

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

A INFLUÊNCIA DAS AÇÕES DE VENTO E SÍSMICAS NO DIMENSIONAMENTO DE  
EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS

ANA BEATRIZ DO NASCIMENTO

JUIZ DE FORA - MG

2026

# A INFLUÊNCIA DAS AÇÕES DE VENTO E SÍSMICAS NO DIMENSIONAMENTO DE EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS

ANA BEATRIZ DO NASCIMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil da  
Universidade Federal de Juiz de Fora, como  
requisito parcial à obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia Civil.

Área de Conhecimento: Estruturas

Orientador: Prof. Dr. Rodolfo de Azevedo  
Palhares

Juiz de Fora - MG

Faculdade de Engenharia da UFJF

2026

# A INFLUÊNCIA DAS AÇÕES DE VENTO E SÍSMICAS NO DIMENSIONAMENTO DE EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS

ANA BEATRIZ DO NASCIMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora constituída de acordo com a Resolução Nº 01/2018 do Colegiado do Curso de Engenharia Civil, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em:

Por:

---

Prof. RODOLFO DE AZEVEDO PALHARES, D.Sc. (Orientador)  
Universidade Federal de Juiz de Fora/Departamento de Estruturas

---

Prof. CLEBER MAESTRI GONÇALVES, M.Sc. (Examinador 01)  
Universidade Federal de Juiz de Fora/Departamento de Estruturas

---

Prof. WANDERSON FERNANDO MAIA, D.Sc. (Examinador 02)  
Universidade Federal de Juiz de Fora/Departamento de Estruturas

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, expresso minha mais sincera gratidão por toda a dedicação, paciência e confiança ao longo desta jornada. Mais do que transmitir o embasamento teórico e fornecer toda a base necessária para a realização deste trabalho, foi um grande incentivador em todos os momentos. Seu apoio constante, sua disponibilidade e suas palavras de encorajamento foram fundamentais para que eu superasse os desafios encontrados durante essa caminhada. Obrigada por acreditar em mim, por não permitir que eu desistisse diante das dificuldades e por contribuir de forma tão significativa para minha formação acadêmica e profissional.

Aos meus pais, Paulo e Eliza, agradeço por todo o amor, pelos ensinamentos, pelos valores e pela educação que me proporcionaram ao longo da vida. Cada conquista alcançada é reflexo da dedicação, do esforço e dos inúmeros sacrifícios que fizeram por mim. Sem vocês, este momento jamais seria possível. Esta vitória também é de vocês.

À minha irmã, Karina, por ser meu porto seguro, meu ombro amigo e a pessoa para quem sempre corro quando preciso. Obrigada por estar ao meu lado em todos os momentos, por me ouvir, me apoiar e acreditar em mim. Você é a minha maior referência de esforço, dedicação e perseverança. Tudo o que conquistou é fruto da sua determinação e do seu trabalho, e acompanhar sua trajetória sempre foi uma das minhas maiores inspirações. Sem você, eu sequer existiria, e grande parte da pessoa que sou hoje é graças a você e a tudo o que aprendi ao seu lado. Obrigada por tornar essa caminhada mais leve e por fazer de cada conquista minha uma conquista sua também.

À Laura, obrigada por todo o companheirismo ao longo desses quatro anos. Obrigada por acreditar em mim, muitas vezes, mais do que eu mesma fui capaz de acreditar; por sempre enxergar o melhor em mim, me incentivar, me fortalecer e me fazer acreditar, a cada dia, que eu era capaz de chegar até aqui. Obrigada por nunca soltar a minha mão e por jamais me deixar enfrentar qualquer desafio sozinha. Obrigada por ser meu abraço e meu ombro nos momentos em que precisei chorar, por dividir comigo cada angústia e cada conquista e, principalmente, por estar sempre na primeira fileira, vibrando, torcendo e aplaudindo cada etapa que consegui superar ao longo dessa caminhada. Ter você ao meu lado tornou essa jornada muito mais leve, e essa conquista também tem um pouco de você.

Aos meus amigos Diego e Maria, agradeço por caminharem ao meu lado ao longo de todos esses anos. Vocês foram fundamentais não apenas durante esta etapa da minha vida, mas em todas as outras que passaram. Obrigada por cada palavra de incentivo, pela compreensão nos momentos de ausência, pelas conversas, pelos conselhos e por estarem sempre dispostos a

me ouvir. A amizade de vocês tornou essa caminhada muito mais leve e especial, e sou imensamente grata por ter vocês ao meu lado.

Aos meus primos Nathália, Jessiane e Rayan, agradeço por todo o carinho, pela paciência e por estarem sempre ao meu lado. Obrigada por me acolherem nos momentos em que mais precisei, por me ouvirem e por estarem sempre dispostos a ajudar no que fosse necessário. Obrigada também por cada mensagem e encontro que, em meio aos dias mais difíceis, conseguiu arrancar de mim sorrisos sinceros e tornar essa caminhada mais leve. Em especial à Nathália, obrigada por ter me dado um dos maiores motivos para sorrir durante essa etapa: a Aurora. Cada foto, vídeo e momento compartilhado com ela fez meus dias mais felizes e trouxe leveza justamente quando eu mais precisava. O apoio, o carinho e a presença de vocês fizeram toda a diferença ao longo dessa caminhada.

Aos meus amigos de faculdade, agradeço por tornarem essa jornada mais leve e especial. Obrigada pelos momentos compartilhados, pelas conversas, pelas risadas em meio aos dias mais cansativos, pela parceria nos trabalhos e pelo apoio durante todos esses anos. Dividir essa caminhada com vocês fez toda a diferença.

Agradeço, também, aos membros da banca examinadora por terem aceitado participar deste momento tão importante da minha formação acadêmica. Sou grata pela disponibilidade em dedicar seu tempo à leitura e à avaliação deste trabalho. Tenho grande respeito pela trajetória acadêmica e profissional de cada um de vocês e acredito que suas contribuições serão de imenso valor, enriquecendo esta pesquisa e contribuindo para meu crescimento como futura engenheira.

À Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), agradeço pelos ensinamentos, pelas oportunidades proporcionadas ao longo da graduação e por contribuir de forma tão significativa para minha formação acadêmica e profissional.

Por fim, agradeço a Deus, que conduziu cada passo desta trajetória. Foi Ele quem me concedeu sabedoria, força, serenidade e perseverança para enfrentar os desafios e não desistir diante das dificuldades. A Ele entrego minha gratidão por ter guiado meu caminho até a concretização deste sonho.

*“A ciência pode nos dizer o que existe; a engenharia cria aquilo que nunca existiu.”*

*Theodore von Kármán*

## RESUMO

Embora as ações sísmicas ainda não sejam consideradas de forma rotineira no dimensionamento de edificações em alvenaria estrutural no Brasil, a publicação da ABNT NBR 15421:2006 introduz critérios para a consideração dessas ações no projeto de todos os tipos de edificações, inclusive naquelas em alvenaria estrutural. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo investigar a influência da altura da edificação no dimensionamento de edifícios em alvenaria estrutural submetidos às ações de vento, desaprumo e sismo. Para isso, foram analisadas duas edificações com a mesma configuração arquitetônica, compostas por quatro e doze pavimentos, considerando a Classe de Terreno D, todas as zonas sísmicas brasileiras, os coeficientes de comportamento sísmico  $R = 1,5$  e  $R = 3,0$ , além da comparação entre os critérios da Normativa Atual e do Projeto de Revisão da ABNT NBR 16868-1 – Alvenaria estrutural – Parte 1: Projeto. As análises contemplaram a distribuição das ações horizontais, as verificações estruturais ao cisalhamento, à compressão e à tração devido à flexão, bem como a avaliação da armadura requerida na parede crítica e da quantidade de paredes que foram reprovadas no dimensionamento sísmico frente ao dimensionamento devido ao vento e desaprumo. Os resultados indicaram que, para as edificações analisadas, as ações sísmicas exerceram maior influência que as ações de vento e desaprumo, sendo essa diferença mais pronunciada na edificação de doze pavimentos. Observou-se, ainda, que o Projeto de Revisão conduziu, de modo geral, a um dimensionamento mais conservador nas verificações ao cisalhamento e à tração devido à flexão, aumentando o número de paredes que necessitaram de armadura. Conclui-se que a consideração das ações sísmicas pelo Método das Forças Horizontais Equivalentes (MFHE) pode alterar significativamente o dimensionamento de edificações em alvenaria estrutural, inclusive em regiões de baixa sismicidade, e que, para a configuração estrutural investigada, a edificação de doze pavimentos apresentou maior sensibilidade aos efeitos sísmicos quando comparada à edificação de quatro pavimentos.

Palavras-chave: edifícios altos; ações horizontais; estabilidade global; projeto estrutural; sismicidade brasileira.

## ABSTRACT

Although seismic actions are not yet routinely considered in the design of structural masonry buildings in Brazil, the publication of ABNT NBR 15421:2023 introduced criteria for accounting for these actions in such structures. In this context, this study aimed to investigate the influence of building height on the design of structural masonry buildings subjected to wind, out-of-plumb, and seismic actions. To this end, two buildings with the same architectural configuration, comprising four and twelve stories, were analyzed for Site Class D and all Brazilian seismic zones, using seismic response modification coefficients  $R = 1.5$  and  $R = 3.0$ . The design criteria of the current standard were also compared with those of the Draft Revision of ABNT NBR 16868-1. The analyses included the distribution of horizontal actions; structural verifications for shear, compression, and flexural tension; and an assessment of the reinforcement required in the critical wall, as well as the number of walls failing the seismic design checks relative to those governed by wind and out-of-plumb actions. The results indicated that, for the buildings analyzed, seismic actions had a greater influence than wind and out-of-plumb actions, with this difference being more pronounced in the twelve-story building. Furthermore, the Draft Revision generally resulted in a more conservative design for shear and flexural tension checks, increasing the number of walls requiring reinforcement. It is concluded that considering seismic actions through the Equivalent Lateral Force (ELF) method can significantly affect the design of structural masonry buildings, even in regions of low seismicity, and that, for the structural configuration investigated, the twelve-story building exhibited greater sensitivity to seismic effects than the four-story building.

**Keywords:** tall buildings; horizontal actions; global stability; structural design; Brazilian seismicity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1 – Distribuição de tensões de tração ao longo da parede, considerando o flange. ....                                                             | 41  |
| Figura 2 – Parâmetros de cálculo para as tensões solicitantes e resistentes de cisalhamento. .                                                           | 44  |
| Figura 3 – Modelo simplificado de paredes isoladas aplicado para edifício de 4 e 12 pavimentos.<br>.....                                                 | 46  |
| Figura 4 – Isopletas de velocidade básica $V_0$ (m/s). ....                                                                                              | 49  |
| Figura 5 – Mapeamento da aceleração sísmica horizontal característica no Brasil para os<br>terrenos da classe B (“Rocha”). ....                          | 53  |
| Figura 6 – Planta baixa do pavimento tipo; dimensões em metros (m). ....                                                                                 | 60  |
| Figura 7 – Corte esquemático do pavimento tipo. ....                                                                                                     | 61  |
| Figura 8 – Sobreposição entre isopletas e mapa de zonas sísmicas. ....                                                                                   | 63  |
| Figura 9 – Nomenclatura das paredes do pavimento tipo. ....                                                                                              | 64  |
| Figura 10 – Configuração das charneiras plásticas das lajes do pavimento tipo. ....                                                                      | 65  |
| Figura 11 – Grupos de parede do pavimento tipo. ....                                                                                                     | 67  |
| Figura 12 – Painéis de contraventamento com flanges na direção X; dimensões em metros (m).<br>.....                                                      | 78  |
| Figura 13 – Painéis de contraventamento com flanges na direção Y; dimensões em metros (m).<br>.....                                                      | 79  |
| Figura 14 – Força horizontal devido ao sismo em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos,<br>Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ . ....  | 108 |
| Figura 15 – Força horizontal devido ao sismo em cada pavimento para edifício de 12<br>pavimentos, Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ . .... | 109 |
| Figura 16 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zona Sísmica<br>1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ . ....                  | 121 |

|                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 17 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ .                   | 122 |
| Figura 18 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ .                    | 134 |
| Figura 19 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ .                   | 135 |
| Figura 20 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ .                    | 144 |
| Figura 21 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ .                   | 145 |
| Figura 22 – Forças horizontais de vento e sismo para todas as Zonas Sísmicas, Classes de Terreno D e $R = 1,5$ para a edificação de 4 pavimentos.  | 155 |
| Figura 23 – Forças horizontais de vento e sismo para todas as Zonas Sísmicas, Classes de Terreno D e $R = 1,5$ para a edificação de 12 pavimentos. | 155 |
| Figura 24 – Forças horizontais de vento e sismo para todas as Zonas Sísmicas, Classes de Terreno D e $R = 3,0$ para a edificação de 4 pavimentos.  | 156 |
| Figura 25 – Forças horizontais de vento e sismo para todas as Zonas Sísmicas, Classes de Terreno D e $R = 3,0$ para a edificação de 12 pavimentos. | 156 |
| Figura 26 – Parede PAX6 com seu flange.                                                                                                            | 158 |
| Figura 27 – Taxa de armadura da parede PAX6 para o edifício de 4 pavimentos.                                                                       | 166 |
| Figura 28 – Taxa de armadura da parede PAX6 para o edifício de 12 pavimentos.                                                                      | 167 |
| Figura 29 – Quantidade de paredes reprovadas no dimensionamento ao cisalhamento, em ambas as direções para a edificação de 4 pavimentos.           | 169 |
| Figura 30 – Quantidade de paredes reprovadas no dimensionamento ao cisalhamento, em ambas as direções para a edificação de 12 pavimentos.          | 169 |

|                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 31 – Quantidade de paredes reprovadas no dimensionamento à compressão devido à flexão, em ambas as direções para a edificação de 4 pavimentos. ....  | 170 |
| Figura 32 – Quantidade de paredes reprovadas no dimensionamento à compressão devido à flexão, em ambas as direções para a edificação de 12 pavimentos. .... | 170 |
| Figura 33 – Quantidade de paredes reprovadas no dimensionamento à tração devido à flexão, em ambas as direções para a edificação de 4 pavimentos. ....      | 171 |
| Figura 34 – Quantidade de paredes reprovadas no dimensionamento à tração devido à flexão, em ambas as direções para a edificação de 12 pavimentos. ....     | 171 |
| Figura A. 1 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ . ....                      | 178 |
| Figura A. 2 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ . ....                     | 178 |
| Figura A. 3 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ . ....                | 185 |
| Figura A. 4 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ . ....               | 186 |
| Figura A. 5 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ . ....                      | 194 |
| Figura A. 6 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ . ....                     | 194 |
| Figura A. 7 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ . ....                | 202 |
| Figura A. 8 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ . ....               | 202 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Resistência de cálculo do prisma devido à tração. ....                                           | 40 |
| Tabela 2 – Valores característicos de resistência ao cisalhamento, $f_{vk}$ e $f_{vk}^*$ . ....             | 44 |
| Tabela 3 – Proposta de revisão da NBR 16868-1 de valores de $f_{tk}$ em função da classe de argamassa.....  | 45 |
| Tabela 4 – Zonas sísmicas e seus intervalos de valores de $a_g$ .....                                       | 53 |
| Tabela 5 – Classes do terreno. ....                                                                         | 54 |
| Tabela 6 – Fatores de amplificação sísmica no solo. ....                                                    | 55 |
| Tabela 7 – Coeficientes de projeto para os diversos sistemas básicos sismorresistentes.....                 | 56 |
| Tabela 8 – Coeficientes para o cálculo do período natural da estrutura.....                                 | 57 |
| Tabela 9 – Expoente de distribuição, $k$ , em função do período natural da estrutura, $T$ .....             | 58 |
| Tabela 10 – Carga vertical por parede em valores característicos. ....                                      | 66 |
| Tabela 11 – Carregamento por grupo de parede para edifício de 4 pavimentos. ....                            | 68 |
| Tabela 12 – Carregamento por grupo de parede para edifício de 12 pavimentos. ....                           | 68 |
| Tabela 13 – $f_{pk}$ necessário para cada grupo de parede por pavimento para edifício de 4 pavimentos.....  | 69 |
| Tabela 14 – $f_{pk}$ necessário para cada grupo de parede por pavimento para edifício de 12 pavimentos..... | 70 |
| Tabela 15 – $f_{bk}$ , $f_a$ e $f_{pk}$ adotados para cada pavimento para edifício de 4 pavimentos.....     | 70 |
| Tabela 16 – $f_{bk}$ , $f_a$ e $f_{pk}$ adotados para cada pavimento para edifício de 12 pavimentos...      | 70 |
| Tabela 17 – Esforços gerados devido ao desaprumo para edifício de 4 pavimentos. ....                        | 72 |
| Tabela 18 – Esforços gerados devido ao desaprumo para edifício de 12 pavimentos. ....                       | 72 |

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 19 – Cálculo da força horizontal do vento e esforços gerados (Direção X) para edifício de 4 pavimentos. ....                 | 74 |
| Tabela 20 – Cálculo da força horizontal do vento e esforços gerados (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos. ....                 | 74 |
| Tabela 21 – Cálculo da força horizontal do vento e esforços gerados (Direção X) para edifício de 12 pavimentos. ....                | 74 |
| Tabela 22 – Cálculo da força horizontal do vento e esforços gerados (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos. ....                | 75 |
| Tabela 23 – Força horizontal total e esforços gerados (Direção X) para edifício de 4 pavimentos. ....                               | 76 |
| Tabela 24 – Força horizontal total e esforços gerados (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos. ....                               | 76 |
| Tabela 25 – Força horizontal total e esforços gerados (Direção X) para edifício de 12 pavimentos. ....                              | 76 |
| Tabela 26 – Força horizontal total e esforços gerados (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos. ....                              | 77 |
| Tabela 27 – Propriedades das paredes de contraventamento, em ambas as direções. ....                                                | 80 |
| Tabela 28 – Cálculo do $M_{1tot,d}$ considerando a ação do vento como principal para a direção X no edifício de 4 pavimentos. ....  | 81 |
| Tabela 29 – Cálculo do $M_{1tot,d}$ considerando a ação do vento como principal para a direção Y no edifício de 4 pavimentos. ....  | 81 |
| Tabela 30 – Cálculo do $M_{1tot,d}$ considerando a ação do vento como principal para a direção X no edifício de 12 pavimentos. .... | 82 |
| Tabela 31 – Cálculo do $M_{1tot,d}$ considerando a ação do vento como principal para a direção Y no edifício de 12 pavimentos. .... | 82 |

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 32 – Cálculo do $M1_{tot,d}$ considerando a ação vertical variável como principal para a direção X no edifício de 4 pavimentos. ....        | 83 |
| Tabela 33 – Cálculo do $M1_{tot,d}$ considerando a ação vertical variável como principal para a direção Y no edifício de 4 pavimentos. ....        | 83 |
| Tabela 34 – Cálculo do $M1_{tot,d}$ considerando a ação vertical variável como principal para a direção X no edifício de 12 pavimentos. ....       | 83 |
| Tabela 35 – Cálculo do $M1_{tot,d}$ considerando a ação vertical variável como principal para a direção Y no edifício de 12 pavimentos. ....       | 84 |
| Tabela 36 – Cálculo do $\Delta M_{tot,d}$ considerando a ação do vento como principal para a direção X no edifício de 4 pavimentos. ....           | 84 |
| Tabela 37 – Cálculo do $\Delta M_{tot,d}$ considerando a ação do vento como principal para a direção Y no edifício de 4 pavimentos. ....           | 85 |
| Tabela 38 – Cálculo do $\Delta M_{tot,d}$ considerando a ação do vento como principal para a direção X no edifício de 12 pavimentos. ....          | 85 |
| Tabela 39 – Cálculo do $\Delta M_{tot,d}$ considerando a ação do vento como principal para a direção Y no edifício de 12 pavimentos. ....          | 86 |
| Tabela 40 – Cálculo do $\Delta M_{tot,d}$ considerando a ação vertical variável como principal para a direção X no edifício de 4 pavimentos. ....  | 86 |
| Tabela 41 – Cálculo do $\Delta M_{tot,d}$ considerando a ação vertical variável como principal para a direção Y no edifício de 4 pavimentos. ....  | 86 |
| Tabela 42 – Cálculo do $\Delta M_{tot,d}$ considerando a ação vertical variável como principal para a direção X no edifício de 12 pavimentos. .... | 87 |
| Tabela 43 – Cálculo do $\Delta M_{tot,d}$ considerando a ação vertical variável como principal para a direção Y no edifício de 12 pavimentos. .... | 87 |
| Tabela 44 – Força horizontal em cada parede do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 4 pavimentos. ....                                        | 89 |

