

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM PROJETO DE ESTRUTURAS

FERNANDO ANDRÉ GIBBERT

**A CONSIDERAÇÃO DE DIFERENTES FORMAS DE DISTRIBUIÇÃO DO  
CARREGAMENTO VERTICAL EM PROJETOS ESTRUTURAIS DE ALVENARIA  
ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO DOS EFEITOS EM UMA OBRA COM  
BLOCOS DE CONCRETO.**

MONOGRAFIA

TOLEDO  
2012

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM PROJETO DE ESTRUTURAS

**A CONSIDERAÇÃO DE DIFERENTES FORMAS DE DISTRIBUIÇÃO DO  
CARREGAMENTO VERTICAL EM PROJETOS ESTRUTURAIS DE ALVENARIA  
ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO DOS EFEITOS EM UMA OBRA COM  
BLOCOS DE CONCRETO.**

Monografia do curso de Especialização em Projeto de Estruturas da Universidade Tecnologia Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientadora: MEng. Lucia Bressiani

TOLEDO  
2012



## TERMO DE APROVAÇÃO

### MONOGRAFIA

#### **A CONSIDERAÇÃO DE DIFERENTES FORMAS DE DISTRIBUIÇÃO DO CARREGAMENTO VERTICAL EM PROJETOS ESTRUTURAIS DE ALVENARIA ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO DOS EFEITOS EM UMA OBRA COM BLOCOS DE CONCRETO.**

por

FERNANDO ANDRÉ GIBBERT

Esta monografia foi apresentada às dezoito horas do dia **dezenove de dezembro de 2012** como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM PROJETO DE ESTRUTURA, Linha de Pesquisa Alvenaria Estrutural, do Programa de Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após a deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Prof<sup>ª</sup>. Msc. Gladis Cristina Furlan  
UTFPR

---

Prof. Dr. Lucas Boabaid Ibrahim  
(UTFPR)

---

Prof<sup>ª</sup>. MEng. Lucia Bressiani  
(UTFPR)  
Orientadora

Visto da Coordenação

---

Prof. Dr. Lucas Boabaid Ibrahim  
Coordenador do Curso

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

#### **Câmpus Toledo**

Rua: Cristo Rei, 19  
85902-490 – Toledo – Paraná - Brasil  
Fone: (45) 3379-6800 Fax: (45) 3379-6808  
www.td.utfpr.edu.br

Dedico este trabalho, com muito amor e carinho, à minha esposa, Cristiane Aparecida Portel Gibbert, à minha mãe, Sueli Beck Gibbert e meu pai, Roque Alvírio Gibbert, meus irmãos, Anderson Tiago Gibbert e Fabiano Rafael Gibbert, à meus avós, Albano Gibbert (sempre presente) e Litvina Weyh Gibbert (sempre presente), Edgar Beck e Prisca Beck, a toda minha família e a todos os meus amigos, especialmente, à Danúbia Valéria Rocha, ao Roberto Carlos da Silva, à Jucelem Razera e ao Robson Brys Völz.

## **Agradecimentos**

Para a realização desta Monografia, agradeço a meus pais pela trajetória de minha vida que eles ajudaram a traçar, a meu querido Deus, a minha esposa com quem espero escrever o restante de minha história.

Agradeço também a todos os professores desde o início de minha vida escolar, em especial, à Célia (Português), à Clarice (Matemática), à Terezinha (Pré-escola), e todos àqueles que participaram da minha vida acadêmica, principalmente à todos os professores da pós e em especial à Lucia Bressiani, pela orientação e compreensão.

## RESUMO

GIBBERT, Fernando André. **A consideração de diferentes formas de distribuição do carregamento vertical em projetos estruturais de alvenaria estrutural: estudo de caso dos efeitos em uma obra com blocos de concreto.** 2012. 983 f. Monografia (Especialização em Projeto de Estruturas) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2012.

Para haver equilíbrio entre economia e segurança é necessário avaliar diferentes formas de dimensionamento para a alvenaria estrutural, onde os elementos que suportam os carregamentos da estrutura são as paredes formadas por blocos estruturais. O aprimoramento dos cálculos torna-se necessário devido ao aumento gradativo na demanda de projetos de alvenaria estrutural, os quais tem cada vez um maior número de pavimentos. Neste trabalho é efetuada uma análise dos resultados no dimensionamento à compressão, ao cisalhamento e à flexocompressão, de acordo com a NBR 15961-1 (2011), considerando: os procedimentos de cálculo para distribuição dos carregamentos verticais em paredes isoladas, em grupos de paredes isoladas e em grupos de paredes com interação. O objetivo é fornecer informações sobre a influência de cada método na resistência dos blocos, a necessidade de utilização de grauteamento e de inserção de barras de aço. Sopesando esses procedimentos, verifica-se que àquele realizado com grupos de paredes com interação mostrou-se mais econômico. Entretanto, o procedimento com paredes isoladas resultou no mais seguro. Ponderando-se os aspectos de economia e segurança, é necessária a adoção de um procedimento que se mostre viável, em ambos os pontos e, conseqüentemente, surja como um fator intermediário entre estes dois resultados. Para tanto, dadas às análises e estudos dos procedimentos apontados, sugere-se adotar para a execução, as considerações de cálculo com grupos de paredes isoladas.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Carregamento. Interação.

## ABSTRACT

GIBBERT, Fernando André. **The consideration of different types of vertical distribution load on structural designs of structural masonry:** a case study of the effects on a construction of concrete blocks. 2012. 93 s. Monograph (Specialization in Structures Design). Graduate Studies Program in Civil Engineering. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2012.

To be a balance between security and economy is necessary to evaluate different types of sizing for structural masonry, where the elements that support the loads of the structure are the walls formed by structural blocks. The calculations improvement becomes necessary due to the gradual increase in demand of structural masonry projects, which is becoming a greater number of floors. In this work is performed an analysis of the results in sizing by compression, shear and and flexocompression, according to NBR 15961-1 (2011) considering: the calculation procedures for vertical loads distribution on insulated walls, in groups of insulated walls and groups of walls with interaction. The goal is to provide information about the influence of each method in the resistance of the blocks, the need to use grout and inserting steel bars. Taking into account these procedures, it is found that one performed with groups of walls with interaction was more economical. However, the procedure with insulated walls resulted in safer. Evaluating the aspects of economy and security, is necessary to adopt a procedure that proves viable, at both points and thus appears as an intermediate factor between these two results. Therefore by the analyzes and studies of the procedures mentioned, it is suggested to adopt to the implementation, the considerations of calculation of groups with insulated walls.

Keywords: Structural masonry. Loading. Interaction.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de blocos de alvenaria estrutural.....	11
Figura 2: Formas de disposição da argamassa.....	18
Figura 3: Áreas de influência da carga de lajes.....	24
Figura 4: Exemplos de grupos de paredes isoladas.....	25
Figura 5: Amarração direta.....	26
Figura 6: Amarração indireta.....	27
Figura 7: Grupo de paredes isoladas. ....	28
Figura 8: Paginação do pavimento tipo. ....	33
Figura 9: Nomenclaturas das paredes X e Y do projeto.....	35
Figura 10: Planta de lajes e escadas. ....	37
Figura 11: Força horizontal devido ao desaprumo. ....	41
Figura 12: Definição dos flanges.....	42
Figura 13: Paredes do eixo X com suas respectivas abas.....	43
Figura 14: Paredes do eixo Y com suas respectivas abas.....	44
Figura 15: Diagrama combinado da parede X45.....	63
Figura 16: Trecho da parede X45.....	64
Figura 17: Tensões atuantes.....	64
Figura 18: Esboço tridimensional de tensões atuantes. ....	65



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resistência ao cisalhamento em juntas horizontais. ....	19
Tabela 2: Resistência à tração na flexão. ....	21
Tabela 3: Carregamentos obtidos com o procedimento de paredes isoladas. ....	47
Tabela 4: Carregamentos obtidos com o procedimento de grupo de paredes. ....	48
Tabela 5: Carregamentos obtidos com o procedimento de grupo de paredes com interação.....	49
Tabela 6: Exemplos de carregamentos solicitantes para os diferentes métodos. ....	50
Tabela 7: Resistências dos blocos através do procedimento de paredes isoladas. ...	52
Tabela 8: Resistências dos blocos através do grupo de paredes isoladas. ....	53
Tabela 9: Resistências necessárias dos blocos através do grupo de paredes com interação.....	55
Tabela 10: Resistências da argamassa para os diferentes procedimentos de cálculo .....	57
Tabela 11: Resistências ao cisalhamento. ....	58
Tabela 12: Quantidade de paredes com necessidade de reforço com graute e aço. ....	60

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
2.1. OBJETIVO GERAL .....	8
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>9</b>
3.1. SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....	9
3.2. DEFINIÇÕES.....	9
3.2.1. Blocos .....	10
3.2.2. Argamassa .....	11
3.2.3. Graute .....	13
3.2.4. Armadura .....	13
3.3. EVOLUÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO.....	14
3.3.1. Aspectos históricos .....	14
3.3.1.1. Histórico nacional.....	15
3.4. DIMENSIONAMENTO .....	17
3.4.1. Dimensionamento à compressão simples.....	17
3.4.2. Dimensionamento ao cisalhamento .....	19
3.4.3. Dimensionamento à flexocompressão .....	20
3.4.3.1. Alvenaria não armada.....	20
3.5. PROCEDIMENTOS DE CÁLCULOS PARA DISTRIBUIÇÃO DE CARREGAMENTO VERTICAL ENTRE AS PAREDES.....	23
3.6. PAREDES ISOLADAS.....	23
3.7. GRUPOS DE PAREDES ISOLADAS .....	24
3.8. GRUPOS DE PAREDES COM INTERAÇÃO .....	29
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO.....	32
4.2. PAREDES ESTRUTURAIS .....	34
4.2.1. Paredes não estruturais .....	36
4.3. LEVANTAMENTO DE CARGAS.....	36
4.3.1. Cargas verticais .....	36
4.3.2. Ação do vento .....	38
4.3.3. Desaprumo.....	40
4.3.4. Paredes de contraventamento .....	41
4.4. ANÁLISE DOS DADOS .....	45
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>46</b>
5.1. CARREGAMENTOS.....	46
5.2. RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO.....	51
5.2.1. Exemplo de cálculo de compressão.....	56
5.3. RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO.....	57
5.3.1. Exemplo de cálculo de cisalhamento .....	59
5.4. RESISTÊNCIA À FLEXOCOMPRESSÃO .....	59
5.4.1. Exemplo de cálculo compressão na flexão .....	60
5.4.2. Exemplo de cálculo de armadura de tração na flexão .....	61
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>68</b>
<b>8. DEMAIS BIBLIOGRAFIAS .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os procedimentos de cálculo da alvenaria estrutural, mesmo sendo uma técnica construtiva muito antiga, têm evoluído nos últimos anos. No Brasil, o sistema de alvenaria estrutural começou a ser utilizado com base em métodos empíricos, haja vista a inexistência de pesquisas nacionais para as técnicas e os materiais utilizados em obra. Assim, eram feitas analogias com modelos estrangeiros.

Na década de 70 ocorreram as primeiras pesquisas nacionais. Atualmente, conforme bem avaliou Silva (2003), algumas universidades do sudeste e do sul do Brasil vêm fazendo pesquisas importantes sobre a alvenaria estrutural.

O aumento das construções em alvenaria estrutural tornou necessário o aprimoramento dos modelos de cálculo para realização de projetos. De tal modo, o entendimento das forças e, suas possíveis trajetórias ao longo da estrutura do edifício, tem sido objeto de estudo. Este entendimento auxilia a elaboração de projetos mais econômicos, todavia, mantendo a segurança das edificações, mostrando necessidade de investigação.

Ressalte-se que, alguns autores, como Capuzzo Neto (2000) e também Camacho (2006), admitem a transferência de carregamento vertical de uma parede para outra, desde que haja o intertravamento dos blocos, gerando assim, uma determinada homogeneização dos carregamentos.

Nesse contexto, alguns autores desenvolveram estudos para investigar o comportamento do encontro de paredes que recebem os carregamentos verticais. Dos estudos, destacam-se três formas de avaliar a distribuição dos carregamentos verticais de influência nos cálculos, quais sejam: distribuição em paredes isoladas, distribuição em grupo de paredes e distribuição em grupos de paredes com interação, onde objetiva-se fornecer informações sobre a influência de cada método na resistência dos blocos, na necessidade de graute e na necessidade de uso de armadura de cálculo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho é efetuar o dimensionamento de um projeto em alvenaria estrutural, considerando três procedimentos de cálculo para distribuição dos carregamentos verticais.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Verificar a influência de cada procedimento na resistência dos blocos;
- Verificar a influência de cada procedimento na quantidade de grauteamento necessário;
- Verificar a influência de cada procedimento na necessidade de utilização de barras de aço;
- Apresentar os procedimentos de cálculo de acordo com a nova norma, NBR 15961-1 (2011).

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1. SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

A alvenaria estrutural, seguindo a conclusão de Camacho (2006), é um sistema construtivo onde as paredes possuem função estrutural, sendo composta por blocos, argamassa, graute e armaduras. Além disso, outros elementos pré-fabricados como vergas, contra vergas e coxins estão presentes na alvenaria estrutural.

A NBR 15961-1 (2011) diz que coxim é o elemento estrutural, não contínuo, que recebe carga concentrada e a distribui para a parede.

De acordo com Parsekian (2012), existem três diferentes processos construtivos para a alvenaria estrutural:

- Elemento de alvenaria não armado: a armadura não é considerada;
- Elemento de alvenaria armado: é feito uso de armaduras passivas;
- Elemento de alvenaria protendido: é feito uso de armaduras ativas com pré-tensionamento, antes da aplicação de cargas.

#### **3.2. DEFINIÇÕES**

Tratando sobre a alvenaria estrutural e, fundando-se no entendimento de Camacho (2006), é possível afirmar que o desempenho estrutural é garantido pela alvenaria, a qual deve ser projetada cuidadosamente e executada de forma racional. Afinal, em razão da impossibilidade de improvisos na execução, todos os projetos da obra (arquitetônico, estrutural e demais complementares), devem ter os seus conflitos resolvidos na fase de projeto.

Para a execução da alvenaria estrutural, de acordo com Ramalho & Corrêa (2003), os principais componentes necessários, são os blocos cerâmico, de concreto ou sílico-calcáreo, a argamassa de assentamento, o graute e a armadura.

A NBR 15961-1 (2011) estabelece que as armaduras na alvenaria estrutural podem ser construtivas ou de cálculo, podendo ainda estas ser passivas ou ativas.

As vergas e contravergas de portas e janelas são executadas com o uso de uma forma especial, o bloco canaleta em “U”. Já as vigas de apoio de laje, fazem uso do bloco canaleta em forma de “J” nas extremidades das lajes, e do bloco canaleta em “U”, nos encontros de lajes (ARAÚJO, 1995).

### **3.2.1. Blocos**

O componente de maior importância na alvenaria estrutural é o bloco, pois, segundo Camacho (2006), ele tem a função de resistir aos esforços de compressão e determina a modulação do projeto.

Capuzzo Neto (2000) comenta que além dos blocos de concreto e os blocos cerâmicos, existem os blocos sílico-calcáreos e os blocos de concreto celular autoclavado.

Ainda, conforme bem lembra Peixoto (2005), dependendo do tipo de uso e do material citado anteriormente, os blocos podem ser maciços ou vazados e devem garantir a vedação da obra.

Nas propriedades dos blocos é possível destacar a resistência à compressão e a estabilidade dimensional, devido ao controle necessário na produção dos mesmos conforme NBR 6136 (2007). Além disso, eles devem ter absorção adequada, para não absorver água excessivamente da argamassa de assentamento. Tal absorção deve ser menor ou igual a 10%, para não fragilizar a argamassa.

Pela estabilidade dimensional, também são garantidas a trabalhabilidade e a modulação de projeto, que deve ser rigorosamente seguida na execução (CAMACHO, 2006). A Figura 1, a seguir apresenta os principais tipos de blocos usados em obras de alvenaria estrutural.

## Blocos de Concreto



## Blocos Cerâmicos

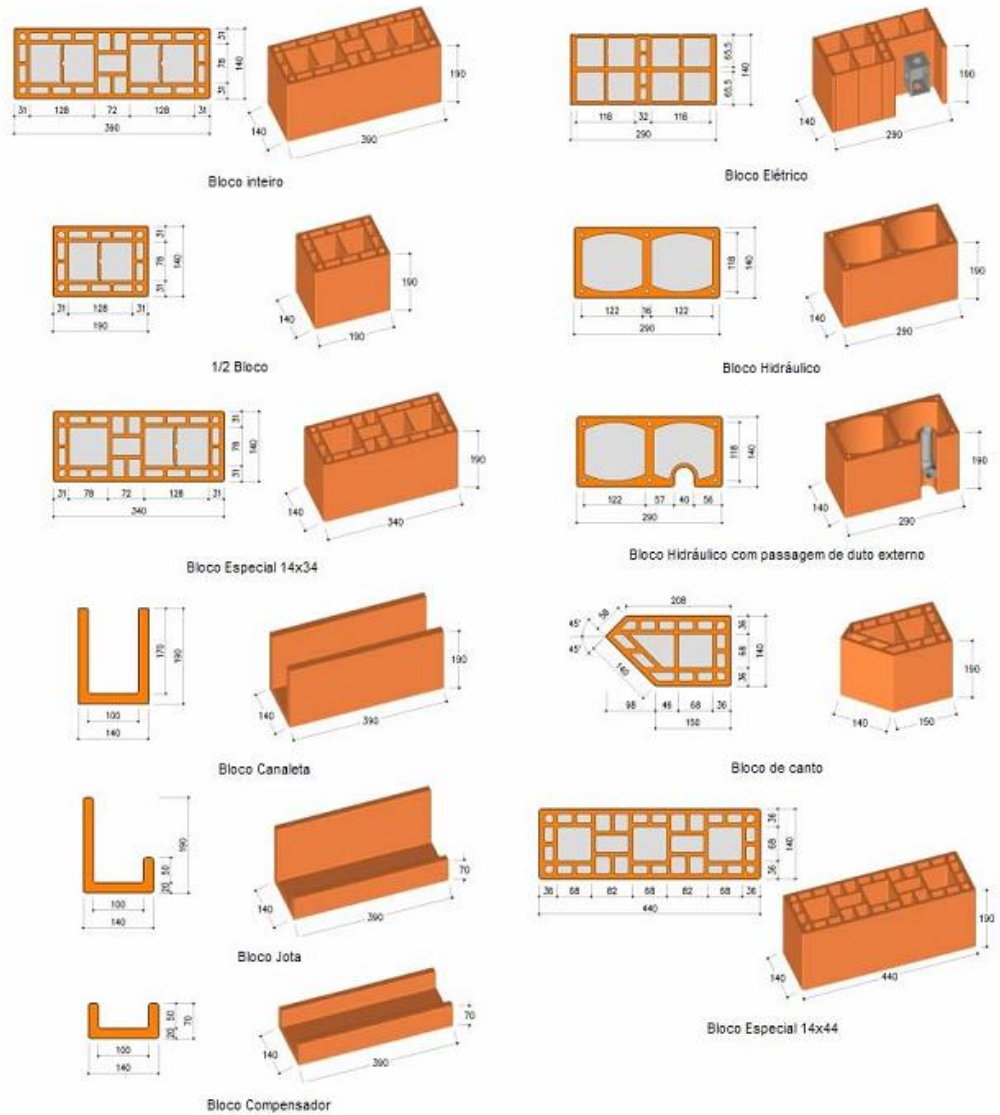


Figura 1: Tipos de blocos de alvenaria estrutural.  
Fonte: Camacho (2006).

### 3.2.2. Argamassa

A argamassa leva cimento, areia, água e cal na composição. Sendo que, de modo basilar e adotando a definição de Camacho (2006), é criterioso afirmar que, a argamassa é o elemento que liga os blocos entre si e evita cargas concentradas uniformizando-as, garantindo a vedação da alvenaria, compensando as variações dimensionais das unidades de bloco, que são permitidos pela norma brasileira.



Necessário destacar que, para a melhoria de algumas características, é possível fazer uso de adições, como plastificantes, incorporadores de ar e retentores de água (THOMAZ & HELENE, 2000 *apud* RICHTER, 2007).

Normalmente, conforme asseveram Parsekian & Soares (2010), a argamassa de assentamento é produzida *in loco*, mas existem argamassas industrializadas próprias para a alvenaria estrutural.

As propriedades das argamassas são a trabalhabilidade e a retenção d'água, sendo necessário garantir uma conveniente resistência à compressão, afinal, é a argamassa que garante a aderência com as armaduras nas juntas de assentamento.

Segundo a NBR 15961-2 (2011), a resistência à compressão da argamassa deve ser maior do que 4 MPa e deve ficar entre 0,7 e 1,5 vezes a resistência do bloco, como indicado nas expressões a seguir.

$$0,7 * f_{bk} \leq f_a \leq 1,5 * f_{bk} \quad (01)$$

$$f_a > 4 \text{ MPa} \quad (02)$$

onde:

$f_a$  é a resistência da argamassa;

$f_{bk}$  é a resistência característica do bloco.

Adotando o discurso de Camacho (2006), para que a argamassa não tenha suas funções no estado fresco prejudicadas, pela absorção de água dos blocos, deve-se garantir à essa a capacidade de retenção de água, porém ela deve absorver esforços que atuam no assentamento sem que haja perda das características exigidas no estado endurecido. Frise-se que, a condição ideal ocorre nos ensaios de laboratório, quando a ruptura das juntas de argamassa e dos blocos acontece simultaneamente.

Segundo Parsekian & Soares (2010), as argamassas menos resistentes, são capazes de deformar quase sem fissuras. Já nas argamassas de alta resistência, uma pequena deformação pode gerar fissuras.

### 3.2.3. Graute

Graute é definido por Camacho (2006) como um microconcreto composto pelo aglomerante cimento, água e agregados. No estado fresco o graute deve apresentar boa trabalhabilidade ou fluidez. Já no estado endurecido deve apresentar adequada resistência à compressão.

Tem-se geralmente a areia como agregado miúdo e a brita '0' (zero), como agregado graúdo, devendo garantir com elevada fluidez, o completo preenchimento dos furos dos blocos, para esta fluidez, Parsekian & Soares (2010), indicam o uso de até 10% de cal em relação ao volume de cimento.

Segundo a ABNT NBR 15961-1 (2011), o graute aumenta a resistência das paredes proporcionando aderência com as armaduras de construção ou de cálculo, sendo elas ativas ou passivas. A resistência do graute ( $f_g$ ), deve ser no mínimo de 15 MPa.

### 3.2.4. Armadura

Conforme entendimento de Camacho (2006), as armaduras na alvenaria estrutural podem ser armaduras construtivas ou armaduras de cálculo, usando em sua constituição o mesmo aço usado no concreto armado.

As armaduras construtivas são usadas geralmente em vergas, contravergas e reforços construtivos de aberturas, garantindo o não surgimento de patologias como trincas e fissuras nas aberturas (Tauil & Nese, 2010).

Por outro lado, as armaduras de cálculo têm a principal função de absorver esforços de tração, e segundo a NBR 15961-1 (2011), assim como no concreto armado, as armaduras sejam construtivas, ou de cálculo, recebem o cobrimento do concreto, sendo neste caso o graute, garantido assim a consolidação do sistema.

### **3.3. EVOLUÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE CÁLCULO**

#### **3.3.1. Aspectos históricos**

A forma mais antiga de construção, utilizada pelo homem é a alvenaria. Por vários séculos, como estudaram Ramalho & Corrêa (2003), todas as construções eram feitas de forma empírica e principalmente de alvenaria.

