,32	0,01	0,01	0,05
PAR 12X	0,29	0,14	11,26	0,01	0,02	0,11
PAR 13X	0,28	0,14	1,90	0,00	0,00	0,02
PAR 15X	0,28	0,14	1,59	0,00	0,00	0,02
PAR 18X	0,24	0,12	19,73	0,02	0,03	0,23
PAR 20X	0,23	0,11	16,85	0,02	0,02	0,21

Fonte: Autoria Própria

Tabela 89- área de aço para as paredes não-conforme no 8° pavimento

PAREDE	d (cm)	s (cm)	V _d (kN)	V _a (kN)	A _{sw} (cm ²)	Ø
PAR 1X	615	20,00	212,380	154,10	0,087	1Ø8
PAR 4X	540	20,00	138,740	128,75	0,017	1Ø6,3

Fonte: Autoria Própria

Tabela 90- verificação do cisalhamento no 7° pavimento na direção x

PAREDE	f _{vk} (Mpa)	f _{vd} (Mpa)	τ _{vk} (kN/m ²)	τ _{vk} (MPa)	τ _d	τ _d /f _{vd}
PAR 1X	0,42	0,21	235,77	0,24	0,33	1,59
PAR 4X	0,39	0,20	180,56	0,18	0,25	1,29
PAR 7X	0,37	0,19	31,43	0,03	0,04	0,24
PAR 9X	0,30	0,15	13,81	0,01	0,02	0,13
PAR 10X	0,37	0,19	1,59	0,00	0,00	0,01
PAR 11X	0,36	0,18	7,31	0,01	0,01	0,06
PAR 12X	0,33	0,16	16,88	0,02	0,02	0,14
PAR 13X	0,32	0,16	2,86	0,00	0,00	0,02
PAR 15X	0,32	0,16	1,59	0,00	0,00	0,01
PAR 18X	0,27	0,13	27,21	0,03	0,04	0,29
PAR 20X	0,25	0,12	23,44	0,02	0,03	0,26

Fonte: Autoria Própria

Tabela 91- área de aço para as paredes não-conforme no 7° pavimento

PAREDE	d (cm)	s (cm)	V _d (kN)	V _a (kN)	A _{sw} (cm ²)	Ø
PAR 1X	615	20,00	284,200	178,79	0,158	1Ø8
PAR 4X	540	20,00	191,100	148,61	0,072	1Ø6,3

Fonte: Autoria Própria

Tabela 92- Verificação do cisalhamento no 6° pavimento na direção x

PAREDE	fvk (Mpa)	fvd (Mpa)	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 1X	0,47	0,24	294,66	0,29	0,41	1,75
PAR 4X	0,45	0,22	228,17	0,23	0,32	1,43
PAR 7X	0,42	0,21	39,68	0,04	0,06	0,26
PAR 9X	0,33	0,17	17,62	0,02	0,02	0,15
PAR 10X	0,42	0,21	1,59	0,00	0,00	0,01
PAR 11X	0,40	0,20	9,30	0,01	0,01	0,06
PAR 12X	0,37	0,18	21,21	0,02	0,03	0,16
PAR 13X	0,36	0,18	3,81	0,00	0,01	0,03
PAR 15X	0,36	0,18	1,59	0,00	0,00	0,01
PAR 18X	0,29	0,15	34,69	0,03	0,05	0,33
PAR 20X	0,27	0,13	29,67	0,03	0,04	0,31

Fonte: Autoria Própria

Tabela 93- Área de aço para as paredes não-conforme no 6° pavimento

PAREDE	d (cm)	s (cm)	Vd (kN)	Va (kN)	Asw (cm ²)	Ø
PAR 1X	615	20,00	355,180	203,48	0,227	1Ø8
PAR 4X	540	20,00	241,500	168,48	0,124	1Ø6,3

Fonte: Autoria Própria

Tabela 94- Verificação do cisalhamento no 5° pavimento na direção x

PAREDE	fvk (Mpa)	fvd (Mpa)	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 1X	0,53	0,27	354,24	0,35	0,50	1,87
PAR 4X	0,50	0,25	274,60	0,27	0,38	1,54
PAR 7X	0,47	0,23	47,62	0,05	0,07	0,28
PAR 9X	0,37	0,19	21,43	0,02	0,03	0,16
PAR 10X	0,47	0,23	1,59	0,00	0,00	0,01
PAR 11X	0,45	0,22	10,63	0,01	0,01	0,07
PAR 12X	0,41	0,20	25,97	0,03	0,04	0,18
PAR 13X	0,40	0,20	4,76	0,00	0,01	0,03
PAR 15X	0,40	0,20	1,59	0,00	0,00	0,01
PAR 18X	0,32	0,16	41,84	0,04	0,06	0,37
PAR 20X	0,29	0,14	36,26	0,04	0,05	0,35