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 45 – Força horizontal em cada parede do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos.....              | 90 |
| Tabela 46 – Força horizontal em cada parede do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos.....             | 90 |
| Tabela 47 – Força horizontal em cada parede do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos.....             | 91 |
| Tabela 48 – Esforços das paredes para cada pavimento (Direção X) para edifício de 4 pavimentos.....                     | 91 |
| Tabela 49 – Esforços das paredes para cada pavimento (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos.....                     | 92 |
| Tabela 50 – Esforços das paredes para cada pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos.....                    | 92 |
| Tabela 51 – Esforços das paredes para cada pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos.....                    | 93 |
| Tabela 52 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 4 pavimentos. ....     | 95 |
| Tabela 53 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos. ....     | 95 |
| Tabela 54 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos. ....    | 96 |
| Tabela 55 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos. ....    | 96 |
| Tabela 56 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 4 pavimentos..... | 99 |
| Tabela 57 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos..... | 99 |

|                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 58 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos.....                                              | 99  |
| Tabela 59 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos.....                                              | 100 |
| Tabela 60 – Cálculo do $f_{pk,min}$ das paredes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 4 pavimentos.....                                                        | 101 |
| Tabela 61 – Cálculo do $f_{pk,min}$ das paredes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos.....                                                        | 101 |
| Tabela 62 – Cálculo do $f_{pk,min}$ das paredes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos.....                                                       | 102 |
| Tabela 63 – Cálculo do $f_{pk,min}$ das paredes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos.....                                                       | 102 |
| Tabela 64 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 4 pavimentos. ....                                                | 103 |
| Tabela 65 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos. ....                                                | 104 |
| Tabela 66 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos. ....                                               | 104 |
| Tabela 67 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos. ....                                               | 105 |
| Tabela 68 – Parâmetros de cálculo para edifício de 4 pavimentos; Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ . ....                                               | 107 |
| Tabela 69 – Parâmetros de cálculo para edifício de 12 pavimentos; Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ . ....                                              | 108 |
| Tabela 70 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). .... | 110 |

|                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 71 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). .....                       | 110 |
| Tabela 72 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). .....                      | 111 |
| Tabela 73 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). .....                      | 111 |
| Tabela 74 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). .....  | 113 |
| Tabela 75 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). .....  | 113 |
| Tabela 76 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). ..... | 113 |
| Tabela 77 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). ..... | 114 |
| Tabela 78 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direções X e Y). .....                   | 114 |
| Tabela 79 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direções X e Y). .....                  | 115 |
| Tabela 80 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). .....                    | 116 |
| Tabela 81 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). .....                    | 117 |

|                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 82 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). .....                   | 117 |
| Tabela 83 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). .....                   | 118 |
| Tabela 84 – Parâmetros de cálculo para edifício de 4 pavimentos; Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ . .....                                                                     | 120 |
| Tabela 85 – Parâmetros de cálculo para edifício de 12 pavimentos; Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ . .....                                                                    | 121 |
| Tabela 86 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). .....                       | 122 |
| Tabela 87 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). .....                       | 123 |
| Tabela 88 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). .....                      | 123 |
| Tabela 89 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). .....                      | 124 |
| Tabela 90 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). .....  | 126 |
| Tabela 91 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). .....  | 126 |
| Tabela 92 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). ..... | 127 |

|                                                                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 93 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y).<br>..... | 127 |
| Tabela 94 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direções X e Y). ....                       | 128 |
| Tabela 95 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direções X e Y). ....                      | 128 |
| Tabela 96 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). ....                        | 130 |
| Tabela 97 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). ....                        | 130 |
| Tabela 98 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). ....                       | 131 |
| Tabela 99 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). ....                       | 132 |
| Tabela 100 – Parâmetros de cálculo para edifício de 4 pavimentos; Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ . ....                                                                        | 133 |
| Tabela 101 – Parâmetros de cálculo para edifício de 12 pavimentos; Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ . ....                                                                       | 134 |
| Tabela 102 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). ....                          | 135 |
| Tabela 103 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). ....                          | 136 |
| Tabela 104 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). ....                         | 136 |

|                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 105 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). .....                      | 137 |
| Tabela 106 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). .....  | 137 |
| Tabela 107 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). .....  | 138 |
| Tabela 108 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). ..... | 138 |
| Tabela 109 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). ..... | 138 |
| Tabela 110 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direções X e Y). .....                   | 139 |
| Tabela 111 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direções X e Y). .....                  | 139 |
| Tabela 112 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). .....                    | 140 |
| Tabela 113 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). .....                    | 140 |
| Tabela 114 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). .....                   | 141 |
| Tabela 115 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). .....                   | 142 |

|                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 116 – Parâmetros de cálculo para edifício de 4 pavimentos; Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ . ....                                                                     | 143 |
| Tabela 117 – Parâmetros de cálculo para edifício de 12 pavimentos; Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ . ....                                                                    | 144 |
| Tabela 118 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). ....                       | 145 |
| Tabela 119 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). ....                       | 146 |
| Tabela 120 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). ....                      | 146 |
| Tabela 121 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). ....                      | 147 |
| Tabela 122 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). ....  | 147 |
| Tabela 123 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). ....  | 148 |
| Tabela 124 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). .... | 148 |
| Tabela 125 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). .... | 148 |
| Tabela 126 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direções X e Y). ....                   | 149 |

|                                                                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 127 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direções X e Y). .... | 149 |
| Tabela 128 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). ....   | 150 |
| Tabela 129 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). ....   | 150 |
| Tabela 130 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). ....  | 151 |
| Tabela 131 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). ....  | 152 |
| Tabela 132 – Área de aço para as solicitações de vento e desaprumo na edificação de 12 pavimentos.....                                                                      | 160 |
| Tabela 133 – Área de aço para Zona Sísmica 0, Classe de Terreno D e $R=1,5$ para as edificações de 4 e 12 pavimentos. ....                                                  | 161 |
| Tabela 134 – Área de aço para Zona Sísmica 1, Classe de Terreno D e $R=1,5$ para as edificações de 4 e 12 pavimentos. ....                                                  | 162 |
| Tabela 135 – Área de aço para Zona Sísmica 0, Classe de Terreno D e $R=3,0$ para as edificações de 4 e 12 pavimentos. ....                                                  | 163 |
| Tabela 136 – Área de aço para Zona Sísmica 1, Classe de Terreno D e $R=3,0$ para as edificações de 4 e 12 pavimentos. ....                                                  | 164 |
| Tabela A. 1 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). ....     | 179 |
| Tabela A. 2 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). ....     | 179 |
| Tabela A. 3 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). ....    | 180 |

|                                                                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela A. 4 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). .....                      | 180 |
| Tabela A. 5 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). .....  | 181 |
| Tabela A. 6 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). .....  | 181 |
| Tabela A. 7 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). ..... | 182 |
| Tabela A. 8 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). ..... | 182 |
| Tabela A. 9 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direções X e Y). .....                   | 183 |
| Tabela A. 10 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direções X e Y). .....                 | 183 |
| Tabela A. 11 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). .....                   | 184 |
| Tabela A. 12 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). .....                   | 184 |
| Tabela A. 13 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X). .....                  | 185 |
| Tabela A. 14 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y). .....                  | 185 |

|                                                                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela A. 15 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X).....                       | 187 |
| Tabela A. 16 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y).....                       | 187 |
| Tabela A. 17 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X).....                      | 188 |
| Tabela A. 18 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y).....                      | 188 |
| Tabela A. 19 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X).....  | 189 |
| Tabela A. 20 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y).....  | 189 |
| Tabela A. 21 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X)..... | 190 |
| Tabela A. 22 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y)..... | 190 |
| Tabela A. 23 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direções X e Y). ....                  | 191 |
| Tabela A. 24 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direções X e Y). ....                 | 191 |
| Tabela A. 25 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X).....                    | 192 |

|                                                                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela A. 26 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y).....               | 192 |
| Tabela A. 27 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção X).....              | 193 |
| Tabela A. 28 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 1,5$ (Direção Y).....              | 193 |
| Tabela A. 29 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). ....                       | 195 |
| Tabela A. 30 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). ....                       | 195 |
| Tabela A. 31 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). ....                      | 196 |
| Tabela A. 32 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). ....                      | 196 |
| Tabela A. 33 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). ....  | 197 |
| Tabela A. 34 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). ....  | 197 |
| Tabela A. 35 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). .... | 198 |
| Tabela A. 36 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). .... | 198 |

|                                                                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela A. 37 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direções X e Y). ....                       | 199 |
| Tabela A. 38 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direções X e Y). ....                      | 199 |
| Tabela A. 39 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). ....                        | 200 |
| Tabela A. 40 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). ....                        | 200 |
| Tabela A. 41 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X). ....                       | 201 |
| Tabela A. 42 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y). ....                       | 202 |
| Tabela A. 43 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X).....                      | 203 |
| Tabela A. 44 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y).....                      | 204 |
| Tabela A. 45 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X).....                     | 204 |
| Tabela A. 46 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y).....                     | 205 |
| Tabela A. 47 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X)..... | 205 |
| Tabela A. 48 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y)..... | 206 |

|                                                                                                                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela A. 49 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X)..... | 206 |
| Tabela A. 50 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y)..... | 206 |
| Tabela A. 51 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direções X e Y). ....                  | 207 |
| Tabela A. 52 – Cálculo do $f_{pk}$ mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direções X e Y). ....                 | 207 |
| Tabela A. 53 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X).....                    | 208 |
| Tabela A. 54 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y).....                    | 208 |
| Tabela A. 55 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção X).....                   | 209 |
| Tabela A. 56 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e $R = 3,0$ (Direção Y).....                   | 210 |
| Tabela B. 1 – Área de aço para Zona Sísmica 2, Classe de Terreno D e $R=1,5$ para as edificações de 4 e 12 pavimentos. ....                                                                         | 211 |
| Tabela B. 2 – Área de aço para Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de Terreno D e $R=1,5$ para as edificações de 4 e 12 pavimentos. ....                                                                   | 212 |
| Tabela B. 3 – Área de aço para Zona Sísmica 2, Classe de Terreno D e $R=3,0$ para as edificações de 4 e 12 pavimentos. ....                                                                         | 213 |
| Tabela B. 4 – Área de aço para Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de Terreno D e $R=3,0$ para as edificações de 4 e 12 pavimentos. ....                                                                   | 214 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                           | <b>30</b> |
| 1.1 JUSTIFICATIVA .....                                                                             | 31        |
| 1.2 OBJETIVO GERAL .....                                                                            | 32        |
| 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                                                     | 32        |
| 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....                                                                     | 33        |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                                                  | <b>35</b> |
| 2.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE DIMENSIONAMENTO DE ALVENARIA<br>ESTRUTURAL .....                      | 35        |
| 2.1.1 Compressão simples .....                                                                      | 36        |
| 2.1.2 Cisalhamento .....                                                                            | 38        |
| 2.1.3 Flexão .....                                                                                  | 39        |
| 2.2 MUDANÇAS PREVISTAS NA NBR 16868-1 PARA O DIMENSIONAMENTO<br>ESTRUTURAL .....                    | 42        |
| 2.2.1 Cisalhamento horizontal.....                                                                  | 43        |
| 2.2.1.1 Força cortante solicitante.....                                                             | 43        |
| 2.2.1.2 Força cortante resistente .....                                                             | 43        |
| 2.2.2 Flexão .....                                                                                  | 45        |
| 2.3 ESTABILIDADE GLOBAL DA ESTRUTURA .....                                                          | 45        |
| 2.4 AÇÕES DO VENTO E DESAPRUMO .....                                                                | 47        |
| 2.4.1 Desaprumo .....                                                                               | 48        |
| 2.4.2 Vento .....                                                                                   | 48        |
| 2.5 SISMOLOGIA .....                                                                                | 50        |
| 2.5.1 Conceitos fundamentais sobre sismos.....                                                      | 50        |
| 2.5.2 Histórico de registros sísmicos no brasil .....                                               | 50        |
| 2.5.3 ABNT NBR 15421:2023 — Norma Brasileira de Projetos de Estruturas Resistentes<br>a Sismos..... | 52        |
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>                                                                           | <b>59</b> |
| 3.1 APRESENTAÇÃO DA EDIFICAÇÃO .....                                                                | 59        |
| 3.1.1 Dados do edifício .....                                                                       | 59        |
| 3.2 CARREGAMENTOS VERTICAIS .....                                                                   | 61        |
| 3.2.1 Peso próprio das paredes.....                                                                 | 62        |
| 3.2.2 Carregamentos das lajes.....                                                                  | 62        |
| 3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS AÇÕES HORIZONTAIS ADOTADAS .....                                         | 62        |
| <b>4 PROJETO ESTRUTURAL .....</b>                                                                   | <b>64</b> |

|                                                                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1 AÇÕES VERTICAIS .....                                                                                       | 64         |
| 4.1.1 Método das charneiras plásticas.....                                                                      | 65         |
| 4.1.2 Distribuição dos carregamentos verticais.....                                                             | 66         |
| 4.1.2.1 Determinação dos carregamentos nas paredes.....                                                         | 66         |
| 4.1.2.2 Carregamento por grupo de paredes .....                                                                 | 67         |
| 4.1.3 Dimensionamento à compressão.....                                                                         | 69         |
| 4.2 VENTO E DESAPRUMO.....                                                                                      | 71         |
| 4.2.1 Desaprumo .....                                                                                           | 71         |
| 4.2.2 Vento .....                                                                                               | 72         |
| 4.2.3 Força horizontal total (vento e desaprumo).....                                                           | 75         |
| 4.2.4 Definição das paredes de contraventamento em cada direção.....                                            | 77         |
| 4.2.5 Estabilidade global – ELU.....                                                                            | 80         |
| 4.2.6 Modelo de distribuição de esforços.....                                                                   | 88         |
| 4.2.7 Dimensionamento ao cisalhamento .....                                                                     | 94         |
| 4.2.8 Dimensionamento à flexão composta .....                                                                   | 98         |
| 4.2.8.1 Verificação da compressão máxima nos bordos das paredes .....                                           | 100        |
| 4.2.8.2 Verificação da tração máxima nos bordos das paredes .....                                               | 103        |
| 4.3 SISMO .....                                                                                                 | 106        |
| 4.3.1 Dimensionamento para $R = 1,5$ .....                                                                      | 107        |
| 4.3.1.1 Zona Sísmica 0 – Classe de terreno D .....                                                              | 107        |
| 4.3.1.2 Zona Sísmica 1 – Classe de terreno D .....                                                              | 120        |
| 4.3.2 Dimensionamento para $R = 3,0$ .....                                                                      | 133        |
| 4.3.2.1 Zona Sísmica 0 – Classe de terreno D .....                                                              | 133        |
| 4.3.2.2 Zona Sísmica 1 – Classe de terreno D .....                                                              | 143        |
| <b>5 INFLUÊNCIA DAS AÇÕES SÍSMICAS NO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL:<br/>COMPARAÇÃO COM VENTO E DESAPRUMO.....</b> | <b>154</b> |
| 5.1 COMPARAÇÃO DAS FORÇAS SÍSMICAS E DE VENTO NOS PAVIMENTOS ..                                                 | 155        |
| 5.2 DIMENSIONAMENTO DA PAREDE CRÍTICA PAX6.....                                                                 | 158        |
| 5.3 TAXA DE ARMADURA DA PAREDE PAX6 .....                                                                       | 166        |
| 5.4 QUANTIDADE DE PAREDES NÃO APROVADAS NO DIMENSIONAMENTO ..                                                   | 167        |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                                              | <b>174</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                        | <b>176</b> |
| <b>APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO PARA AS DEMAIS ZONAS SÍSMICAS ...</b>                                           | <b>178</b> |
| <b>APÊNDICE B – CÁLCULO DA ÁREA DE AÇO PARA OS DEMAIS CASOS .....</b>                                           | <b>211</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural destaca-se como um dos principais sistemas construtivos empregados em edificações residenciais no Brasil, principalmente em empreendimentos de pequeno e médio porte. Nesse sistema, as paredes exercem simultaneamente as funções de vedação e de suporte das cargas da edificação, tornando o correto dimensionamento estrutural essencial para garantir a segurança, a estabilidade e o desempenho da estrutura ao longo de sua vida útil (Ramalho; Corrêa, 2003).

Além das ações verticais, o dimensionamento de edifícios em alvenaria estrutural deve considerar as ações horizontais atuantes, as quais exercem influência significativa sobre a estabilidade global e sobre os esforços solicitantes nas paredes estruturais. Tradicionalmente, a ação do vento é considerada a principal solicitação horizontal em edificações brasileiras, sendo seu cálculo estabelecido pela ABNT NBR 6123:2023. Entretanto, a publicação da ABNT NBR 15421:2006, a primeira versão, reforçou a necessidade da consideração das ações sísmicas no projeto estrutural, estabelecendo critérios para sua determinação em função da localização da edificação, das características do terreno e do sistema estrutural adotado.

Embora o Brasil seja caracterizado por baixos níveis de atividade sísmica quando comparado a regiões situadas nos limites de placas tectônicas, diversos estudos demonstram que sismos intraplaca podem produzir acelerações suficientemente elevadas para gerar esforços relevantes nas estruturas (Assumpção; Sacek, 2013). Além disso, pesquisas nacionais apontam que a ausência da consideração das ações sísmicas pode resultar em solicitações não previstas no dimensionamento, sobretudo em edificações mais esbeltas ou em sistemas estruturais com reduzida capacidade de dissipação de energia (Dantas, 2013; Miranda, 2021).

No caso específico da alvenaria estrutural, a quantidade de estudos que avaliam o comportamento sísmico das edificações ainda é limitada quando comparada a outros sistemas estruturais. Nesse contexto, Netto (2026) verificou através do Método das Forças Horizontais Equivalentes que, para uma edificação de alvenaria estrutural de quatro pavimentos, as ações sísmicas foram mais críticas que as ações de vento em todas as zonas sísmicas brasileiras analisadas, evidenciando que a consideração do sismo pode influenciar de maneira significativa o dimensionamento, mesmo em regiões de baixa sismicidade. Entretanto, permanece pouco explorada a influência da altura da edificação sobre esse comportamento, uma vez que o aumento do número de pavimentos modifica a distribuição dos esforços horizontais, a estabilidade global e a resposta estrutural.

Paralelamente, encontra-se em desenvolvimento o Projeto de Revisão da ABNT NBR 16868-1, que propõe alterações nos critérios de dimensionamento de estruturas em alvenaria, especialmente nas verificações ao cisalhamento e à flexão. Tais modificações podem impactar diretamente a quantidade de paredes que necessitam de armadura e de outras intervenções estruturais, tornando necessária a avaliação comparativa entre os procedimentos previstos na normativa vigente e aqueles propostos na revisão.

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo analisar a influência da altura da edificação no dimensionamento de edifícios em alvenaria estrutural submetidos às ações de vento, desaprumo e sismo. Para isso, são estudadas duas edificações com a mesma configuração arquitetônica, porém com quatro e doze pavimentos, comparando-se os resultados obtidos segundo a Normativa Atual e o Projeto de Revisão da ABNT NBR 16868-1, para diferentes zonas sísmicas brasileiras e coeficientes de comportamento sísmico. Busca-se, assim, ampliar a compreensão acerca da influência da altura sobre a resposta estrutural das edificações em alvenaria e contribuir para o aperfeiçoamento dos critérios de dimensionamento frente às ações horizontais.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Embora a ABNT NBR 15421:2023 (ABNT, 2023a) estabeleça os critérios para a consideração das ações sísmicas nos projetos de estruturas no Brasil, definindo os casos em que sua verificação é obrigatória, suas recomendações ainda são negligenciadas, quando não desconhecidas, por muitos projetistas (Miranda, 2021). Todavia, de acordo com Assumpção e Sacek (2013), que analisam a sismicidade intraplaca no Brasil Central, mesmo em áreas consideradas de baixa atividade sísmica, os movimentos que ocorrem no interior da placa podem gerar acelerações capazes de produzir esforços estruturais relevantes.