Numa de suas obras Camacho (2006) afirma que o uso de tijolos secos ao sol em construções persas e assírias data de 10.000 a.C. Já tijolos de fornos foram usados a 3.000 a.C. Ainda, pesquisas informam que, aproximadamente em 280 a.C. foi construído o Farol de Alexandria e, o Coliseu de Roma, por volta do ano de 70 d.C. (RAMALHO & CORRÊA, 2003).

Na Idade Média, até o século XVII, castelos e grandes catedrais foram construídos com alvenaria de tijolos. Já no século XVIII, Euler equacionou a teoria matemática de carga de flambagem de colunas, fato este que deu embasamento para as primeiras pesquisas experimentais em alvenaria de tijolos realizadas nos Estados Unidos da América, no ano de 1880 (CAMACHO, 2006).

Entre os anos de 1889 e 1891, na cidade de Chicago, foi construído o Edifício Monadnock, com 16 pavimentos e 65 metros de altura tendo como característica, paredes com 1,80 metros de espessura (SILVA, 2003).

No século XX, com o surgimento do aço, foi possível conceber o concreto armado, o qual tem vantagens técnicas e econômicas, fato que vem a modificar a forma de construir. Nesse rumo, surgiram novas técnicas construtivas e novos materiais, que viabilizaram construções maiores, com novos embasamentos científicos. Tais fatos e mudanças fizeram com que a alvenaria, como estrutura, fosse abandonada, sendo usada basicamente como fechamento (CAMACHO, 2006).

O marco da alvenaria estrutural armada foi em 1923 na Índia, quando A. Brebner publicou os resultados de estudos teóricos e experimentais (FRANCO, 1987, *apud* SILVA, 2003). Nos idos de 1948 a Inglaterra publicou a CP 111 que foi a primeira norma para o dimensionamento de alvenaria de tijolos (SILVA, 2003). Em

1978 a Inglaterra abandona o critério das tensões admissíveis e edita uma nova norma, a BS-5628, adotando o método semiprobabilístico de estados limites.

No início da década de 50, na Europa, surgem as construções de edifícios com maiores quantidades de pavimentos, sendo que, no de 1951, na Suíça, foi construído o primeiro edifício em alvenaria estrutural não armada que tinha um total de 13 andares.

Segundo Oliveira (2009), usando de entendimento já esposado por Nascimento Neto em 1999, o uso mais racional da alvenaria estrutural tornou-se possível com as normas que definiram requisitos mínimos de resistência e critérios para determinação das mesmas.

Nos Estados Unidos da América, o primeiro código sobre Alvenaria Estrutural foi editado em 1966 (SILVA, 2003). Sendo que, como afirma Camacho (2006), na Europa e nos Estados Unidos as normas de alvenaria estrutural são modernas, pois existe um grande número de pesquisas.

Todavia, como preconiza Capuzzo Neto (2000), ainda que sejam tais normas consideradas modernas, a investigação internacional sobre carregamento vertical é reduzida. Países da Europa e, também os Estados Unidos da América, têm por costume construir edifícios mais baixos, com poucos andares, não sendo necessário o aprofundamento nesse aspecto. De outro modo, buscando atender a exigência de haver conforto ambiental, as edificações nesses países são construídas com paredes mais grossas.

Contrariamente, o notório autor verificou que, no Brasil as paredes são construídas mais finas (14cm), pelo que a investigação do carregamento vertical tem sua necessidade justificada pela possível economia.

### **3.3.1.1. Histórico nacional**

No Brasil as primeiras pesquisas foram em São Paulo, nos últimos anos da década de 60 e nos anos 80 na cidade de Porto Alegre. Apesar dos quesitos socioeconômicos serem favoráveis, segundo Camacho (2006), as pesquisas sobre Alvenaria Estrutural são poucas e acanhadas.

A introdução da alvenaria estrutural no meio nacional começou no ano de 1966, sendo que, o desenvolvimento inicial foi lento e enfrentou preconceitos pela pequena divulgação no meio acadêmico (OLIVEIRA, 2009).

A primeira obra de alvenaria estrutural armada em blocos de concreto no Brasil foi construção em São Paulo do conjunto de edifícios habitacionais de doze pavimentos, conhecidos como "Central Parque da Lapa", construído em 1966, (RAMALHO & CORRÊA, 2003).

Onze anos depois, em 1977, o primeiro edifício de alvenaria estrutural não armada de blocos sílico-calcáreos foi construído com nove pavimentos, em São Paulo. Já os blocos cerâmicos foram introduzidos na alvenaria estrutural, de acordo com a obra de Camacho (2006), na década de 80, sendo que, em 1988, foram construídos em São Paulo os quatro edifícios mais altos na América do Sul, da época, em blocos de concreto, com 18 pavimentos cada um.

As vantagens técnicas e econômicas apresentadas pela alvenaria estrutural fazem com que, segundo Peixoto (2005), nos dias de hoje no Brasil, verifique-se uma procura cada vez maior desta tecnologia por parte das construtoras.

A possível redução próxima de 15% no valor final de um edifício executado em alvenaria estrutural, quando comparado a um edifício construído no sistema convencional, aumenta a escolha da alvenaria como sistema construtivo (CORRÊA, 2003, *apud* OLIVEIRA, 2009).

Comentam Capuzzo Neto & Corrêa (2005) que existe um aumento da demanda por projetos de edifícios em alvenaria estrutural e um aumento do número de pavimentos. Assim, é necessário uma maior investigação dos materiais usados e do comportamento do sistema estrutural das edificações.

As normas brasileiras, não acompanham no mesmo ritmo que o progresso da utilização da alvenaria como sistema construtivo. Somente nos anos de 2010 e 2011 é que as normas revisadas foram publicadas. Este descompasso das normas vem da falta de embasamento teórico e experimental que forneçam limites corretos para servirem como norma e, à falta de modelos matemáticos que elucidem o complexo comportamento dos blocos unidos com as juntas de argamassa, trabalhando solidariamente (MATA, 2006, *apud* OLIVEIRA, 2009).

### 3.4. DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento para alvenaria estrutural não armada, armada e protendida de blocos de concreto, segue a nova norma, de 2011, a NBR 15961-1: Alvenaria estrutural - Blocos de concreto - Parte 1: Projeto. A mesma substitui a norma de 1989, a NBR 10837: Cálculo de Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto, que tratava apenas do cálculo da alvenaria estrutural, armada e não armada, de blocos vazados de concreto.

Nesse prisma, passa-se, a seguir, para a explicação acerca dos procedimentos de cálculo de dimensionamento à compressão simples, dimensionamento ao cisalhamento e dimensionamento à flexocompressão.

#### 3.4.1. Dimensionamento à compressão simples

Quando são considerados apenas os esforços verticais, sem a consideração de outras ações como o vento e o desaprumo, tem-se a compressão simples. De acordo com a NBR 15961-1 (2011), para a relação entre a resistência de parede e de prisma assume-se como demonstrado na fórmula abaixo:

$$f_k = 0,7 * f_{pk} \quad (03)$$

Foi necessário estabelecer, segundo Parsekian (2012), o coeficiente de ponderação da resistência da alvenaria ( $\gamma_m$ ) pelo fato de valores característicos estarem sendo empregados. Assim, a resistência à compressão é verificada pela equação:

$$\frac{\gamma_f * N_k}{A} \leq \begin{cases} 1,0 \text{ paredes} \\ 0,9 \text{ pilares} \end{cases} * \frac{0,7 * f_{pk}}{\gamma_m} * \left[ 1 - \left( \frac{h_{ef}}{40 * t_{ef}} \right)^3 \right] \quad (04)$$

em que:

$\gamma_f$  é o coeficiente de ponderação das ações, normalmente 1,4;

$\gamma_m$  é o coeficiente de ponderação das resistências, normalmente 2,0;

$N_k$  é a força normal característica;

$A$  é a área bruta da seção transversal;

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

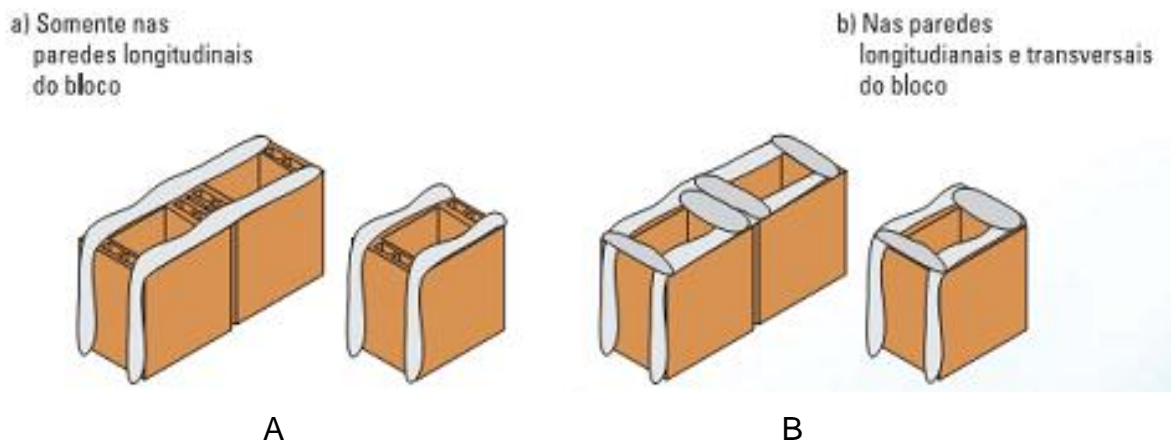
$f_k$  é a resistência característica de compressão da parede;

$t_{ef}$  é a espessura efetiva;

$h_{ef}$  é a altura efetiva.

Em consonância com a ABNT NBR 15961-2 (2011), o ensaio de prisma é feito com dois blocos unidos por uma junta de argamassa. A área bruta do bloco é usada para o cálculo da resistência de prisma.

A norma NBR 15961-1 (2011) preconiza que, quando o assentamento dos blocos é feito com argamassa em apenas dois cordões (Figura 2-A), a resistência da alvenaria deve ser reduzida em 20%, com base num ensaio de prisma com argamassa de assentamento sobre todo o bloco (Figura 2-B).



**Figura 2: Formas de disposição da argamassa.**  
Fonte: Selecta Blocos (2012).

A relação entre a altura efetiva e a espessura efetiva, tem como resultado o índice de esbeltez ( $\lambda$ ), e deve-se respeitar os seguintes limites dados pela NBR 15961-1 (2011):

- $\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 24$  para alvenaria não armada; (05)

- $\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 30$  para alvenaria armada. (06)

### 3.4.2. Dimensionamento ao cisalhamento

De acordo com a NBR 15961-1 (2011), a verificação do cisalhamento deve satisfazer a expressão a seguir:

$$\tau_{vd} \leq f_{vd} \quad (07)$$

Onde:

$\tau_{vd}$  é a tensão de cisalhamento de cálculo;

$f_{vd}$  é a força de cálculo resistente ao cisalhamento.

De acordo com a norma, o valor característico da resistência convencional ao cisalhamento,  $f_{vk}$ , é indicado na Tabela 1.

	Resistência média de compressão da argamassa (MPa)		
	1,5 a 3,4	3,5 a 7,0	Acima de 7,0
$f_{vk}$	$0,10 + 0,5 * \sigma \leq 1,0$	$0,15 + 0,5 * \sigma \leq 1,4$	$0,35 + 0,5 * \sigma \leq 1,7$

Tabela 1: Resistência ao cisalhamento em juntas horizontais.  
Fonte: NBR 15961-1 (2011).

em que:

$f_{vk}$  é a resistência característica ao cisalhamento;

$\sigma$  é a tensão normal de pré-compressão, considerando 90% das cargas permanentes.



Estes valores indicados são válidos apenas para argamassas tradicionais de cimento, areia e cal. Parsekian (2012) indica que um ensaio de caracterização da alvenaria deve ser realizado para se obter a resistência ao cisalhamento para os casos de: argamassa industrializada; uso de aditivo; ou uso de adições.

Usa-se o coeficiente de redução de 0,9 segundo a NBR 15961-1 (2011), para minorar as ações permanentes para o valor da tensão de pré-compressão  $\sigma$ . Apenas a área da alma, deve ser considerada para alvenarias com flange, como exemplo, tem-se seção  $T$ ,  $I$ ,  $C$  e  $L$ .

### 3.4.3. Dimensionamento à flexocompressão

Em edifícios, com base no exposto na ABNT NBR 15961-1 (2011), constata-se que o vento sempre gera carregamento vertical e carregamento horizontal, o que gera esforços de flexão, compressão e cisalhamento.

#### 3.4.3.1. Alvenaria não armada

A flexocompressão pode ocorrer no estágio I, II e III. Na norma NBR 15961-1 (2011) é permitido o dimensionamento do estágio III. Devem-se verificar as tensões máximas de tração e de compressão, devendo-se comparar valores característicos e fazer combinações de esforços críticos, separando-se ações permanentes e variáveis.

A verificação da máxima tração é efetuada através da seguinte expressão.

$$\gamma_{tq} * Q + \gamma_{tg} * G \leq \frac{f_{tk}}{\gamma_m} \quad (08)$$

Onde:

$\gamma_{tq}$  é o coeficiente de ponderação das ações variáveis;

$Q$  é a carga acidental;

$\gamma_{tg}$  é o coeficiente de ponderação das ações permanentes;

$G$  é a carga permanente;

$f_{tk}$  é a resistência média à compressão da argamassa (Tabela 2).

Essa verificação é válida para ações variáveis, como a ação do vento. A resistência à tração da alvenaria deve ser desconsiderada para verificações de ações permanentes.

Por serem favoráveis em edifícios, para a ação permanente  $G$  e a acidental  $Q$ , tem-se os coeficientes:  $\gamma_{tg} = 0,9$  e  $\gamma_{tq,acidental} = 0,0$ ;

Ação de vento é considerada favorável, com  $\gamma_{tq,vento} = 1,1$ ;

Assim, Parsekian (2012) afirma que “se a inequação acima não for verificada, há necessidade de armadura, que pode simplificarmente ser calculada no estágio II (válido para tensões de tração pequenas).”

Direção da tração	Resistência média de compressão da argamassa (MPa)		
	1,5 a 3,4	3,5 a 7,0	Acima de 7,0
Normal à fiada - $f_{tk}$	0,10	0,20	0,25
Paralela à fiada - $f_{tk}$	0,20	0,40	0,50

**Tabela 2: Resistência à tração na flexão.**

Fonte: Parsekian (2012) e ABNT NBR 15961-1 (2011).

$$f_{fk} = 1,5 * f_k \quad (09)$$

em que:

$f_{fk}$  é a resistência característica à compressão na flexão da alvenaria;

$f_k$  é a resistência característica à compressão simples da alvenaria;

$f_{tk}$  é a resistência característica de tração na flexão.

A verificação da compressão máxima, de acordo com a NBR 15961-1 (2011), é efetuada pela seguinte expressão:

$$\frac{\gamma_{tq} * \Psi_0 * Q_{acidental} + \gamma_{tg} * G}{R} + \frac{\gamma_{tq} * Q_{vento}}{1,5} \leq \frac{f_{tk}}{\gamma_m} \quad (10)$$

$$\frac{\gamma_{tq} * \Psi_0 * Q_{acidental} + \gamma_{tg} * G}{R} + \frac{\gamma_{tq} * \Psi_0 * Q_{vento}}{1,5} \leq \frac{f_{tk}}{\gamma_m} \quad (11)$$

Para o caso de edifícios e todas as ações desfavoráveis:

$$f_k = 0,7 * f_{pk} \quad (12)$$

$$\Psi_0 = 0,5 \text{ (acidental); } 0,6 \text{ (vento); } \gamma_{tq} = \gamma_{tg} = 1,4 \quad (13)$$

Onde:

$\Psi_0$  é o coeficiente de redução das ações variáveis.

Substituindo, então:

$$\frac{0,7 * Q_{acidental} + 1,4 * G}{R} + \frac{1,4 * Q_{vento}}{1,5} \leq \frac{0,7 * f_{pk}}{2,0} \quad (14)$$

$$\frac{1,4 * Q_{acidental} + 1,4 * G}{R} + \frac{0,84 * Q_{vento}}{1,5} \leq \frac{0,7 * f_{pk}}{2,0} \quad (15)$$

Simplificando:

$$\frac{2,0 * Q_{acidental} + 4,0 * G}{R} + 2,66 * Q_{vento} \leq f_{pk} \quad (16)$$

$$\frac{4,0 * Q_{acidental} + 4,0 * G}{R} + 1,6 * Q_{vento} \leq f_{pk} \quad (17)$$

### **3.5. PROCEDIMENTOS DE CÁLCULOS PARA DISTRIBUIÇÃO DE CARREGAMENTO VERTICAL ENTRE AS PAREDES**

Sobre o tema, Silva (2003) apregoa que as paredes estruturais, além das funções de vedação e de divisória, têm a função de resistir às solicitações de ações verticais em edifícios de alvenaria estrutural com vários pavimentos.

O projeto estrutural, para qualquer sistema, inicia-se pelo levantamento de cargas e distribuição delas nos elementos estruturais (CAMACHO, 2006). Quanto à situação de distribuição do carregamento vertical entre as paredes de pavimentos, um sob o outro, pode ser efetuado considerando-se paredes isoladas, grupos de paredes isoladas ou grupos de paredes com interação (CAPUZZO NETO, 2000).

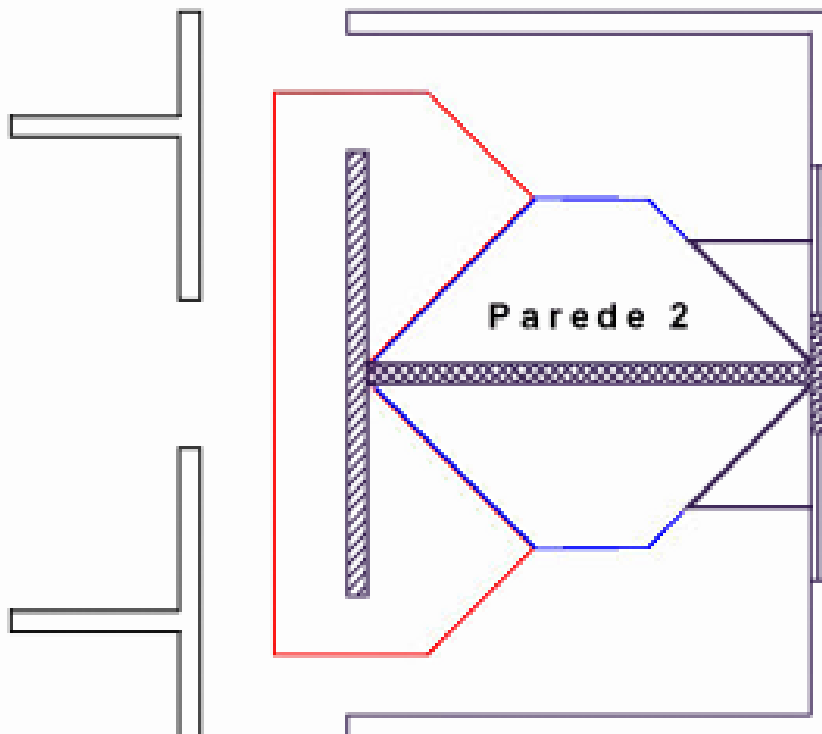
A seguir apresenta-se definições dos três procedimentos.

### **3.6. PAREDES ISOLADAS**

Quando cada parede tem a função única e exclusiva de suportar o seu peso próprio, as cargas permanentes e as cargas acidentais a ela transmitidas pelas lajes que nela se apoiam, a transferência das ações verticais é a de paredes isoladas (CAPUZZO NETO, 2000).

Cada parede é considerada como um elemento independente, sem interação com as outras paredes. Este procedimento é simples e rápido. Basta somar todos os carregamentos atuantes em cada parede como o peso próprio, a carga de revestimentos, a carga da laje e as cargas desta parede nos pavimentos superiores, para obter a carga sobre a parede (OLIVEIRA, 2009).

Para calcular as cargas aplicadas em cada parede, pode-se de acordo com Silva (2003), fazer uso dos procedimentos comuns para cálculo de concreto armado, seccionando-se as lajes em triângulos e trapézios (Figura 3) nos pavimentos, sendo que a área da poligonal gerada corresponde à carga a ser aplicada nas paredes, sem considerar, para tanto, as ligações entre as paredes. Assim, a carga de cada parede é somada até a fundação.



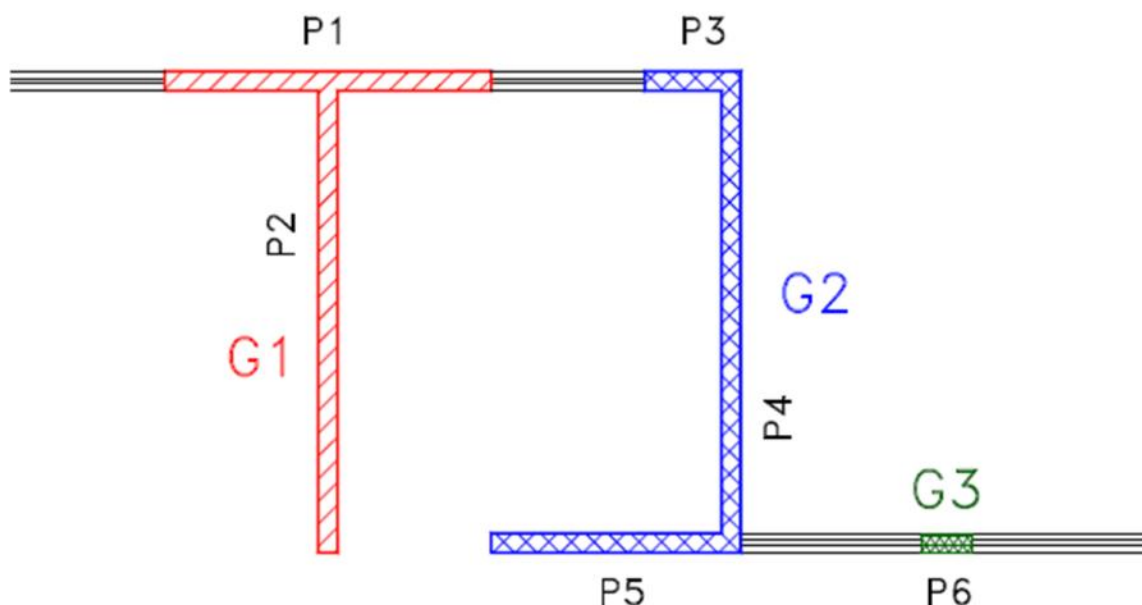
**Figura 3: Áreas de influência da carga de lajes.**  
**Fonte: Capuzzo Neto (2000), adaptado de Hendry (1981).**

Ramalho & Corrêa (2003) articulam que a vantagem do procedimento de paredes isoladas, é que este é o mais simples e seguro dos procedimentos. Tendo como desvantagem a falta de economia, pois, como considera as paredes isoladamente, não se realiza a distribuição de cargas e, o conseqüente alívio de cargas em determinadas paredes. Logo, as resistências requeridas aos blocos neste procedimento sempre serão maiores do que as resistências requeridas para outros procedimentos.

### **3.7. GRUPOS DE PAREDES ISOLADAS**

No procedimento de consideração do carregamento vertical em grupos de paredes isoladas leva-se em conta que as paredes interagem entre si através de grupos. Cada grupo de parede é um conjunto que interage, sendo que os grupos são formados e limitados pelas aberturas de portas e janelas, como demonstra a

Figura 4. As cargas em cada grupo são uniformizadas neste procedimento. Mas, segundo Ramalho & Corrêa (2003), não existe a interação entre grupos.