Fonte: Autoria Própria

Tabela 95- Área de aço para as paredes não-conforma no 5° pavimento

PAREDE	d (cm)	s (cm)	Vd (kN)	Va (kN)	Asw (cm ²)	Ø
PAR 1X	615	20,00	427,000	228,18	0,297	1Ø8
PAR 4X	540	20,00	290,640	188,35	0,174	1Ø6,3

Fonte: Autoria Própria

Tabela 96- Verificação do cisalhamento no 4° pavimento na direção x

PAREDE	fvk (Mpa)	fvd (Mpa)	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 1X	0,59	0,29	410,10	0,41	0,57	1,95
PAR 4X	0,55	0,28	319,71	0,32	0,45	1,63
PAR 7X	0,52	0,26	55,56	0,06	0,08	0,30
PAR 9X	0,41	0,20	24,76	0,02	0,03	0,17
PAR 10X	0,52	0,26	1,59	0,00	0,00	0,01
PAR 11X	0,50	0,25	12,62	0,01	0,02	0,07
PAR 12X	0,44	0,22	29,87	0,03	0,04	0,19
PAR 13X	0,44	0,22	4,76	0,00	0,01	0,03
PAR 15X	0,44	0,22	1,59	0,00	0,00	0,01
PAR 18X	0,35	0,17	48,64	0,05	0,07	0,39
PAR 20X	0,31	0,15	42,12	0,04	0,06	0,38

Fonte: Autoria Própria

Tabela 97- Área de aço para as paredes não-conforme do 4° pavimento

PAREDE	d (cm)	s (cm)	Vd (kN)	Va (kN)	A _{sw} (cm ²)	Ø
PAR 1X	615	20,00	494,340	252,87	0,361	1Ø8
PAR 4X	540	20,00	338,380	208,21	0,222	1Ø6,3

Fonte: Autoria Própria

Tabela 98- Verificação do cisalhamento no 3° pavimento na direção x

PAREDE	fvk (Mpa)	fvd (Mpa)	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 1X	0,64	0,32	462,83	0,46	0,65	2,01
PAR 4X	0,60	0,30	361,64	0,36	0,51	1,68
PAR 7X	0,57	0,28	62,86	0,06	0,09	0,31
PAR 9X	0,44	0,22	28,10	0,03	0,04	0,18
PAR 10X	0,56	0,28	3,17	0,00	0,00	0,02
PAR 11X	0,54	0,27	14,62	0,01	0,02	0,08
PAR 12X	0,48	0,24	32,90	0,03	0,05	0,19
PAR 13X	0,48	0,24	5,71	0,01	0,01	0,03
PAR 15X	0,48	0,24	3,17	0,00	0,00	0,02
PAR 18X	0,37	0,19	54,42	0,05	0,08	0,41
PAR 20X	0,33	0,16	46,89	0,05	0,07	0,40

Fonte: Autoria Própria

Tabela 99- Área de aço para as paredes não-conforme no 3° pavimento

PAREDE	d (cm)	s (cm)	Vd (kN)	Va (kN)	A _{sw} (cm ²)	Ø
PAR 1X	615	20,00	557,900	277,56	0,419	1Ø8
PAR 4X	540	20,00	382,760	228,08	0,264	1Ø6,3

Fonte: Autoria Própria

Tabela 100- Verificação do cisalhamento no 2° pavimento na direção x

PAREDE	fvk (Mpa)	fvd (Mpa)	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 1X	0,70	0,35	521,14	0,52	0,73	2,08
PAR 4X	0,66	0,33	394,84	0,39	0,55	1,69
PAR 7X	0,61	0,31	68,25	0,07	0,10	0,31
PAR 9X	0,48	0,24	30,00	0,03	0,04	0,18
PAR 10X	0,61	0,31	3,17	0,00	0,00	0,01
PAR 11X	0,59	0,30	15,28	0,02	0,02	0,07
PAR 12X	0,52	0,26	27,71	0,03	0,04	0,15
PAR 13X	0,52	0,26	5,71	0,01	0,01	0,03
PAR 15X	0,52	0,26	3,17	0,00	0,00	0,02
PAR 18X	0,40	0,20	58,16	0,06	0,08	0,41
PAR 20X	0,35	0,17	50,18	0,05	0,07	0,41