Ademais, estudos apontam a fragilidade de algumas edificações em concreto armado no cenário brasileiro, especialmente as de pequeno porte, quando projetadas sem a consideração das ações sísmicas e de detalhamentos específicos (Dantas, 2013; Galvão, 2013; Miranda, 2013, 2021; Parisenti, 2011). Esses trabalhos indicam que, mesmo em um país caracterizado por baixa sismicidade, as análises sísmicas podem assumir relevância em determinadas tipologias estruturais e faixas de altura, quando comparadas às ações devidas ao vento. Entretanto, no que se refere aos edifícios em alvenaria estrutural, observa-se uma lacuna ainda mais pronunciada na literatura técnica nacional. Ainda assim, Netto (2026) demonstrou, a partir da análise de um

edifício de alvenaria estrutural de quatro pavimentos através do Método das Forças Horizontais Equivalentes, que as ações sísmicas foram preponderantes em relação às ações de vento, mesmo em zonas brasileiras de baixa sismicidade.

Nesse contexto, tem-se ainda que a filosofia do dimensionamento sísmico, ao contrário de outras ações de projeto, permite uma resposta inelástica do sistema, o que, por sua vez, reduz a força sísmica de projeto. Entretanto, esta redução na força presume um nível inerente de ductilidade inelástica que pode não estar presente se o projeto sísmico for negligenciado. Isso é muitas vezes mal interpretado, então assume-se, erroneamente, que ações sísmicas não são críticas e podem ser negligenciadas (Brzev; Anderson, 2018; TMS 402/602, 2021).

Nesse sentido, este trabalho justifica-se pela importância de analisar o comportamento de um edifício em alvenaria estrutural quando submetido tanto ao vento quanto ao sismo, além de analisar também a influência da altura da edificação para esses efeitos. Dessa forma, será possível obter uma melhor compreensão das diferenças de esforços gerados e o impacto no dimensionamento para diferentes cenários de abalos sísmicos, contribuindo assim para o aprimoramento do conhecimento técnico no âmbito da engenharia estrutural brasileira, incentivando maior atenção às ações sísmicas nos projetos e subsidiando práticas de dimensionamento mais seguras e condizentes com a realidade científica.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar, de forma comparativa, o projeto estrutural de edifícios de 4 e 12 pavimentos em alvenaria estrutural submetidos às ações horizontais devidas ao vento e ao desaprumo, bem como às ações sísmicas, em conformidade com os critérios estabelecidos pelas normas técnicas brasileiras vigentes, verificando a influência dessas ações no dimensionamento à medida que se aumenta o número de pavimentos da edificação.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a estabilidade global de edifícios altos em alvenaria estrutural;
- Analisar os efeitos das ações de vento, desaprumo e sismo sobre os esforços de compressão, cisalhamento e flexão, bem como sobre os deslocamentos globais das edificações estudadas;

- Comparar os resultados obtidos para os edifícios de 4 e 12 pavimentos considerando diferentes cenários sísmicos, em termos de zona sísmica, identificando as condições mais críticas para o dimensionamento estrutural;
- Analisar as áreas e taxas de armadura requeridas nas paredes mais solicitadas, bem como a quantidade de paredes não aprovadas em cada verificação estrutural, em função dos diferentes cenários sísmicos analisados;
- Contribuir para a ampliação do acervo técnico-científico sobre a influência das ações sísmicas no projeto de edificações de alvenaria estrutural, especialmente em edifícios altos;
- Fornecer subsídios técnicos que possam auxiliar em futuras revisões ou aprimoramentos das normas brasileiras relacionadas ao projeto estrutural.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente estudo está organizado em seis capítulos, estruturados de forma a proporcionar uma sequência lógica para o seu desenvolvimento, como descrito a seguir.

O Capítulo 1 corresponde à introdução, na qual são apresentados o tema da pesquisa, sua justificativa, a problemática abordada e os objetivos geral e específicos que orientam o trabalho.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, reunindo os conceitos teóricos necessários para a compreensão e fundamentação das análises realizadas. Inicialmente, são abordados os princípios do dimensionamento em alvenaria estrutural, seguidos pelos conceitos relacionados à estabilidade global da estrutura, bem como às ações do vento e aos efeitos de desaprumo. Em seguida, são discutidos os fundamentos da sismologia, o histórico da atividade sísmica no Brasil e os critérios de projeto estabelecidos pela ABNT NBR 15421:2023. Por fim, são apresentadas as principais propostas de atualização da ABNT NBR 16868-1 e suas implicações no dimensionamento à tração por flexão e ao cisalhamento.

O Capítulo 3 descreve a metodologia adotada na pesquisa, apresentando as características da edificação analisada e os procedimentos utilizados para a determinação das ações verticais, das cargas de vento e das ações sísmicas.

O Capítulo 4 contempla o desenvolvimento dos cálculos do projeto estrutural. Nesta etapa, são avaliadas as cargas verticais, a estabilidade global da edificação, as ações de vento

associadas às imperfeições geométricas globais e as ações sísmicas, sendo os resultados apresentados por meio de tabelas, gráficos e demais representações técnicas.

O Capítulo 5 é dedicado à análise e discussão dos resultados obtidos. São comparados os efeitos das ações de vento e dos sismos na estrutura de 4 e de 12 pavimentos, incluindo a avaliação das forças atuantes por pavimento, do esforço cortante na base da edificação e da influência das ações sísmicas no dimensionamento de paredes selecionadas. Também são discutidos os elementos que apresentaram não conformidades em relação aos critérios normativos de tração, compressão e cisalhamento.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões do trabalho, sintetizando os principais resultados alcançados, verificando o atendimento aos objetivos propostos e indicando sugestões para pesquisas futuras.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas ao longo da pesquisa. Complementam o trabalho dois apêndices, contendo as planilhas de dimensionamento para as demais macrozonas sísmicas brasileiras e os memoriais de cálculo detalhados das armaduras das paredes analisadas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica desta pesquisa foi organizada com o objetivo de apresentar os conceitos necessários para a compreensão do tema e para o desenvolvimento das análises realizadas. Inicialmente, são abordados os princípios da alvenaria estrutural, destacando-se as propriedades mecânicas dos materiais, os critérios de resistência e os principais aspectos relacionados ao dimensionamento estrutural. Em seguida, são evidenciadas as normas atuais que regulamentam o modelo construtivo em questão no Brasil. Na sequência, são discutidos os conceitos relacionados à sismicidade, incluindo os seus efeitos sobre as edificações e os métodos utilizados para a análise das ações sísmicas, com ênfase no método das forças horizontais equivalentes. Por fim, são examinadas as normas que regulamentam o dimensionamento de estruturas submetidas a ações sísmicas, estabelecendo a base teórica e normativa que sustenta as análises e comparações desenvolvidas ao longo deste trabalho.

### 2.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE DIMENSIONAMENTO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo em que as próprias paredes participam da resistência da edificação, sendo responsáveis por receber e transmitir as cargas até as fundações. Dessa forma, os elementos de alvenaria não exercem apenas a função de divisão e fechamento dos ambientes, mas também integram o sistema resistente da estrutura. Essa característica diferencia a alvenaria estrutural dos sistemas convencionais em concreto armado, nos quais a sustentação da edificação é atribuída principalmente a vigas e pilares (Ramalho, 2003).

O desempenho estrutural desse sistema depende da atuação conjunta dos materiais que o compõem. Blocos, argamassa, graute e armaduras, quando empregados, trabalham de forma integrada para resistir aos esforços gerados pelas ações atuantes na construção. Em razão disso, o dimensionamento não deve considerar apenas as propriedades individuais de cada componente, mas também o comportamento do conjunto, uma vez que a interação entre os materiais influencia diretamente a capacidade resistente dos elementos estruturais (Parsekian, 2013).

Durante o processo de projeto, é necessário verificar se as paredes possuem resistência suficiente para suportar as solicitações previstas ao longo da vida útil da edificação. Além das cargas verticais provenientes do peso próprio da estrutura e das sobrecargas de utilização,

devem ser consideradas as ações horizontais que podem afetar sua estabilidade, como aquelas produzidas pelo vento e pelos efeitos sísmicos. A avaliação dessas solicitações permite garantir condições adequadas de segurança e desempenho para a estrutura.

Outro aspecto importante refere-se à concepção estrutural. Como as paredes desempenham função resistente, a definição de sua posição e continuidade ao longo dos pavimentos exerce influência significativa no comportamento global da edificação. Por esse motivo, a compatibilização entre os projetos arquitetônico e estrutural deve ocorrer desde as etapas iniciais de desenvolvimento, evitando alterações que possam comprometer a distribuição dos esforços ou exigir adaptações complexas durante a execução da obra (Ramalho, 2003).

No contexto brasileiro, os critérios para análise e dimensionamento de estruturas de alvenaria são estabelecidos pela ABNT NBR 16868-1:2020. A norma apresenta os requisitos relacionados aos materiais, aos procedimentos de cálculo e às verificações de segurança necessárias para o projeto. Seu atendimento busca assegurar que as edificações apresentem comportamento adequado frente às diferentes condições de carregamento previstas durante sua utilização.

Considerando que este trabalho tem como foco a avaliação da influência das ações sísmicas em edifícios de alvenaria estrutural, torna-se fundamental compreender os princípios básicos que regem o dimensionamento desse sistema. O conhecimento de seus mecanismos resistentes fornece a base necessária para analisar os efeitos produzidos pelos carregamentos horizontais e para avaliar o impacto das exigências de projeto estabelecidas pelas normas aplicáveis. Por isso, o equacionamento de cada esforço é apresentado, de maneira resumida, a seguir nos tópicos 2.1.1 a 2.1.3.

### 2.1.1 Compressão simples

Inicialmente, um dos principais parâmetros calculados é a resistência característica do prisma,  $f_{pk}$ , que varia em função dos esforços de compressão gerados pelos carregamentos verticais atuantes. O prisma consiste em um corpo de prova formado por blocos de alvenaria unidos por juntas de argamassa, representando o comportamento mecânico do conjunto bloco–argamassa. Dessa forma, sua resistência é utilizada como parâmetro para caracterizar a capacidade resistente da alvenaria à compressão, sendo diretamente empregada no dimensionamento e na verificação da segurança das paredes estruturais. Para a determinação das cargas verticais atuantes em cada parede, vale ressaltar que foi realizada a uniformização

dos carregamentos por grupos de paredes. A Equação 1 determina a resistência mínima necessária do prisma à compressão, correspondente a cada parede.

$$f_{pk} = \frac{\gamma_f \cdot \gamma_m \cdot (\bar{G}_k + \bar{Q}_k)}{0,7 \cdot t \cdot R \cdot k} \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

Sendo:

$f_{pk}$  a resistência característica do prisma, em MPa;

$\gamma_f$  o coeficiente majorador dos esforços, usado como 1,4 para combinação normal e 1,2 para combinação excepcional, de acordo com a NBR 8681:2003;

$\gamma_m$  o coeficiente minorador da resistência da alvenaria, usado como 2,0 para combinação normal e 1,5 para combinação excepcional, de acordo com a NBR 8681:2003;

$(\bar{G}_k + \bar{Q}_k)$  é o somatório dos carregamentos permanente e variável, respectivamente, para cada grupo de paredes, em kN/m, calculado através da Equação 2;

$t$  a espessura do bloco, em metros;

$R$  o fator de redução da resistência em função de flambagem e excentricidade, calculado através da Equação 3;

$k$  igual a 1,0 para paredes e 0,9 para pilares;

Dessa forma, seguem as Equações 2 e 3 que determinam o somatório das cargas  $G_k$  e  $Q_k$  e o fator de redução  $R$ , respectivamente.

$$(\bar{G}_k + \bar{Q}_k)_{grupo} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(G_k + Q_k)_{pav}}{L} \quad (2)$$

Sendo:

$n$  o número de pavimentos da edificação a ser analisada;

$(\bar{G}_k + \bar{Q}_k)_{grupo}$  as cargas permanentes somadas às cargas variáveis do grupo de paredes, em kN/m;

$(G_k + Q_k)_{pav}$  as cargas permanentes e acidentais concentradas, somadas, de cada pavimento sobre o grupo, em kN;

$L$  a soma dos comprimentos efetivos das paredes do grupo.

$$R = 1 - \left( \frac{h_{ef}}{40 \cdot t_{ef}} \right)^3 \quad (3)$$

Sendo:

$h_{ef}$  a altura efetiva da parede, a depender das condições de travamento;

$t_{ef}$  a espessura efetiva da parede.

### 2.1.2 Cisalhamento

Para realizar a verificação do cisalhamento, utiliza-se a Equação 4.

$$f_{vd} \geq \tau_{vd} \quad (4)$$

Sendo:

$f_{vd}$  a tensão resistente de cálculo ao cisalhamento;

$\tau_{vd}$  a tensão solitante de cálculo ao cisalhamento.

Para obter a tensão resistente característica ao cisalhamento, utiliza-se a Equação 5.

$$f_{vk} \begin{cases} 0,10 + 0,5 \cdot 0,9 \cdot \frac{\bar{G}}{t} \leq 1,0 \text{ MPa} \rightarrow \text{para } f_a \text{ entre } 1,5 \text{ e } 3,5 \text{ MPa} \\ 0,15 + 0,5 \cdot 0,9 \cdot \frac{\bar{G}}{t} \leq 1,4 \text{ MPa} \rightarrow \text{para } f_a \text{ entre } 3,5 \text{ e } 7,0 \text{ MPa} \\ 0,35 + 0,5 \cdot 0,9 \cdot \frac{\bar{G}}{t} \leq 1,7 \text{ MPa} \rightarrow \text{para } f_a > 7,0 \text{ MPa} \end{cases} \quad (5)$$

Sendo:

$\bar{G}$  a ação permanente, em kN/m;

$t$  a espessura do bloco, em metros;

$f_a$  a resistência da argamassa.

Já a tensão solitante de cálculo ao cisalhamento para alvenaria não armada, é obtida aplicando-se a Equação 6.

$$\tau_{vd} = \frac{V_d}{t \cdot l} \quad (6)$$

Sendo:

$V_d$  o esforço cortante de cálculo solitante, em kN;

$t$  a espessura da parede, em metros;

$l$  o comprimento da alma da seção, em metros.

A força horizontal atuante em cada parede de contraventamento (quinhão de força), pode ser obtida considerando a proporcionalidade em relação às rigidezes em função de seu momento de inércia, como apresenta a Equação 7.

$$H_n = \frac{V \cdot I_n}{\Sigma I_i} \pm \frac{V \cdot e_t \cdot I_n \cdot x_{1n}}{\Sigma (I_i \cdot x_{1i}^2)} \quad (7)$$

Sendo:

$V$  a força cortante total no pavimento;

$I_n$  o momento de inércia da parede, em  $m^4$ ;

$\Sigma I_i$  o somatório dos momentos de inércia de todas as paredes na respectiva direção, X ou Y, em  $m^4$ ;

$e_t$  a excentricidade total da força de vento em relação ao centro de rigidez dada por  $e_t = e_1 + e_2$ , sendo  $e_2 = \pm 0,15 L_1$  para ventos de alta turbulência e  $e_2 = \pm 0,075 L_1$  para ventos de baixa turbulência, enquanto  $e_{sismo} = \pm 0,05 L_1$ , onde  $L_1$  é a dimensão perpendicular à direção de atuação da força horizontal;

$x_{1n}$  a distância entre o eixo longitudinal da parede considerada ao centro de rigidez do pavimento.

### 2.1.3 Flexão

Na verificação à flexão, é necessário determinar as tensões normais máximas de compressão e de tração resultantes das combinações de carregamento mais críticas para o elemento analisado. A avaliação da compressão é realizada considerando dois cenários distintos de combinação de ações: no primeiro, o vento é adotado como ação variável predominante; no segundo, essa condição é atribuída à carga vertical variável. Os procedimentos de cálculo correspondentes a cada situação são apresentados nas Equações 8 e 9, respectivamente.

$$\frac{\gamma_g \cdot \sigma_g + \psi_0 \cdot \gamma_q \cdot \sigma_q}{R} + \frac{\gamma_{q,vento} \cdot \sigma_{q,vento}}{k} \leq \frac{0,7 \cdot f_{pk}}{\gamma_m} \quad (8)$$

$$\frac{\gamma_g \cdot \sigma_g + \gamma_q \cdot \sigma_q}{R} + \frac{\psi_0 \cdot \gamma_{q,vento} \cdot \sigma_{q,vento}}{k} \leq \frac{0,7 \cdot f_{pk}}{\gamma_m} \quad (9)$$

Sendo:

$k$  o fator de ajuste da resistência à compressão na flexão. Para flexão fora do plano da parede: 1,5 para trecho não grauteado de alvenaria, ou 2,0 para trecho totalmente grauteado de alvenaria. Para flexão no plano da parede: 1,5 para trecho não grauteado de alvenaria e 1,0 para trecho grauteado de alvenaria. Quando a extremidade não for travada por flange, o valor de  $k$  deve ser multiplicado por  $R$ ;

$\gamma_g$  o fator majorador das cargas permanentes, considerado 1,4 para combinação normal e 1,2 para combinação excepcional, de acordo com a NBR 8681:2003;

$\sigma_g$  a tensão normal permanente solicitante na parede;

$\psi_0$  o fator de redução, utilizado como 0,5 para carga acidental e 0,6 para o vento, para o caso de edifícios residenciais e quando há simultaneidade de ações. Para o sismo, o vento não precisa ser considerado;

$\gamma_q$  o fator majorador das cargas variáveis, considerado 1,4 para combinação normal e 1,0 para combinação excepcional;

$\sigma_q$  a tensão normal variável solicitante na parede;

$\gamma_{q,vento}$  o fator majorador da carga do vento, sendo 1,4 para combinação normal e 1,0 para combinação excepcional (sismo);

$\sigma_{q,vento}$  a tensão devido ao vento solicitante na parede, calculada através da Equação 10. Para a verificação do sismo, deve-se considerar como  $\sigma_{q,sismo}$ .

$$\sigma_{q,vento} = \frac{M \cdot y}{I} \quad (10)$$

Sendo:

$M$  o momento fletor atuante;

$y$  o ponto mais distante a partir da linha neutra;

$I$  o momento de inércia da parede.

Já a tensão de tração, é verificada de acordo com a Equação 11.

$$-0,9 \cdot |\sigma_g| + \gamma_{q,vento} \cdot |\sigma_{q,vento}| \leq f_{td} \quad (11)$$

Sendo:

$f_{td}$  a resistência à tração de cálculo da alvenaria. Esse valor é variável em função da resistência média à compressão da argamassa,  $f_a$ , e determinado pela Tabela 1, de acordo com a ABNT NBR 16868-1:2020.

Tabela 1 – Resistência de cálculo do prisma devido à tração.

| Resistência média<br>a compressão da<br>argamassa | $f_{tk}$<br>MPa                               |                                       |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                   | Direção da tração<br>perpendicular à<br>fiada | Direção da tração<br>paralela à fiada |
| Entre 1,5 e 3,4 MPa                               | 0,10                                          | 0,20                                  |
| Entre 3,5 e 7,0 Mpa                               | 0,20                                          | 0,40                                  |
| Acima de 7,0 MPa                                  | 0,25                                          | 0,50                                  |

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 16868-1:2020.