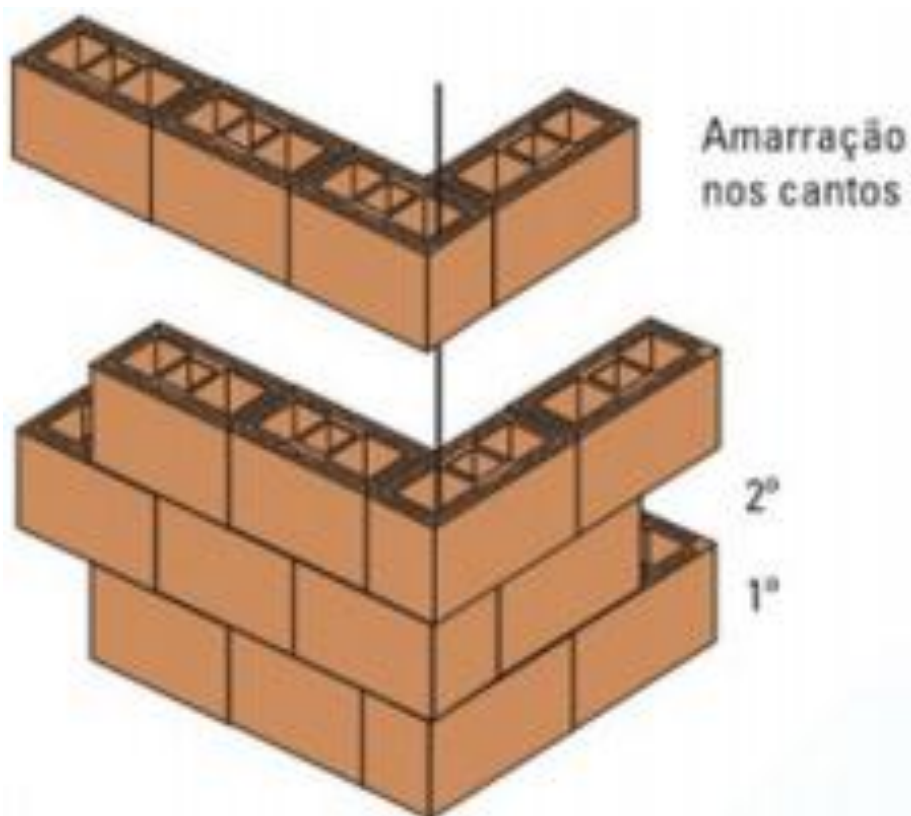


**Figura 4: Exemplos de grupos de paredes isoladas**  
Fonte: Ramalho & Corrêa (2003)

Não é recomendado o uso, num mesmo pavimento, de blocos com resistências diferentes, apesar de que carregamentos verticais sobre as paredes, num pavimento, tendem a ter valores muito diferentes entre si, o que justifica a importância da uniformização de cargas nos pavimentos. Assim, esta uniformização diminui as diferenças de carregamentos entre paredes – NBR 15961-1 (2011).

Porém, Ramalho & Corrêa (2003) citam que alguns procedimentos na execução, são necessários para que estas forças de interação ajam entre as paredes:

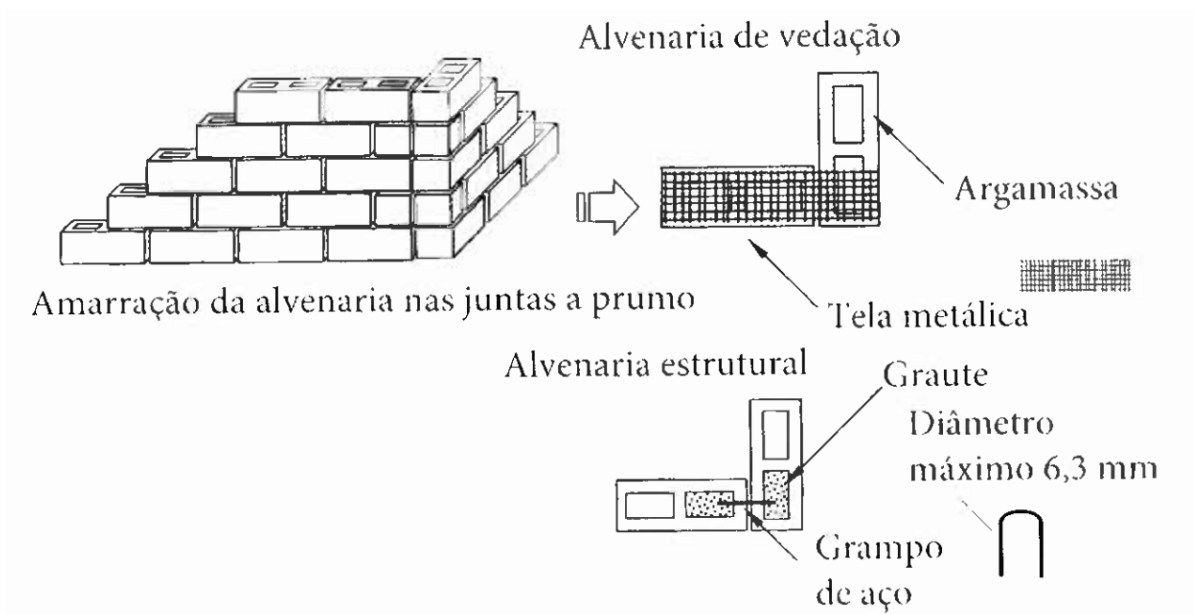
- a. Efetuar amarração em cantos e bordas das paredes sem juntas a prumo, como apresentado na Figura 5.
- b. Cintas sob a lajes dos pavimentos e à meia altura das paredes;
- c. Uso de lajes maciças.



**Figura 5: Amarração direta.**  
Fonte: Selecta Blocos (2012).

Quando são utilizadas as juntas a prumo, no lugar das juntas amarradas, não se tem garantia de que existe interação entre as paredes do grupo, e assim, a uniformização de cargas não pode ser usada como um procedimento confiável (RAMALHO & CORRÊA, 2003).

Razente (2004) descreve que quando as paredes são unidas por telas ou treliças metálicas convenientemente dispostas, ou peças de resistência comprovada, em que as interfaces são com juntas a prumo, tem-se a amarração indireta, como na Figura 6.

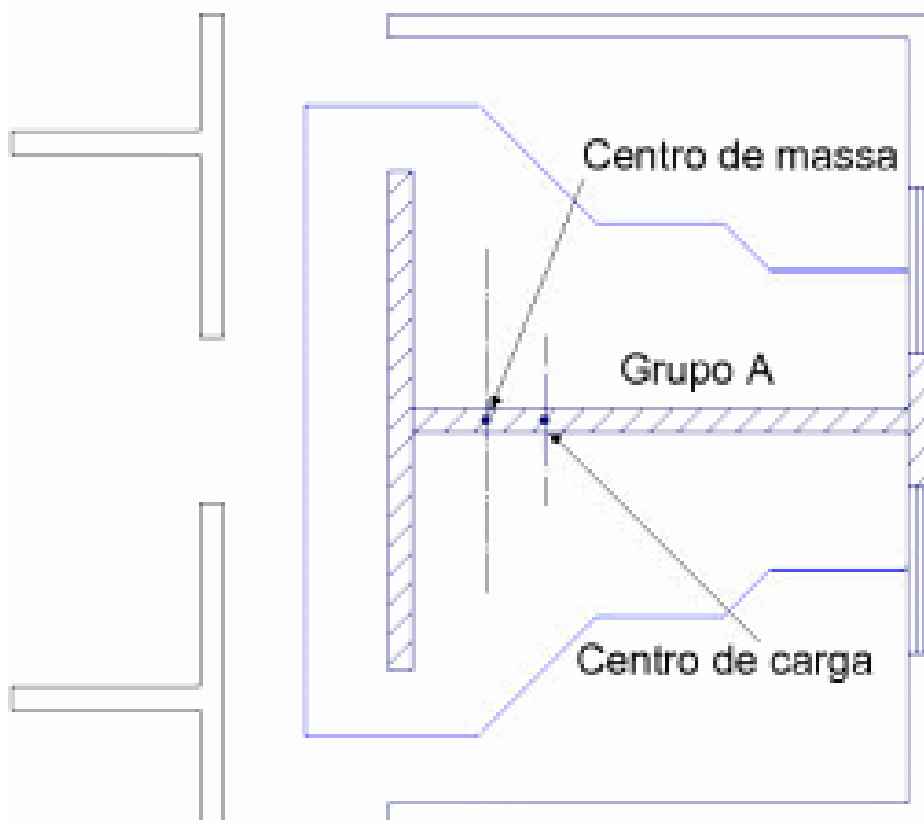


**Figura 6: Amarração indireta.**  
**Fonte: Parsekian (2012).**

Neste método, basta somar todos os carregamentos de todas as paredes do grupo e dividi-las pelo comprimento total de parede do grupo. De acordo com Ramalho & Corrêa (2003), este procedimento também é seguro e comumente resulta em resistências menores de blocos, do que quando comparado ao procedimento de paredes isoladas.

Considerando a ponderação de Capuzzo Neto (2000), neste procedimento, o pavimento é dividido em áreas de influência no entorno do grupo de paredes considerado. Cada grupo de paredes tem em planta, a consideração de uma seção transversal submetida à ação desta área de influência do pavimento, admite-se a distribuição linear das tensões normais e leva-se em consideração a excentricidade da resultante destas ações no pavimento com referência ao centróide do grupo de paredes considerado (Figura 7).





**Figura 7: Grupo de paredes isoladas.**  
**Fonte: Capuzzo Neto (2000), adaptado de Hendry (1981).**

A interação entre as paredes faz com que elas trabalhem em conjunto, pois, a maioria das paredes são construídas com a amarração direta dos blocos. O travamento das unidades faz com que as ações verticais e laterais, sejam distribuídas ao longo do comprimento e altura dos painéis de alvenaria estrutural. O procedimento de homogeneização das ações verticais, segundo Capuzzo Neto (2000) consiste em somar todas as ações atuantes no grupo, sejam elas ações distribuídas ou concentradas e redistribuí-las uniformemente para as paredes do grupo. As ações atuantes nos vãos são convertidas em ações concentradas, aplicadas nos grupos correspondentes. Esta homogeneização é dada pela seguinte equação:

$$q = \frac{\sum(q_{oi} * l_i + P_i)}{\sum l_i} \quad (18)$$

onde:

$q$  são as ações homogeneizadas, com distribuição uniforme no nível considerado;

$q_{oi}$  são as ações, com distribuição uniforme, nas paredes do grupo no nível considerado;

$P_i$  são as ações concentradas nas paredes do grupo no nível considerado;

$l_i$  é o comprimento da parede  $i$  que constitui o grupo.

Silva (2003) aponta para o fato de que as cargas verticais tendem a uniformização nas paredes pertencentes a um mesmo grupo, nos pavimentos inferiores de edifícios de maior número de pavimentos. Destarte, a estrutura completa de um edifício é dividida em uma certa quantidade destes grupos estruturais, considerados os objetos básicos para a análise estrutural da edificação.

### 3.8. GRUPOS DE PAREDES COM INTERAÇÃO

Neste procedimento existe a consideração de que os grupos de paredes interagem entre eles. Faz-se necessário definir a taxa de interação, que determina quanto de carga deve ser uniformizada entre as paredes, pois não é possível admitir uma distribuição homogênea das cargas em todas as paredes, visto que o mesmo não acontece na estrutura real (RAMALHO & CORRÊA, 2003).

Não existe taxa de interação ideal, então cabe ao projetista avaliar os resultados de cada procedimento.

A distribuição de cargas através deste procedimento é efetuada a partir das expressões:

$$d_i = (q_i - q_m) * (1 - t) \quad (19)$$

$$q_i = q_m + d_i \quad (20)$$

Onde:

$n$  é o número de grupos que estão interagindo;

$q_i$  é a carga do grupo  $i$ ;

$q_m$  é a carga média dos grupos que estão interagindo, calculada pela carga total dividida pelo comprimento total;

$d_i$  é a diferença de carga do grupo em relação à média;

$t$  é a taxa de interação.

Compartilhando do entendimento de Oliveira (2009), quando existe a transferência de forças através das suas interfaces comuns, existe o fenômeno da interação entre paredes. Este fenômeno ocorre devido à tendência de deslocamento relativo entre paredes, que é ocasionado por ações horizontais e por ações verticais, resultando num aumento na resistência do conjunto, uma vez garantida resistência suficiente para as interfaces.

Quando as paredes trabalham em conjunto com as lajes, que atuam como diafragmas rígidos, há o fenômeno da interação, pois as paredes possuem maior capacidade de distribuição das ações ao longo dos painéis de laje adjacentes, favorecendo a redução das tensões máximas, resultando na necessidade de paredes com menor resistência (OLIVEIRA, 2009). Esta interação faz com que as paredes mais solicitadas aliviem seus excessos nas paredes menos solicitadas, gerando a tendência de uniformização das tensões normais ao longo da altura da edificação.

A homogeneização permite que diferentes grupos interajam segundo uma determinada taxa de interação, formando um macrogrupo, conforme explicado por Capuzzo Neto (2000). Essa taxa de interação pode ser determinada através de modelo teórico, como o espalhamento a 45°, ou através de procedimento experimental disponível.

O mesmo autor ainda afirma que, a taxa de interação indica quanto da carga deve ser uniformizada em cada nível da diferença de cargas entre grupos que estão interagindo. Quando a taxa de interação é de 100%, a homogeneização das ações é total, sendo assim, o macrogrupo funciona como se fosse somente um grupo. Quando a taxa é zero não há transferência de ações entre os grupos isolados. No caso em que a diferença das ações dos grupos e a ação média do

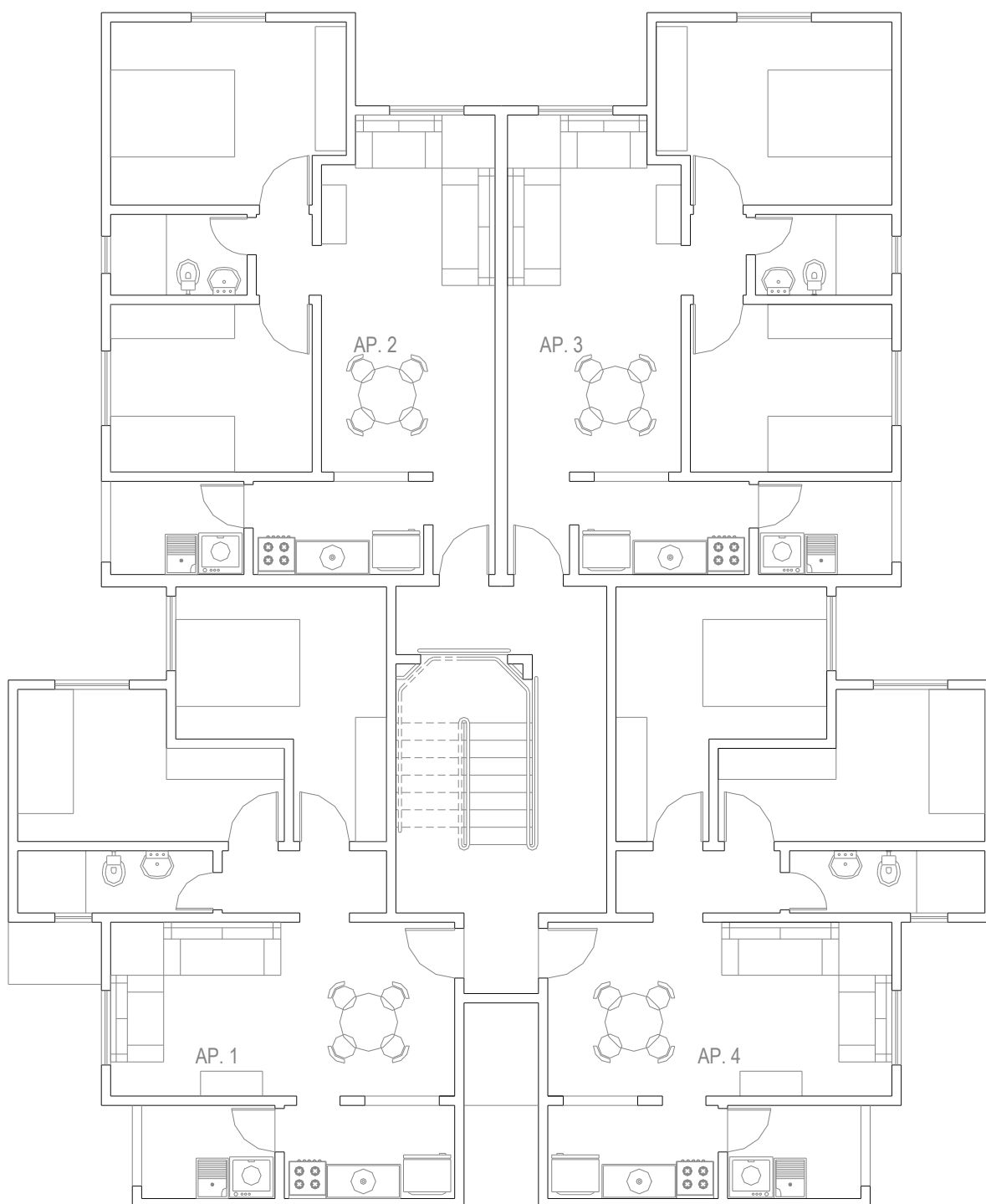
macrogrupo é homogeneizada em 30%, significa que foi empregada uma taxa de interação de 30%. Analogamente a este exemplo, outras taxas de interação entre zero e 100% podem ser adotadas.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

Seguidamente são apresentados os procedimentos utilizados para levantamento de cargas e ações, que foram utilizados para aplicação dos três procedimentos de cálculo apresentados neste trabalho.

### **4.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO**

O projeto que foi usado para efetuar os procedimentos de cálculos propostos apresenta a distribuição de ambientes conforme planta baixa da Figura 8.



**Figura 8: Paginação do pavimento tipo.**

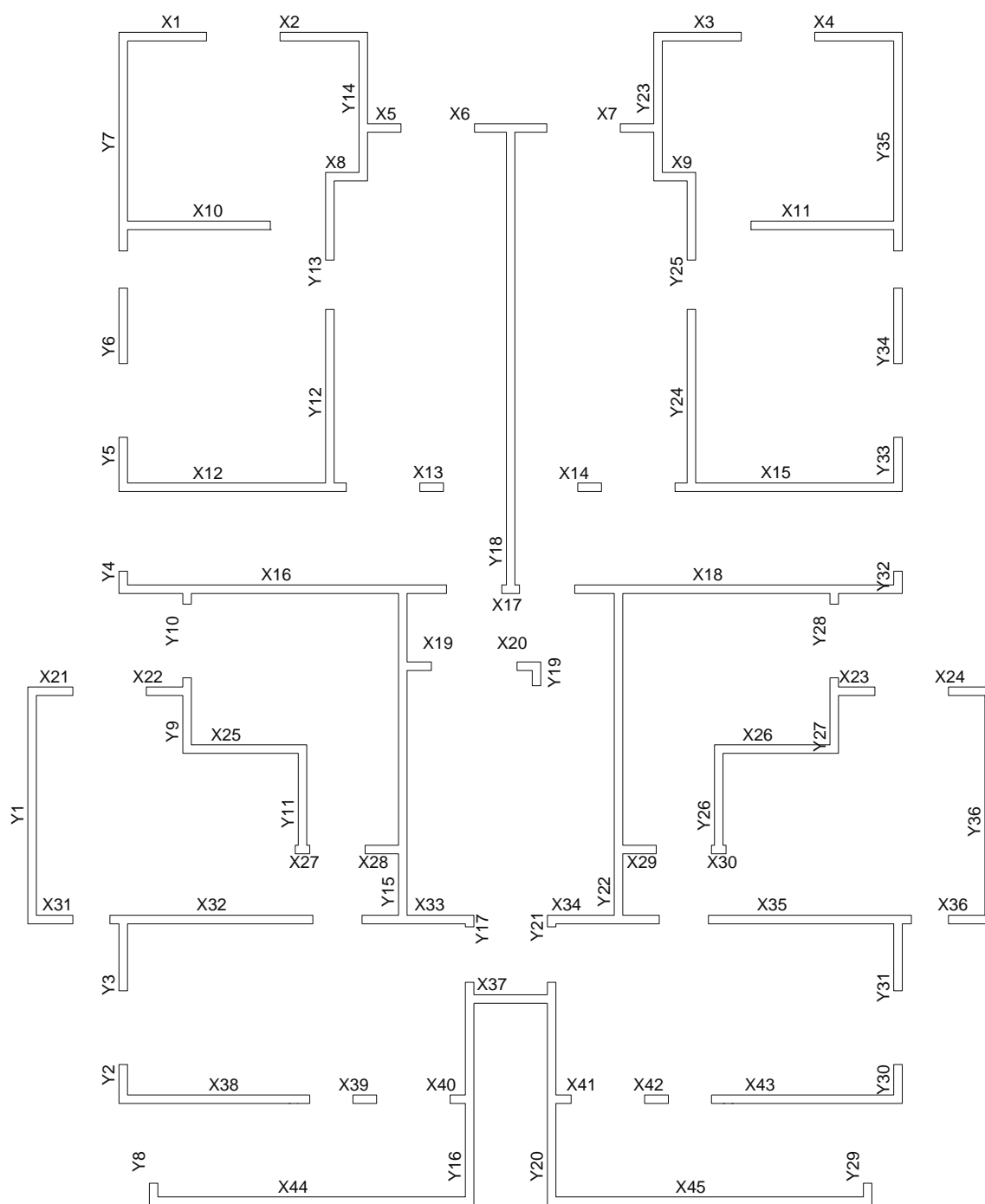
O projeto é de um edifício em alvenaria estrutural com blocos de concreto, de quatro pavimentos de 244,21 m<sup>2</sup>, com quatro apartamentos por pavimentos, totalizando 16 apartamentos e 976,84 m<sup>2</sup> de área construída. Ele está sendo desenvolvido para uma obra na cidade de Toledo, Paraná, para o programa de

habitação popular do governo Federal do Brasil, denominado Minha Casa Minha Vida. A caixa d'água da referida obra será metálica e separada da edificação. Quanto as vagas de garagem e a área de lazer circundam a edificação, o projeto as contempla no térreo.

## **4.2. PAREDES ESTRUTURAIS**

As paredes do projeto, em sua grande maioria são estruturais. Isto porque algumas paredes, como as dos banheiros, cozinhas e lavanderias, foram definidas como de vedação (não estruturais), em função de receberem tubulações de água e esgoto. Desta forma, estas paredes não recebem as solicitações impostas às demais, não fazendo parte da estrutura. Com isto, torna-se possível efetuar eventuais quebras nestas paredes, para manutenção, por exemplo, sem comprometer a estrutura, haja vista o seu caráter não estrutural.

Para isso, as paredes estruturais foram nomeadas, em paredes X e paredes Y. A Figura 9 apresenta as paredes estruturais e suas nomenclaturas.



**Figura 9: Nomenclaturas das paredes X e Y do projeto**

Comparando as Figuras 8 e 9, é possível perceber que as paredes não estruturais não foram consideradas, sendo excluídas do dimensionamento, apenas gerando cargas nas lajes onde estão posicionadas.



### **4.2.1. Paredes não estruturais**

Acompanhando a definição de Peixoto (2005), pode-se asseverar que as paredes não estruturais, ou de vedação, são paredes que não tem funções de suporte de carga da estrutura. Geralmente a espessura destas paredes é de 9 centímetros, tratando-se, portanto, de paredes onde a espessura é menor do que os 14 centímetros exigidos pela NBR 15961-1 (2011) para as paredes estruturais.