Fonte: Autoria Própria

Tabela 101- Área de aço para as paredes não-conforme no 2° pavimento

PAREDE	d (cm)	s (cm)	Vd (kN)	Va (kN)	Asw (cm ²)	Ø
PAR 1X	615	20,00	628,180	302,25	0,488	1Ø8
PAR 4X	540	20,00	417,900	247,94	0,290	1Ø6,3

Fonte: Autoria Própria

Tabela 102- Verificação do cisalhamento no 1° pavimento na direção x

PAREDE	fvk (Mpa)	fvd (Mpa)	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 1X	0,76	0,38	590,71	0,59	0,83	2,18
PAR 4X	0,71	0,35	410,32	0,41	0,57	1,62
PAR 7X	0,66	0,33	70,48	0,07	0,10	0,30
PAR 9X	0,51	0,26	30,95	0,03	0,04	0,17
PAR 10X	0,66	0,33	3,17	0,00	0,00	0,01
PAR 11X	0,64	0,32	15,95	0,02	0,02	0,07
PAR 12X	0,56	0,28	37,23	0,04	0,05	0,18
PAR 13X	0,56	0,28	6,67	0,01	0,01	0,03
PAR 15X	0,56	0,28	3,17	0,00	0,00	0,02
PAR 18X	0,43	0,21	59,52	0,06	0,08	0,39
PAR 20X	0,37	0,18	51,28	0,05	0,07	0,39

Fonte: Autoria Própria

Tabela 103- Área de aço para as paredes não-conforme no 1° pavimento

PAREDE	d (cm)	s (cm)	Vd (kN)	Va (kN)	Asw (cm ²)	Ø
PAR 1X	615	20,00	712,040	326,95	0,576	1Ø8
PAR 4X	540	20,00	434,280	267,81	0,284	1Ø6,3

Fonte: Autoria Própria

Tabela 104- Verificação do cisalhamento no 10° pavimento na direção y

PAREDE	fvk	fvd	τ_{vk} (kN/m²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 2Y	0,19	0,10	-1,59	-0,0016	-0,0022	-0,02336
PAR 3Y	0,17	0,09	-2,38	-0,0024	-0,0033	-0,03888
PAR 5Y	0,20	0,10	0,00	0,0000	0,0000	0
PAR 6Y	0,19	0,10	17,74	0,0177	0,0248	0,259841
PAR 8Y	0,18	0,09	5,03	0,0050	0,0070	0,077598
PAR 14Y	0,21	0,11	8,49	0,0085	0,0119	0,112137
PAR 16Y	0,20	0,10	11,73	0,0117	0,0164	0,16723
PAR 17Y	0,23	0,11	5,32	0,0053	0,0075	0,065657
PAR 19Y	0,19	0,09	2,16	0,0022	0,0030	0,031922
PAR 21 Y	0,18	0,09	14,63	0,0146	0,0205	0,226274
PAR 22Y	0,18	0,09	8,10	0,0081	0,0113	0,12524
PAR 23 Y	0,23	0,11	5,03	0,0050	0,0070	0,061354

Fonte: Autoria Própria

Tabela 105- verificação do cisalhamento no 9° pavimento na direção y

PAREDE	fvk	fvd	τ_{vk} (kN/m²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 2Y	0,22	0,11	31,75	0,0317	0,0444	0,395419
PAR 3Y	0,19	0,10	7,14	0,0071	0,0100	0,10364
PAR 5Y	0,24	0,12	4,17	0,0042	0,0058	0,048585
PAR 6Y	0,22	0,11	53,21	0,0532	0,0745	0,672632
PAR 8Y	0,21	0,10	12,43	0,0124	0,0174	0,168301
PAR 14Y	0,26	0,13	19,25	0,0193	0,0270	0,209461
PAR 16Y	0,23	0,12	25,17	0,0252	0,0352	0,305432
PAR 17Y	0,27	0,13	10,92	0,0109	0,0153	0,114521
PAR 19Y	0,22	0,11	6,49	0,0065	0,0091	0,084217
PAR 21 Y	0,20	0,10	30,44	0,0304	0,0426	0,419818
PAR 22Y	0,20	0,10	16,43	0,0164	0,0230	0,226561
PAR 23 Y	0,28	0,14	10,32	0,0103	0,0144	0,103584