Para casos em que a parede não possua resistência suficiente à tração, essa deverá ser armada. A partir disso, o cálculo da armadura necessária pode ser obtido de acordo com a forma simplificada prevista no item 11.5.5.3 da ABNT NBR 16868-1:2020, através da Equação 12.

$$A_s = \frac{F_t}{0,5 \cdot f_{yd}} \quad (12)$$

Sendo:

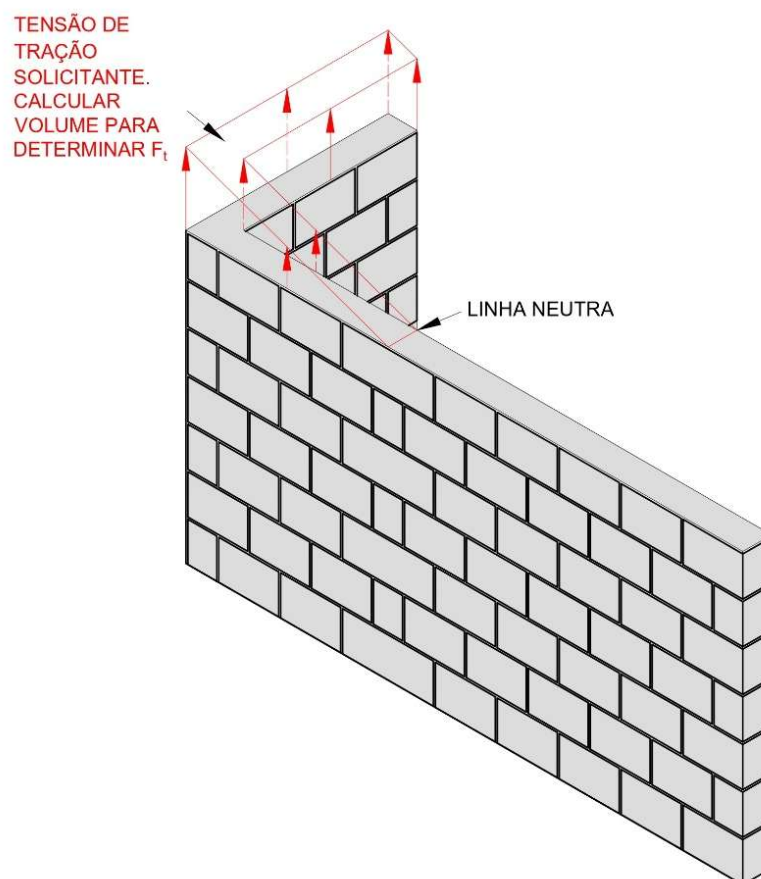
$A_s$  a área de aço calculada;

$F_t$  a força de tração atuante na parede, considerando que não há fissuração (Estádio I);

$f_{yd}$  a tensão resistente do aço ao escoamento, calculado pela razão entre  $f_{yk}$  (50 kN/cm<sup>2</sup> para aço CA50) e o fator redutor  $\gamma_s$  (1,15 para combinação normal e 1,00 para combinação excepcional).

A força total de tração atuante em cada parede, foi calculada considerando os flanges (ou abas) de cada uma, o que impacta diretamente no valor final da área de aço  $A_s$ . A distribuição das tensões para o cálculo da força total  $F_t$  é ilustrada na Figura 1.

Figura 1 – Distribuição de tensões de tração ao longo da parede, considerando o flange.



Fonte: Netto (2026).

## 2.2 MUDANÇAS PREVISTAS NA NBR 16868-1 PARA O DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

A evolução das pesquisas experimentais e da prática profissional tem motivado discussões para a atualização da ABNT NBR 16868-1:2020, norma responsável por estabelecer os critérios de projeto para estruturas de alvenaria. As propostas de revisão buscam aperfeiçoar os procedimentos de dimensionamento, incorporando conceitos mais alinhados ao comportamento estrutural observado em ensaios e aplicações reais. Entre as principais mudanças propostas estão aquelas relacionadas às verificações de cisalhamento e de flexão, que passam a adotar novos critérios para a determinação das resistências e das solicitações atuantes. No caso do cisalhamento, as expressões de cálculo foram reformuladas de modo a diferenciar o comportamento de paredes grauteadas e não grauteadas, permitindo uma representação mais compatível com as características construtivas de cada elemento estrutural. De maneira semelhante, as verificações à flexão também sofreram alterações, uma vez que os parâmetros de resistência da alvenaria passam a depender da classe de argamassa utilizada, influenciando diretamente a capacidade resistente à tração e ao cisalhamento.

Outra alteração relevante refere-se à classificação das argamassas empregadas em alvenaria estrutural. Na norma vigente, admite-se a utilização de argamassas com resistência característica mínima de 4 MPa. Já o Projeto de Revisão eleva esse limite para 5 MPa, estabelecendo uma nova sistemática de classificação. As argamassas com resistência entre 5 MPa e 8 MPa passam a integrar a classe AAE5, enquanto aquelas com resistência de 4 MPa são enquadradas na classe AAV. Nesta nova classificação, a classe AAV destina-se exclusivamente à alvenaria de vedação, deixando de ser permitida em elementos com função estrutural. Essa modificação evidencia a intenção da proposta normativa de estabelecer uma separação mais clara entre materiais destinados ao desempenho estrutural e aqueles empregados apenas como elementos de fechamento.

No presente trabalho, a análise das verificações ao cisalhamento restringe-se à avaliação da força cortante resistente ao cisalhamento horizontal,  $V_{CH}$ , conforme definido no item 11.4.2.1 do Projeto de Revisão da ABNT NBR 16868-1. A verificação referente à força cortante resistente ao cisalhamento diagonal,  $V_{CD}$ , prevista no item 11.4.2.2 do mesmo documento, não foi considerada, uma vez que esse procedimento ainda se encontra em fase de implementação na proposta normativa. Assim, sua exclusão constitui uma delimitação do escopo desta pesquisa, não comprometendo os objetivos estabelecidos para o estudo.

## 2.2.1 Cisalhamento horizontal

### 2.2.1.1 Força cortante solicitante

No projeto de revisão, as tensões solicitantes de cisalhamento passam a ser consideradas em termos de força de cisalhamento solicitante,  $V_{sd}$ , e seu cálculo de dá de acordo com a Equação 13.

$$V_{sd} = V_{sk} \cdot \gamma_f \quad (13)$$

Sendo:

$V_{sk}$  a força cortante característica atuante na parede;

$\gamma_f$  o coeficiente majorador, sendo 1,4 para combinação última normal e 1,0 para combinação excepcional, considerando o sismo.

### 2.2.1.2 Força cortante resistente

Já a força de cisalhamento resistente de cálculo,  $V_{Rd}$ , pode ser calculada de acordo com a Equação 14.

$$V_{sd} \leq V_{Rd} \quad (14)$$

Sendo:

$V_{sd}$  a força cortante resistente ao cisalhamento horizontal, que leva em conta a contribuição da alvenaria, da pré-compressão e do efeito pino da armadura longitudinal, determinado através das Equações 15 a 18. Alguns dos parâmetros a serem adotados nos cálculos são ilustrados na Figura 2.

$$V_{Rd} = V_a + V_p + V_{sl} \quad (15)$$

$$V_a = g \cdot A_{alma} \cdot f_{vd} + A_{alma}^* \cdot f_{vd}^* \quad (16)$$

$$V_p = (0,5 \cdot 0,9 \cdot N_{Gk,alma}) / \gamma_m \quad (17)$$

$$V_{sl} = 0,065 \cdot A_{sl} \cdot f_s \quad (18)$$

Sendo:

$V_a$  a força cortante resistente da alvenaria;

$V_p$  a força cortante resistente por pré-compressão permanente;

$V_{sl}$  a força cortante resistente por efeito de pino da armadura longitudinal;

$g$  a proporção relacionada à área líquida do bloco estrutural, calculado conforme a Equação 19.

$$g = \frac{t_1 + t_2}{t} \quad (19)$$

Sendo:

$t_1$  e  $t_2$  as espessuras das paredes longitudinais do bloco, usualmente 25 mm cada para o bloco de concreto utilizado;

$t$  a espessura do bloco.

$A_{alma}$  a área bruta da seção da alma da parede, desconsiderando os trechos grauteados;

$A_{alma}^*$  a área bruta da seção da alma da parede, considerando apenas os trechos grauteados;

$f_{vd}$  a resistência ao cisalhamento por escorregamento da junta do trecho não grauteado;

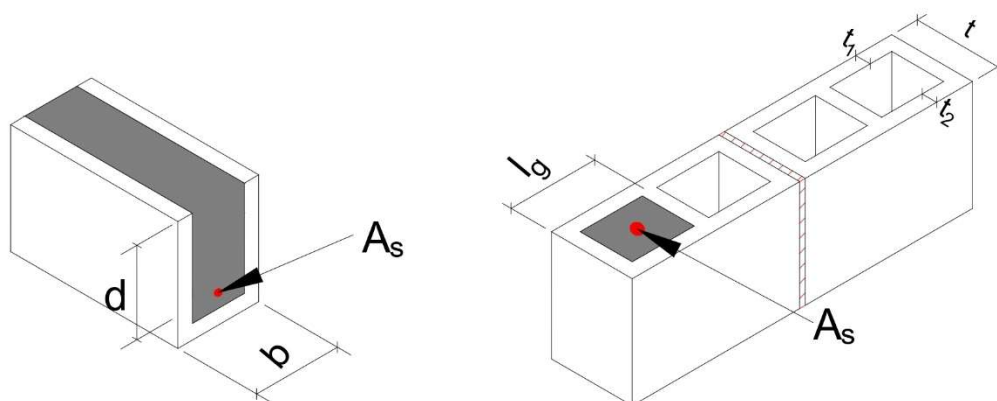
$f_{vd}^*$  a resistência ao cisalhamento por escorregamento da junta do trecho grauteado;

$N_{Gk,alma}$  a força concentrada normal permanente de compressão solicitante, em valor característico, atuando na alma da parede;

$A_{sl}$  a área da armadura longitudinal que corta o plano de cisalhamento, disposta na alma da parede;

$f_s$  a tensão na armadura de área  $A_{sl}$ , limitada a  $f_{yd}$  e 435 MPa.

Figura 2 – Parâmetros de cálculo para as tensões solicitantes e resistentes de cisalhamento.



Fonte: Netto (2026).

A Tabela 2 apresenta os valores característicos da resistência ao cisalhamento em juntas horizontais de paredes para regiões não grauteadas,  $f_{vk}$ , e para regiões grauteadas,  $f_{vk}^*$ .

Tabela 2 – Valores característicos de resistência ao cisalhamento,  $f_{vk}$  e  $f_{vk}^*$ .

| Classe de argamassa<br>(NBR 13281) | $f_{vk}$<br>(MPa)<br>Alvenaria não grauteada | $f_{vk}^*$<br>(MPa)<br>Alvenaria grauteada |
|------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| AAV                                | 0,10                                         | 0,35                                       |
| AAE5 e AAE8                        | 0,15                                         |                                            |
| AAE12 e acima                      | 0,35                                         |                                            |

Fonte: ABNT NBR 16868-1 (Projeto de Revisão).

### 2.2.2 Flexão

Em termos de flexão, no projeto de revisão da norma, os valores característicos de resistência à tração na flexão passam por alterações em função da classe da argamassa, como apresentado na Tabela 3. Em linhas gerais, os valores de resistência na direção perpendicular à fiada foi reduzido pela metade.

Tabela 3 – Proposta de revisão da NBR 16868-1 de valores de  $f_{tk}$  em função da classe de argamassa.

| Classe de argamassa<br><br>(NBR 13281-2) | $f_{tk}$ (MPa)                          |                                    |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|
|                                          | Direção da tração perpendicular à fiada | Direção da tração paralela à fiada |
| AAV                                      | 0,05                                    | 0,2                                |
| AAE5 e acima                             | 0,1                                     | 0,4                                |

Fonte: ABNT NBR 16868-1 (Projeto de Revisão).

## 2.3 ESTABILIDADE GLOBAL DA ESTRUTURA

As ações horizontais, sejam elas devido ao vento, desaprumo ou sismos, geram deslocamentos horizontais que, por sua vez, quando associados às ações verticais, vão gerar os efeitos de 2ª ordem global. No entanto, alguns critérios podem ser usados para verificar a estabilidade global do edifício e assim, dispensar a consideração dos efeitos de 2ª ordem. Nesse estudo, o parâmetro utilizado foi o  $\gamma_Z$  calculado conforme a Equação 20.

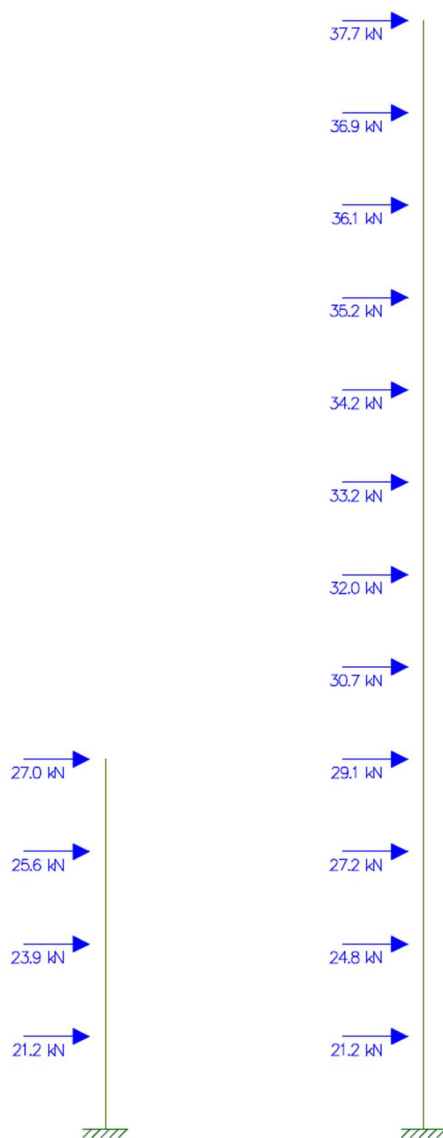
$$\gamma_Z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M1_{tot,d}}} \quad (20)$$

Sendo:

$M1_{tot,d}$  o momento de tombamento de cálculo devido às forças laterais (momento de 1ª ordem);  
 $\Delta M_{tot,d}$  a soma dos produtos das forças verticais pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação obtidos na análise de 1ª ordem com seus valores de cálculo (momento de 2ª ordem).

Para essa análise, foi considerado o modelo simplificado de paredes isoladas, como uma barra única engastada na base e livre no topo com inércia igual ao somatório da inércia de todas as paredes de contraventamento, desconsiderando a deformação por cisalhamento, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Modelo simplificado de paredes isoladas aplicado para edifício de 4 e 12 pavimentos.



Fonte: Autor (2026).

O módulo de elasticidade secante,  $E_{a,sec}$ , foi calculado e atribuído, nos modelos, para cada pavimento em função do  $f_{bk}$ , reduzido em 20% do seu valor para levar em conta, de maneira simplificada, a não linearidade física. Esse parâmetro foi calculado de acordo com a Equação 21.

$$E_{a,sec} = 0,8 \cdot \begin{cases} 800 \cdot f_{pk} \rightarrow se f_{bk} \leq 20 MPa \\ 750 \cdot f_{pk} \rightarrow se 20 < f_{bk} \leq 24 MPa \\ 700 \cdot f_{pk} \rightarrow se f_{bk} \geq 26 MPa \end{cases} \quad (21)$$

Sendo:

$f_{pk}$  a resistência característica do prisma, em MPa;

$f_{bk}$  a resistência característica do bloco, em MPa.

## 2.4 AÇÕES DO VENTO E DESAPRUMO

No projeto de edificações, a análise estrutural deve contemplar tanto as ações verticais quanto as ações horizontais que atuam sobre a construção. Entre essas últimas, destacam-se as cargas provenientes do vento e os efeitos decorrentes do desaprumo da estrutura. A ação do vento pode gerar esforços de flexão e cisalhamento nos elementos resistentes, enquanto as imperfeições geométricas associadas ao desaprumo contribuem para o aumento dessas solicitações. De acordo com a ABNT NBR 16868-1:2020, a consideração desses fenômenos é indispensável para garantir a estabilidade global e o adequado comportamento estrutural das edificações.

Nesse cenário, a ABNT NBR 6123:2023 desempenha papel complementar ao definir os procedimentos para a determinação das ações do vento em estruturas. A norma estabelece critérios para a avaliação dos efeitos estáticos e dinâmicos do vento em diferentes tipos de construções, incluindo edifícios, torres e pontes. Assim, a aplicação conjunta da ABNT NBR 16868-1:2020 e da ABNT NBR 6123:2023 possibilita uma abordagem mais consistente das ações horizontais no dimensionamento de estruturas em alvenaria, contribuindo para níveis adequados de segurança e desempenho.

Conforme os requisitos da ABNT NBR 6123:2023, as forças devidas ao vento são calculadas a partir da velocidade básica característica da região, representada por  $V_0$ , em conjunto com coeficientes que consideram fatores como a forma da edificação, a rugosidade do terreno e as condições de exposição. A partir desses parâmetros, determinam-se as pressões exercidas pelo vento e as respectivas forças horizontais distribuídas ao longo da altura da construção. Já os efeitos do desaprumo são avaliados segundo a ABNT NBR 16868-1:2020, por meio da adoção de imperfeições geométricas equivalentes que simulam a falta de alinhamento vertical inerente às estruturas reais. Dessa maneira, os efeitos de segunda ordem relacionados a essas imperfeições são incorporados às combinações de carregamento utilizadas no dimensionamento estrutural.

### 2.4.1 Desaprumo

De acordo com a ABNT NBR 16868-1:2020, o desaprumo dos elementos verticais deve ser considerado para uma análise global da estrutura, seja ela contraventada ou não. O cálculo do ângulo de desaprumo,  $\theta_a$ , se dá pela Equação 22.

$$\theta_a = \frac{1}{100 \cdot \sqrt{H}} \leq \frac{1}{40 \cdot H} \quad (22)$$

Sendo:

$H$  a altura do edifício, em metros.

Obtido o ângulo de desaprumo, para obter a força horizontal desaprumo,  $F_D$ , é considerado que o peso próprio da estrutura agindo sobre o desaprumo gera um momento fletor que pode ser convertido nessa força horizontal fictícia de mesma magnitude, segundo a Equação 23.

$$F_{eq} = W \cdot \theta_a \quad (23)$$

Sendo:

$F_{eq}$  a força horizontal equivalente que gera momento de mesma magnitude devido ao desaprumo;

$W$  as cargas verticais permanente e acidental, em kN;

$\theta_a$  o ângulo de desaprumo, em radianos.

### 2.4.2 Vento

A norma brasileira que rege a avaliação das ações do vento em edificações é a ABNT NBR 6123:2023, que define os parâmetros necessários para o cálculo das forças horizontais, levando em consideração a rugosidade do terreno, a altura e o grau de segurança requerido da construção, de modo a garantir a segurança e o desempenho estrutural.

A força de arrasto,  $F_a$ , é considerada a componente da força global na direção do vento e é calculada de acordo com a Equação 24.

$$F_a = q \cdot C_a \cdot A_e \cdot f_v \quad (24)$$

Sendo:

$q$  a pressão dinâmica do vento, em N/m<sup>2</sup>, calculado através da Equação 25;

$C_a$  o coeficiente de arrasto;

$A_e$  a área frontal efetiva; área de projeção ortogonal da edificação;

$f_v$  o fator de vizinhança, adotado como 1,0 para esse estudo.

$$q = 0,613 \cdot V_k^2 \quad (25)$$

Sendo:

$V_k$  a velocidade característica do vento, em m/s, calculado através da Equação 26;

$$V_k = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot V_0 \quad (26)$$

Sendo:

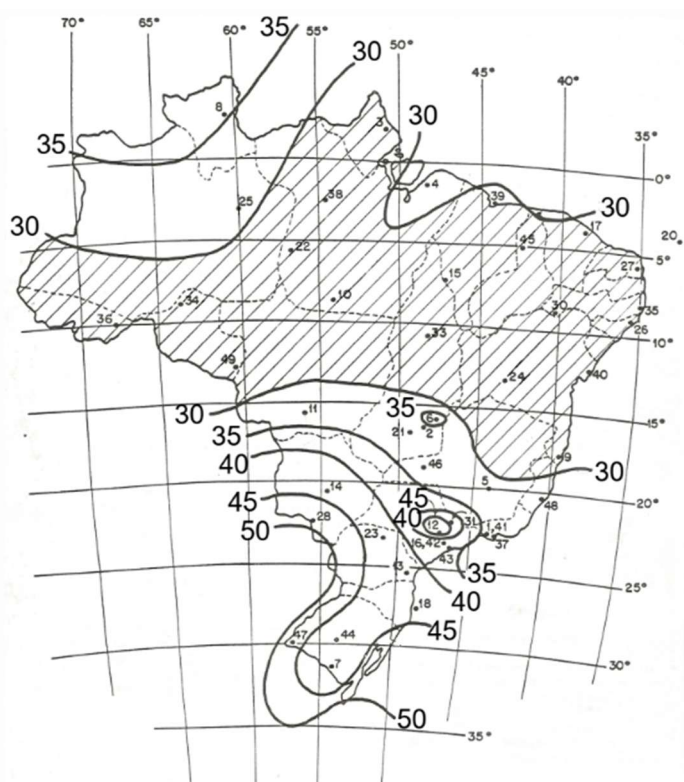
$S_1$  o fator topográfico;

$S_2$  o fator de rugosidade, que varia para cada pavimento da edificação;

$S_3$  o fator estatístico;

$V_0$  a velocidade básica, em m/s, determinada através do mapa com isopletas retiradas da ABNT NBR 6123:2023, ilustradas na Figura 4.