## **4.3. LEVANTAMENTO DE CARGAS**

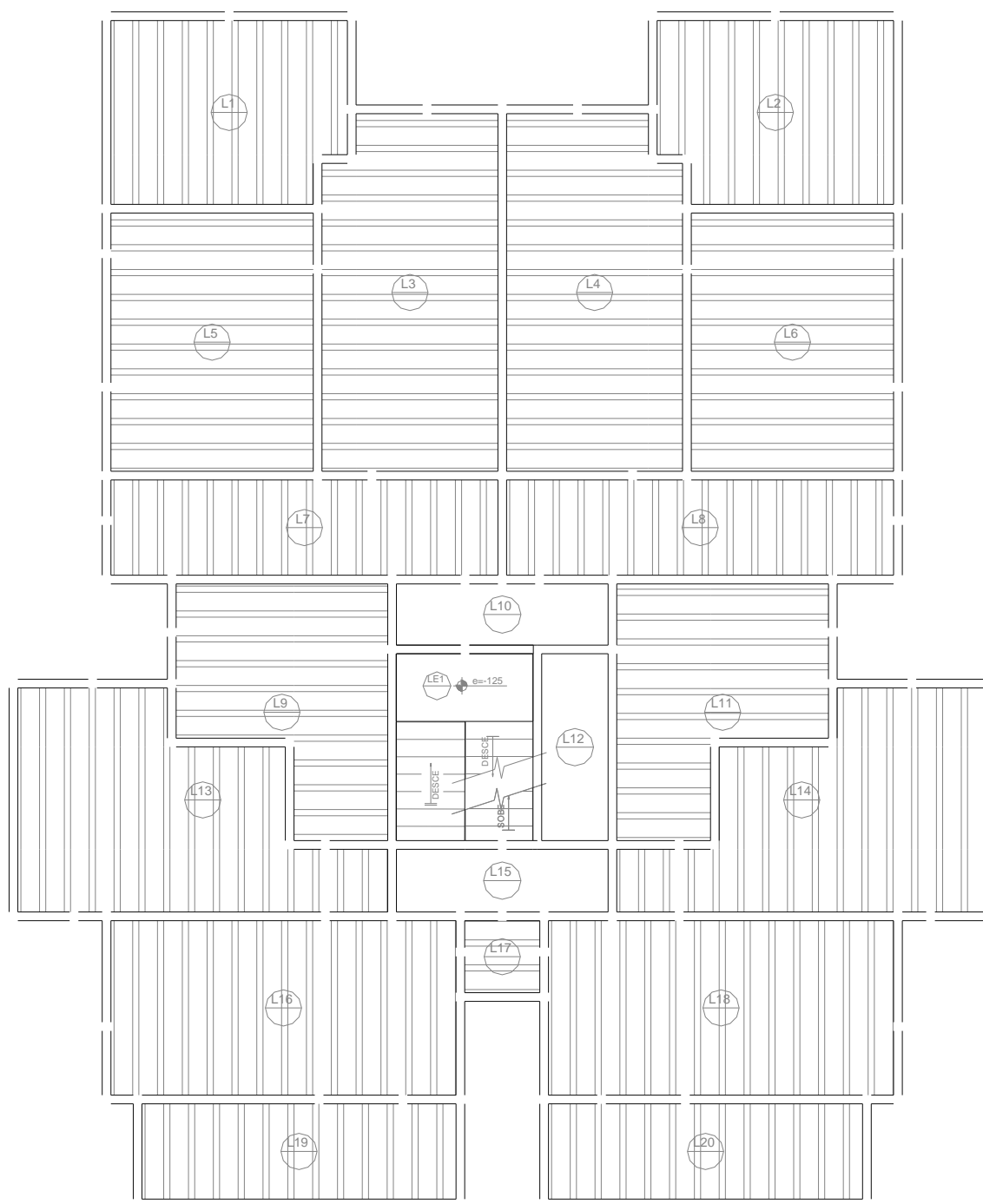
Nesse ponto, mostra-se cabível a apresentação acerca das considerações para levantamento das cargas verticais e ações horizontais.

### **4.3.1. Cargas verticais**

O levantamento de cargas verticais foi efetuado com o auxílio do programa Eberick V7, valendo salientar que esse foi utilizado como base para a modelagem da estrutura.

Primeiramente foi efetuado o levantamento de cargas nas lajes. A obra contará com lajes de vigotas pré-moldadas protendidas, com preenchimento em isopor, exceto aquelas que circundam as escadas, e as próprias escadas, que serão maciças.

O piso será totalmente revestido com cerâmica. A Figura 10 a seguir apresenta a planta de lajes e escadas.



**Figura 10: Planta de lajes e escadas.**

As cargas de paredes não estruturais sobre as lajes foram lançadas sobre as respectivas lajes, com peso específico de  $14 \text{ kN/m}^3$ , considerando a carga de revestimento.

As lajes protendidas foram lançadas com peso próprio de 1,69 kN/m<sup>2</sup>, com carga accidental de 2,00 kN/m<sup>2</sup> (lajes das lavanderias e cozinhas), 1,50 kN/m<sup>2</sup> (demais lajes) e 1,00kN/m<sup>2</sup> de carga de revestimento em todas as lajes protendidas.

Já as lajes maciças foram lançadas com peso próprio de 3,25 kN/m<sup>2</sup>, com carga accidental de 1,50 kN/m<sup>2</sup> e com carga de revestimento de 1,00 kN/m<sup>2</sup>. Enquanto as escadas foram lançadas com peso próprio de 5,00 kN/m<sup>2</sup>, sendo as cargas accidentais e de revestimento, respectivamente, 1,50 kN/m<sup>2</sup> e 1,00 kN/m<sup>2</sup>.

Posteriormente foram lançadas as cargas das paredes. Vale destacar que os trechos de alvenaria acima e abaixo de aberturas são desconsiderados do cálculo estrutural. Desta forma, a carga destes trechos é lançada sobre as paredes dos dois lados da referida abertura.

As paredes estruturais foram lançadas com peso específico de 13 kN/m<sup>3</sup>, com espessura total de 16 centímetros (14 cm de espessura do bloco mais 2 cm de revestimento), considerando assim as cargas de revestimentos internos e externos.

As paredes da parte externa receberão reboco de argamassa de cimento, cal e areia. Os tetos e as paredes internas receberão revestimento de gesso. Já as lavanderias e cozinhas receberão azulejo nas paredes onde existem pontos de água e esgoto, e os banheiros serão revestidos de azulejo nas paredes do *box* e na parede que recebe o vaso sanitário e a pia.

Com isto, obtiveram-se as cargas distribuídas em cada parede estrutural, que foram utilizadas para análise dos três procedimentos descritos posteriormente.

#### **4.3.2. Ação do vento**

Para cálculo da ação do vento foram utilizados os procedimentos de acordo com a NBR 6123 (1990). Desta forma, a seguir são descritos os principais parâmetros utilizados para levantamento das ações do vento no edifício analisado:

- Comprimento total da obra: de 19,27 metros;
- Largura total da obra: 15,89 metros;
- Altura total da obra: 10,72 metros.

- Velocidade básica do vento: para a região de Toledo – PR foi adotada como 48,00 m/s;
- Topografia:  $S1 = 1,0$ , (devido ao fato do terreno não ser encosta ou crista de morro e nem vale profundo); Categoria IV (pelo fato do terreno se encontrar em zona urbana da Cidade de Toledo) e Classe A;  $S3 = 1,0$ , (pelo tipo de vizinhança);
- Coeficiente de arrasto:  $C_a = 1,05$  ;
- Fator de rajada:  $F_r = 1,00$  ;
- Fatores meteorológicos:  $b = 0,86$  e  $p = 0,12$  .

Desta forma, a partir da equação a seguir, foi possível obter o coeficiente  $S2$ :

$$S2 = b * F_r * \left(\frac{h}{10}\right)^p \quad (21)$$

O coeficiente  $S2$  é determinado para cada pavimento, em função da altura em que cada um se encontra.

De tal modo a velocidade característica do vento ( $V_k$ ) foi determinada para cada pavimento, a partir da equação:

$$V_k = V_0 * S1 * S2 * S3 \quad (22)$$

Esta velocidade característica do vento permite a obtenção da pressão dinâmica do vento ( $q$ ) em  $N/m^2$ :

$$q = 0,613 * V_k^2 \quad (23)$$

Esta pressão dinâmica, com relação à área da parede, gera uma força de arrasto  $F_a$ , que pode ser calculada pela equação a seguir:

$$F_a = C_a * q * A \quad (24)$$

Esta força de arrasto é a força que atua no pavimento considerado da edificação.

No Anexo 01 são apresentadas as forças atuantes em cada pavimento em função da ação do vento.

### 4.3.3. Desaprumo

Em edifícios de andares múltiplos deve ser considerado um desaprumo global. Desta forma, para determinar a força devida ao desaprumo, calculou-se o ângulo de desaprumo, a partir da seguinte equação:

$$\varphi = \frac{1}{100} * H * 0,5 \quad (25)$$

Onde:

$H$  é a altura da edificação.

A partir disso, calculou-se a força equivalente horizontal devido ao desaprumo, através da seguinte expressão:

$$F_d = \Delta P * \varphi \quad (26)$$

Onde:

$\Delta P$  é peso total do pavimento considerado;

$\varphi$  é o ângulo para o desaprumo do eixo da estrutura (em radianos), medido através do ângulo  $\psi$ .

A Figura 11 esquematiza a força equivalente horizontal.

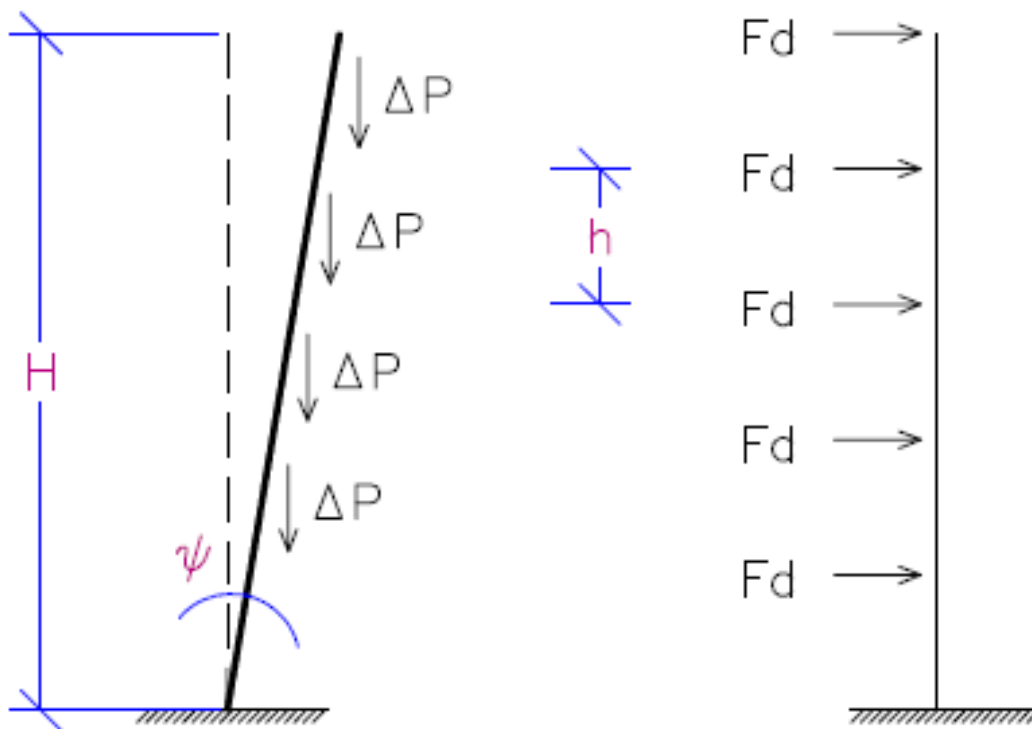
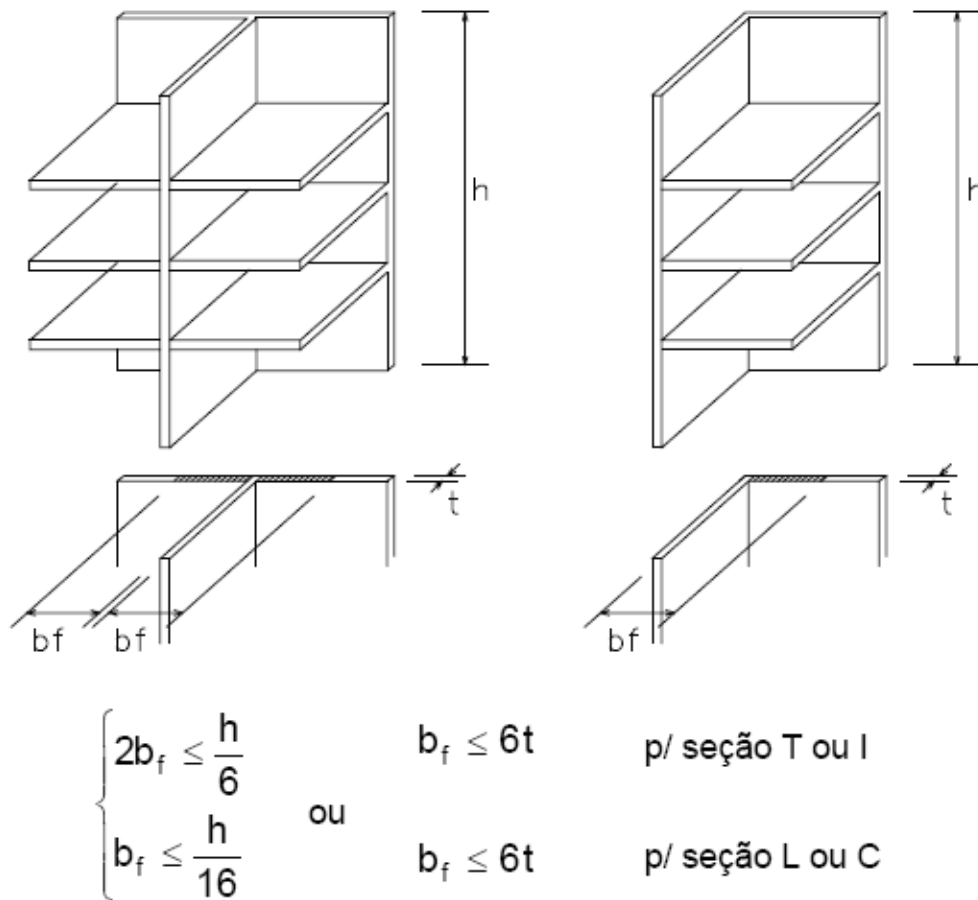


Figura 11: Força horizontal devido ao desaprumo.  
 Fonte: Ramalho & Corrêa (2003).

O Anexo 02 apresenta a força de desaprumo para o edifício em análise.

#### 4.3.4. Paredes de contraventamento

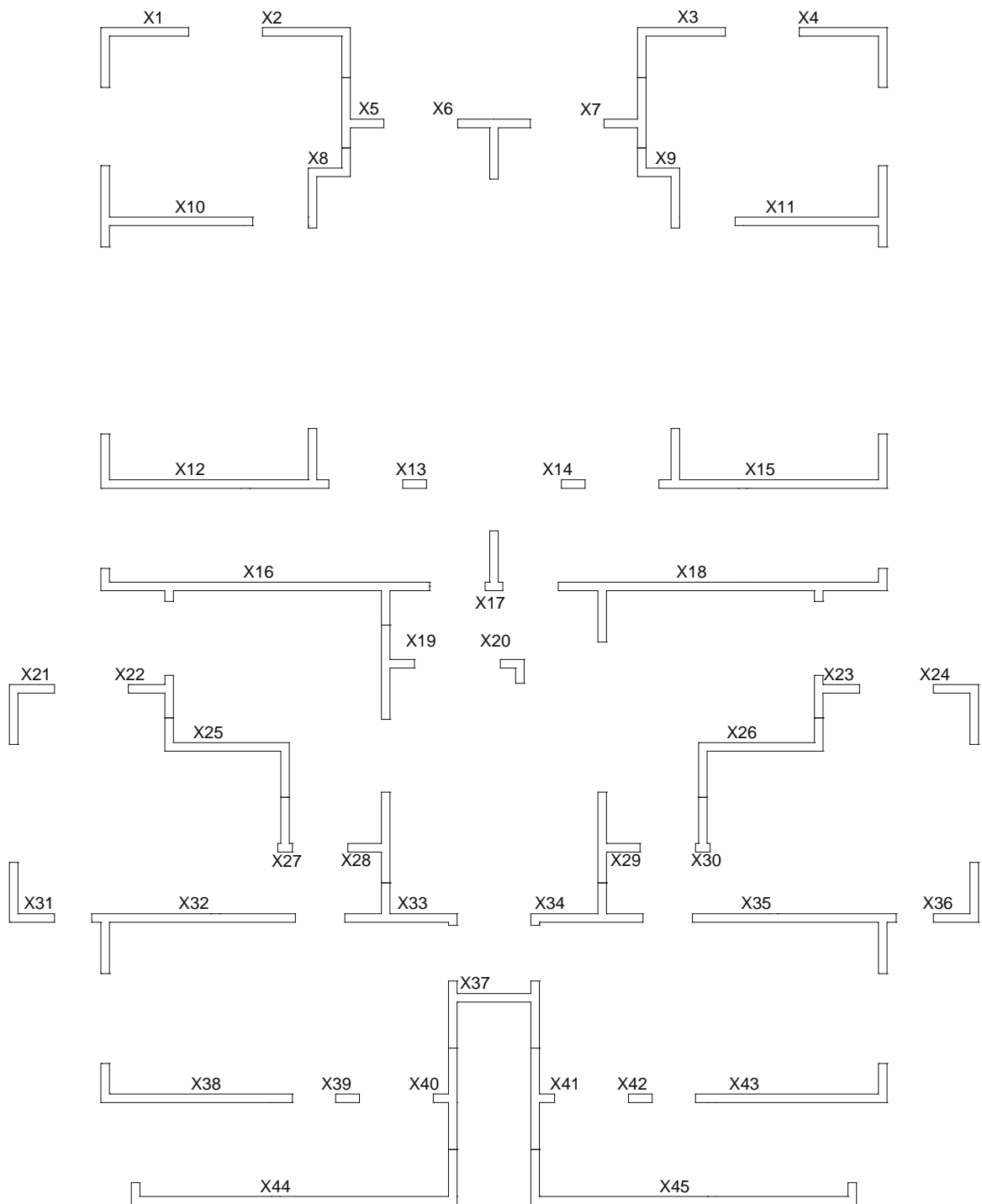
A distribuição das ações horizontais entre as paredes do pavimento é efetuada através da rigidez de cada uma. De acordo com a NBR 15961-(2011) é possível majorar as inércias das paredes de contraventamento, a partir da consideração dos flanges, que são as paredes que interceptam perpendicularmente as paredes de contraventamento. Mas para que isto possa ser considerado, é necessário que esta interceptação apresente amarração direta entre as paredes. A Figura 12 apresenta os requisitos para consideração dos flanges.



**Figura 12: Definição dos flanges.**  
**Fonte: ABNT NBR 15961-1 (2011).**

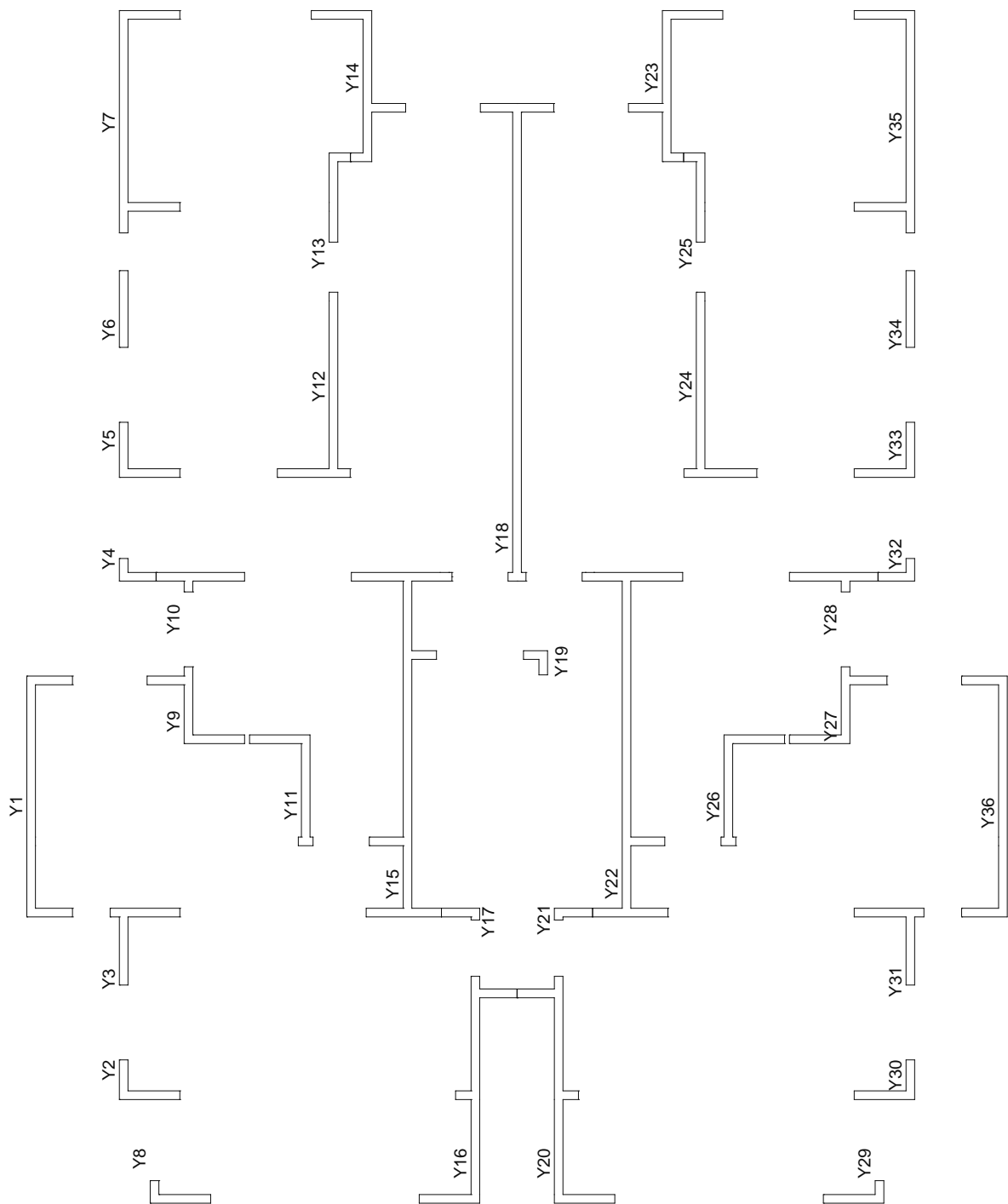
Desta forma, para as paredes do projeto considerado, como as mesmas possuem a espessura de 14 cm, as abas ou flanges considerados devem ser de 84 centímetros (6x14).

Para o cálculo da rigidez de cada parede, foram obtidos os momentos de inércia de cada parede (considerando os flanges). Estes foram calculados com o auxílio do programa AutoCAD. Este procedimento foi efetuado para as paredes de contraventamento nas duas direções do vento, ou seja, a 0° e 90°. As Figuras 13 e 14 a seguir apresentam as paredes de contraventamento consideradas nas duas direções do vento.



**Figura 13: Paredes do eixo X com suas respectivas abas.**





**Figura 14: Paredes do eixo Y com suas respectivas abas.**

O Anexo 03 apresenta as ações horizontais em cada uma das paredes, em função da ação do vento e desaprumo.

#### **4.4. ANÁLISE DOS DADOS**

Após o levantamento de todas as cargas e ações, foram aplicados os três procedimentos de cálculo, ou seja, de paredes isoladas, de grupos de paredes isoladas e de grupos de paredes com interação, e assim procedido o dimensionamento à compressão, ao cisalhamento e à flexocompressão, como apresentado nos resultados e discussões. A taxa de interação usada foi a de 50% para o procedimento de grupo de paredes com interação.