Fonte: Autoria Própria

Tabela 106- verificação do cisalhamento no 8° pavimento na direção y

PAREDE	fvk	fvd	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 2Y	0,26	0,13	15,87	0,0159	0,0222	0,171358
PAR 3Y	0,21	0,11	19,44	0,0194	0,0272	0,253865
PAR 5Y	0,28	0,14	8,33	0,0083	0,0117	0,08339
PAR 6Y	0,25	0,13	85,83	0,0858	0,1202	0,954109
PAR 8Y	0,23	0,12	19,58	0,0196	0,0274	0,235915
PAR 14Y	0,30	0,15	30,23	0,0302	0,0423	0,279495
PAR 16Y	0,27	0,13	39,12	0,0391	0,0548	0,413286
PAR 17Y	0,31	0,15	17,09	0,0171	0,0239	0,155726
PAR 19Y	0,24	0,12	10,82	0,0108	0,0152	0,125256
PAR 21 Y	0,23	0,11	46,94	0,0469	0,0657	0,583905
PAR 22Y	0,23	0,11	25,48	0,0255	0,0357	0,316916
PAR 23 Y	0,33	0,16	16,14	0,0161	0,0226	0,137595

Fonte: Autoria Própria

Tabela 107- Verificação do cisalhamento no 7° pavimento na direção y

PAREDE	fvk	fvd	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 2Y	0,29	0,15	-3,17	-0,0032	-0,0044	-0,03024
PAR 3Y	0,24	0,12	2,78	0,0028	0,0039	0,032964
PAR 5Y	0,32	0,16	4,76	0,0048	0,0067	0,041733
PAR 6Y	0,28	0,14	105,60	0,1056	0,1478	1,047468
PAR 8Y	0,26	0,13	25,66	0,0257	0,0359	0,278669
PAR 14Y	0,35	0,17	40,37	0,0404	0,0565	0,324598
PAR 16Y	0,30	0,15	52,72	0,0527	0,0738	0,493261
PAR 17Y	0,35	0,17	23,25	0,0232	0,0325	0,18741
PAR 19Y	0,27	0,13	12,99	0,0130	0,0182	0,135703
PAR 21 Y	0,25	0,12	63,78	0,0638	0,0893	0,722564
PAR 22Y	0,25	0,12	34,52	0,0345	0,0483	0,391148
PAR 23 Y	0,38	0,19	21,69	0,0217	0,0304	0,160735

Fonte: Autoria Própria

Tabela 108- Área de aço para as paredes não conforme no 7° pavimento na direção y

PAREDE	d (cm)	s (cm)	Vd (kN)	Va (kN)	Asw (cm ²)	Ø
PAR 6Y	600	60	124,18	118,553	0,02589	1Ø5

Fonte: Autoria Própria

Tabela 109- Verificação do cisalhamento no 6° pavimento na direção y

PAREDE	f _{vk}	f _{vd}	τ _{vk} (kN/m ²)	τ _{vk} (MPa)	τ _d	τ _d /f _{vd}
PAR 2Y	0,32	0,16	11,11	0,0111	0,0156	0,095792
PAR 3Y	0,26	0,13	17,06	0,0171	0,0239	0,18559
PAR 5Y	0,35	0,18	9,52	0,0095	0,0133	0,075605
PAR 6Y	0,31	0,15	132,62	0,1326	0,1857	1,212786
PAR 8Y	0,28	0,14	31,75	0,0317	0,0444	0,317513
PAR 14Y	0,38	0,19	50,52	0,0505	0,0707	0,369517
PAR 16Y	0,33	0,16	66,16	0,0662	0,0926	0,56424
PAR 17Y	0,38	0,19	29,13	0,0291	0,0408	0,214946
PAR 19Y	0,29	0,15	17,32	0,0173	0,0242	0,16648
PAR 21 Y	0,27	0,13	80,61	0,0806	0,1129	0,838508
PAR 22Y	0,27	0,13	43,81	0,0438	0,0613	0,455695
PAR 23 Y	0,41	0,20	27,51	0,0275	0,0385	0,188915