Figura 4 – Isopletas de velocidade básica  $V_0$  (m/s).



Fonte: Adaptado da ABNT NBR 6123:2023.

## 2.5 SISMOLOGIA

### 2.5.1 Conceitos fundamentais sobre sismos

Os sismos, também denominados terremotos ou abalos sísmicos, consistem em vibrações transitórias da crosta terrestre provocadas pela liberação repentina de energia acumulada no interior da Terra. Essa energia está associada principalmente à movimentação das placas tectônicas e à ocorrência de rupturas ao longo de falhas geológicas, gerando ondas sísmicas que se propagam pelo interior e pela superfície terrestre (Kramer, 1996).

A caracterização de um terremoto envolve, entre outros parâmetros, sua magnitude e intensidade. A magnitude representa a quantidade de energia liberada na fonte sísmica, enquanto a intensidade descreve os efeitos produzidos em determinado local, considerando os impactos sobre edificações, infraestrutura e população (Shearer, 2019).

Embora o Brasil esteja localizado no interior da Placa Sul-Americana, distante das principais zonas de contato entre placas tectônicas, o país não está totalmente livre da ocorrência de sismos. Em geral, esses eventos apresentam magnitudes moderadas quando comparados aos terremotos observados em países situados no chamado Círculo de Fogo do Pacífico, como Japão, Chile e Indonésia (Assumpção; Dias Neto, 2000; Berrocal et al., 1984).

Em razão dessa realidade, a ABNT NBR 15421:2023 estabelece procedimentos para a consideração das ações sísmicas no dimensionamento estrutural, definindo parâmetros de projeto compatíveis com os níveis de sismicidade observados no território nacional. Dessa forma, mesmo em regiões de baixa atividade sísmica, a análise dos efeitos dos terremotos contribui para a obtenção de estruturas mais seguras, resilientes e capazes de suportar ações excepcionais sem comprometimento significativo de seu desempenho.

O conhecimento dos mecanismos de geração, propagação e efeitos dos sismos é fundamental para a engenharia estrutural, uma vez que permite o desenvolvimento de métodos de análise e dimensionamento capazes de aumentar a segurança, a estabilidade e o desempenho das edificações submetidas a ações sísmicas (Chopra, 2020).

### 2.5.2 Histórico de registros sísmicos no Brasil

Embora o Brasil seja considerado um país de baixa atividade sísmica quando comparado a regiões localizadas nos limites de placas tectônicas, os registros de tremores de terra em seu território remontam ao período colonial. Os primeiros relatos documentados datam do século

XVI e foram obtidos a partir de registros históricos e observações da população. Entretanto, o monitoramento sistemático da atividade sísmica brasileira passou a ocorrer somente a partir do século XX, com a implantação de redes sismográficas e o avanço dos estudos geofísicos no país (Berrocal et al., 1984).

A maior parte dos terremotos registrados no Brasil é classificada como intraplaca, ou seja, ocorre no interior da Placa Sul-Americana. Esses eventos estão associados principalmente à reativação de falhas geológicas antigas submetidas a esforços tectônicos acumulados ao longo do tempo. Embora geralmente apresentem magnitudes moderadas, esses sismos demonstram que o território brasileiro não está totalmente isento de atividade sísmica (Assumpção, 1998; Assumpção et al., 2014).

Entre os eventos mais significativos já registrados no país destaca-se o terremoto de Porto dos Gaúchos, no estado de Mato Grosso, ocorrido em 1955, com magnitude estimada de 6,2 na escala Richter. Esse é considerado um dos maiores sismos instrumentais registrados em território brasileiro. Outro evento relevante ocorreu em João Câmara, no Rio Grande do Norte, entre os anos de 1986 e 1989, quando uma intensa sequência sísmica atingiu magnitudes próximas de 5,1, provocando danos em edificações e levando ao deslocamento temporário de parte da população local (Lominitz, 1986; Takeya, 2016 *apud* Assumpção et al., 2016).

Nas últimas décadas, diversos tremores foram registrados em estados como Ceará, Rio Grande do Norte, Minas Gerais, Bahia, Acre e Amazonas. Em muitos casos, os eventos apresentaram baixa magnitude, sendo perceptíveis apenas por equipamentos especializados. Contudo, alguns tremores foram sentidos pela população e ocasionaram fissuras em edificações, demonstrando a importância do monitoramento contínuo da atividade sísmica nacional (Assumpção et al., 2014).

O desenvolvimento da Rede Sismográfica Brasileira (RSBR), coordenada por instituições de pesquisa e universidades, permitiu ampliar significativamente a capacidade de detecção e análise dos terremotos ocorridos no país. Atualmente, os registros obtidos por essa rede fornecem informações fundamentais para a elaboração de mapas de ameaça sísmica e para a definição dos parâmetros de projeto estabelecidos pela ABNT NBR 15421, norma brasileira destinada ao dimensionamento de estruturas resistentes a sismos.

Apesar da baixa frequência e intensidade dos terremotos brasileiros, o histórico de registros evidencia a necessidade de considerar as ações sísmicas em determinadas situações de projeto. Esse cuidado é particularmente importante em obras de infraestrutura, edificações

essenciais e estruturas cuja falha possa resultar em riscos significativos para a população ou para o meio ambiente.

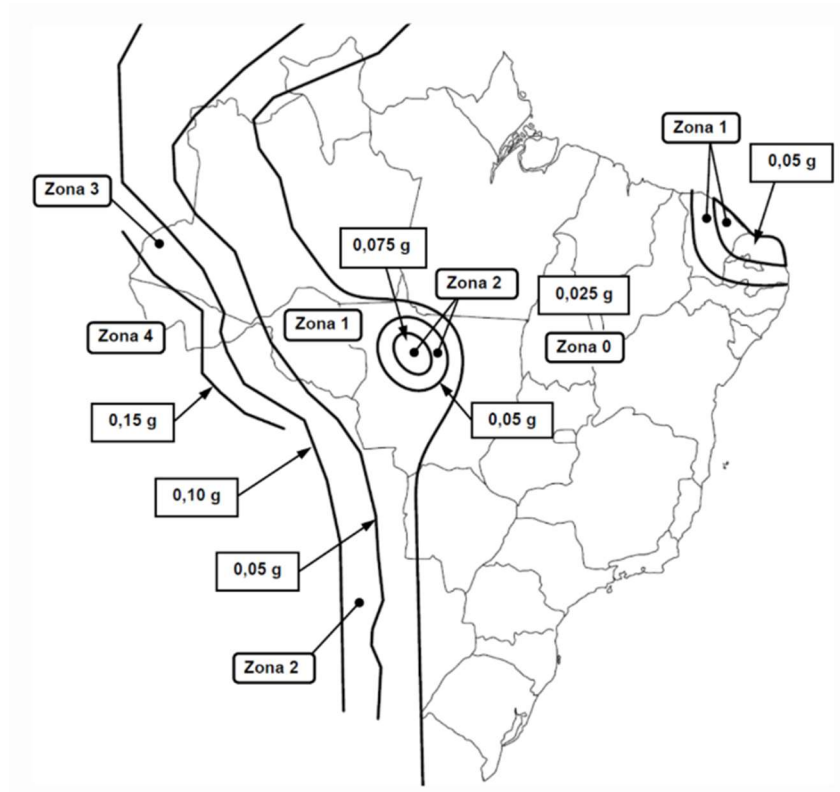
### 2.5.3 ABNT NBR 15421:2023 — Norma Brasileira de Projetos de Estruturas Resistentes a Sismos

A ABNT NBR 15421:2023, que trata do projeto de estruturas submetidas a ações sísmicas, estabelece os procedimentos necessários para a avaliação e o dimensionamento de edificações sujeitas a terremotos no Brasil. A norma apresenta a divisão do território nacional em zonas de sismicidade, além de definir os parâmetros de cálculo, as combinações de ações e os critérios de análise estrutural que devem ser adotados em projeto, com o objetivo de garantir níveis adequados de segurança e desempenho das construções diante de movimentos sísmicos.

Entre as metodologias previstas para a determinação dos efeitos dos sismos, destaca-se o Método das Forças Horizontais Equivalentes (MFHE). Esse procedimento consiste em representar a ação dinâmica do terremoto por meio de forças estáticas equivalentes aplicadas horizontalmente à estrutura, possibilitando uma avaliação simplificada dos esforços gerados. Em razão de sua praticidade e facilidade de aplicação, o método é amplamente empregado no dimensionamento de edificações usuais, especialmente em casos nos quais as características da estrutura atendem aos requisitos estabelecidos pela norma. Ressalta-se, entretanto, que a ABNT NBR 15421:2023 não exige a consideração das ações sísmicas para edificações localizadas nas zonas sísmicas 0 e 1. Apesar disso, neste trabalho, o MFHE também foi aplicado a essas zonas, extrapolando deliberadamente o escopo de aplicação da norma. Essa abordagem foi adotada exclusivamente para fins de pesquisa e comparação, permitindo avaliar a influência da consideração das ações sísmicas mesmo em regiões de baixa sismicidade e estabelecer uma base uniforme de análise entre todas as zonas sísmicas brasileiras.

O zoneamento utilizado para definir as ações sísmicas a serem consideradas no projeto está explicitado na Figura 5, a qual divide o território brasileiro em cinco zonas sísmicas, detalhadas na Tabela 4, e que são determinadas a partir da variação de  $a_g$ . Esse parâmetro representa as acelerações sísmicas horizontais características, as quais possuem 475 anos de período de retorno ou uma probabilidade de 10% de excedência em 50 anos.

Figura 5 – Mapeamento da aceleração sísmica horizontal característica no Brasil para os terrenos da classe B (“Rocha”).



Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15421:2023.

As edificações situadas nas zonas sísmicas 1 a 3 podem ter seus valores de  $a_g$  obtidos através de interpolação nas curvas da Figura 5.

Tabela 4 – Zonas sísmicas e seus intervalos de valores de  $a_g$ .

| Zona sísmica | Valores de $a_g$                           |
|--------------|--------------------------------------------|
| Zona 0       | $a_g = 0,025 \text{ g}$                    |
| Zona 1       | $0,025 \text{ g} < a_g < 0,05 \text{ g}$   |
| Zona 2       | $0,05 \text{ g} < a_g < 0,10 \text{ g}$    |
| Zona 3       | $0,10 \text{ g} < a_g \leq 0,15 \text{ g}$ |
| Zona 4       | $a_g = 0,15 \text{ g}$                     |

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15421:2023.

Os solos de fundação são classificados de acordo com os valores médios dos parâmetros geotécnicos avaliados nos 30 metros superiores do terreno e são divididos em categorias, como mostrado na Tabela 5. Nela, nota-se que caso a velocidade de propagação das ondas de

cisalhamento ( $\bar{V}_s$ ) não seja conhecida, a classificação poderá ser feita com base no número médio de golpes ( $\bar{N}$ ) nos primeiros 30 metros de terreno, obtido no ensaio SPT. Vale ressaltar que as classes correspondentes a rocha, A ou B, não devem ser adotadas quando houver uma camada de solo superficial com espessura superior a 3 metros.

Tabela 5 – Classes do terreno.

| Classe do terreno | Designação da classe do terreno     | Propriedades médias para os 30 m superiores do terreno                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                           |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                   |                                     | $\bar{V}_s$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $\bar{N}$                 |
| A                 | Rocha sã                            | $\bar{V}_s \geq 1500$ m/s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | (não aplicável)           |
| B                 | Rocha                               | $1500 \text{ m/s} \geq \bar{V}_s \geq 760$ m/s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | (não aplicável)           |
| C                 | Rocha alterada ou solo muito rígido | $760 \text{ m/s} \geq \bar{V}_s \geq 370$ m/s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $\bar{N} \geq 50$         |
| D                 | Solo rígido                         | $370 \text{ m/s} \geq \bar{V}_s \geq 180$ m/s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $50 \geq \bar{N} \geq 15$ |
| E                 | Solo mole                           | $\bar{V}_s \leq 180$ m/s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | $\bar{N} \leq 15$         |
|                   | -                                   | Qualquer perfil, incluindo camada com mais de 3 m de argila mole                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                           |
| F                 | -                                   | <p>Solo que exija avaliação específica, como:</p> <p>a. solos vulneráveis à ação sísmica, como solos liquefazíveis, argilas muito sensíveis e solos colapsíveis fracamente cimentados;</p> <p>b. turda ou argilas muito orgânicas;</p> <p>c. argilas muito plásticas;</p> <p>d. estratos muito espessos (<math>\geq 35</math> m) de argila mole ou média.</p> |                           |

Fonte: Adaptado da NBR 15421:2023, ABNT (2023).

As acelerações espectrais,  $a_{gs}$  e  $a_{gs1}$ , são determinadas considerando o efeito dos fatores de amplificação sísmica no solo,  $C_a$  e  $C_v$ , respectivamente. As Equações 27 e 28 determinam o cálculo das acelerações espectrais, enquanto a Tabela 6 classifica os fatores de amplificação sísmica no solo em função da aceleração característica de projeto,  $a_g$ , e da classe do terreno.

$$a_{gs0} = C_a \cdot a_g \quad (27)$$

$$a_{gs1} = C_v \cdot 0,75 \cdot a_g \quad (28)$$

Sendo:

$a_{gs}$  e  $a_{gs}$  as acelerações espectrais para os períodos de 0,0 s e 1,0 s, respectivamente, considerando o efeito da amplificação sísmica no solo;

$C_a$  e  $C_v$  os fatores de amplificação sísmica no solo para os períodos de 0,0 s e 1,0 s, respectivamente, conforme a Tabela 6, em função da aceleração característica de projeto  $a_g$  e da classe do terreno.

Tabela 6 – Fatores de amplificação sísmica no solo.

| Classe do terreno | $C_a$                     |                        | $C_v$                     |                        |
|-------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|
|                   | $a_g \leq 0,10 \text{ g}$ | $a_g = 0,15 \text{ g}$ | $a_g \leq 0,10 \text{ g}$ | $a_g = 0,15 \text{ g}$ |
| A                 | 0,8                       | 0,8                    | 0,8                       | 0,8                    |
| B                 | 1,0                       | 1,0                    | 1,0                       | 1,0                    |
| C                 | 1,2                       | 1,2                    | 1,7                       | 1,7                    |
| D                 | 1,6                       | 1,5                    | 2,4                       | 2,2                    |
| E                 | 2,5                       | 2,1                    | 3,5                       | 3,4                    |

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15421:2023.

A Tabela 7 mostra os coeficientes de projeto em função dos diversos tipos de sistemas estruturais existentes, considerando o coeficiente de modificação de resposta,  $R$ , o coeficiente de sobrerresistência,  $\Omega_0$ , e o coeficiente de amplificação de deslocamentos,  $C_d$ .

Tabela 7 – Coeficientes de projeto para os diversos sistemas básicos sismorresistentes.

| Sistema básico sismorresistente                                                                                | Coeficiente de modificação da resposta $R$ | Coeficiente de sobrerresistência $\Omega_0$ | Coeficiente de amplificação de deslocamentos $C_d$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Pilares-parede de concreto com detalhamento usual                                                              | 4                                          | 2,5                                         | 4                                                  |
| Pórticos de concreto com detalhamento usual                                                                    | 3                                          | 3                                           | 2,5                                                |
| Pórticos de aço momento-resistentes com detalhamento usual                                                     | 3,5                                        | 3                                           | 3                                                  |
| Pórticos de aço contraventados em treliça, com detalhamento usual                                              | 3,25                                       | 2                                           | 3,25                                               |
| Sistema dual, composto por pórticos com detalhamento usual e pilares-parede de concreto com detalhamento usual | 4,5                                        | 2,5                                         | 4                                                  |
| Estruturas de alvenaria estrutural com detalhamento usual                                                      | 1,5                                        | 2,5                                         | 1,25                                               |
| Pórticos em estruturas mistas de aço e concreto com detalhamento usual                                         | 3                                          | 3                                           | 2,5                                                |
| Estruturas do tipo pêndulo invertido e sistemas de pilares em balanço                                          | 2,5                                        | 2                                           | 2,5                                                |

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15421:2023.

A força horizontal total na base da estrutura, no MFHE, em uma determinada direção, é dada através da Equação 29.

$$H = C_s \cdot W \quad (29)$$

Sendo:

$H$  a força horizontal total na base da edificação;

$C_s$  o coeficiente de resposta sísmica;

$W$  o peso efetivo da estrutura, em kN.

Para a definição do peso efetivo,  $W$ , deve-se levar em consideração todas as cargas permanentes existentes, incluindo o peso operacional de todos os equipamentos fixados na estrutura e dos reservatórios de água. Destaca-se ainda que para áreas de armazenamento e estacionamento, deve-se incluir 25% da carga variável de utilização.

Já o coeficiente de resposta sísmica,  $C_s$ , é determinado pela equação 30.

$$C_s = \frac{2,5 \cdot \left(\frac{a_{gs0}}{g}\right)}{\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (30)$$

Sendo:

$R$  o coeficiente de modificação de resposta;

$I$  o fator de importância de utilização;

$g$  a aceleração da gravidade, em  $m/s^2$ .

Esse coeficiente não precisa ser maior que o valor determinado pela Equação 31.

$$C_s = \frac{\left(\frac{a_{gs1}}{g}\right)}{T \cdot \left(\frac{R}{I}\right)} \quad (31)$$

Sendo:

$T$  o período natural da estrutura, em segundos, determinado no item 9.2 da ABNT NBR 15421:2023 e calculado através da Equação 32.

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (32)$$

Sendo:

$h_n$  a altura, expressa em metros (m), da estrutura acima da base;

$C_t$  e  $x$  os coeficientes definidos na Tabela 8;

$T_a$  o período natural aproximado.

Tabela 8 – Coeficientes para o cálculo do período natural da estrutura.

|                                                          |                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><math>C_T = 0,0724</math> e <math>x = 0,8</math></b>  | para estruturas em que as forças sísmicas horizontais são totalmente resistidas por pórticos de aço momento-resistentes, não sendo estes ligados a sistemas mais rígidos que impeçam sua livre deformação, quando submetidos à ação sísmica; |
| <b><math>C_T = 0,0466</math> e <math>x = 0,9</math></b>  | para estruturas em que as forças sísmicas horizontais são totalmente resistidas por pórticos de concreto, não sendo estes ligados a sistemas mais rígidos que impeçam sua livre deformação, quando submetidos à ação sísmica;                |
| <b><math>C_T = 0,0731</math> e <math>x = 0,75</math></b> | para estruturas em que as forças sísmicas horizontais são resistidas em parte por pórticos de aço contraventados com treliças;                                                                                                               |
| <b><math>C_T = 0,0488</math> e <math>x = 0,75</math></b> | para todas as outras estruturas                                                                                                                                                                                                              |

Fonte: Adaptado da NBR 15421:2023, ABNT (2023).

A força horizontal total na base,  $H$ , definida anteriormente, é distribuída verticalmente entre as elevações da edificação, de modo que, em cada elevação  $x$ , seja aplicada uma força  $F_x$ , calculada por meio da Equação 33.

$$F_x = C_{vx} \cdot H \quad (33)$$

Sendo:

$C_{vx}$  o coeficiente de distribuição vertical, calculado na Equação 34;

$H$  a força horizontal total na base da edificação, calculada pela Equação 29.

$$C_{vx} = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k} \quad (34)$$

Sendo:

$w_i$  e  $w_x$  as parcelas do peso efetivo total que correspondem às elevações  $i$  ou  $x$ , respectivamente;

$h_i$  e  $h_x$  as alturas entre a base e as elevações  $i$  ou  $x$ , respectivamente;

$k$  o expoente de distribuição, relacionado ao período natural da estrutura,  $T$ , cujos valores são representados na Tabela 9.

Tabela 9 – Expoente de distribuição,  $k$ , em função do período natural da estrutura,  $T$ .

| <b>Critério</b>                                  | <b><math>k</math></b> |
|--------------------------------------------------|-----------------------|
| Para estruturas com período inferior a 0,5 s     | 1                     |
| Para estruturas com períodos entre 0,5 s e 2,5 s | $(T^{[1]} + 1,5) / 2$ |
| Para estruturas com período superior a 2,5 s     | 2                     |

<sup>[1]</sup>  $T$  é o período da edificação, em segundos.

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15421:2023.