Foi feito uso dos procedimentos de cálculo da NBR 15961-1(2011), para análise dos três tipos de dimensionamento. Assim apresentam-se somente os resultados mais relevantes.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Para aplicar os três procedimentos de cálculo, isto é, a distribuição do carregamento vertical através da consideração de paredes isoladas, grupos de paredes isoladas e grupo de paredes com interação, foram realizadas análises através dos resultados de resistência à compressão, resistência ao cisalhamento e resistência à flexocompressão. Vale destacar que as análises foram efetuadas para as paredes do primeiro pavimento, por serem as paredes de maior solicitação estrutural.

### **5.1. CARREGAMENTOS**

Para o procedimento de paredes isoladas obteve-se as cargas distribuídas permanentes e acidentais conforme apresentado na Tabela 3:

Paredes	Carga Pavimento (kN/m)	
	Carga permanente(G)	Carga acidental (Q)
X1	55,76	7,96
X2	54,49	7,55
X3	53,86	7,32
X4	56,40	8,19
X5	39,84	0,00
X6	39,84	0,00
X7	39,84	0,00
X8	34,04	2,96
X9	43,32	6,04
X10	50,46	7,56
X11	48,47	6,93
X12	39,41	4,81
Y1	25,24	0,00
Y2	40,73	0,00
Y3	33,07	0,00
Y4	56,94	0,00
Y5	77,54	10,76
Y6	89,88	9,64
Y7	31,23	1,36
Y8	79,12	0,00
Y9	63,75	10,44
Y10	119,62	19,98
Y11	33,48	2,76
Y12	77,48	13,85

**Tabela 3: Carregamentos obtidos com o procedimento de paredes isoladas.**

Em relação ao procedimento que considera grupo de paredes isoladas obtiveram-se os carregamentos distribuídos conforme apresentado na Tabela 4:

Grupos	Paredes	Carga Pavimento (kN/m)	
		Carga permanente (G)	Carga acidental (Q)
1	X1, X10, Y7	46,24	5,47
2	X2, X5, X8, Y13, Y14	46,29	5,46
3	X3, X7, X9, Y23, Y25	46,62	5,62
4	X4, X11, Y35	45,96	5,44
5	X6, X17, Y18	49,76	6,95
6	Y6	70,00	8,03
7	Y34	70,10	8,02
8	X12, Y5, Y12	54,46	7,72
9	X13	79,70	11,69
10	X14	83,58	13,40
11	X15, Y24, Y33	54,66	7,50
12	X16, X19, X28, X33, Y4, Y10, Y15, Y17	51,09	6,16
13	X18, X29, X34, Y21, Y22, Y28, Y32	50,69	6,16
14	X20, Y19	69,21	8,35
15	X21, X31, Y1	46,20	4,66
16	X22, X25, X27, Y9, Y11	50,20	6,30
17	X23, X26, X30, Y26, Y27	49,90	6,24
18	X24, X36, Y36	46,47	4,91
19	X32, Y3	56,23	7,58
20	X35, Y31	56,36	7,55
21	X37, X40, X41, X44, X45, Y8, Y16, Y20, Y29	43,57	4,80
22	X38, Y2	51,36	9,23
23	X39	97,56	21,02
24	X42	97,56	20,83
25	X43, Y30	50,85	8,77

**Tabela 4: Carregamentos obtidos com o procedimento de grupo de paredes**

E, finalmente, com o procedimento de grupo de paredes com interação obteve-se as cargas distribuídas permanentes e acidentais conforme apresentado na Tabela 5:

Grupos	Paredes	Carga Pavimento (kN/m)	
		Carga permanente (G)	Carga acidental (Q)
1	X1, X10, Y7	42,38	4,72
2	X2, X5, X8, Y13, Y14	42,46	4,62
3	X3, X7, X9, Y23, Y25	43,14	4,84
4	X4, X11, Y35	41,81	4,54
5	X6, X17, Y18	49,40	7,42
6	Y6	89,88	9,64
7	Y34	90,09	9,64
8	X12, Y5, Y12	58,81	9,04
9	X13	109,29	17,16
10	X14	117,06	20,59
11	X15, Y24, Y33	59,22	8,83
12	X16, X19, X28, X33, Y4, Y10, Y15, Y17	52,07	6,33
13	X18, X29, X34, Y21, Y22, Y28, Y32	51,27	6,32
14	X20, Y19	88,32	10,70
15	X21, X31, Y1	42,30	3,35
16	X22, X25, X27, Y9, Y11	50,29	6,37
17	X23, X26, X30, Y26, Y27	49,68	6,22
18	X24, X36, Y36	42,84	3,47
19	X32, Y3	62,36	8,46
20	X35, Y31	62,60	8,53
21	X37, X40, X41, X44, X45, Y8, Y16, Y20, Y29	37,04	3,19
22	X38, Y2	52,61	8,65
23	X39	145,01	31,92
24	X42	145,01	31,92
25	X43, Y30	51,60	8,20

**Tabela 5: Carregamentos obtidos com o procedimento de grupo de paredes com interação**

Para o procedimento de paredes isoladas, analisando os carregamentos obtidos no primeiro pavimento, constata-se que as cargas permanentes estão compreendidas num intervalo entre 25,24kN/m e 170,70kN/m, sendo esta diferença de 85,21% entre os mínimos e máximos de carga. Já o intervalo de cargas de 37,04kN/m a 145,00kN/m, foi verificado no procedimento de grupo de paredes isoladas, no primeiro pavimento, com a diferença de 74,45% entre as cargas mínimas e máximas. Por derradeiro, para o procedimento com interação nos grupos de paredes o valor mínimo de carga no primeiro pavimento, foi de 43,57kN/m e o máximo foi de 97,55kN/m, tendo percentualmente 55,33% de diferença.

A parede X28 foi a parede mais solicitada no procedimento de paredes isoladas, com 170,70kN/m. Aplicando-se a uniformização no procedimento grupo de paredes o carregamento da parede X28 passou a ser de 51,26kN/m. Uniformizando as cargas com taxa de interação de 50% no procedimento grupo de paredes com interação, obteve-se a carga de 50,68kN/m para a parede X28.

Esta mesma análise, pode ser feita nas paredes com menor solicitação. Assim, para o procedimento de paredes isoladas, a parede com menor solicitação é a parede X37, com 25,24kN/m. No procedimento de grupo de paredes, a parede X37 é solicitada com uma carga de 37,04kN/m. Já a mesma parede X37, sofre uma solicitação de 47,57kN/m através do procedimento de grupo de paredes com interação.

Na Tabela 6, é possível comparar os resultados descritos nos dois parágrafos anteriores, para as paredes X28 e X37.

Método	Parede X28	Parede X37
Paredes isoladas	170,70 kN/m	25,24kN/m
Grupo de paredes isoladas	51,26 kN/m	37,04kN/m
Grupo de paredes com interação	50,68 kN/m	47,57kN/m

**Tabela 6: Exemplos de carregamentos solicitantes para os diferentes métodos.**

Logo, é possível constatar que a maior uniformização de cargas acontece para o procedimento de grupo de paredes com interação. Destaca-se que, quanto maior for essa interação, maiores cargas das paredes mais solicitadas serão transmitidas às paredes menos solicitadas. E, dessa forma, obtém-se uma maior uniformização dos carregamentos.

Para analisar as mudanças resultantes destas diferenças no detalhamento final da parede (resistência do bloco e uso de graute), apresenta-se a seguir as análises para a resistência à compressão, ao cisalhamento e à flexocompressão.

## 5.2. RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO

A partir da resistência à compressão dos prismas (dois blocos unidos com uma camada de argamassa), foi obtida a resistência à compressão dos blocos ( $f_{bk}$ ) considerando os parâmetros a seguir:

- a resistência à compressão dos prismas é 80% da resistência do bloco. Ou seja, um bloco de 5 MPa tem uma resistência do prisma de 4 MPa;
- a resistência à compressão de um prisma com graute em todos os furos é 60% superior a resistência de um prisma sem graute. Desta forma, para blocos de 5 MPa, a resistência à compressão do prisma com graute é de 6,4 MPa;
- a resistência à compressão de um prisma com graute a cada dois furos é 30% superior a resistência de um prisma sem graute. Assim, para um bloco de 5 MPa a resistência do prisma com graute a cada dois furos é de 5,2 MPa.

Para o procedimento paredes isoladas, a resistência à compressão necessária dos blocos é apresentado na Tabela 7. Nesta tabela estão dispostas as resistências à compressão do prisma ( $f_{pk}$ ), e do bloco ( $f_{bk}$ ), para cada parede, de acordo com os critérios apresentados anteriormente, bem como a solução adotada, para evitar a variação da resistência dos blocos em cada pavimento.

A NBR 6136 (2007) especifica que a resistência mínima para os blocos estruturais de concreto é de 4,5 MPa, em qualquer parede, sendo ela interna ou externa com revestimento.



Par.	fpk	fbk	Solução	Par.	fpk	fbk	Solução	
X1	2,05	4,5	5	X24	3,51	4,5	5	
X2	2,00			X25	1,49			
X3	1,97			X26	1,60			
X4	2,08			X27	2,31			
X5	1,28			X28	6,20	8,00	5 com graute em todos os furos	
X6	1,28			X29	3,84	5,5	5	
X7	1,28			X30	1,67	4,5		
X8	1,19			X31	3,32			
X9	1,59			X32	2,71			
X10	1,87			X33	2,09			
X11	1,78			X34	2,08			
X12	1,42			X35	2,72			
X13	4,07	5,5		X36	3,27			
X14	4,43	5,5		X37	0,81			
X15	1,38	4,5		X38	2,10			7,5
X16	1,55			X39	5,70			
X17	3,01			X40	5,16	6,5		
X18	1,51			X41	5,68	6,5		
X19	1,34			X42	5,70	7,5	5	
X20	2,76			X43	2,04	4,5		
X21	3,30			X44	1,30			
X22	3,30			X45	1,30			
X23	2,95	4,5						

**Tabela 7: Resistências dos blocos através do procedimento de paredes isoladas.**

Na Tabela 7 constatam-se que as resistências necessárias de bloco variaram entre 4,5 MPa a 8 MPa. Porém, considerando o aumento de resistência com o uso de graute, apenas o bloco de 5 MPa atenderia as resistências solicitadas em todas as paredes.

Usando o mesmo procedimento usado na Tabela 7, tem-se a Tabela 8, com a resistência dos blocos necessária, agora em função do procedimento de grupo de paredes isoladas.

Grupo	Paredes	fpk	fbk	Solução
1	X1, X10, Y7	1,52	4,5	4,5
2	X2, X5, X8, Y13, Y14	1,52		
3	X3, X7, X9, Y23, Y25	1,55		
4	X4, X11, Y35	1,49		
5	X6, X17, Y18	1,83		
6	Y6	3,21		
7	Y34	3,21		
8	X12, Y5, Y12	2,19		
9	X13	4,07	5	4,5 com 1graute a cada dois furos
10	X14	4,43	5,5	
11	X15, Y24, Y33	2,19	4,5	4,5
12	X16, X19, X28, X33, Y4, Y10, Y15, Y17	1,88		
13	X18, X29, X34, Y21, Y22, Y28, Y32	1,86		
14	X20, Y19	3,19		
15	X21, X31, Y1	1,47		
16	X22, X25, X27, Y9, Y11	1,82		
17	X23, X26, X30, Y26, Y27	1,80		
18	X24, X36, Y36	1,49		
19	X32, Y3	2,28		
20	X35, Y31	2,29		
21	X37, X40, X41, X44, X45, Y8, Y16, Y20, Y29	1,30		
22	X38, Y2	1,97		
23	X39	5,70	7,5	4,5 com graute em todos os furos
24	X42	5,70	7,5	
25	X43, Y30	1,93	4,5	4,5

**Tabela 8: Resistências dos blocos através do grupo de paredes isoladas.**

Na Tabela 8, a variação das resistências necessárias de bloco está entre 4,5 MPa e 7,5 MPa. Porém, da mesma forma que na Tabela 7, a maior parte das paredes requerem resistências de blocos de 4,5 MPa. Com o uso de blocos de 4,5 MPa em todas as paredes, as resistências solicitadas são atendidas, com exceção de duas paredes que precisariam de graute em todos os furos, e outras duas paredes com graute a cada dois furos.

Para o procedimento de grupo de paredes com interação, têm-se as resistências de blocos necessárias, conforme apresentado na Tabela 9.

Grupo	Paredes	fpk	fbk	Solução
1	X1, X10, Y7	1,67	4,5	4,5
2	X2, X5, X8, Y13, Y14	1,67		
3	X3, X7, X9, Y23, Y25	1,68		
4	X4, X11, Y35	1,66		
5	X6, X17, Y18	1,83		
6	Y6	2,51		
7	Y34	2,52		
8	X12, Y5, Y12	2,00		
9	X13	2,94		
10	X14	3,12		
11	X15, Y24, Y33	2,00		
12	X16, X19, X28, X33, Y4, Y10, Y15, Y17	1,84		
13	X18, X29, X34, Y21, Y22, Y28, Y32	1,83		
14	X20, Y19	2,50		
15	X21, X31, Y1	1,64		
16	X22, X25, X27, Y9, Y11	1,82		
17	X23, X26, X30, Y26, Y27	1,81		
18	X24, X36, Y36	1,65		
19	X32, Y3	2,06		
20	X35, Y31	2,06		
21	X37, X40, X41, X44, X45, Y8, Y16, Y20, Y29	1,56		
22	X38, Y2	1,95		
23	X39	3,82		
24	X42	3,81	6	
25	X43, Y30	1,92	4,5	4,5

**Tabela 9: Resistências necessárias dos blocos através do grupo de paredes com interação**

A maior uniformização de cargas, proporcionada pelo procedimento de cálculo grupo de paredes com interação, mostra que a resistência solicitada de

blocos é de 4,5 MPa e, em apenas duas paredes a resistência de bloco solicitada é de 6 MPa. Assim, é necessário que somente duas das paredes tenham a resistência aumentada com o uso de graute a cada dois furos.

É possível constatar a redução na resistência dos blocos através dos dois procedimentos de cálculo onde as paredes são analisadas em grupos com e sem interação.

Assim, constata-se que o procedimento de cálculo considerando paredes isoladas exige resistências de blocos maiores (5 MPa) que os outros dois métodos (4,5 MPa), onde existe uma determinada uniformização dos carregamentos.

### 5.2.1. Exemplo de cálculo de compressão

A seguir é apresentado um exemplo de cálculo de verificação da compressão para a parede X1, para de paredes isoladas.

Para a análise da compressão, deve-se atender a seguinte equação:

$$\frac{\gamma_f * N_k}{A} \leq \begin{cases} 1,0 \text{ paredes} \\ 0,9 \text{ pilares} \end{cases} * \frac{0,7 * f_{pk}}{\gamma_m} * \left[ 1 - \left( \frac{h_{ef}}{40 * t_{ef}} \right)^3 \right] \quad (27)$$

Substituindo, tem-se:

$$1,4 * \frac{(19,1 + 2,73)}{0,14 * 1,37 * 1000} \leq 0,7 * \frac{f_{pk}}{2} * \left[ 1 - \left( \frac{2,71}{40 * 0,14} \right)^3 \right] \quad (28)$$

$$0,159 \leq f_{pk} * 0,31 \quad (29)$$

$$f_{pk} = 0,51 \quad (30)$$

Somando-se até o térreo, tem-se:

$$f_{pk,térreo} = 2,04 \text{ MPa} \quad (31)$$

Resulta que a resistência requerida do bloco, no térreo é de 2,04 MPa.

### 5.3. RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

A resistência ao cisalhamento está diretamente relacionada com a resistência da argamassa ( $f_a$ ). Conforme a NBR 15812-1(2010) a resistência da argamassa deve ser igual a 70% da resistência do bloco.

A Tabela 10 apresenta os valores requeridos de resistência da argamassa, para cada um dos procedimentos de cálculo de paredes isoladas, ou seja, de grupos de paredes isoladas e de grupo de paredes com interação (50%).

	<b>Paredes isoladas</b>	<b>Grupo de paredes isoladas</b>	<b>Grupo de paredes com interação de 50%</b>
$f_{bk}$ (MPa)	5,00	4,50	4,50
$f_a$ (MPa)	3,50	3,15	3,15

Tabela 10: Resistências da argamassa para os diferentes procedimentos de cálculo

A partir destas resistências foi efetuada a verificação da resistência ao cisalhamento, a partir da seguinte expressão:

$$\tau_{vd} \leq f_{vd} \quad (32)$$

$$\frac{V_k * \gamma_f}{b * d} \leq \frac{f_{vk}}{\gamma_m} \quad (33)$$

Onde:

$\tau_{vd}$  é a tensão de cálculo convencional de cisalhamento;

$f_{vd}$  é a resistência de cálculo ao cisalhamento da alvenaria;

$V_k$  é a força cortante atuante;

$f_{vk}$  é a resistência característica de cisalhamento da alvenaria;

$b$  é a espessura da parede;

$d$  é a alma da parede onde as tensões de cisalhamento atuam.

A Tabela 11 a seguir apresenta os valores das tensões de cisalhamento para algumas paredes para os três processos de cálculo.

Parede	Tensões (kN/m <sup>2</sup> ) Paredes isoladas		Tensões (kN/m <sup>2</sup> ) Grupo de paredes		Tensões (kN/m <sup>2</sup> ) Grupo de paredes com interação	
	$\tau$	$\tau_d$	$\tau$	$\tau_d$	$\tau$	$\tau_d$
X1	4,39	6,14	4,39	6,14	4,39	6,14
X2	4,12	5,77	4,12	5,77	4,12	5,77
X3	4,12	5,77	4,12	5,77	4,12	5,77
X4	4,39	6,14	4,39	6,14	4,39	6,14
X5	1,16	1,62	1,16	1,62	1,16	1,62
X6	1,59	2,22	1,59	2,22	1,59	2,22
X7	1,16	1,62	1,16	1,62	1,16	1,62
X8	2,07	2,90	2,07	2,90	2,07	2,90
X9	2,07	2,90	2,07	2,90	2,07	2,90
X10	12,84	17,98	12,84	17,98	12,84	17,98
Y1	14,97	20,95	14,97	20,95	14,97	20,95
Y2	0,46	0,64	0,46	0,64	0,46	0,64
Y3	1,68	2,36	1,68	2,36	1,68	2,36
Y4	0,13	0,18	0,13	0,18	0,13	0,18
Y5	0,87	1,21	0,87	1,21	0,87	1,21
Y6	0,82	1,14	0,82	1,14	0,82	1,14
Y7	14,09	19,73	14,09	19,73	14,09	19,73
Y8	0,15	0,21	0,15	0,21	0,15	0,21
Y9	2,54	3,55	2,54	3,55	2,54	3,55
Y10	0,13	0,19	0,13	0,19	0,13	0,19

Tabela 11: Resistências ao cisalhamento.

Para os três procedimentos constata-se que a verificação ao cisalhamento é atendida, pois a tensão de cálculo para o cisalhamento ( $\tau_{vd}$ ) é menor do que a resistência de cálculo da alvenaria ( $f_{vd}$ ).

### 5.3.1. Exemplo de cálculo de cisalhamento

A seguir é apresentado um exemplo de cálculo de verificação do cisalhamento para a parede X1, para grupos de paredes com interação.

Para a análise do cisalhamento, deve-se satisfazer a seguinte equação:

$$\frac{V_k * \gamma_f}{b * d} \leq \frac{f_{vk}}{\gamma_m} \quad (34)$$

Substituindo, tem-se:

$$\frac{225,97 * 0,0039157 * 1,4}{(0,48 + 0,96) * 0,14} \leq \frac{298,64}{2} \quad (35)$$

$$6,14 \leq 149,32 \quad (36)$$

Assim verifica-se que a parede X1 passou na verificação ao cisalhamento, para a distribuição do carregamento em grupos de paredes com interação.

### 5.4. RESISTÊNCIA À FLEXOCOMPRESSÃO

Nos projetos de alvenaria estrutural, além do carregamento vertical, é comum as paredes serem solicitadas por ações laterais, geralmente devido ao carregamento atuante do vento. Assim, as paredes passam a ser submetidas simultaneamente por flexão, compressão e cisalhamento. Pela análise da resistência à flexocompressão torna-se possível a determinação da necessidade de alguns grauteamentos de paredes não resistentes à compressão na flexão nos bordos das paredes. Da mesma forma, é possível verificar se é necessário adicionar barras de aço, para auxiliar na resistência de tração quando atuam esforços de flexão.

O Anexo 04 mostra o resumo de todos os esforços atuantes no pavimento térreo, para a consideração da flexocompressão.

A Tabela 12 apresenta o número de paredes em que a verificação à flexocompressão não atendeu os parâmetros da NBR 15812-1(2010).



Verificações	Quantidade de paredes que não passaram na verificação à flexocompressão		
	Paredes isoladas	Grupo de paredes isoladas	Grupo de paredes com interação
Compressão	29 (35,80%)	20 (24,69%)	15 (18,52%)
Tração	3 (3,70%)	2 (2,47%)	2 (2,47%)

Tabela 12: Quantidade de paredes com necessidade de reforço com graute e aço.

No procedimento de paredes isoladas, 29 paredes devem receber graute, para resistir aos esforços de compressão na flexão. O Anexo 05 apresenta as quantidades de trechos a serem grauteados em cada parede.

Nas situações relativas ao procedimento de grupo de paredes isoladas, a quantidade de paredes que deve ser grauteada por não atender à verificação do esforço da compressão na flexão é de 20 paredes. Enquanto no procedimento de grupo de paredes com interação este valor cai para 15 paredes.

Para os esforços de tração na flexão, as verificações para os três procedimentos não apresentam grandes variações. Ou seja, a quantidade de paredes que necessitariam de barras de aço para contribuir na resistência aos esforços de tração é semelhante.

#### 5.4.1. Exemplo de cálculo compressão na flexão

A seguir é apresentado um exemplo de cálculo de compressão que é solicitado na flexão.

Para este exemplo, foi verificada a parede X42, para o procedimento de cálculo de grupo de paredes com interação, que não passou na verificação de compressão na flexão.

Para a análise da compressão na flexão, deve-se satisfazer as seguintes equações:

$$\frac{0,7 * Q_{acidental} + 1,4 * G}{R} + \frac{1,4 * Q_{vento}}{1,5} \leq \frac{0,7 * f_{pk}}{2,0} \quad (37)$$

$$\frac{1,4 * Q_{acidental} + 1,4 * G}{R} + \frac{0,84 * Q_{vento}}{1,5} \leq \frac{0,7 * f_{pk}}{2,0} \quad (38)$$

Tem-se R, na seguinte equação:

$$R = \left[ 1 - \left( \frac{h}{40 * t} \right)^3 \right] \quad (39)$$

$$R = \left[ 1 - \left( \frac{271}{40 * 14} \right)^3 \right] \quad (40)$$

$$R = 0,887 \quad (41)$$

Assim, substituindo os valores da tensão provocada pelo vento, bem como carga permanente no bordo esquerdo, verifica-se que há problema de compressão na flexão:

$$\frac{1,4 * 148,76 + 1,4 * 696,83}{0,887} + \frac{0,84 * 19,05}{1,5} \leq \frac{0,7 * \frac{4500}{2,0}}{2,0} \quad (42)$$

$$1345,30 \leq 787,5 \quad (43)$$

Verifica-se que não foi atendido pois:

$$1,71 > 1,0 \quad (44)$$

Então a parede X42 deve ser grauteada para resistir aos esforços de compressão na tração.

#### 5.4.2. Exemplo de cálculo de armadura de tração na flexão

A seguir é apresentado um exemplo de cálculo da armadura que auxilia na resistência à tração na flexão.

Para este exemplo, foi verificada a parede X45, para o procedimento de cálculo de grupo de paredes com interação, que não passou na verificação de tração na flexão.