Fonte: Autorial Própria

Tabela 110- área de aço das paredes não-conforme no 6° pavimento na direção y

PAREDE	d (cm)	s (cm)	V _d (kN)	V _a (kN)	A _{sw} (cm ²)	Ø
PAR 6Y	600	60	155,96	128,597	0,12587	1Ø5

Fonte: Autorial Própria

Tabela 111- Verificação do cisalhamento no 5° pavimento na direção y

PAREDE	f _{vk}	f _{vd}	τ _{vk} (kN/m ²)	τ _{vk} (MPa)	τ _d	τ _d /f _{vd}
PAR 2Y	0,36	0,18	11,11	0,0111	0,0156	0,086577
PAR 3Y	0,28	0,14	21,03	0,0210	0,0294	0,211128
PAR 5Y	0,39	0,20	11,31	0,0113	0,0158	0,080702
PAR 6Y	0,34	0,17	160,60	0,1606	0,2248	1,336078
PAR 8Y	0,31	0,15	38,36	0,0384	0,0537	0,351645
PAR 14Y	0,43	0,21	60,66	0,0607	0,0849	0,396646
PAR 16Y	0,36	0,18	79,59	0,0796	0,1114	0,614675
PAR 17Y	0,42	0,21	35,01	0,0350	0,0490	0,233641
PAR 19Y	0,32	0,16	41,13	0,0411	0,0576	0,362943
PAR 21 Y	0,29	0,15	97,45	0,0974	0,1364	0,936895
PAR 22Y	0,29	0,15	52,86	0,0529	0,0740	0,508179
PAR 23 Y	0,46	0,23	33,33	0,0333	0,0467	0,204103

Fonte: Autorial Própria

Tabela 112- Área de aço para a parede não conforme no 5° pavimento na direção y

PAREDE	d (cm)	s (cm)	Vd (kN)	Va (kN)	Asw (cm2)	Ø
PAR 6Y	600	60	188,86	141,354	0,21852	1Ø5

Fonte: Autoria Própria

Tabela 113- Verificação do cisalhamento do 4° pavimento na direção y

PAREDE	fvk	fvd	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 2Y	0,39	0,20	9,52	0,0095	0,0133	0,067696
PAR 3Y	0,30	0,15	19,44	0,0194	0,0272	0,181232
PAR 5Y	0,43	0,22	11,90	0,0119	0,0167	0,077148
PAR 6Y	0,37	0,18	184,76	0,1848	0,2587	1,409888
PAR 8Y	0,33	0,17	44,44	0,0444	0,0622	0,376042
PAR 14Y	0,47	0,24	70,81	0,0708	0,0991	0,41857
PAR 16Y	0,40	0,20	93,03	0,0930	0,1302	0,656401
PAR 17Y	0,46	0,23	40,90	0,0409	0,0573	0,249073
PAR 19Y	0,34	0,17	23,81	0,0238	0,0333	0,19419
PAR 21 Y	0,31	0,16	113,10	0,1131	0,1583	1,010792
PAR 22Y	0,31	0,16	61,43	0,0614	0,0860	0,54902
PAR 23 Y	0,51	0,25	38,62	0,0386	0,0541	0,2134

Fonte: Autoria Própria

Tabela 114- áreas de aço para as paredes não-conforme no 4° pavimento na direção y

PAREDE	d (cm)	s (cm)	Vd (kN)	Va (kN)	Asw (cm2)	Ø
PAR 6Y	600	20	217,28	154,1115	0,09685	1Ø5
PAR 21 Y	420	60	93,1	92,106	0,00653	1Ø5

Fonte: Autoria Própria

Tabela 115- Verificação do cisalhamento no 3° pavimento na direção y

PAREDE	fvk	fvd	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 2Y	0,43	0,21	14,29	0,0143	0,0200	0,093352
PAR 3Y	0,32	0,16	22,62	0,0226	0,0317	0,196748
PAR 5Y	0,47	0,24	13,69	0,0137	0,0192	0,081258
PAR 6Y	0,40	0,20	213,45	0,2135	0,2988	1,504294
PAR 8Y	0,36	0,18	51,32	0,0513	0,0719	0,403185
PAR 14Y	0,52	0,26	81,16	0,0812	0,1136	0,437773
PAR 16Y	0,43	0,22	105,44	0,1054	0,1476	0,684865
PAR 17Y	0,50	0,25	45,94	0,0459	0,0643	0,257319
PAR 19Y	0,37	0,18	28,14	0,0281	0,0394	0,213319
PAR 21 Y	0,34	0,17	126,02	0,1260	0,1764	1,05225
PAR 22Y	0,34	0,17	68,33	0,0683	0,0957	0,570572
PAR 23 Y	0,56	0,28	43,12	0,0431	0,0604	0,217048