Ainda de acordo com a ABNT NBR 15421:2023, o item 9.4.2 prevê que o projeto deve incluir uma excentricidade levando em consideração um momento torcional accidental,  $M_{ta}$ , considerando-se um deslocamento do centro de massa em cada direção igual a **5%** da dimensão da estrutura perpendicular à direção de aplicação das forças horizontais.

### 3 METODOLOGIA

Nesta seção é apresentada a metodologia empregada para a análise e o dimensionamento de dois edifícios em alvenaria estrutural, com quatro e doze pavimentos, respectivamente. O estudo contempla a determinação das ações verticais e horizontais atuantes nas edificações, bem como os procedimentos de dimensionamento e verificação estrutural das paredes resistentes, incluindo a avaliação da área de armadura necessária para os elementos críticos em cada direção analisada.

Inicialmente, ambas as edificações foram dimensionadas considerando as ações verticais e as ações horizontais decorrentes do vento e do desaprumo. Na sequência, os modelos estruturais previamente dimensionados foram submetidos à verificação dos efeitos das ações sísmicas, de acordo com os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 15421:2023, utilizando o Método das Forças Horizontais Equivalentes (MFHE). No dimensionamento frente às ações horizontais, foi considerada a contribuição dos flanges das paredes estruturais, em conformidade com as recomendações normativas aplicáveis.

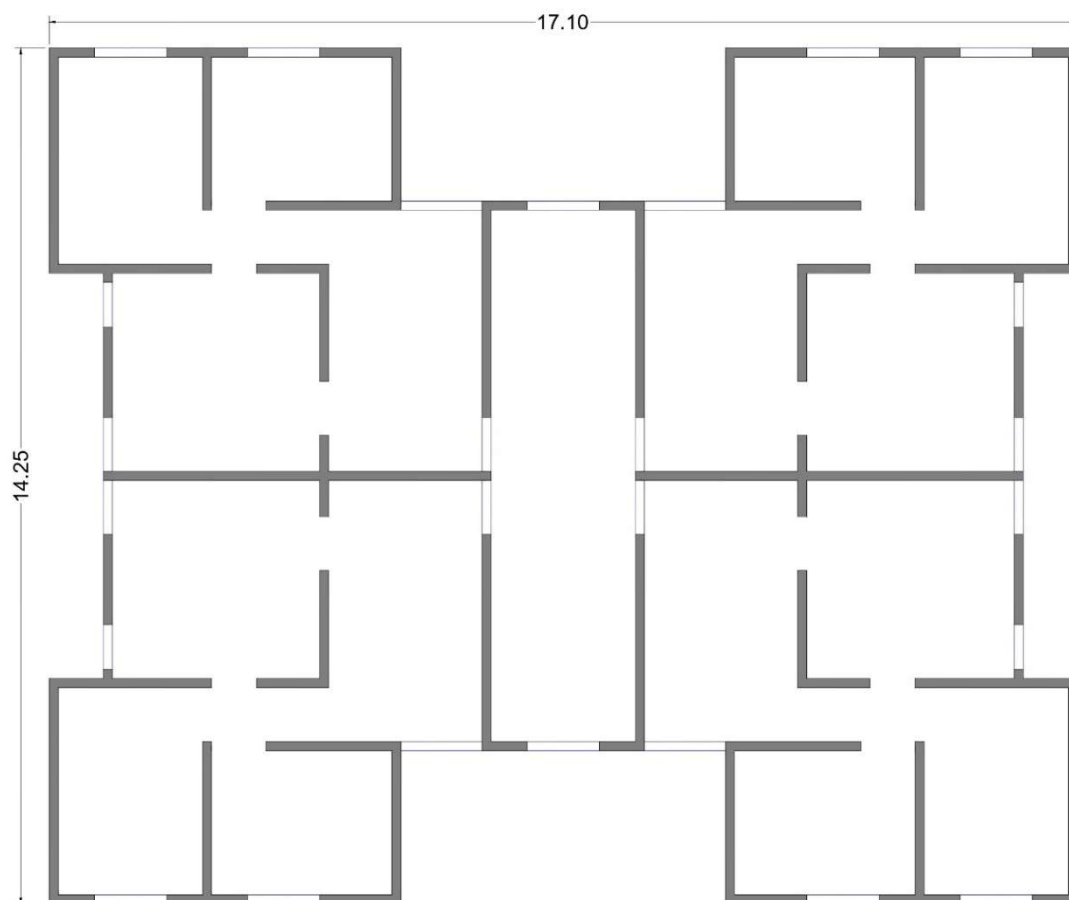
Este trabalho constitui uma continuidade da pesquisa desenvolvida por Netto (2026), intitulada *A influência das ações sísmicas no dimensionamento de um edifício em alvenaria estrutural de quatro pavimentos*, ampliando a investigação para uma edificação de maior altura. Dessa forma, além da análise individual de cada estrutura, é realizada uma comparação dos resultados obtidos para os edifícios de quatro e doze pavimentos, buscando avaliar a influência da altura da edificação na resposta estrutural e nos efeitos das ações sísmicas sobre o dimensionamento dos elementos resistentes.

#### 3.1 APRESENTAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

##### 3.1.1 Dados do edifício

Para o desenvolvimento do presente estudo, foi considerado um edifício em alvenaria estrutural cuja planta baixa está representada na Figura 6. A partir disso, foram feitas as análises para a mesma construção com quatro e doze pavimentos, a fim de verificar a influência da altura no dimensionamento estrutural. Vale destacar que o edifício possui dupla simetria, logo a análise estrutural do pavimento limita-se a um único quadrante da planta.

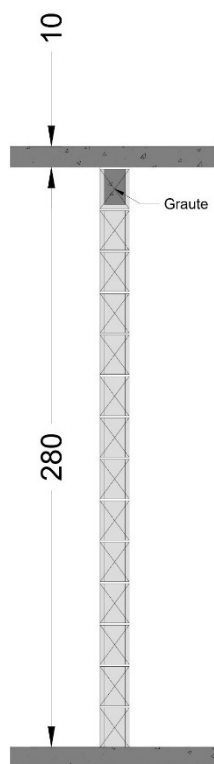
Figura 6 – Planta baixa do pavimento tipo; dimensões em metros (m).



Fonte: Netto (2026).

Na Figura 7 é apresentado um corte esquemático do pavimento tipo a fim de destacar o pé-direito livre adotado de 2,80 metros. Assim, os edifícios de quatro e doze pavimentos possuem alturas totais de 11,6 metros e 34,8 metros respectivamente, além de dimensões em planta de 17,10 m x 14,25 m.

Figura 7 – Corte esquemático do pavimento tipo.



Fonte: Netto (2026).

O peso próprio das paredes depende das propriedades e dimensões dos blocos utilizados na alvenaria. Neste trabalho, foram considerados blocos de concreto vazados com 14 cm de espessura, revestidos com camada de argamassa de 0,5 cm em ambas as faces. Dessa forma, conforme os parâmetros indicados pela ABNT NBR 6120:2020, adotou-se para a alvenaria um peso específico equivalente a 2,3 kN/m<sup>2</sup> de área de elevação.

### 3.2 CARREGAMENTOS VERTICAIS

Em edificações de alvenaria estrutural, os esforços de compressão provenientes das ações gravitacionais constituem, de modo geral, as solicitações predominantes nos elementos resistentes. Assim, para a determinação dos carregamentos verticais considerados neste estudo, foram avaliadas as contribuições do peso próprio das paredes estruturais e das cargas provenientes das lajes apoiadas sobre essas paredes.

### 3.2.1 Peso próprio das paredes

O carregamento linear correspondente ao peso próprio das paredes foi obtido a partir do peso por unidade de área da alvenaria e da altura efetiva de cada trecho analisado, resultando nos seguintes valores:

- Trecho sem abertura:  $2,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,8 \text{ m} = 6,44 \text{ kN/m}$ ;
- Trecho com abertura de porta:  $2,3 \text{ kN/m}^2 \cdot (2,8 - 2,2) \text{ m} = 1,38 \text{ kN/m}$ ;
- Trecho com abertura de janela:  $2,3 \text{ kN/m}^2 \cdot (2,8 - 1,2) \text{ m} = 3,68 \text{ kN/m}$ .

### 3.2.2 Carregamentos das lajes

Com o objetivo de simplificar as análises, adotou-se para a laje de cobertura o mesmo carregamento utilizado nos pavimentos tipo, não sendo realizada distinção entre essas duas situações.

Para os pavimentos tipo, foram considerados os seguintes carregamentos:

- Ação permanente:
  - $g = 4,0 \text{ kN/m}^2$ , composta por:
    - Peso próprio da laje maciça de concreto com 10 cm de espessura:  $0,10 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 2,5 \text{ kN/m}^2$ ;
    - Revestimentos e acabamentos:  $1,5 \text{ kN/m}^2$ .
- Ação variável:
  - $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$ .

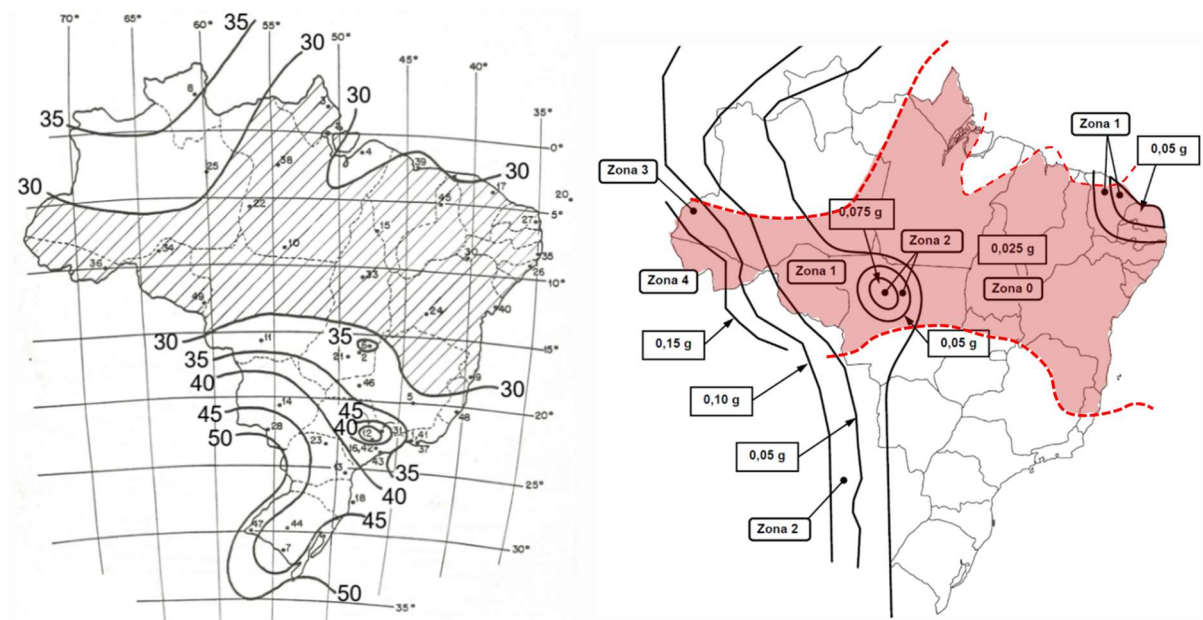
## 3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS AÇÕES HORIZONTAIS ADOTADAS

Além das ações verticais, foram consideradas no dimensionamento da estrutura as ações horizontais decorrentes do vento e dos efeitos de desaprumo. Tais ações produzem esforços laterais significativos e exercem influência direta sobre a estabilidade global de edifícios em alvenaria estrutural, especialmente em construções de múltiplos pavimentos.

A Figura 8 apresenta a sobreposição entre o mapa das isopletras de velocidade básica do vento definido pela ABNT NBR 6123:2023 e o mapa de zonas sísmicas estabelecido pela ABNT NBR 15421:2023. Essa comparação possibilitou identificar a correspondência entre as

diferentes regiões de incidência do vento e as zonas sísmicas brasileiras, servindo como base para a definição dos parâmetros utilizados nas análises.

Figura 8 – Sobreposição entre isopletras e mapa de zonas sísmicas.



Fonte: Adaptado da ABNT NBR 16868:2023 e ABNT NBR 15421:2023.

A partir da avaliação realizada, verificou-se que a velocidade básica do vento igual a  $V_0 = 30 \text{ m/s}$  permite sua associação a todas as zonas sísmicas previstas pela norma brasileira. Dessa forma, optou-se pela adoção desse valor em todas as simulações desenvolvidas neste trabalho, abrangendo as zonas sísmicas de 0 a 4.

Em relação às condições geotécnicas, foi considerada apenas a classe de terreno D para esse estudo, com o intuito de simplificar a análise. Conforme a ABNT NBR 15421:2023, a classe D representa solos rígidos, caracterizados por valores de NSPT compreendidos entre 15 e 50 golpes.

Quanto ao coeficiente de modificação de resposta sísmica,  $R$ , foram avaliados dois valores distintos. O primeiro corresponde a  $R = 1,5$ , conforme recomendado pela ABNT NBR 15421:2023 para edificações em alvenaria estrutural. O segundo,  $R = 3,0$ , foi adotado com finalidade exploratória, permitindo investigar a influência de valores superiores ao atualmente prescrito pela norma.

Por fim, para o grau de segurança requerido,  $I$ , foi utilizado o valor igual a 1,0, uma vez que a edificação analisada não apresenta requisitos especiais de ocupação, operação ou desempenho que justifiquem a adoção de um fator diferenciado.

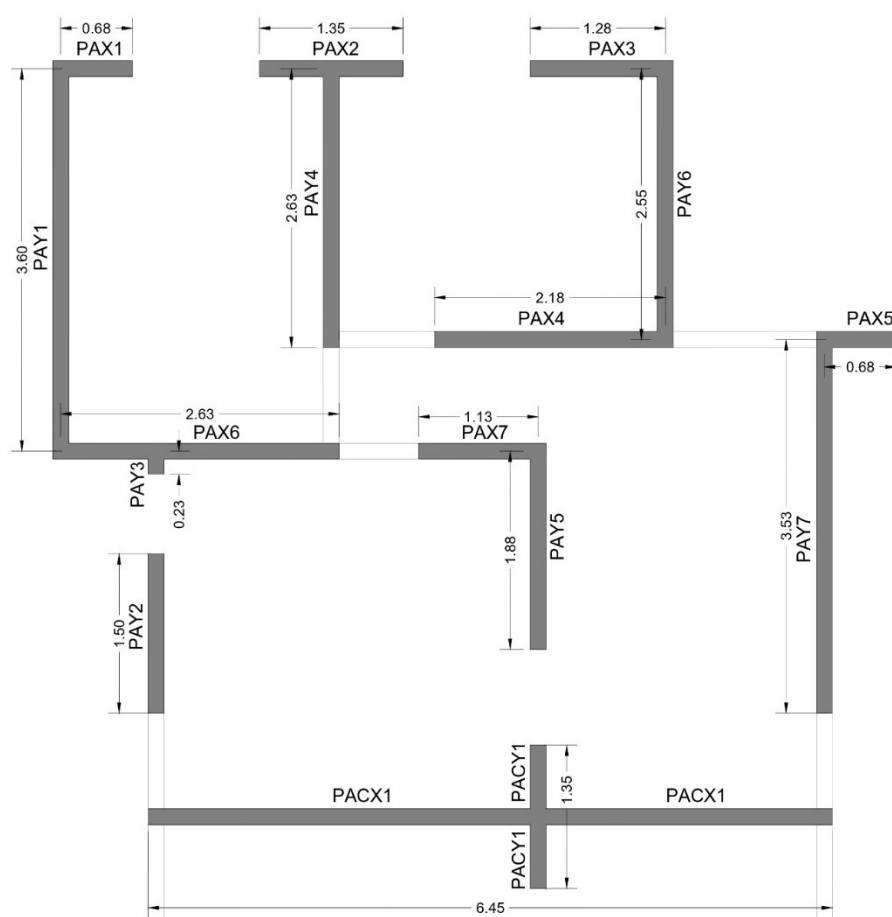
## 4 PROJETO ESTRUTURAL

### 4.1 AÇÕES VERTICAIS

Conforme apresentado anteriormente, a planta baixa do pavimento-tipo possui dupla simetria, de modo que os eixos X e Y, posicionados no centro geométrico da edificação, dividem a estrutura em regiões geometricamente equivalentes, conforme é possível observar na Figura 6. Em razão dessa característica, a identificação das paredes estruturais foi realizada apenas no primeiro quadrante da planta, visto que os elementos localizados nos demais quadrantes apresentam dimensões e características físicas correspondentes.

A Figura 9 apresenta a identificação adotada para as paredes estruturais analisadas, bem como os respectivos comprimentos considerados no estudo. Tais dimensões foram determinadas a partir dos eixos das paredes e correspondem aos comprimentos efetivos empregados nas etapas de análise e dimensionamento estrutural, em conformidade com os critérios estabelecidos neste trabalho.

Figura 9 – Nomenclatura das paredes do pavimento tipo.



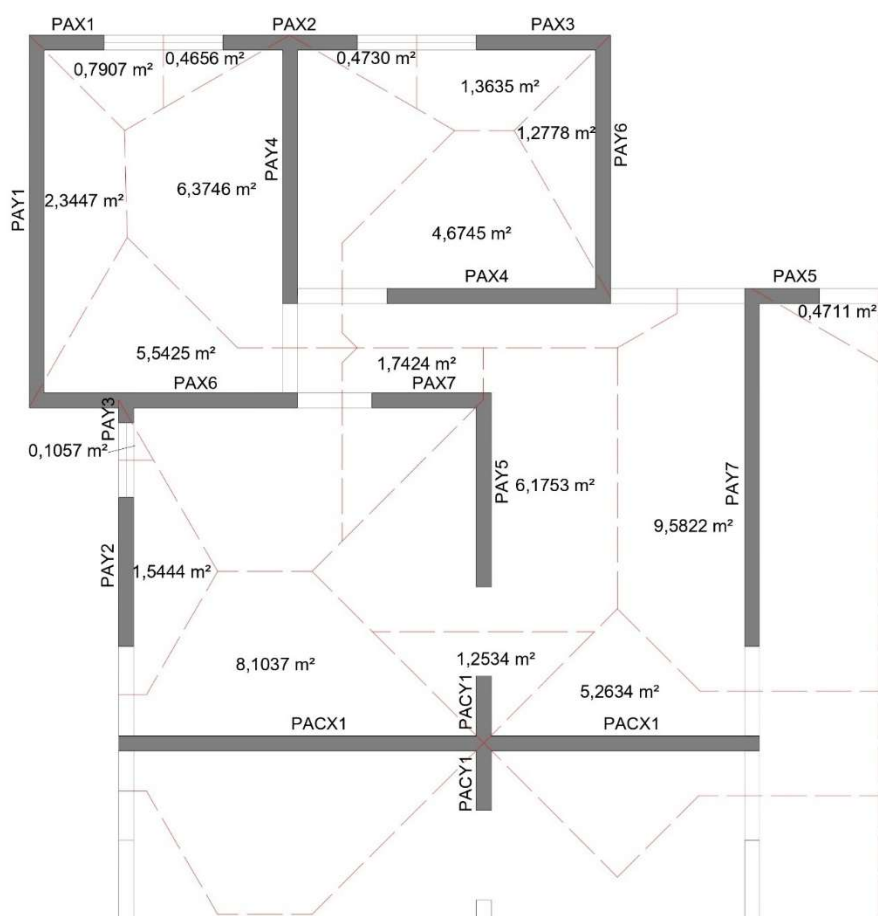
Fonte: Netto (2026).

#### 4.1.1 Método das charneiras plásticas

A definição das áreas de influência das lajes responsáveis pela transferência das ações verticais para as paredes estruturais foi realizada com base no método das charneiras plásticas. O resultado desse procedimento é apresentado na Figura 10, na qual se observa a distribuição dos carregamentos provenientes das lajes para os respectivos elementos de apoio.

Para a determinação dessas áreas, considerou-se a presença de bordos engastados e/ou simplesmente apoiadas. Assim, foram adotados ângulos de  $60^\circ$  nas regiões de apoios engastados e de  $30^\circ$  nas regiões correspondentes a apoios simples. Quando as duas bordas envolvidas possuíam a mesma condição de vinculação, seja ela de engastamento ou de apoio simples, utilizou-se uma inclinação de  $45^\circ$ , representando uma condição intermediária para a definição dos limites de distribuição das cargas.

Figura 10 – Configuração das charneiras plásticas das lajes do pavimento tipo.