Para a análise da tração na flexão, deve-se satisfazer a seguinte equação:

$$1,4 * Q_{vento} - 0,9 * G \leq \frac{f_{tk}}{\gamma_m} \quad (45)$$

Assim, substituindo os valores da tensão provocada pelo vento, bem como carga permanente no bordo esquerdo, verifica-se que não há problema de tração na flexão:

$$1,4 * 239,14 - 0,9 * 311,25 \leq \frac{200}{2} \quad (46)$$

$$54,67 \leq 100 \quad (47)$$

Já no bordo direito, substituindo os valores das tensões neste bordo, observa-se que a mesma não atende à verificação da tração na flexão:

$$1,4 * 282,67 - 0,9 * 311,25 \leq \frac{200}{2} \quad (48)$$

$$115,62 \leq 100 \quad (49)$$

Assim, se faz necessário dimensionamento do aço no bordo direito. Então, fazendo uso do diagrama combinado para os dois bordos tem-se para o esquerdo:

$$(1,4 * -239,14) - 0,9 * 311,25 \leq \frac{200}{2} \quad (50)$$

$$-614,92 \leq 100 \quad (51)$$

O diagrama combinado é apresentado na Figura 15:

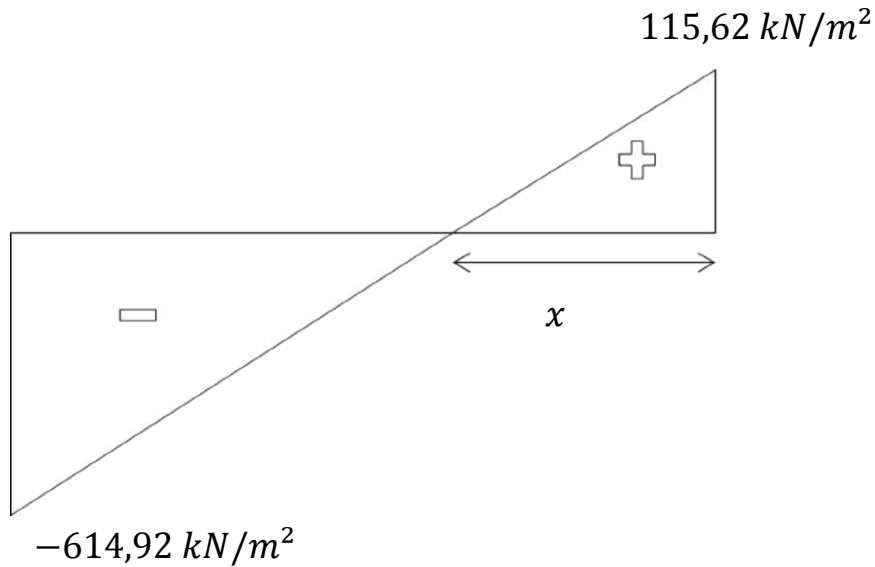


Figura 15: Diagrama combinado da parede X45.

No diagrama combinado, é possível, determinar o valor de  $x$ , através de semelhança de triângulo tomando-se que o comprimento da parede é de 5,34 metros. Este se refere ao trecho tracionado, e que receberá a área de aço para ajudar na resistência a tração na flexão.

$$\frac{115,62}{x} = \frac{115,62 + 614,92}{5,34} \quad (52)$$

$$x = 0,85 \text{ m} \quad (53)$$

Portanto constata-se o trecho da parede X45, com a aba, em que atua a força de tração, conforme a Figura 16:

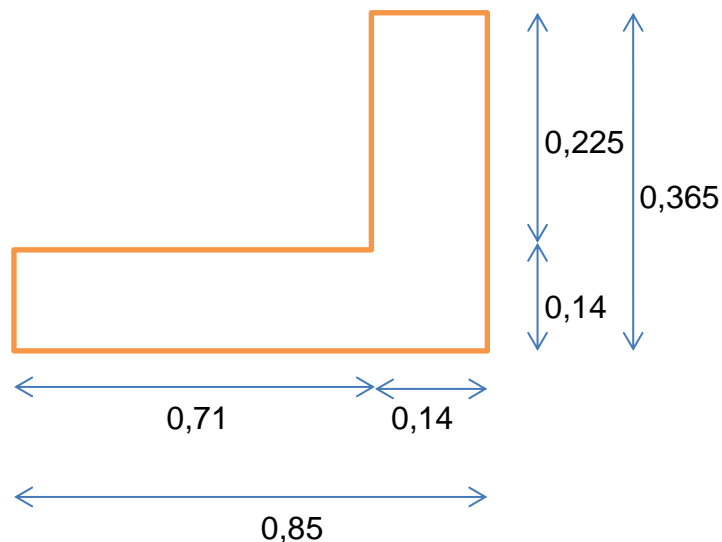


Figura 16: Trecho da parede X45

A tensão de  $115,62 \text{ kN/m}^2$ , atua na extremidade direita do triângulo direito, formado pelo diagrama combinado. Então, por semelhança de triângulo, é possível determinar a tensão que atua na extremidade direita dos 71 centímetros da parede X45, onde atuam as força de tração, de acordo com a Figura 17:

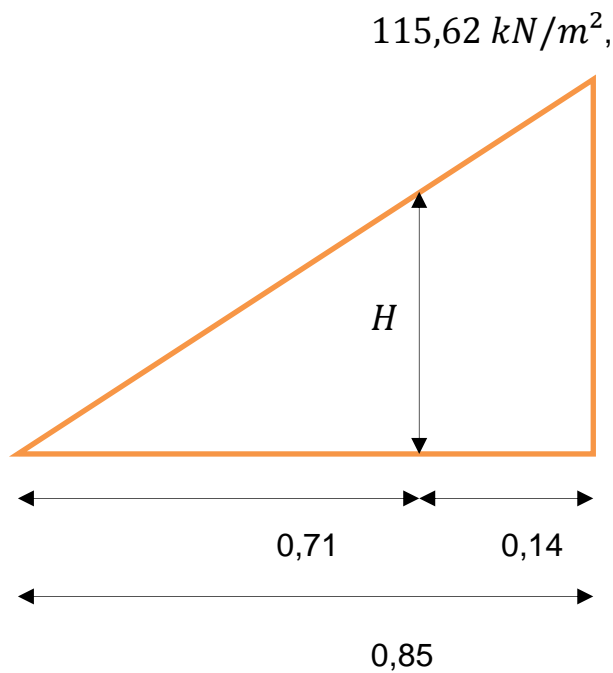


Figura 17: Tensões atuantes.

$$\frac{H}{0,71} = \frac{115,62}{0,85} \quad (54)$$

$$H = 96,47 \text{ kN/m}^2 \quad (55)$$

Para melhor entendimento dessas tensões atuantes, tem-se a Figura 18:

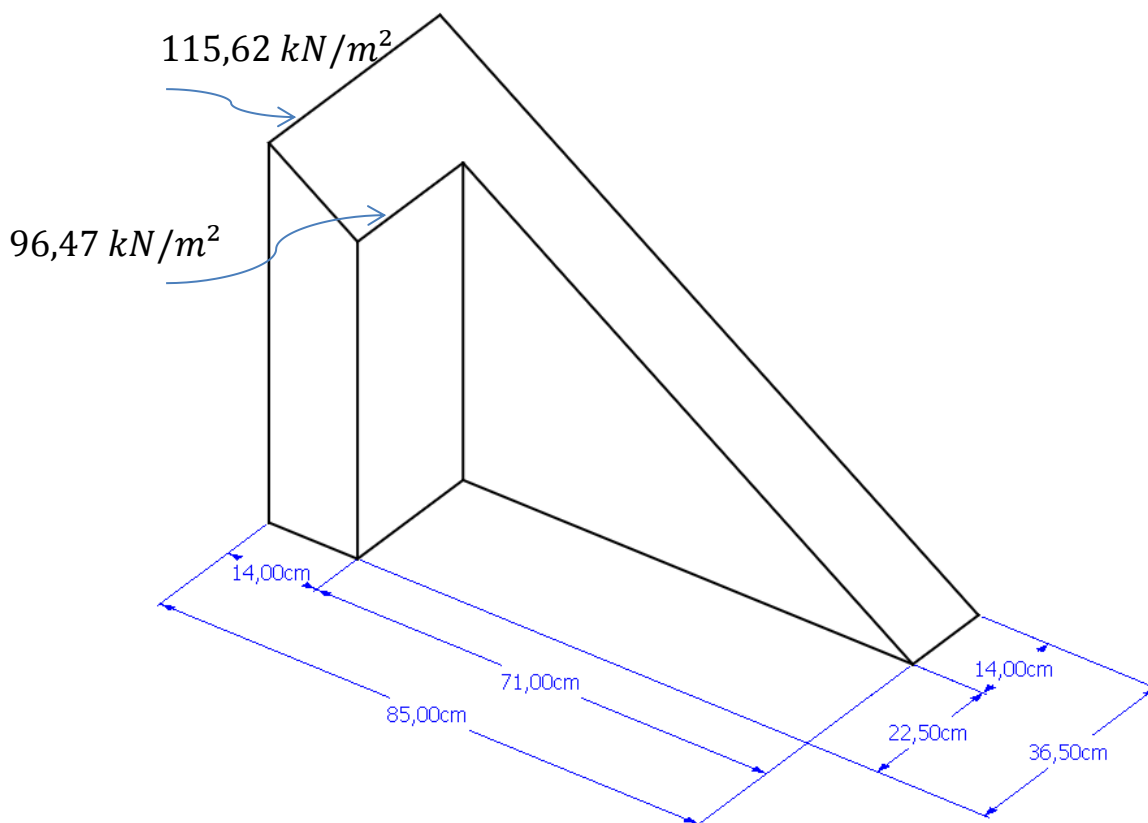


Figura 18: Esboço tridimensional de tensões atuantes.

Com estes valores, é possível calcular a força resultante de tração:

$$F_t = \frac{115,62}{2} * 0,85 * 0,14 + \frac{115,62 + 96,47}{2} * 0,225 * 0,14 \quad (56)$$

$$F_t = 10,18 \text{ kN} \quad (57)$$

Com esta força resultante, é possível determinar a área de aço e consequentemente a quantidade de barras necessária:

$$A_s = \frac{F_t}{0,5 * \frac{f_{yk}}{1,15}} \quad (58)$$

$$A_s = \frac{10,18}{0,5 * \frac{50}{1,15}} \quad (59)$$

$$A_s = 0,47 \text{ cm}^2 \quad (60)$$

A área de aço mínima exigida, é de 0,10 % da área da alma da parede, então, verifica-se:

$$A_{s,min} = 0,10\% * 534 * 14 \quad (61)$$

$$A_{s,min} = 7,48 \text{ cm}^2 \quad (62)$$

$$A_{s,min} = 7\phi 12,5\text{mm} \quad (63)$$

De tal forma, na execução, deverão ser dispostas 7 barras de aço com bitola de 12,5mm nos furos dos blocos na parte direita da parede X45, sendo que estes furos devem ser grauteados.

No Anexo 6, são apresentados os cálculos das outras paredes que não passaram na verificação de tração na flexão.

Nas tabelas do Anexo 6 é possível observar, que todos os lados de paredes exigidas na resistência à tração na flexão, não ultrapassar a exigência mínima de armaduras, que neste caso é de 7 barras de aço de 12,5mm dispostas nos furos grauteados.

Através do Anexo 5 constata-se que, para os procedimentos em que existe uma determinada uniformização dos carregamentos, apenas as parede X44 e X45 não solicitadas na resistência à tração na flexão, sendo que essa solicitação é no lado esquerdo da parede X44 e no lado direito da parede X45. Quando as paredes são consideradas isoladas, essas solicitações passam a ser para ambos os lados das paredes X44 e X45 e também para o lado direito da parede X18.

## 6. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, averigua-se que o procedimento mais seguro, é o de consideração do carregamento vertical com paredes isoladas. Pois esse requer uma resistência de bloco de 5 MPa, com a maior quantidade de paredes com graute nas verificações à compressão simples e à compressão na flexão, exigindo também o maior número de paredes com trechos com ferragem de acordo com a tração na flexão.

Acerca do procedimento de cálculo, se mostra mais econômico o que considera o carregamento vertical com grupos de paredes com interação. Afinal, esse requer resistência de bloco de 4,5 MPa e a menor quantidade calculada de paredes com graute para as verificações à compressão simples e à compressão na flexão, exigindo apenas dois trechos de parede reforçados com ferragem para resistir à tração na flexão, sendo a mesma quantidade requerida, pelo procedimento de cálculo com carregamento em grupos de paredes isolados, na mesma verificação.

Avaliando o dimensionamento à flexocompressão, na verificação de compressão, obteve-se a necessidade de grauteamento em 29 paredes para o procedimento de paredes isoladas e de 20 e 15 paredes grauteadas, respectivamente para os grupos de paredes isolados e de grupos de paredes com interação. Entretanto, na verificação à tração na flexão, foram 3 paredes que necessitaram de ferragem mínima para paredes isoladas e 2 paredes nos procedimentos onde há homogeneização.

Não objetiva-se economia tamanha que indicasse prejuízo à segurança. Então, é interessante encontrar um fator intermediário entre os procedimentos de carregamento vertical em paredes isoladas e em grupos de paredes com interação.

Nos resultados apresentados, o procedimento que resultou nas exigências intermediárias de resistência de blocos e, necessidade de grauteamento e de ferragem, é o procedimento que considera os grupos de paredes isolados.

Cada projetista deve analisar os resultados, de acordo com as possibilidades e exigências de projeto, avaliadas as diversidades de cada situação. Nessa linha, considerando a obra em estudo, sugere-se a adoção dos resultados obtidos no método de consideração do carregamento vertical em grupos de paredes isoladas.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Hércules Nunes de. **Intervenção em obra para implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural: um estudo de caso**. Florianópolis, 1995. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro. ABNT 1990.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6136**: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural: especificação. Rio de Janeiro. ABNT 2007.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15812-1**: Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos - Parte 1: Projetos. Rio de Janeiro. ABNT 2010.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15961-1**: Alvenaria estrutural - Blocos de concreto - Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro. ABNT 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15961-2**: Alvenaria estrutural - Blocos de concreto - Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro. ABNT 2011.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural – NEPAE. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira – SP, 2006.

CAPUZZO NETO, Valentin. **Estudo teórico e experimental da interação de paredes de alvenaria estrutural submetidas a ações verticais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

CAPUZZO NETO, Valentin; CORRÊA, Márcio R. S. **A interação de paredes de alvenaria estrutural submetidas a ações verticais**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. USP, São Carlos, v. 7, n. 27, p. 93-119, 2005.

OLIVEIRA, Luciane Marcela Filizola. **Cisalhamento nas interfaces verticais de paredes de edifícios de alvenaria estrutural**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

PARSEKIAN, Guilherme Aris. **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

PARSEKIAN, Guilherme A.; SOARES, Márcia M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: Projeto, Execução e Controle**. 1ª edição. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.

PEIXOTO, Paulo Henrique Hissa. **Aplicabilidade da alvenaria estrutural para edifícios de alto padrão em Fortaleza**. Florianópolis, 2005. 135p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina.

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

RAZENTE, Julio Antonio. **Aplicação de recursos computacionais em projetos de edifícios em alvenaria**. São Paulo, 2004. 190p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Universidade de São Paulo.

RICHTER, Cristiano. **Qualidade da Alvenaria Estrutural em Habitações de Baixa Renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade**. Porto Alegre, 2007. 180p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SELECTA BLOCOS. **Alvenaria Estrutural: Detalhes Construtivos**. Disponível em: <[http://www.selectablocos.com.br/ae\\_dc\\_01.html](http://www.selectablocos.com.br/ae_dc_01.html)>. Acesso em: 20 de dezembro de 2012.

SILVA, Wilson José da. **Estudo experimental de ligações entre paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos sujeitas a ações verticais**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira - SP, 2003.

TAUIL, Carlos, A.; NESE, Flávio J. M. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: PINI, 2010.

## 8. DEMAIS BIBLIOGRAFIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10837**: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro. ABNT 1989.

BRESSIANI, Lucia; GIBBERT, Fernando A. **Análise dos efeitos da consideração de diferentes formas de distribuição do carregamento vertical em projetos estruturais de alvenaria estrutural**: estudo de caso em uma obra com blocos de concreto. In: I Simpósio sobre Estruturas. 10, 2012. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2012.1 CD-ROM.

CAVALHEIRO, Odilon Pâncaro. **Alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto**: exemplo de cálculo segundo a norma brasileira. 5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries. Florianópolis, 1994

CORRÊA, Márcio R. S. **Fluxo de forças em edifícios de alvenaria estrutural**. Tese (Livre-docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

FRANCO, L. S. **Desempenho estrutural do elemento parede de alvenaria empregado na alvenaria estrutural não armada, quando submetido a esforços de compressão**. 136p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1987.

HENDRY, A. W. **Structural Brickwork**. Londres, The Macmillan Press Ltd., 1981.

MATA, R. C. **Influência do padrão de argamassamento na resistência à compressão de prismas e mini-paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Dissertação (mestrado). Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

NASCIMENTO NETO, J. A. **Investigação das solicitações de cisalhamento em edifícios de alvenaria estrutural submetidos a ações horizontais**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenaria de vedação em edifícios**. Boletim técnico. São Paulo: UPUSP, 31p. 2000.

ZAGONEL, Joni. **Diagnóstico da prática de alvenaria estrutural e análise da viabilidade de uso do sistema racionalizado com blocos cerâmicos no Vale do Taquari**. 2010, 87p. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.



## **ANEXOS**

**ANEXO 01 – Tabela de cálculo de forças atuantes em cada pavimento em função da ação do vento.**

Vento X	
I1	19,27
I2	15,89
h	10,72
I1/I2	1,21
h/I1	0,56
Ca	1,05

Classe	A
Categoria	IV
V0 (m/s)	48,00

S1	1,00
S3	1,00

b	0,86
p	0,12
Fr	1,00

Vento Y	
I1	15,89
I2	19,27
h	10,72
I1/I2	0,82
h/I1	0,67
Ca	0,93

Cálculos para vento em X						
Pavimento	Z(m)	S2	Vk (m/s)	q(KN/m2)	A (m2)	Fa (KN)
1,00	2,68	0,73	35,25	0,76	51,63	41,28
2,00	5,36	0,80	38,30	0,90	51,63	48,76
3,00	8,04	0,84	40,21	0,99	51,63	53,74
4,00	10,72	0,87	41,63	1,06	51,63	57,58

Cálculos para vento em Y						
Pavimento	Z(m)	S2	Vk (m/s)	q(KN/m2)	A (m2)	Fa (KN)
1,00	2,68	0,73	35,25	0,76	42,59	30,16
2,00	5,36	0,80	38,30	0,90	42,59	35,62
3,00	8,04	0,84	40,21	0,99	42,59	39,26
4,00	10,72	0,87	41,63	1,06	42,59	42,07

**ANEXO 02 – Força de desaprumo para o edifício.**



Vento X -Esforços com desaprumo					
Pav	F vento	F desaprumo	F total	F acumul.	M (kN.m)
4	57,58	6,15	63,73	63,73	178,46
3	53,74	6,15	59,89	123,63	524,61
2	48,76	6,15	54,91	178,54	1.024,52
1	41,28	6,15	47,44	225,97	1.657,24

Vento Y -Esforços com desaprumo					
Pav	F vento	F desaprumo	F total	F acumul.	M (kN.m)
4	42,07	6,15	48,22	48,22	135,01
3	39,26	6,15	45,41	93,63	397,18
2	35,62	6,15	41,77	135,40	776,31
1	30,16	6,15	36,31	171,72	1.257,12

**ANEXO 03 - Ações horizontais em cada uma das paredes, em função da ação do vento e do desaprumo.**

**Cargas atuantes, em cada parede, de acordo com as ações de vento e de desaprumo.**

F(kN/m)/por parede - vento + desaprumo				
PAR	4	3	2	1
X1	0,25	0,48	0,70	0,88
X2	0,23	0,45	0,66	0,83
X3	0,23	0,45	0,66	0,83
X4	0,25	0,48	0,70	0,88
X5	0,03	0,06	0,09	0,11
X6	0,07	0,14	0,21	0,26
X7	0,03	0,06	0,09	0,11
X8	0,06	0,11	0,16	0,20
X9	0,06	0,11	0,16	0,20
X10	1,26	2,45	3,54	4,48
X11	1,26	2,45	3,54	4,48
X12	4,70	9,13	13,18	16,68
X13	0,00	0,01	0,01	0,01
X14	0,00	0,01	0,01	0,01
X15	4,70	9,13	13,18	16,68
X16	9,06	17,57	25,38	32,12
X17	0,00	0,00	0,01	0,01
X18	9,58	18,59	26,85	33,98
X19	0,02	0,03	0,05	0,06
X20	0,00	0,01	0,01	0,01
X21	0,04	0,07	0,10	0,13
X22	0,03	0,06	0,09	0,12
X23	0,03	0,06	0,09	0,12
X24	0,04	0,07	0,10	0,13
X25	0,91	1,76	2,54	3,21
X26	0,91	1,76	2,54	3,21
X27	0,00	0,00	0,00	0,00
X28	0,03	0,07	0,09	0,12
X29	0,03	0,07	0,09	0,12
X30	0,00	0,00	0,00	0,00
X31	0,04	0,07	0,10	0,13
X32	2,38	4,61	6,66	8,43
X33	0,31	0,60	0,86	1,09
X34	0,31	0,60	0,86	1,09
X35	2,38	4,61	6,66	8,43
X36	0,04	0,07	0,10	0,13
X37	0,61	1,17	1,70	2,15
X38	1,87	3,62	5,23	6,62
X39	0,00	0,01	0,01	0,01
X40	0,01	0,01	0,02	0,02
X41	0,01	0,01	0,02	0,02
X42	0,00	0,01	0,01	0,01
X43	1,87	3,62	5,23	6,62
X44	10,04	19,48	28,13	35,60
X45	10,04	19,48	28,13	35,60

F(kN/m)/por parede - vento + desaprumo				
PAR	4	3	2	1
Y1	2,29	4,44	6,43	8,15
Y2	0,01	0,02	0,03	0,04
Y3	0,08	0,16	0,23	0,29
Y4	0,00	0,00	0,01	0,01
Y5	0,03	0,06	0,09	0,11
Y6	0,04	0,08	0,11	0,14
Y7	1,99	3,86	5,58	7,08
Y8	0,00	0,00	0,01	0,01
Y9	0,12	0,24	0,35	0,44
Y10	0,00	0,00	0,00	0,01
Y11	0,25	0,48	0,69	0,88
Y12	0,95	1,85	2,67	3,39
Y13	0,08	0,16	0,23	0,29
Y14	0,65	1,26	1,82	2,31
Y15	8,87	17,23	24,92	31,60
Y16	2,04	3,96	5,72	7,26
Y17	0,00	0,00	0,00	0,00
Y18	13,59	26,38	38,16	48,39
Y19	0,00	0,00	0,01	0,01
Y20	2,04	3,96	5,72	7,26
Y21	0,00	0,00	0,00	0,00
Y22	8,68	16,85	24,37	30,91
Y23	0,65	1,26	1,82	2,31
Y24	0,95	1,85	2,67	3,39
Y25	0,08	0,16	0,23	0,29
Y26	0,25	0,48	0,69	0,88
Y27	0,12	0,24	0,35	0,44
Y28	0,00	0,00	0,00	0,01
Y29	0,00	0,00	0,01	0,01
Y30	0,01	0,02	0,03	0,04
Y31	0,08	0,16	0,23	0,29
Y32	0,00	0,00	0,01	0,01
Y33	0,03	0,06	0,09	0,11
Y34	0,04	0,08	0,11	0,14
Y35	1,99	3,86	5,58	7,08
Y36	2,29	4,44	6,43	8,15