Fonte: Autoria Própria

Tabela 116- Áreas de aço para as paredes não-conforme no 3° pavimento na direção y

PAREDE	d (cm)	s (cm)	Vd (kN)	Va (kN)	Asw (cm ²)	Ø
PAR 6Y	600	60	251,02	166,869	0,38708	1Ø8
PAR 21 Y	420	60	103,74	98,5887	0,03385	1Ø5

Fonte: Autoria Própria

Tabela 117- Verificação do cisalhamento no 2° pavimento na direção y

PAREDE	fvk	fvd	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 2Y	0,46	0,23	4,76	0,0048	0,0067	0,028794
PAR 3Y	0,34	0,17	21,83	0,0218	0,0306	0,177965
PAR 5Y	0,51	0,26	14,88	0,0149	0,0208	0,081471
PAR 6Y	0,43	0,21	250,83	0,2508	0,3512	1,642185
PAR 8Y	0,38	0,19	58,47	0,0585	0,0819	0,428644
PAR 14Y	0,56	0,28	89,86	0,0899	0,1258	0,44567
PAR 16Y	0,47	0,23	114,80	0,1148	0,1607	0,690719
PAR 17Y	0,54	0,27	49,58	0,0496	0,0694	0,257078
PAR 19Y	0,40	0,20	30,30	0,0303	0,0424	0,214601
PAR 21 Y	0,36	0,18	134,18	0,1342	0,1879	1,051285
PAR 22Y	0,36	0,18	72,62	0,0726	0,1017	0,568946
PAR 23 Y	0,61	0,30	45,77	0,0458	0,0641	0,21154

Fonte: Autoria Própria

Tabela 118- Áreas de aço das paredes não conforme no 2° pavimento na direção y

PAREDE	d (cm)	s (cm)	Vd (kN)	Va (kN)	Asw (cm2)	Ø
PAR 6Y	600	20	294,98	179,6265	0,1769	1Ø6,3
PAR 21 Y	420	60	110,46	105,0714	0,0354	1Ø5

Fonte: Autoria Própria

Tabela 119- verificação do cisalhamento no 1° pavimento na direção y

PAREDE	fvk	fvd	τ_{vk} (kN/m ²)	τ_{vk} (MPa)	τ_d	τ_d/fvd
PAR 2Y	0,50	0,25	47,62	0,0476	0,0667	0,267939
PAR 3Y	0,36	0,18	63,10	0,0631	0,0883	0,484184
PAR 5Y	0,55	0,28	27,38	0,0274	0,0383	0,139113
PAR 6Y	0,46	0,23	280,36	0,2804	0,3925	1,71376
PAR 8Y	0,41	0,20	62,70	0,0627	0,0878	0,430917
PAR 14Y	0,61	0,30	94,00	0,0940	0,1316	0,431482
PAR 16Y	0,50	0,25	118,37	0,1184	0,1657	0,663364
PAR 17Y	0,58	0,29	50,98	0,0510	0,0714	0,246055
PAR 19Y	0,42	0,21	30,30	0,0303	0,0424	0,201342
PAR 21 Y	0,38	0,19	137,07	0,1371	0,1919	1,011527
PAR 22Y	0,38	0,19	74,05	0,0740	0,1037	0,546425
PAR 23 Y	0,66	0,33	46,56	0,0466	0,0652	0,198952

Fonte: Autoria Própria

Tabela 120- Áreas de aço para as paredes não-conforme no 1° pavimento na direção y

PAREDE	d (cm)	s (cm)	Vd (kN)	Va (kN)	Asw (cm2)	Ø
PAR 6Y	600	20	329,7	192,384	0,21054	1Ø6,3
PAR 21 Y	420	60	112,84	111,5541	0,00845	1Ø5

Fonte: Autoria Própria