Fonte: Netto (2026).

#### 4.1.2 Distribuição dos carregamentos verticais

Nesta etapa é apresentada a metodologia empregada para a determinação das ações verticais atuantes em cada parede estrutural do pavimento-tipo. Para isso, foram consideradas as respectivas áreas de influência obtidas pelo método das charneiras plásticas, bem como os comprimentos efetivos adotados para cada parede.

##### 4.1.2.1 Determinação dos carregamentos nas paredes

A Tabela 10 reúne os valores dos carregamentos verticais atribuídos individualmente a cada parede estrutural. Na composição desses carregamentos foram considerados o peso próprio dos painéis de alvenaria, a influência das aberturas existentes ao longo de cada parede e as ações permanentes e variáveis transferidas pelas lajes. A parcela proveniente das lajes foi calculada com base nas áreas de influência correspondentes a cada elemento, previamente definidas segundo o procedimento descrito anteriormente.

Tabela 10 – Carga vertical por parede em valores característicos.

| Dados  |         |       | Peso próprio da parede (kN) | Peso próprio abertura (kN) | PAVIMENTO TIPO |        |        |        |
|--------|---------|-------|-----------------------------|----------------------------|----------------|--------|--------|--------|
| Parede | L (m)   |       |                             |                            | Laje           |        | Total  |        |
|        | Efetivo | Total |                             |                            | G (kN)         | Q (kN) | G (kN) | Q (kN) |
| PAX1   | 0,68    | 1,28  | 4,38                        | 2,21                       | 3,16           | 1,58   | 9,75   | 1,58   |
| PAX2   | 1,35    | 2,55  | 8,69                        | 4,42                       | 3,75           | 1,88   | 16,86  | 1,88   |
| PAX3   | 1,28    | 1,88  | 8,24                        | 2,21                       | 5,45           | 2,73   | 15,90  | 2,73   |
| PAX4   | 2,18    | 3,31  | 14,04                       | 1,56                       | 18,70          | 9,35   | 34,30  | 9,35   |
| PAX5   | 0,68    | 1,96  | 4,38                        | 1,76                       | 1,88           | 0,94   | 8,02   | 0,94   |
| PAX6   | 2,63    | 3,01  | 16,94                       | 0,52                       | 22,17          | 11,09  | 39,63  | 11,09  |
| PAX7   | 1,13    | 1,51  | 7,28                        | 0,52                       | 6,97           | 3,48   | 14,77  | 3,48   |
| PACX1  | 6,45    | 6,45  | 41,54                       | 0,00                       | 53,47          | 26,73  | 95,01  | 26,73  |
| PAY1   | 3,60    | 3,60  | 23,18                       | 0,00                       | 9,38           | 4,69   | 32,56  | 4,69   |
| PAY2   | 1,50    | 2,78  | 9,66                        | 2,62                       | 6,18           | 3,09   | 18,46  | 3,09   |
| PAY3   | 0,23    | 0,61  | 1,48                        | 1,38                       | 0,42           | 0,21   | 3,28   | 0,21   |
| PAY4   | 2,63    | 3,53  | 16,94                       | 1,24                       | 25,50          | 12,75  | 43,68  | 12,75  |
| PAY5   | 1,88    | 2,33  | 12,11                       | 0,62                       | 24,70          | 12,35  | 37,43  | 12,35  |
| PAY6   | 2,55    | 2,55  | 16,42                       | 0,00                       | 5,11           | 2,56   | 21,53  | 2,56   |
| PAY7   | 3,53    | 4,43  | 22,73                       | 1,24                       | 38,33          | 19,16  | 62,30  | 19,16  |
| PACY1  | 1,35    | 2,25  | 8,69                        | 1,24                       | 10,03          | 5,01   | 19,96  | 5,01   |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

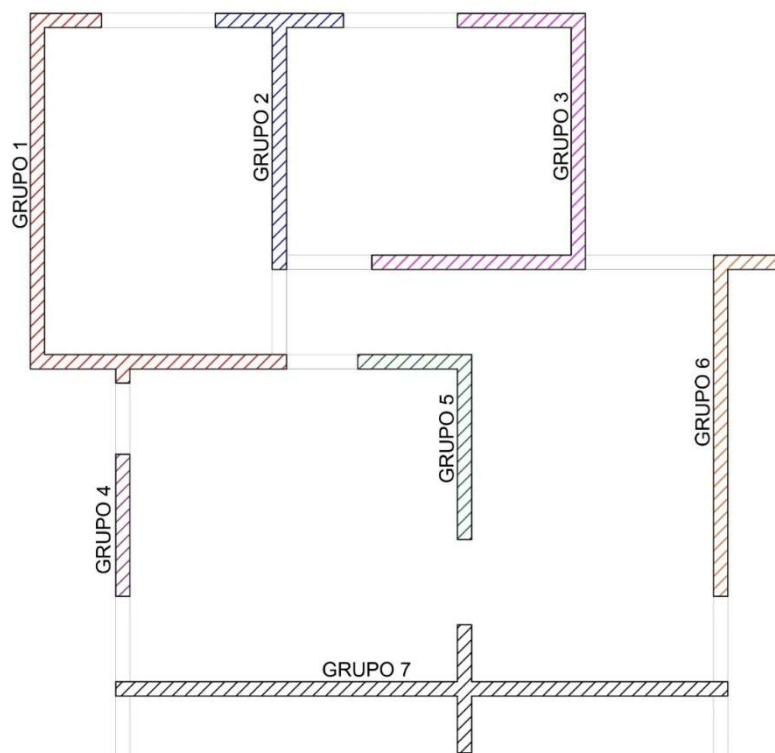
Nota-se que cada pavimento possui carga permanente  $G_k = 1663,9 \text{ kN}$  e carga variável  $Q_k = 406,9 \text{ kN}$ , totalizando  $2070,8 \text{ kN}$  distribuída em uma área aproximada de  $204 \text{ m}^2$ . Logo, a carga média por área edificada é de  $10,2 \text{ kN/m}^2$ .

#### 4.1.2.2 Carregamento por grupo de paredes

Para a etapa de dimensionamento, considerando que a modulação da alvenaria foi realizada com amarração direta entre os elementos, adotou-se a distribuição das ações verticais por meio do agrupamento das paredes estruturais. A definição desses agrupamentos foi realizada em função da disposição dos vãos de portas e janelas, conforme apresentado na Figura 11.

Em virtude da dupla simetria da edificação em relação aos eixos principais, como dito anteriormente, os grupos de paredes formados também apresentam configuração equivalente nos quadrantes opostos da planta. Dessa forma, para simplificar a apresentação dos resultados, são mostrados apenas os agrupamentos pertencentes a um dos quadrantes, uma vez que os demais possuem características geométricas e estruturais idênticas.

Figura 11 – Grupos de parede do pavimento tipo.



Fonte: Netto (2026).

As cargas lineares,  $\bar{G}$  e  $\bar{Q}$ , acumuladas de cada grupo em cada pavimento, foram calculadas através da Equação 2 e os resultados estão apresentados nas Tabelas 11 e 12 para os edifícios de 4 e 12 pavimentos respectivamente.

Tabela 11 – Carregamento por grupo de parede para edifício de 4 pavimentos.

| Grupo | L<br>(m) | G<br>(kN) | Q<br>(kN) | CARGAS POR PAVIMENTO (kN/m) |           |           |           |           |           |           |           |
|-------|----------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       |          |           |           | 4                           |           | 3         |           | 2         |           | 1         |           |
|       |          | TIPO      | TIPO      | $\bar{G}$                   | $\bar{Q}$ | $\bar{G}$ | $\bar{Q}$ | $\bar{G}$ | $\bar{Q}$ | $\bar{G}$ | $\bar{Q}$ |
| 1     | 7,14     | 85,23     | 17,57     | 11,94                       | 2,46      | 23,87     | 4,92      | 35,81     | 7,38      | 47,75     | 9,84      |
| 2     | 3,98     | 60,54     | 14,63     | 15,21                       | 3,68      | 30,42     | 7,35      | 45,63     | 11,03     | 60,84     | 14,70     |
| 3     | 6,01     | 71,73     | 14,63     | 11,94                       | 2,43      | 23,87     | 4,87      | 35,81     | 7,30      | 47,74     | 9,74      |
| 4     | 1,50     | 18,46     | 3,09      | 12,31                       | 2,06      | 24,61     | 4,12      | 36,92     | 6,18      | 49,23     | 8,24      |
| 5     | 3,01     | 52,19     | 15,84     | 17,34                       | 5,26      | 34,68     | 10,52     | 52,02     | 15,79     | 69,36     | 21,05     |
| 6     | 4,21     | 70,33     | 20,11     | 16,71                       | 4,78      | 33,41     | 9,55      | 50,12     | 14,33     | 66,82     | 19,11     |
| 7     | 7,8      | 114,97    | 31,75     | 14,74                       | 4,07      | 29,48     | 8,14      | 44,22     | 12,21     | 58,96     | 16,28     |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 12 – Carregamento por grupo de parede para edifício de 12 pavimentos.

| Grupo | L<br>(m) | G<br>(kN) | Q<br>(kN) | CARGAS POR PAVIMENTO (kN/m) |      |       |       |       |       |       |       |
|-------|----------|-----------|-----------|-----------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |          |           |           | 12                          |      | 11    |       | 10    |       | 9     |       |
|       |          | TIPO      | TIPO      | G                           | Q    | G     | Q     | G     | Q     | G     | Q     |
| 1     | 7,14     | 85,23     | 17,57     | 11,94                       | 2,46 | 23,87 | 4,92  | 35,81 | 7,38  | 47,75 | 9,84  |
| 2     | 3,98     | 60,54     | 14,63     | 15,21                       | 3,68 | 30,42 | 7,35  | 45,63 | 11,03 | 60,84 | 14,70 |
| 3     | 6,01     | 71,73     | 14,63     | 11,94                       | 2,43 | 23,87 | 4,87  | 35,81 | 7,30  | 47,74 | 9,74  |
| 4     | 1,50     | 18,46     | 3,09      | 12,31                       | 2,06 | 24,61 | 4,12  | 36,92 | 6,18  | 49,23 | 8,24  |
| 5     | 3,01     | 52,19     | 15,84     | 17,34                       | 5,26 | 34,68 | 10,52 | 52,02 | 15,79 | 69,36 | 21,05 |
| 6     | 4,21     | 70,33     | 20,11     | 16,71                       | 4,78 | 33,41 | 9,55  | 50,12 | 14,33 | 66,82 | 19,11 |
| 7     | 7,8      | 114,97    | 31,75     | 14,74                       | 4,07 | 29,48 | 8,14  | 44,22 | 12,21 | 58,96 | 16,28 |

Tabela 12 – Carregamento por grupo de parede para edifício de 12 pavimentos (continuação).

| Grupo | L<br>(m) | G<br>(kN) | Q<br>(kN) | CARGAS POR PAVIMENTO (kN/m) |       |        |       |        |       |        |       |
|-------|----------|-----------|-----------|-----------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|       |          |           |           | 8                           |       | 7      |       | 6      |       | 5      |       |
|       |          | TIPO      | TIPO      | G                           | Q     | G      | Q     | G      | Q     | G      | Q     |
| 1     | 7,14     | 85,23     | 17,57     | 59,68                       | 12,30 | 71,62  | 14,76 | 83,56  | 17,23 | 95,50  | 19,69 |
| 2     | 3,98     | 60,54     | 14,63     | 76,06                       | 18,38 | 91,27  | 22,06 | 106,48 | 25,73 | 121,69 | 29,41 |
| 3     | 6,01     | 71,73     | 14,63     | 59,68                       | 12,17 | 71,61  | 14,61 | 83,55  | 17,04 | 95,48  | 19,47 |
| 4     | 1,50     | 18,46     | 3,09      | 61,53                       | 10,30 | 73,84  | 12,36 | 86,15  | 14,42 | 98,45  | 16,48 |
| 5     | 3,01     | 52,19     | 15,84     | 86,69                       | 26,31 | 104,03 | 31,57 | 121,37 | 36,84 | 138,71 | 42,10 |
| 6     | 4,21     | 70,33     | 20,11     | 83,53                       | 23,88 | 100,23 | 28,66 | 116,94 | 33,44 | 133,64 | 38,21 |
| 7     | 7,8      | 114,97    | 31,75     | 73,70                       | 20,35 | 88,44  | 24,42 | 103,18 | 28,49 | 117,92 | 32,56 |

Tabela 12 – Carregamento por grupo de parede para edifício de 12 pavimentos (conclusão).

| Grupo | L<br>(m) | G<br>(kN) | Q<br>(kN) | CARGAS POR PAVIMENTO (kN/m) |       |        |       |        |       |        |       |
|-------|----------|-----------|-----------|-----------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|       |          |           |           | 4                           |       | 3      |       | 2      |       | 1      |       |
|       |          | TIPO      | TIPO      | G                           | Q     | G      | Q     | G      | Q     | G      | Q     |
| 1     | 7,14     | 85,23     | 17,57     | 107,43                      | 22,15 | 119,37 | 24,61 | 131,31 | 27,07 | 143,24 | 29,53 |
| 2     | 3,98     | 60,54     | 14,63     | 136,90                      | 33,08 | 152,11 | 36,76 | 167,32 | 40,43 | 182,53 | 44,11 |
| 3     | 6,01     | 71,73     | 14,63     | 107,42                      | 21,91 | 119,35 | 24,34 | 131,29 | 26,78 | 143,22 | 29,21 |
| 4     | 1,50     | 18,46     | 3,09      | 110,76                      | 18,54 | 123,07 | 20,60 | 135,37 | 22,66 | 147,68 | 24,72 |
| 5     | 3,01     | 52,19     | 15,84     | 156,05                      | 47,36 | 173,39 | 52,62 | 190,73 | 57,89 | 208,07 | 63,15 |
| 6     | 4,21     | 70,33     | 20,11     | 150,35                      | 42,99 | 167,05 | 47,77 | 183,76 | 52,54 | 200,47 | 57,32 |
| 7     | 7,8      | 114,97    | 31,75     | 132,66                      | 36,63 | 147,40 | 40,71 | 162,14 | 44,78 | 176,88 | 48,85 |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### 4.1.3 Dimensionamento à compressão

Após a uniformização dos carregamentos verticais atuantes sobre os grupos de paredes em cada nível das edificações analisadas, continuou-se com o cálculo da resistência à compressão requerida dos prismas de alvenaria. Essa etapa tem como finalidade verificar a compatibilidade entre a capacidade resistente dos elementos estruturais e as solicitações de compressão decorrentes das ações atuantes, garantindo o atendimento aos critérios normativos de segurança e desempenho.

A resistência característica mínima do prisma,  $f_{pk}$ , necessária ao dimensionamento das paredes estruturais foi determinada por meio da Equação 1. Essa expressão relaciona os esforços de compressão atuantes às características geométricas das paredes, considerando os coeficientes de segurança e as combinações de ações adotadas no dimensionamento. Os resultados obtidos para cada pavimento das edificações de 4 e 12 pavimentos são apresentados nas Tabelas 13 e 14, respectivamente.

Tabela 13 –  $f_{pk}$  necessário para cada grupo de parede por pavimento para edifício de 4 pavimentos.

| Grupo | $f_{pk}$ necessário por pavimento (MPa) |      |      |      |
|-------|-----------------------------------------|------|------|------|
|       | 4                                       | 3    | 2    | 1    |
| 1     | 0,47                                    | 0,94 | 1,41 | 1,88 |
| 2     | 0,62                                    | 1,23 | 1,85 | 2,47 |
| 3     | 0,47                                    | 0,94 | 1,41 | 1,88 |
| 4     | 0,47                                    | 0,94 | 1,41 | 1,88 |
| 5     | 0,74                                    | 1,48 | 2,21 | 2,95 |
| 6     | 0,70                                    | 1,4  | 2,1  | 2,81 |
| 7     | 0,61                                    | 1,23 | 1,84 | 2,46 |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 14 –  $f_{pk}$  necessário para cada grupo de parede por pavimento para edifício de 12 pavimentos.

| Grupo | $f_{pk}$ necessário por pavimento (MPa) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | 12                                      | 11   | 10   | 9    | 8    | 7    | 6    | 5    | 4    | 3    | 2    | 1    |
| 1     | 0,47                                    | 0,94 | 1,41 | 1,88 | 2,35 | 2,82 | 3,29 | 3,76 | 4,23 | 4,70 | 5,17 | 5,64 |
| 2     | 0,62                                    | 1,23 | 1,85 | 2,47 | 3,08 | 3,70 | 4,32 | 4,93 | 5,55 | 6,17 | 6,78 | 7,40 |
| 3     | 0,47                                    | 0,94 | 1,41 | 1,88 | 2,35 | 2,82 | 3,28 | 3,75 | 4,22 | 4,69 | 5,16 | 5,63 |
| 4     | 0,47                                    | 0,94 | 1,41 | 1,88 | 2,35 | 2,81 | 3,28 | 3,75 | 4,22 | 4,69 | 5,16 | 5,63 |
| 5     | 0,74                                    | 1,48 | 2,21 | 2,95 | 3,69 | 4,43 | 5,17 | 5,90 | 6,64 | 7,38 | 8,12 | 8,86 |
| 6     | 0,70                                    | 1,40 | 2,10 | 2,81 | 3,51 | 4,21 | 4,91 | 5,61 | 6,31 | 7,01 | 7,72 | 8,42 |
| 7     | 0,61                                    | 1,23 | 1,84 | 2,46 | 3,07 | 3,69 | 4,30 | 4,91 | 5,53 | 6,14 | 6,76 | 7,37 |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Para a definição preliminar das propriedades mecânicas dos materiais, foram estimadas as resistências características à compressão dos blocos,  $f_{bk}$ , e da argamassa,  $f_a$ , considerando exclusivamente os efeitos das ações verticais. Nesta etapa, os carregamentos horizontais não foram incorporados à análise. Como critério de dimensionamento inicial, adotou-se como referência o maior valor de resistência característica do prisma,  $f_{pk}$ , obtido entre os pavimentos de cada edificação analisada.

Com base nesse valor de referência, foram determinadas as resistências características dos blocos, da argamassa e dos prismas, seguindo as recomendações apresentadas na Tabela F.1 da ABNT NBR 16868:2020. Os resultados calculados para cada pavimento das edificações estudadas são apresentados nas Tabelas 15 e 16.

Tabela 15 –  $f_{bk}$ ,  $f_a$  e  $f_{pk}$  adotados para cada pavimento para edifício de 4 pavimentos.

| Resistência    | Pavimento |     |     |     |
|----------------|-----------|-----|-----|-----|
|                | 4         | 3   | 2   | 1   |
| $f_{bk}$ (MPa) | 4,0       | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| $f_a$ (MPa)    | 4,0       | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| $f_{pk}$ (MPa) | 3,2       | 3,2 | 3,2 | 3,2 |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 16 –  $f_{bk}$ ,  $f_a$  e  $f_{pk}$  adotados para cada pavimento para edifício de 12 pavimentos.

| Resistência    | Pavimento |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
|----------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                | 12        | 11  | 10  | 9   | 8   | 7   | 6   | 5   | 4    | 3    | 2    | 1    |
| $f_{bk}$ (MPa) | 4,0       | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 6,0 | 6,0 | 8,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 12,0 | 14,0 |
| $f_a$ (MPa)    | 4,0       | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 8,0  | 8,0  | 8,0  | 12,0 |
| $f_{pk}$ (MPa) | 3,2       | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 4,5 | 4,5 | 6,0 | 6,0 | 7,0  | 8,4  | 8,4  | 9,8  |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

## 4.2 VENTO E DESAPRUMO

### 4.2.1 Desaprumo

Por meio das Equações 22 e 23 foram calculados o ângulo de desaprumo e a força horizontal equivalente associada a esse desaprumo, respectivamente, conforme prevê o item 8.3.2.2 da ABNT NBR 16868-1:2020 onde, para edifícios de múltiplos andares, deve ser considerado um desaprumo global.

A partir disso, para a análise da edificação de 4 pavimentos, considerou-se a altura total do edifício  $H = 11,60 \text{ m}$  e foi obtido o ângulo de desaprumo  $\theta_a = 0,0022 \text{ rad}$ . Admitindo-se o peso total por pavimento composto pelas ações permanentes ( $G_k = 1663,9 \text{ kN}$ ) e variáveis ( $Q_k = 406,9 \text{ kN}$ ), resulta-se em uma carga total de aproximadamente  $2070,8 \text{ kN}$  por pavimento. Logo, a carga total na base da edificação é de aproximadamente  $8283,2 \text{ kN}$ . Por fim, a força horizontal resultante devido ao desaprumo, conforme a Equação 23, é de  $17,9 \text{ kN}$ , podendo esta carga ser dividida por pavimento da edificação, resultando em  $4,5 \text{ kN}$  por pavimento, aproximadamente.