**Momentos atuantes, em cada parede, de acordo com as ações de vento e de desaprumo.**

M (kN.m)/por parede				
PAR	4	3	2	1
X1	0,70	2,05	4,01	6,49
X2	0,66	1,93	3,76	6,09
X3	0,66	1,93	3,76	6,09
X4	0,70	2,05	4,01	6,49
X5	0,09	0,26	0,51	0,82
X6	0,21	0,61	1,20	1,94
X7	0,09	0,26	0,51	0,82
X8	0,16	0,46	0,91	1,47
X9	0,16	0,46	0,91	1,47
X10	3,54	10,39	20,30	32,83
X11	3,54	10,39	20,30	32,83
X12	13,17	38,73	75,63	122,34
X13	0,01	0,02	0,04	0,07
X14	0,01	0,02	0,04	0,07
X15	13,17	38,73	75,63	122,34
X16	25,37	74,57	145,63	235,58
X17	0,01	0,01	0,03	0,05
X18	26,84	78,89	154,07	249,22
X19	0,05	0,13	0,26	0,42
X20	0,01	0,03	0,07	0,11
X21	0,10	0,31	0,60	0,97
X22	0,09	0,27	0,53	0,86
X23	0,09	0,27	0,53	0,86
X24	0,10	0,31	0,60	0,97
X25	2,54	7,46	14,56	23,55
X26	2,54	7,46	14,56	23,55
X27	0,00	0,01	0,02	0,03
X28	0,09	0,28	0,54	0,88
X29	0,09	0,28	0,54	0,88
X30	0,00	0,01	0,02	0,03
X31	0,10	0,31	0,60	0,97
X32	6,65	19,56	38,21	61,80
X33	0,86	2,53	4,95	8,00
X34	0,86	2,53	4,95	8,00
X35	6,65	19,56	38,21	61,80
X36	0,10	0,31	0,60	0,97
X37	1,70	4,99	9,74	15,75
X38	5,23	15,38	30,03	48,58
X39	0,01	0,02	0,04	0,07
X40	0,02	0,05	0,10	0,17
X41	0,02	0,05	0,10	0,17
X42	0,01	0,02	0,04	0,07
X43	5,23	15,38	30,03	48,58
X44	28,12	82,66	161,42	261,11
X45	28,12	82,66	161,42	261,11

M (kN.m)/por parede				
PAR	4	3	2	1
Y1	6,41	18,85	36,85	59,67
Y2	0,03	0,09	0,19	0,30
Y3	0,23	0,68	1,32	2,14
Y4	0,01	0,02	0,03	0,05
Y5	0,08	0,25	0,49	0,79
Y6	0,11	0,33	0,64	1,04
Y7	5,57	16,38	32,02	51,85
Y8	0,01	0,02	0,03	0,06
Y9	0,35	1,02	1,99	3,22
Y10	0,00	0,01	0,03	0,04
Y11	0,69	2,03	3,97	6,43
Y12	2,67	7,84	15,33	24,82
Y13	0,23	0,67	1,31	2,12
Y14	1,82	5,35	10,46	16,94
Y15	24,84	73,09	142,86	231,33
Y16	5,71	16,79	32,81	53,13
Y17	0,00	0,00	0,01	0,01
Y18	38,04	111,92	218,75	354,24
Y19	0,01	0,02	0,03	0,05
Y20	5,71	16,79	32,81	53,13
Y21	0,00	0,00	0,01	0,01
Y22	24,30	71,50	139,75	226,30
Y23	1,82	5,35	10,46	16,94
Y24	2,67	7,84	15,33	24,82
Y25	0,23	0,67	1,31	2,12
Y26	0,69	2,03	3,97	6,43
Y27	0,35	1,02	1,99	3,22
Y28	0,00	0,01	0,03	0,04
Y29	0,01	0,02	0,03	0,06
Y30	0,03	0,09	0,19	0,30
Y31	0,23	0,68	1,32	2,14
Y32	0,01	0,02	0,03	0,05
Y33	0,08	0,25	0,49	0,79
Y34	0,11	0,33	0,64	1,04
Y35	5,57	16,38	32,02	51,85
Y36	6,41	18,85	36,85	59,67

## **ANEXO 04 – Resumo dos esforços.**

**Resumo dos esforço nas paredes X para o procedimento de paredes isoladas**

Par	l (m4)	G (kN/m)	Q (kN/m)	F(kN)	M (kN.m)	$\sigma$ vesq (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma$ vdir (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma$ G (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma$ Q (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau$ (kN/m <sup>2</sup> )
X1	0,0664	55,76	7,96	0,88	6,49	46,96	93,76	398,30	56,84	4,39
X2	0,0623	54,49	7,55	0,83	6,09	90,73	49,98	389,23	53,96	4,12
X3	0,0623	53,86	7,32	0,83	6,09	49,98	90,73	384,70	52,31	4,12
X4	0,0664	56,40	8,19	0,88	6,49	93,76	46,96	402,83	58,49	4,39
X5	0,0084	39,84	0,00	0,11	0,82	17,75	49,68	284,56	0,00	1,16
X6	0,0199	39,84	0,00	0,26	1,94	58,14	58,14	284,56	0,00	1,59
X7	0,0084	39,84	0,00	0,11	0,82	49,68	17,75	284,56	0,00	1,16
X8	0,0150	34,04	2,96	0,20	1,47	26,34	41,08	243,14	21,14	2,07
X9	0,0150	43,32	6,04	0,20	1,47	41,08	26,34	309,43	43,14	2,07
X10	0,3360	50,46	7,56	4,48	32,83	84,53	158,79	360,44	54,01	12,84
X11	0,3360	48,47	6,93	4,48	32,83	158,79	84,53	346,19	49,51	12,84
X12	1,2519	39,41	4,81	16,68	122,34	182,62	182,84	281,50	34,32	31,86
X13	0,0007	109,29	17,16	0,01	0,07	19,05	19,05	780,65	122,58	0,17
X14	0,0007	117,06	20,59	0,01	0,07	19,05	19,05	836,13	147,10	0,17
X15	1,2519	38,45	4,36	16,68	122,34	182,84	182,62	274,61	31,15	31,86
X16	2,4108	43,08	4,92	32,12	235,58	267,11	259,58	307,68	35,14	42,57
X17	0,0005	76,55	16,80	0,01	0,05	14,17	14,17	546,81	120,00	0,16
X18	2,5504	42,30	4,60	33,98	249,22	251,66	275,03	302,13	32,89	45,03
X19	0,0043	39,00	2,60	0,06	0,42	12,27	40,49	278,57	18,57	0,77
X20	0,0011	76,93	8,79	0,01	0,11	23,83	14,28	549,51	62,79	0,26
X21	0,0099	88,60	13,70	0,13	0,97	20,57	51,74	632,88	97,87	1,27
X22	0,0089	88,60	13,70	0,12	0,86	48,72	23,59	632,88	97,87	1,14
X23	0,0089	80,15	11,34	0,12	0,86	23,59	48,72	572,53	81,01	1,14
X24	0,0099	94,01	15,07	0,13	0,97	51,74	20,57	671,48	107,65	1,27
X25	0,2410	42,04	4,12	3,21	23,55	109,82	89,52	300,29	29,43	11,25
X26	0,2410	44,56	4,96	3,21	23,55	89,52	109,82	318,29	35,43	11,25
X27	0,0003	62,10	9,47	0,00	0,03	11,73	11,73	443,57	67,65	0,13
X28	0,0090	170,70	21,85	0,12	0,88	51,47	15,95	1219,26	156,08	1,24
X29	0,0090	106,99	12,17	0,12	0,88	15,95	51,47	764,22	86,90	1,24
X30	0,0003	47,35	4,60	0,00	0,03	11,73	11,73	338,24	32,86	0,13
X31	0,0099	91,45	11,76	0,13	0,97	20,57	51,74	653,19	83,99	1,27
X32	0,6325	72,62	11,42	8,43	61,80	134,71	191,66	518,68	81,60	18,02
X33	0,0819	56,03	8,99	1,09	8,00	86,48	93,32	400,21	64,22	4,23
X34	0,0819	55,69	8,87	1,09	8,00	93,32	86,48	397,81	63,37	4,23
X35	0,6325	72,95	11,52	8,43	61,80	191,66	134,71	521,07	82,28	18,02
X36	0,0099	90,17	11,29	0,13	0,97	51,74	20,57	644,04	80,66	1,27
X37	0,1612	25,24	0,00	2,15	15,75	72,80	72,80	180,29	0,00	10,30
X38	0,4972	54,86	10,29	6,62	48,58	133,28	173,55	391,83	73,48	15,07
X39	0,0007	145,01	31,92	0,01	0,07	19,05	19,05	1035,76	228,03	0,17
X40	0,0017	131,12	29,02	0,02	0,17	28,78	9,33	936,56	207,30	0,42
X41	0,0017	142,45	33,99	0,02	0,17	9,33	28,78	1017,50	242,81	0,42
X42	0,0007	145,01	31,92	0,01	0,07	19,05	19,05	1035,76	228,03	0,17
X43	0,4972	53,65	9,74	6,62	48,58	173,55	133,28	383,25	69,61	15,07
X44	2,6721	36,44	4,04	35,60	261,11	282,67	239,14	260,29	28,86	47,62
X45	2,6721	36,48	4,00	35,60	261,11	239,14	282,67	260,57	28,57	47,62

**Resumo dos esforço nas paredes Y para o procedimento de paredes isoladas**

Par	l (m4)	G (kN/m)	Q (kN/m)	F(kN)	M (kN.m)	σ vsup (kN/m2)	σ vinf (kN/m2)	σ G (kN/m2)	σ Q (kN/m2)	σ (kN/m2)
Y1	1,2776	25,24	0,00	8,15	59,67	90,83	90,83	180,29	0,00	14,97
Y2	0,0064	40,73	0,00	0,04	0,30	8,32	21,57	290,95	0,00	0,46
Y3	0,0458	33,07	0,00	0,29	2,14	40,36	17,55	236,23	0,00	1,68
Y4	0,0010	56,94	0,00	0,01	0,05	5,61	11,44	406,68	0,00	0,13
Y5	0,0169	77,54	10,76	0,11	0,79	12,28	29,29	553,87	76,85	0,87
Y6	0,0222	89,88	9,64	0,14	1,04	28,95	28,95	642,03	68,86	0,82
Y7	1,1102	31,23	1,36	7,08	51,85	86,43	81,22	223,04	9,71	14,09
Y8	0,0012	79,12	0,00	0,01	0,06	4,86	12,19	565,11	0,00	0,15
Y9	0,0690	63,75	10,44	0,44	3,22	25,09	32,82	455,35	74,59	2,54
Y10	0,0009	119,62	19,98	0,01	0,04	10,64	4,07	854,46	142,74	0,13
Y11	0,1376	33,48	2,76	0,88	6,43	52,24	31,35	239,14	19,71	3,50
Y12	0,5315	77,48	13,85	3,39	24,82	52,64	86,99	553,41	98,90	8,10
Y13	0,0455	56,40	9,66	0,29	2,12	37,41	29,84	402,85	68,99	1,44
Y14	0,3627	29,71	1,49	2,31	16,94	63,20	50,75	212,19	10,63	6,77
Y15	4,9534	39,86	4,52	31,60	231,33	134,22	125,67	284,74	32,25	40,56
Y16	1,1376	27,09	0,43	7,26	53,13	80,70	90,46	193,50	3,07	14,14
Y17	0,0002	61,56	9,34	0,00	0,01	5,27	3,60	439,71	66,68	0,05
Y18	7,5852	49,54	8,13	48,39	354,24	198,01	162,29	353,86	58,08	44,80
Y19	0,0011	99,70	12,60	0,01	0,05	11,39	6,83	712,17	90,00	0,13
Y20	1,1376	27,09	0,43	7,26	53,13	80,70	90,46	193,50	3,07	14,14
Y21	0,0002	61,56	9,34	0,00	0,01	5,27	3,60	439,71	66,68	0,05
Y22	4,8456	47,86	6,03	30,91	226,30	131,31	128,59	341,82	43,11	39,68
Y23	0,3627	29,71	1,49	2,31	16,94	63,20	50,75	212,19	10,63	6,77
Y24	0,5315	79,75	13,85	3,39	24,82	52,64	86,99	569,67	98,90	8,10
Y25	0,0455	56,37	9,66	0,29	2,12	37,41	29,84	402,65	68,99	1,44
Y26	0,1376	33,48	2,76	0,88	6,43	52,24	31,35	239,14	19,71	3,50
Y27	0,0690	63,75	10,44	0,44	3,22	25,09	32,82	455,35	74,59	2,54
Y28	0,0009	119,62	19,98	0,01	0,04	10,64	4,07	854,46	142,74	0,13
Y29	0,0012	79,12	0,00	0,01	0,06	4,86	12,19	565,11	0,00	0,15
Y30	0,0064	40,73	0,00	0,04	0,30	8,32	21,57	290,95	0,00	0,46
Y31	0,0458	33,07	0,00	0,29	2,14	40,36	17,55	236,23	0,00	1,68
Y32	0,0010	56,94	0,00	0,01	0,05	5,61	11,44	406,68	0,00	0,13
Y33	0,0169	77,54	10,76	0,11	0,79	12,28	29,29	553,87	76,85	0,87
Y34	0,0222	90,09	9,64	0,14	1,04	28,95	28,95	643,51	68,86	0,82
Y35	1,1102	31,23	1,36	7,08	51,85	86,43	81,22	223,09	9,71	14,09
Y36	1,2776	25,24	0,00	8,15	59,67	90,83	90,83	180,29	0,00	14,97

**Resumo dos esforços nas paredes X para o procedimento de grupos de paredes isolados**

Par	l (m4)	G (kN/m)	Q (kN/m)	F(kN)	M (kN.m)	$\sigma$ vesq (kN/m2)	$\sigma$ vdir (kN/m2)	$\sigma$ G (kN/m2)	$\sigma$ Q (kN/m2)	$\tau$ (kN/m2)
X1	0,0664	42,38	4,72	0,88	6,49	46,96	93,76	302,71	33,68	4,39
X2	0,0623	42,46	4,62	0,83	6,09	90,73	49,98	303,31	33,00	4,12
X3	0,0623	43,14	4,84	0,83	6,09	49,98	90,73	308,15	34,59	4,12
X4	0,0664	41,81	4,54	0,88	6,49	93,76	46,96	298,64	32,42	4,39
X5	0,0084	42,46	4,62	0,11	0,82	17,75	49,68	303,31	33,00	1,16
X6	0,0199	49,40	7,42	0,26	1,94	58,14	58,14	352,89	53,03	1,59
X7	0,0084	43,14	4,84	0,11	0,82	49,68	17,75	308,15	34,59	1,16
X8	0,0150	42,46	4,62	0,20	1,47	26,34	41,08	303,31	33,00	2,07
X9	0,0150	43,14	4,84	0,20	1,47	41,08	26,34	308,15	34,59	2,07
X10	0,3360	42,38	4,72	4,48	32,83	84,53	158,79	302,71	33,68	12,84
X11	0,3360	41,81	4,54	4,48	32,83	158,79	84,53	298,64	32,42	12,84
X12	1,2519	58,81	9,04	16,68	122,34	182,62	182,84	420,05	64,60	31,86
X13	0,0007	109,29	17,16	0,01	0,07	19,05	19,05	780,65	122,58	0,17
X14	0,0007	117,06	20,59	0,01	0,07	19,05	19,05	836,13	147,10	0,17
X15	1,2519	59,22	8,83	16,68	122,34	182,84	182,62	423,03	63,04	31,86
X16	2,4108	52,07	6,33	32,12	235,58	267,11	259,58	371,90	45,20	42,57
X17	0,0005	49,40	7,42	0,01	0,05	14,17	14,17	352,89	53,03	0,16
X18	2,5504	51,27	6,32	33,98	249,22	251,66	275,03	366,24	45,13	45,03
X19	0,0043	52,07	6,33	0,06	0,42	12,27	40,49	371,90	45,20	0,77
X20	0,0011	88,32	10,70	0,01	0,11	23,83	14,28	630,84	76,39	0,26
X21	0,0099	42,30	3,35	0,13	0,97	20,57	51,74	302,11	23,94	1,27
X22	0,0089	50,29	6,37	0,12	0,86	48,72	23,59	359,23	45,47	1,14
X23	0,0089	49,68	6,22	0,12	0,86	23,59	48,72	354,89	44,42	1,14
X24	0,0099	42,84	3,47	0,13	0,97	51,74	20,57	305,99	24,79	1,27
X25	0,2410	50,29	6,37	3,21	23,55	109,82	89,52	359,23	45,47	11,25
X26	0,2410	49,68	6,22	3,21	23,55	89,52	109,82	354,89	44,42	11,25
X27	0,0003	50,29	6,37	0,00	0,03	11,73	11,73	359,23	45,47	0,13
X28	0,0090	52,07	6,33	0,12	0,88	51,47	15,95	371,90	45,20	1,24
X29	0,0090	51,27	6,32	0,12	0,88	15,95	51,47	366,24	45,13	1,24
X30	0,0003	49,68	6,22	0,00	0,03	11,73	11,73	354,89	44,42	0,13
X31	0,0099	42,30	3,35	0,13	0,97	20,57	51,74	302,11	23,94	1,27
X32	0,6325	62,36	8,46	8,43	61,80	134,71	191,66	445,41	60,43	18,02
X33	0,0819	52,07	6,33	1,09	8,00	86,48	93,32	371,90	45,20	4,23
X34	0,0819	51,27	6,32	1,09	8,00	93,32	86,48	366,24	45,13	4,23
X35	0,6325	62,60	8,53	8,43	61,80	191,66	134,71	447,17	60,94	18,02
X36	0,0099	42,84	3,47	0,13	0,97	51,74	20,57	305,99	24,79	1,27
X37	0,1612	37,04	3,19	2,15	15,75	72,80	72,80	264,59	22,78	10,30
X38	0,4972	52,61	8,65	6,62	48,58	133,28	173,55	375,81	61,81	15,07
X39	0,0007	145,01	31,92	0,01	0,07	19,05	19,05	1035,76	228,03	0,17
X40	0,0017	37,04	3,19	0,02	0,17	28,78	9,33	264,59	22,78	0,42
X41	0,0017	37,04	3,19	0,02	0,17	9,33	28,78	264,59	22,78	0,42
X42	0,0007	145,01	31,92	0,01	0,07	19,05	19,05	1035,76	228,03	0,17
X43	0,4972	51,60	8,20	6,62	48,58	173,55	133,28	368,60	58,55	15,07
X44	2,6721	37,04	3,19	35,60	261,11	282,67	239,14	264,59	22,78	47,62
X45	2,6721	37,04	3,19	35,60	261,11	239,14	282,67	264,59	22,78	47,62



**Resumo dos esforço nas paredes Y para o procedimento de grupos de paredes isolados**

Par	l (m4)	G (kN/m)	Q (kN/m)	F(kN)	M (kN.m)	$\sigma$ vsup (kN/m2)	$\sigma$ vinf (kN/m2)	$\sigma$ G (kN/m2)	$\sigma$ Q (kN/m2)	$\tau$ (kN/m2)
Y1	1,2776	42,30	3,35	8,15	59,67	90,83	90,83	302,11	23,94	14,97
Y2	0,0064	52,61	8,65	0,04	0,30	8,32	21,57	375,81	61,81	0,46
Y3	0,0458	62,36	8,46	0,29	2,14	40,36	17,55	445,41	60,43	1,68
Y4	0,0010	52,07	6,33	0,01	0,05	5,61	11,44	371,90	45,20	0,13
Y5	0,0169	58,81	9,04	0,11	0,79	12,28	29,29	420,05	64,60	0,87
Y6	0,0222	89,88	9,64	0,14	1,04	28,95	28,95	642,03	68,86	0,82
Y7	1,1102	42,38	4,72	7,08	51,85	86,43	81,22	302,71	33,68	14,09
Y8	0,0012	37,04	3,19	0,01	0,06	4,86	12,19	264,59	22,78	0,15
Y9	0,0690	50,29	6,37	0,44	3,22	25,09	32,82	359,23	45,47	2,54
Y10	0,0009	52,07	6,33	0,01	0,04	10,64	4,07	371,90	45,20	0,13
Y11	0,1376	50,29	6,37	0,88	6,43	52,24	31,35	359,23	45,47	3,50
Y12	0,5315	58,81	9,04	3,39	24,82	52,64	86,99	420,05	64,60	8,10
Y13	0,0455	42,46	4,62	0,29	2,12	37,41	29,84	303,31	33,00	1,44
Y14	0,3627	42,46	4,62	2,31	16,94	63,20	50,75	303,31	33,00	6,77
Y15	4,9534	52,07	6,33	31,60	231,33	134,22	125,67	371,90	45,20	40,56
Y16	1,1376	37,04	3,19	7,26	53,13	80,70	90,46	264,59	22,78	14,14
Y17	0,0002	52,07	6,33	0,00	0,01	5,27	3,60	371,90	45,20	0,05
Y18	7,5852	49,40	7,42	48,39	354,24	198,01	162,29	352,89	53,03	44,80
Y19	0,0011	88,32	10,70	0,01	0,05	11,39	6,83	630,84	76,39	0,13
Y20	1,1376	37,04	3,19	7,26	53,13	80,70	90,46	264,59	22,78	14,14
Y21	0,0002	51,27	6,32	0,00	0,01	5,27	3,60	366,24	45,13	0,05
Y22	4,8456	51,27	6,32	30,91	226,30	131,31	128,59	366,24	45,13	39,68
Y23	0,3627	43,14	4,84	2,31	16,94	63,20	50,75	308,15	34,59	6,77
Y24	0,5315	59,22	8,83	3,39	24,82	52,64	86,99	423,03	63,04	8,10
Y25	0,0455	43,14	4,84	0,29	2,12	37,41	29,84	308,15	34,59	1,44
Y26	0,1376	49,68	6,22	0,88	6,43	52,24	31,35	354,89	44,42	3,50
Y27	0,0690	49,68	6,22	0,44	3,22	25,09	32,82	354,89	44,42	2,54
Y28	0,0009	51,27	6,32	0,01	0,04	10,64	4,07	366,24	45,13	0,13
Y29	0,0012	37,04	3,19	0,01	0,06	4,86	12,19	264,59	22,78	0,15
Y30	0,0064	51,60	8,20	0,04	0,30	8,32	21,57	368,60	58,55	0,46
Y31	0,0458	62,60	8,53	0,29	2,14	40,36	17,55	447,17	60,94	1,68
Y32	0,0010	51,27	6,32	0,01	0,05	5,61	11,44	366,24	45,13	0,13
Y33	0,0169	59,22	8,83	0,11	0,79	12,28	29,29	423,03	63,04	0,87
Y34	0,0222	90,09	9,64	0,14	1,04	28,95	28,95	643,51	68,86	0,82
Y35	1,1102	41,81	4,54	7,08	51,85	86,43	81,22	298,64	32,42	14,09
Y36	1,2776	42,84	3,47	8,15	59,67	90,83	90,83	305,99	24,79	14,97

**Resumo dos esforço nas paredes X para o procedimento de grupos de paredes com interação**

Par	l (m4)	G (kN/m)	Q (kN/m)	F(kN)	M (kN.m)	$\sigma$ vesq (kN/m2)	$\sigma$ vdir (kN/m2)	$\sigma$ G (kN/m2)	$\sigma$ Q (kN/m2)	$\tau$ (kN/m2)
X1	0,0664	46,24	5,47	0,88	6,49	46,96	93,76	330,31	39,08	4,39
X2	0,0623	46,29	5,46	0,83	6,09	90,73	49,98	330,61	39,04	4,12
X3	0,0623	46,62	5,62	0,83	6,09	49,98	90,73	333,03	40,12	4,12
X4	0,0664	45,96	5,44	0,88	6,49	93,76	46,96	328,27	38,88	4,39
X5	0,0084	46,29	5,46	0,11	0,82	17,75	49,68	330,61	39,04	1,16
X6	0,0199	49,76	6,95	0,26	1,94	58,14	58,14	355,39	49,65	1,59
X7	0,0084	46,62	5,62	0,11	0,82	49,68	17,75	333,03	40,12	1,16
X8	0,0150	46,29	5,46	0,20	1,47	26,34	41,08	330,61	39,04	2,07
X9	0,0150	46,62	5,62	0,20	1,47	41,08	26,34	333,03	40,12	2,07
X10	0,3360	46,24	5,47	4,48	32,83	84,53	158,79	330,31	39,08	12,84
X11	0,3360	45,96	5,44	4,48	32,83	158,79	84,53	328,27	38,88	12,84
X12	1,2519	54,46	7,72	16,68	122,34	182,62	182,84	388,98	55,12	31,86
X13	0,0007	79,70	11,69	0,01	0,07	19,05	19,05	569,27	83,51	0,17
X14	0,0007	83,58	13,40	0,01	0,07	19,05	19,05	597,02	95,72	0,17
X15	1,2519	54,66	7,50	16,68	122,34	182,84	182,62	390,46	53,58	31,86
X16	2,4108	51,09	6,16	32,12	235,58	267,11	259,58	364,90	44,03	42,57
X17	0,0005	49,76	6,95	0,01	0,05	14,17	14,17	355,39	49,65	0,16
X18	2,5504	50,69	6,16	33,98	249,22	251,66	275,03	362,07	43,97	45,03
X19	0,0043	51,09	6,16	0,06	0,42	12,27	40,49	364,90	44,03	0,77
X20	0,0011	69,21	8,35	0,01	0,11	23,83	14,28	494,37	59,62	0,26
X21	0,0099	46,20	4,66	0,13	0,97	20,57	51,74	330,01	33,32	1,27
X22	0,0089	50,20	6,30	0,12	0,86	48,72	23,59	358,57	45,00	1,14
X23	0,0089	49,90	6,24	0,12	0,86	23,59	48,72	356,39	44,59	1,14
X24	0,0099	46,47	4,91	0,13	0,97	51,74	20,57	331,94	35,04	1,27
X25	0,2410	50,20	6,30	3,21	23,55	109,82	89,52	358,57	45,00	11,25
X26	0,2410	49,90	6,24	3,21	23,55	89,52	109,82	356,39	44,59	11,25
X27	0,0003	50,20	6,30	0,00	0,03	11,73	11,73	358,57	45,00	0,13
X28	0,0090	51,09	6,16	0,12	0,88	51,47	15,95	364,90	44,03	1,24
X29	0,0090	50,69	6,16	0,12	0,88	15,95	51,47	362,07	43,97	1,24
X30	0,0003	49,90	6,24	0,00	0,03	11,73	11,73	356,39	44,59	0,13
X31	0,0099	46,20	4,66	0,13	0,97	20,57	51,74	330,01	33,32	1,27
X32	0,6325	56,23	7,58	8,43	61,80	134,71	191,66	401,65	54,12	18,02
X33	0,0819	51,09	6,16	1,09	8,00	86,48	93,32	364,90	44,03	4,23
X34	0,0819	50,69	6,16	1,09	8,00	93,32	86,48	362,07	43,97	4,23
X35	0,6325	56,36	7,55	8,43	61,80	191,66	134,71	402,54	53,92	18,02
X36	0,0099	46,47	4,91	0,13	0,97	51,74	20,57	331,94	35,04	1,27
X37	0,1612	43,57	4,80	2,15	15,75	72,80	72,80	311,25	34,27	10,30
X38	0,4972	51,36	9,23	6,62	48,58	133,28	173,55	366,86	65,90	15,07
X39	0,0007	97,56	21,02	0,01	0,07	19,05	19,05	696,83	150,11	0,17
X40	0,0017	43,57	4,80	0,02	0,17	28,78	9,33	311,25	34,27	0,42
X41	0,0017	43,57	4,80	0,02	0,17	9,33	28,78	311,25	34,27	0,42
X42	0,0007	97,56	20,83	0,01	0,07	19,05	19,05	696,83	148,77	0,17
X43	0,4972	50,85	8,77	6,62	48,58	173,55	133,28	363,25	62,64	15,07
X44	2,6721	43,57	4,80	35,60	261,11	282,67	239,14	311,25	34,27	47,62
X45	2,6721	43,57	4,80	35,60	261,11	239,14	282,67	311,25	34,27	47,62

**Resumo dos esforço nas paredes Y para o procedimento de grupos de paredes com interação**

Par	l (m4)	G (kN/m)	Q (kN/m)	F(kN)	M (kN.m)	$\sigma$ vsup (kN/m2)	$\sigma$ vinf (kN/m2)	$\sigma$ G (kN/m2)	$\sigma$ Q (kN/m2)	$\tau$ (kN/m2)
Y1	1,2776	46,20	4,66	8,15	59,67	90,83	90,83	330,01	33,32	14,97
Y2	0,0064	51,36	9,23	0,04	0,30	8,32	21,57	366,86	65,90	0,46
Y3	0,0458	56,23	7,58	0,29	2,14	40,36	17,55	401,65	54,12	1,68
Y4	0,0010	51,09	6,16	0,01	0,05	5,61	11,44	364,90	44,03	0,13
Y5	0,0169	54,46	7,72	0,11	0,79	12,28	29,29	388,98	55,12	0,87
Y6	0,0222	70,00	8,03	0,14	1,04	28,95	28,95	499,96	57,37	0,82
Y7	1,1102	46,24	5,47	7,08	51,85	86,43	81,22	330,31	39,08	14,09
Y8	0,0012	43,57	4,80	0,01	0,06	4,86	12,19	311,25	34,27	0,15
Y9	0,0690	50,20	6,30	0,44	3,22	25,09	32,82	358,57	45,00	2,54
Y10	0,0009	51,09	6,16	0,01	0,04	10,64	4,07	364,90	44,03	0,13
Y11	0,1376	50,20	6,30	0,88	6,43	52,24	31,35	358,57	45,00	3,50
Y12	0,5315	54,46	7,72	3,39	24,82	52,64	86,99	388,98	55,12	8,10
Y13	0,0455	46,29	5,46	0,29	2,12	37,41	29,84	330,61	39,04	1,44
Y14	0,3627	46,29	5,46	2,31	16,94	63,20	50,75	330,61	39,04	6,77
Y15	4,9534	51,09	6,16	31,60	231,33	134,22	125,67	364,90	44,03	40,56
Y16	1,1376	43,57	4,80	7,26	53,13	80,70	90,46	311,25	34,27	14,14
Y17	0,0002	51,09	6,16	0,00	0,01	5,27	3,60	364,90	44,03	0,05
Y18	7,5852	49,76	6,95	48,39	354,24	198,01	162,29	355,39	49,65	44,80
Y19	0,0011	69,21	8,35	0,01	0,05	11,39	6,83	494,37	59,62	0,13
Y20	1,1376	43,57	4,80	7,26	53,13	80,70	90,46	311,25	34,27	14,14
Y21	0,0002	50,69	6,16	0,00	0,01	5,27	3,60	362,07	43,97	0,05
Y22	4,8456	50,69	6,16	30,91	226,30	131,31	128,59	362,07	43,97	39,68
Y23	0,3627	46,62	5,62	2,31	16,94	63,20	50,75	333,03	40,12	6,77
Y24	0,5315	54,66	7,50	3,39	24,82	52,64	86,99	390,46	53,58	8,10
Y25	0,0455	46,62	5,62	0,29	2,12	37,41	29,84	333,03	40,12	1,44
Y26	0,1376	49,90	6,24	0,88	6,43	52,24	31,35	356,39	44,59	3,50
Y27	0,0690	49,90	6,24	0,44	3,22	25,09	32,82	356,39	44,59	2,54
Y28	0,0009	50,69	6,16	0,01	0,04	10,64	4,07	362,07	43,97	0,13
Y29	0,0012	43,57	4,80	0,01	0,06	4,86	12,19	311,25	34,27	0,15
Y30	0,0064	50,85	8,77	0,04	0,30	8,32	21,57	363,25	62,64	0,46
Y31	0,0458	56,36	7,55	0,29	2,14	40,36	17,55	402,54	53,92	1,68
Y32	0,0010	50,69	6,16	0,01	0,05	5,61	11,44	362,07	43,97	0,13
Y33	0,0169	54,66	7,50	0,11	0,79	12,28	29,29	390,46	53,58	0,87
Y34	0,0222	70,10	8,02	0,14	1,04	28,95	28,95	500,71	57,31	0,82
Y35	1,1102	45,96	5,44	7,08	51,85	86,43	81,22	328,27	38,88	14,09
Y36	1,2776	46,47	4,91	8,15	59,67	90,83	90,83	331,94	35,04	14,97

**ANEXO 05 – Parede as serem grauteadas nas solicitações de compressão na flexão.**

**Paredes a serem grauteadas pelo método de parede isoladas**

Par	i-esq	ii-esq	i-dir	ii-dir	Grautear?
X13	1,64	1,54	1,64	1,54	Sim
X14	1,79	1,66	1,79	1,66	Sim
X17	1,21	1,11	1,21	1,11	Sim
X20	1,12	1,07	1,11	1,06	Sim
X21	1,33	1,25	1,35	1,29	Sim
X22	1,35	1,28	1,33	1,26	Sim
X23	1,19	1,13	1,21	1,16	Sim
X24	1,44	1,36	1,42	1,33	Sim
X28	2,51	2,40	2,49	2,36	Sim
X29	1,55	1,47	1,57	1,51	Sim
X31	1,34	1,28	1,36	1,31	Sim
X32	1,17	1,15	1,21	1,21	Sim
X35	1,21	1,22	1,17	1,16	Sim
X36	1,34	1,29	1,32	1,26	Sim
X39	2,29	2,09	2,29	2,09	Sim
X40	2,08	1,91	2,07	1,89	Sim
X41	2,28	2,06	2,29	2,09	Sim
X42	2,29	2,09	2,29	2,09	Sim
Y5	1,15	1,08	1,16	1,10	Sim
Y6	1,30	1,25	1,30	1,25	Sim
Y8	1,02	1,02	1,03	1,03	Sim
Y10	1,81	1,68	1,80	1,67	Sim
Y12	1,21	1,14	1,23	1,18	Sim
Y19	1,45	1,38	1,45	1,37	Sim
Y24	1,24	1,17	1,26	1,21	Sim
Y28	1,81	1,68	1,80	1,67	Sim
Y29	1,02	1,02	1,03	1,03	Sim
Y33	1,15	1,08	1,16	1,10	Sim
Y34	1,30	1,25	1,30	1,25	Sim

**Paredes a serem grauteadas pelo método de grupo de parede isoladas**

Par	i-esq	ii-esq	i-dir	ii-dir	Grautear?
X12	1,101221	1,123065	1,101378	1,123325	Sim
X13	1,823849	1,71004	1,823849	1,71004	Sim
X14	1,984189	1,845813	1,984189	1,845813	Sim
X15	1,104214	1,127724	1,104058	1,127463	Sim
X16	1,025917	1,107251	1,020564	1,09833	Sim
X18	1,003441	1,077527	1,020059	1,105223	Sim
X20	1,43443	1,369169	1,427644	1,357859	Sim
X32	1,10963	1,112933	1,150126	1,180426	Sim
X35	1,154678	1,184474	1,114182	1,116981	Sim
X38	0,971891	0,973132	1,000526	1,020857	Sim
X39	2,546496	2,327018	2,546496	2,327018	Sim
X42	2,546496	2,327018	2,546496	2,327018	Sim
X43	0,97953	1,003128	0,950895	0,955402	Sim
Y3	1,042532	1,001104	1,026315	0,974074	Sim
Y6	1,445392	1,390113	1,445392	1,390113	Sim
Y12	1,008794	0,969019	1,033219	1,009728	Sim
Y19	1,425585	1,354426	1,422342	1,349021	Sim
Y24	1,01163	0,973417	1,036056	1,014126	Sim
Y31	1,047084	1,005151	1,030866	0,978122	Sim
Y34	1,448371	1,393091	1,448371	1,393091	Sim

**Paredes a serem grauteadas pelo método de grupo de parede com interação**

Par	i-esq	ii-esq	i-dir	ii-dir	Grautear?
X12	1,019955	1,05129	1,020112	1,051551	Sim
X13	1,321896	1,247242	1,321896	1,247242	Sim
X14	1,401964	1,315077	1,401964	1,315077	Sim
X15	1,019998	1,052984	1,019841	1,052723	Sim
X16	1,00954	1,09205	1,004187	1,083128	Sim
X18	0,992776	1,068017	1,009393	1,095712	Sim
X20	1,127278	1,078831	1,120492	1,067521	Sim
X32	1,009279	1,018912	1,049775	1,086405	Sim
X35	1,051148	1,087977	1,010652	1,020484	Sim
X38	0,962132	0,959278	0,990767	1,007004	Sim
X39	1,711032	1,569637	1,711032	1,569637	Sim
X42	1,70834	1,568291	1,70834	1,568291	Sim
Y6	1,137623	1,093863	1,137623	1,093863	Sim
Y19	1,118433	1,064088	1,115189	1,058683	Sim
Y34	1,139005	1,095298	1,139005	1,095298	Sim

**ANEXO 06 – Dimensionamento das paredes quanto à força de tração na flexão.**

Esquerda			
Parede	X18	Isolada	
Qk,vento	251,66	kN/m <sup>2</sup>	
Gk	302,13	kN/m <sup>2</sup>	
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>	
Parede	5,39	m	
Verificação	80,42	≤	100,00
Combinado		kN/m <sup>2</sup>	
x		m	
Aba	0,8400	m	
Parede	0,14	m	
Ação na aba		kN/m <sup>2</sup>	
Ação na alma		kN/m <sup>2</sup>	
Tração		kN	
As		cm <sup>2</sup>	
As,min		cm <sup>2</sup>	
As,adotado		cm <sup>2</sup>	
Barras		φ	16mm
Ou		φ	12,5mm
Ou		φ	10mm

Direita			
Parede	X18	Isolada	
Qk,vento	275,03	kN/m <sup>2</sup>	
Gk	302,13	kN/m <sup>2</sup>	
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>	
Parede	5,39	m	
Verificação	113,13	≤	100,00
Combinado	-624,24	kN/m <sup>2</sup>	
x	0,83	m	
Aba	0,2250	m	
Parede	0,14	m	
Ação na aba	113,13	kN/m <sup>2</sup>	
Ação na alma	93,98	kN/m <sup>2</sup>	
Tração	9,81	kN	
As	0,45	cm <sup>2</sup>	
As,min	7,55	cm <sup>2</sup>	
As,adotado	7,55	cm <sup>2</sup>	
Barras	4,00	φ	16mm
Ou	7,00	φ	12,5mm
Ou	10,00	φ	10mm

Esquerda			
Parede	X44	Isolada	
Qk,vento	282,67	kN/m <sup>2</sup>	
Gk	260,29	kN/m <sup>2</sup>	
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>	
Parede	5,34	m	
Verificação	161,48	≤	100,00
Combinado	-569,05	kN/m <sup>2</sup>	
x	1,18	m	
Aba	0,2250	m	
Parede	0,14	m	
Ação na aba	161,48	kN/m <sup>2</sup>	
Ação na alma	142,33	kN/m <sup>2</sup>	
Tração	18,13	kN	
As	0,83	cm <sup>2</sup>	
As,min	7,48	cm <sup>2</sup>	
As,adotado	7,48	cm <sup>2</sup>	
Barras	4,00	φ	16mm
Ou	7,00	φ	12,5mm
Ou	10,00	φ	10mm

Direita			
Parede	X44	Isolada	
Qk,vento	239,14	kN/m <sup>2</sup>	
Gk	260,29	kN/m <sup>2</sup>	
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>	
Parede	5,34	m	
Verificação	100,54	≤	100,00
Combinado	-630,00	kN/m <sup>2</sup>	
x	0,73	m	
Aba	0,7675	m	
Parede	0,14	m	
Ação na aba	100,54	kN/m <sup>2</sup>	
Ação na alma	81,39	kN/m <sup>2</sup>	
Tração	14,95	kN	
As	0,69	cm <sup>2</sup>	
As,min	7,48	cm <sup>2</sup>	
As,adotado	7,48	cm <sup>2</sup>	
Barras	4,00	φ	16mm
Ou	7,00	φ	12,5mm
Ou	10,00	φ	10mm

Esquerda			
Parede	X45	Isolada	
Qk,vento	239,14	kN/m <sup>2</sup>	
Gk	260,57	kN/m <sup>2</sup>	
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>	
Parede	5,34	m	
Verificação	100,28	≤	100,00
Combinado	-630,25	kN/m <sup>2</sup>	
x	0,73	m	
Aba	0,7675	m	
Parede	0,14	m	
Ação na aba	100,28	kN/m <sup>2</sup>	
Ação na alma	81,13	kN/m <sup>2</sup>	
Tração	14,89	kN	
As	0,69	cm <sup>2</sup>	
As,min	7,48	cm <sup>2</sup>	
As,adotado	7,48	cm <sup>2</sup>	
Barras	4,00	φ	16mm
Ou	7,00	φ	12,5mm
Ou	10,00	φ	10mm

Direita			
Parede	X45	Isolada	
Qk,vento	282,67	kN/m <sup>2</sup>	
Gk	260,57	kN/m <sup>2</sup>	
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>	
Parede	5,34	m	
Verificação	161,22	≤	100,00
Combinado	-569,31	kN/m <sup>2</sup>	
x	1,18	m	
Aba	0,2250	m	
Parede	0,14	m	
Ação na aba	161,22	kN/m <sup>2</sup>	
Ação na alma	142,07	kN/m <sup>2</sup>	
Tração	18,08	kN	
As	0,83	cm <sup>2</sup>	
As,min	7,48	cm <sup>2</sup>	
As,adotado	7,48	cm <sup>2</sup>	
Barras	4,00	φ	16mm
Ou	7,00	φ	12,5mm
Ou	10,00	φ	10mm



Esquerda		
Parede	X44	Grupos
Qk,vento	282,67	kN/m <sup>2</sup>
Gk	264,59	kN/m <sup>2</sup>
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>
Parede	5,34	m
Verificação	157,61	≤ 100,00
Combinado	-572,93	kN/m <sup>2</sup>
x	1,15	m
Aba	0,2250	m
Parede	0,14	m
Ação na aba	157,61	kN/m <sup>2</sup>
Ação na alma	138,46	kN/m <sup>2</sup>
Tração	17,37	kN
As	0,80	cm <sup>2</sup>
As,min	7,48	cm <sup>2</sup>
As,adotado	7,48	cm <sup>2</sup>
Barras	4,00	φ 16mm
Ou	7,00	φ 12,5mm
Ou	10,00	φ 10mm

Direita		
Parede	X44	Grupos
Qk,vento	239,14	kN/m <sup>2</sup>
Gk	264,59	kN/m <sup>2</sup>
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>
Parede	5,34	m
Verificação	96,66	≤ 100,00
Combinado		kN/m <sup>2</sup>
x		m
Aba	0,7675	m
Parede	0,14	m
Ação na aba		kN/m <sup>2</sup>
Ação na alma		kN/m <sup>2</sup>
Tração		kN
As		cm <sup>2</sup>
As,min		cm <sup>2</sup>
As,adotado		cm <sup>2</sup>
Barras		φ 16mm
Ou		φ 12,5mm
Ou		φ 10mm

Esquerda		
Parede	X45	Grupos
Qk,vento	239,14	kN/m <sup>2</sup>
Gk	264,59	kN/m <sup>2</sup>
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>
Parede	5,34	m
Verificação	96,66	≤ 100,00
Combinado		kN/m <sup>2</sup>
x		m
Aba	0,7675	m
Parede	0,14	m
Ação na aba		kN/m <sup>2</sup>
Ação na alma		kN/m <sup>2</sup>
Tração		kN
As		cm <sup>2</sup>
As,min		cm <sup>2</sup>
As,adotado		cm <sup>2</sup>
Barras		φ 16mm
Ou		φ 12,5mm
Ou		φ 10mm

Direita		
Parede	X45	Grupos
Qk,vento	282,67	kN/m <sup>2</sup>
Gk	264,59	kN/m <sup>2</sup>
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>
Parede	5,34	m
Verificação	157,61	≤ 100,00
Combinado	-572,93	kN/m <sup>2</sup>
x	1,15	m
Aba	0,2250	m
Parede	0,14	m
Ação na aba	157,61	kN/m <sup>2</sup>
Ação na alma	138,46	kN/m <sup>2</sup>
Tração	17,37	kN
As	0,80	cm <sup>2</sup>
As,min	7,48	cm <sup>2</sup>
As,adotado	7,48	cm <sup>2</sup>
Barras	4,00	φ 16mm
Ou	7,00	φ 12,5mm
Ou	10,00	φ 10mm

Esquerda		
Parede	X44	Interação
Qk,vento	282,67	kN/m <sup>2</sup>
Gk	311,25	kN/m <sup>2</sup>
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>
Parede	5,34	m
Verificação	115,62	≤ 100,00
Combinado	-614,92	kN/m <sup>2</sup>
x	0,85	m
Aba	0,2250	m
Parede	0,14	m
Ação na aba	115,62	kN/m <sup>2</sup>
Ação na alma	96,47	kN/m <sup>2</sup>
Tração	10,18	kN
As	0,47	cm <sup>2</sup>
As,min	7,48	cm <sup>2</sup>
As,adotado	7,48	cm <sup>2</sup>
Barras	4,00	φ 16mm
Ou	7,00	φ 12,5mm
Ou	10,00	φ 10mm

Direita		
Parede	X44	Interação
Qk,vento	239,14	kN/m <sup>2</sup>
Gk	311,25	kN/m <sup>2</sup>
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>
Parede	5,34	m
Verificação	54,67	≤ 100,00
Combinado		kN/m <sup>2</sup>
x		m
Aba	0,7675	m
Parede	0,14	m
Ação na aba		kN/m <sup>2</sup>
Ação na alma		kN/m <sup>2</sup>
Tração		kN
As		cm <sup>2</sup>
As,min		cm <sup>2</sup>
As,adotado		cm <sup>2</sup>
Barras		φ 16mm
Ou		φ 12,5mm
Ou		φ 10mm

Esquerda		
Parede	X45	Interação
Qk,vento	239,14	kN/m <sup>2</sup>
Gk	311,25	kN/m <sup>2</sup>
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>
Parede	5,34	m
Verificação	54,67	≤ 100,00
Combinado		kN/m <sup>2</sup>
x		m
Aba	0,7675	m
Parede	0,14	m
Ação na aba		kN/m <sup>2</sup>
Ação na alma		kN/m <sup>2</sup>
Tração		kN
As		cm <sup>2</sup>
As,min		cm <sup>2</sup>
As,adotado		cm <sup>2</sup>
Barras		φ 16mm
Ou		φ 12,5mm
Ou		φ 10mm

Direita		
Parede	X45	Interação
Qk,vento	282,67	kN/m <sup>2</sup>
Gk	311,25	kN/m <sup>2</sup>
ftk	200,00	kN/m <sup>2</sup>
Parede	5,34	m
Verificação	115,62	≤ 100,00
Combinado	-614,92	kN/m <sup>2</sup>
x	0,85	m
Aba	0,2250	m
Parede	0,14	m
Ação na aba	115,62	kN/m <sup>2</sup>
Ação na alma	96,47	kN/m <sup>2</sup>
Tração	10,18	kN
As	0,47	cm <sup>2</sup>
As,min	7,48	cm <sup>2</sup>
As,adotado	7,48	cm <sup>2</sup>
Barras	4,00	φ 16mm
Ou	7,00	φ 12,5mm
Ou	10,00	φ 10mm