Já, para a análise da edificação de 12 pavimentos, considerou-se a altura total do edifício  $H = 34,80 \text{ m}$  e foi obtido o ângulo de desaprumo  $\theta_a = 0,0007 \text{ rad}$ . Admitindo-se os mesmos valores adotados para obter o peso total por pavimento da edificação de 4 pavimentos, resulta-se em uma carga total na base da edificação de aproximadamente  $24849,6 \text{ kN}$ . Por fim, a força horizontal resultante devido ao desaprumo, conforme a Equação 23, é de  $17,9 \text{ kN}$ , podendo esta carga ser dividida por pavimento da edificação, resultando em  $1,5 \text{ kN}$  por pavimento, aproximadamente.

Os resultados referentes à distribuição dos esforços cortantes ao longo da altura da estrutura, bem como aos momentos fletores atuantes na base de cada pavimento nas direções X e Y, são apresentados nas Tabelas 17 e 18 para as edificações de 4 e 12 pavimentos, respectivamente. Esses valores servem de base para a análise da estabilidade global das estruturas, permitindo avaliar os efeitos decorrentes das ações horizontais associadas às imperfeições geométricas globais.

Tabela 17 – Esforços gerados devido ao desaprumo para edifício de 4 pavimentos.

| Pavimento | H (m) | F <sub>D1</sub> (kN) | V (kN) | M (kN.m) |
|-----------|-------|----------------------|--------|----------|
| 4         | 11,6  | 4,5                  | 4,5    | 12,9     |
| 3         | 8,7   | 4,5                  | 8,9    | 38,8     |
| 2         | 5,8   | 4,5                  | 13,4   | 77,7     |
| 1         | 2,9   | 4,5                  | 17,9   | 129,4    |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 18 – Esforços gerados devido ao desaprumo para edifício de 12 pavimentos.

| Pavimento | H (m) | F <sub>D1</sub> (kN) | V (kN) | M (kN.m) |
|-----------|-------|----------------------|--------|----------|
| 12        | 34,8  | 1,5                  | 1,5    | 4,3      |
| 11        | 31,9  | 1,5                  | 3,0    | 12,9     |
| 10        | 29,0  | 1,5                  | 4,5    | 25,9     |
| 9         | 26,1  | 1,5                  | 6,0    | 43,1     |
| 8         | 23,2  | 1,5                  | 7,4    | 64,7     |
| 7         | 20,3  | 1,5                  | 8,9    | 90,6     |
| 6         | 17,4  | 1,5                  | 10,4   | 120,8    |
| 5         | 14,5  | 1,5                  | 11,9   | 155,3    |
| 4         | 11,6  | 1,5                  | 13,4   | 194,1    |
| 3         | 8,7   | 1,5                  | 14,9   | 237,3    |
| 2         | 5,8   | 1,5                  | 16,4   | 284,7    |
| 1         | 2,9   | 1,5                  | 17,9   | 336,5    |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### 4.2.2 Vento

Para a determinação das ações devidas ao vento, foram adotados os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 6123:2023, conforme descrito a seguir.

- Velocidade básica do vento – ( $V_0 = 30 \text{ m/s}$ );

Conforme discutido anteriormente, esse valor foi definido a partir da análise conjunta do mapa de zonas sísmicas brasileiras e das isopletas de velocidade básica do vento apresentadas na ABNT NBR 6123:2023. Verificou-se que as regiões correspondentes às zonas sísmicas do território nacional estão inseridas em áreas cuja velocidade básica do vento é igual a 30 m/s, justificando a adoção desse parâmetro para todas as situações analisadas neste trabalho.

- Fator topográfico – ( $S_1 = 1,0$ );

Foi adotado o fator topográfico igual a 1,0, correspondente a terrenos planos ou com variações topográficas pouco significativas. Essa consideração permite desconsiderar os

efeitos de aceleração ou redução da velocidade do vento decorrentes do relevo, tornando os cenários analisados mais uniformes e comparáveis.

- Fator estatístico – ( $S_3 = 1,0$ );

O fator estatístico foi considerado igual a 1,0 por se tratar de edificações destinadas ao uso residencial, conforme previsto pela ABNT NBR 6123:2023 para essa categoria de ocupação.

- Pé-esquerdo de 2,90 m;

- Classe da edificação:

- Edifício de 4 pavimentos: Classe A;

Essa edificação foi enquadrada na Classe A, uma vez que suas dimensões características atendem ao limite estabelecido no item 5.3.2 da ABNT NBR 6123:2023 para estruturas cuja maior dimensão horizontal ou vertical não ultrapassa 20 m.

- Edifício de 12 pavimentos: Classe B;

Já essa edificação foi enquadrada na Classe B, pois sua maior dimensão horizontal ou vertical encontra-se entre 20 e 50 m, também atendendo ao limite estabelecido no item 5.3.2 da ABNT NBR 6123:2023.

- Categoria de rugosidade do terreno IV;

Foi adotada a Categoria IV, representativa de regiões urbanas com elevada densidade de construções. Essa escolha busca reproduzir condições típicas encontradas nos centros urbanos brasileiros, onde a presença de edificações vizinhas influencia significativamente o escoamento do vento.

- Regime de alta turbulência;

As edificações foram classificadas como submetidas a vento de alta turbulência, conforme os critérios da ABNT NBR 6123:2023. Considerando que a altura da edificação não excede o limite de duas vezes a altura média das edificações vizinhas e as dimensões em planta de 14,25 m de profundidade e 17,10 m de largura, a relação entre esses parâmetros atende à condição estabelecida pela norma para caracterização desse regime de escoamento.

- Coeficientes de arrasto  $C_a$ :

- Edifício de 4 pavimentos:

- $C_{a,x} = 0,85$ ;

- $C_{a,y} = 0,90$ ;

- Edifício de 12 pavimentos:

- $C_{a,x} = 0,94$ ;

▪  $C_{a,y} = 0,98$ ;

As Tabelas 19 e 20 apresentam, resumidamente, os resultados dos cálculos das forças devidas ao vento nas direções X e Y, respectivamente, bem como os esforços cortantes e momentos fletores acumulados em cada pavimento para a edificação de 4 pavimentos. Já as Tabelas 21 e 22 apresentam os mesmos resultados, porém aplicados à edificação de 12 pavimentos.

Tabela 19 – Cálculo da força horizontal do vento e esforços gerados (Direção X) para edifício de 4 pavimentos.

| Pavimento | H (m) | S <sub>2</sub> | V <sub>k</sub> (m/s) | q (kN/m <sup>2</sup> ) | F <sub>x</sub> (kN) | V (kN) | M (kN.m) |
|-----------|-------|----------------|----------------------|------------------------|---------------------|--------|----------|
| 4         | 11,60 | 0,88           | 26,26                | 0,42                   | 14,85               | 14,85  | 43,07    |
| 3         | 8,70  | 0,85           | 25,37                | 0,39                   | 13,86               | 28,71  | 126,34   |
| 2         | 5,80  | 0,81           | 24,17                | 0,36                   | 12,58               | 41,29  | 246,09   |
| 1         | 2,90  | 0,74           | 22,24                | 0,30                   | 10,65               | 51,94  | 396,71   |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 20 – Cálculo da força horizontal do vento e esforços gerados (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos.

| Pavimento | H (m) | S <sub>2</sub> | V <sub>k</sub> (m/s) | q (kN/m <sup>2</sup> ) | F <sub>x</sub> (kN) | V (kN) | M (kN.m) |
|-----------|-------|----------------|----------------------|------------------------|---------------------|--------|----------|
| 4         | 11,60 | 0,88           | 26,26                | 0,42                   | 18,87               | 18,87  | 54,73    |
| 3         | 8,70  | 0,85           | 25,37                | 0,39                   | 17,61               | 36,48  | 160,53   |
| 2         | 5,80  | 0,81           | 24,17                | 0,36                   | 15,98               | 52,46  | 312,67   |
| 1         | 2,90  | 0,74           | 22,24                | 0,30                   | 13,53               | 65,99  | 504,06   |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 21 – Cálculo da força horizontal do vento e esforços gerados (Direção X) para edifício de 12 pavimentos.

| Pavimento | H (m) | S <sub>2</sub> | V <sub>k</sub> (m/s) | q (kN/m <sup>2</sup> ) | F <sub>x</sub> (kN) | V (kN) | M (kN.m) |
|-----------|-------|----------------|----------------------|------------------------|---------------------|--------|----------|
| 12        | 34,80 | 0,97           | 29,21                | 0,52                   | 20,31               | 20,31  | 58,90    |
| 11        | 31,90 | 0,96           | 28,89                | 0,51                   | 19,87               | 40,18  | 175,44   |
| 10        | 29,00 | 0,95           | 28,55                | 0,50                   | 19,41               | 59,59  | 348,25   |
| 9         | 26,10 | 0,94           | 28,17                | 0,49                   | 18,90               | 78,49  | 575,88   |
| 8         | 23,20 | 0,93           | 27,76                | 0,47                   | 18,35               | 96,84  | 856,73   |
| 7         | 20,30 | 0,91           | 27,30                | 0,46                   | 17,75               | 114,60 | 1189,05  |
| 6         | 17,40 | 0,89           | 26,78                | 0,44                   | 17,08               | 131,67 | 1570,91  |
| 5         | 14,50 | 0,87           | 26,18                | 0,42                   | 16,32               | 147,99 | 2000,09  |
| 4         | 11,60 | 0,85           | 25,46                | 0,40                   | 15,43               | 163,43 | 2474,02  |
| 3         | 8,70  | 0,82           | 24,56                | 0,37                   | 14,36               | 177,79 | 2989,61  |
| 2         | 5,80  | 0,78           | 23,35                | 0,33                   | 12,98               | 190,77 | 3542,83  |
| 1         | 2,90  | 0,71           | 21,41                | 0,28                   | 10,91               | 201,68 | 4127,69  |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 22 – Cálculo da força horizontal do vento e esforços gerados (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos.

| Pavimento | $H$ (m) | $S_z$ | $V_k$ (m/s) | $q$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $F_x$ (kN) | $V$ (kN) | $M$ (kN.m) |
|-----------|---------|-------|-------------|--------------------------|------------|----------|------------|
| 12        | 34,80   | 0,97  | 29,21       | 0,52                     | 25,41      | 25,41    | 73,69      |
| 11        | 31,90   | 0,96  | 28,89       | 0,51                     | 24,86      | 50,27    | 219,48     |
| 10        | 29,00   | 0,95  | 28,55       | 0,50                     | 24,28      | 74,55    | 435,68     |
| 9         | 26,10   | 0,94  | 28,17       | 0,49                     | 23,65      | 98,20    | 720,46     |
| 8         | 23,20   | 0,93  | 27,76       | 0,47                     | 22,96      | 121,16   | 1071,82    |
| 7         | 20,30   | 0,91  | 27,30       | 0,46                     | 22,21      | 143,37   | 1487,58    |
| 6         | 17,40   | 0,89  | 26,78       | 0,44                     | 21,37      | 164,73   | 1965,31    |
| 5         | 14,50   | 0,87  | 26,18       | 0,42                     | 20,42      | 185,15   | 2502,24    |
| 4         | 11,60   | 0,85  | 25,46       | 0,40                     | 19,31      | 204,46   | 3095,16    |
| 3         | 8,70    | 0,82  | 24,56       | 0,37                     | 17,97      | 222,42   | 3740,19    |
| 2         | 5,80    | 0,78  | 23,35       | 0,33                     | 16,24      | 238,66   | 4432,30    |
| 1         | 2,90    | 0,71  | 21,41       | 0,28                     | 13,65      | 252,31   | 5164,01    |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### 4.2.3 Força horizontal total (vento e desaprumo)

As ações horizontais consideradas no dimensionamento foram definidas a partir da comparação entre os efeitos provocados pelo vento e pelas imperfeições geométricas globais (desaprumo), adotando-se, em cada situação, a condição mais desfavorável conforme os critérios estabelecidos pelas normas ABNT NBR 16868-1:2020 e ABNT NBR 6123:2023. Dessa forma, obteve-se a força horizontal de projeto atuante na estrutura, utilizada nas verificações de estabilidade global e na avaliação dos esforços solicitantes das paredes estruturais.

Os resultados obtidos para as edificações analisadas são apresentados nas Tabelas 23 a 26. Nessas tabelas encontram-se os valores das forças horizontais atuantes em cada pavimento, bem como os esforços cortantes acumulados e os momentos fletores correspondentes nas direções X e Y. Tais resultados constituem a base para a análise do comportamento global das edificações de 4 e 12 pavimentos frente às ações horizontais consideradas neste estudo.

Tabela 23 – Força horizontal total e esforços gerados (Direção X) para edifício de 4 pavimentos.

| Pavimento | $H$ (m) | $F_x$ (kN) | $V$ (kN) | $M$ (kN.m) |
|-----------|---------|------------|----------|------------|
| 4         | 11,60   | 19,32      | 19,32    | 56,01      |
| 3         | 8,70    | 18,32      | 37,64    | 165,17     |
| 2         | 5,80    | 17,04      | 54,68    | 323,74     |
| 1         | 2,90    | 15,11      | 69,79    | 526,13     |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 24 – Força horizontal total e esforços gerados (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos.

| Pavimento | $H$ (m) | $F_x$ (kN) | $V$ (kN) | $M$ (kN.m) |
|-----------|---------|------------|----------|------------|
| 4         | 11,60   | 23,33      | 23,33    | 67,67      |
| 3         | 8,70    | 22,08      | 45,41    | 199,36     |
| 2         | 5,80    | 20,44      | 65,85    | 390,33     |
| 1         | 2,90    | 17,99      | 83,85    | 633,48     |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 25 – Força horizontal total e esforços gerados (Direção X) para edifício de 12 pavimentos.

| Pavimento | $H$ (m) | $F_x$ (kN) | $V$ (kN) | $M$ (kN.m) |
|-----------|---------|------------|----------|------------|
| 12        | 34,80   | 21,80      | 21,80    | 63,22      |
| 11        | 31,90   | 21,36      | 43,16    | 188,38     |
| 10        | 29,00   | 20,89      | 64,05    | 374,13     |
| 9         | 26,10   | 20,39      | 84,44    | 619,02     |
| 8         | 23,20   | 19,84      | 104,28   | 921,44     |
| 7         | 20,30   | 19,24      | 123,52   | 1279,65    |
| 6         | 17,40   | 18,57      | 142,09   | 1691,70    |
| 5         | 14,50   | 17,81      | 159,89   | 2155,39    |
| 4         | 11,60   | 16,92      | 176,81   | 2668,16    |
| 3         | 8,70    | 15,85      | 192,66   | 3226,88    |
| 2         | 5,80    | 14,47      | 207,13   | 3827,56    |
| 1         | 2,90    | 12,40      | 219,53   | 4464,19    |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 26 – Força horizontal total e esforços gerados (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos.

| <b>Pavimento</b> | <b><math>H</math> (m)</b> | <b><math>F_x</math> (kN)</b> | <b><math>V</math> (kN)</b> | <b><math>M</math> (kN.m)</b> |
|------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 12               | 34,80                     | 26,90                        | 26,90                      | 78,00                        |
| 11               | 31,90                     | 26,35                        | 53,25                      | 232,43                       |
| 10               | 29,00                     | 25,77                        | 79,01                      | 461,57                       |
| 9                | 26,10                     | 25,13                        | 104,15                     | 763,60                       |
| 8                | 23,20                     | 24,45                        | 128,60                     | 1136,53                      |
| 7                | 20,30                     | 23,69                        | 152,29                     | 1578,18                      |
| 6                | 17,40                     | 22,85                        | 175,15                     | 2086,10                      |
| 5                | 14,50                     | 21,90                        | 197,05                     | 2657,54                      |
| 4                | 11,60                     | 20,80                        | 217,85                     | 3289,29                      |
| 3                | 8,70                      | 19,46                        | 237,30                     | 3977,46                      |
| 2                | 5,80                      | 17,72                        | 255,02                     | 4717,03                      |
| 1                | 2,90                      | 15,14                        | 270,16                     | 5500,51                      |

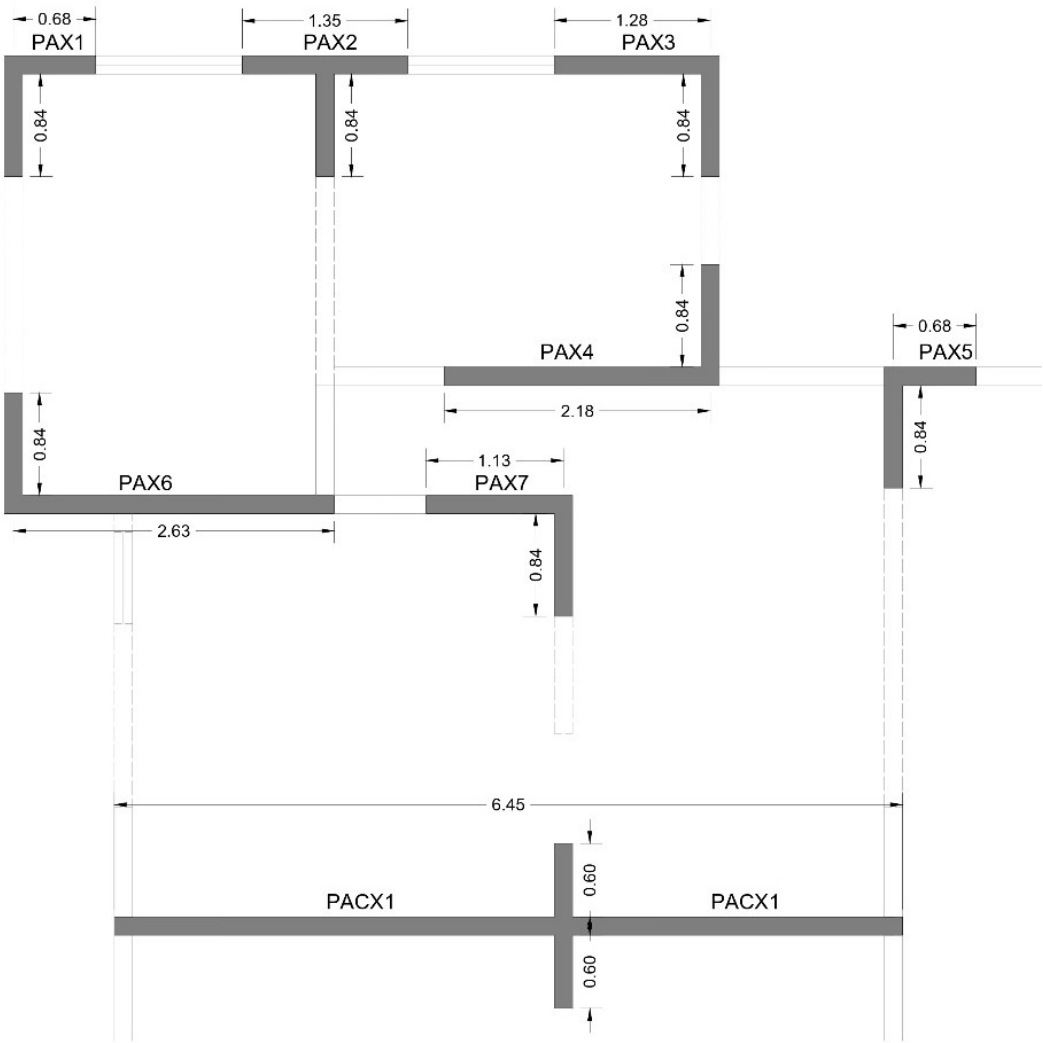
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### 4.2.4 Definição das paredes de contraventamento em cada direção

A identificação e a delimitação dos painéis de contraventamento foram realizadas com base nos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 16868-1:2020. Conforme previsto no item 10.1.3 da norma, a contribuição dos flanges foi considerada limitada a um comprimento máximo correspondente a seis vezes a espessura da parede ( $6t$ ). A partir desse procedimento, foram definidos os painéis responsáveis pela resistência às ações horizontais em cada direção analisada.

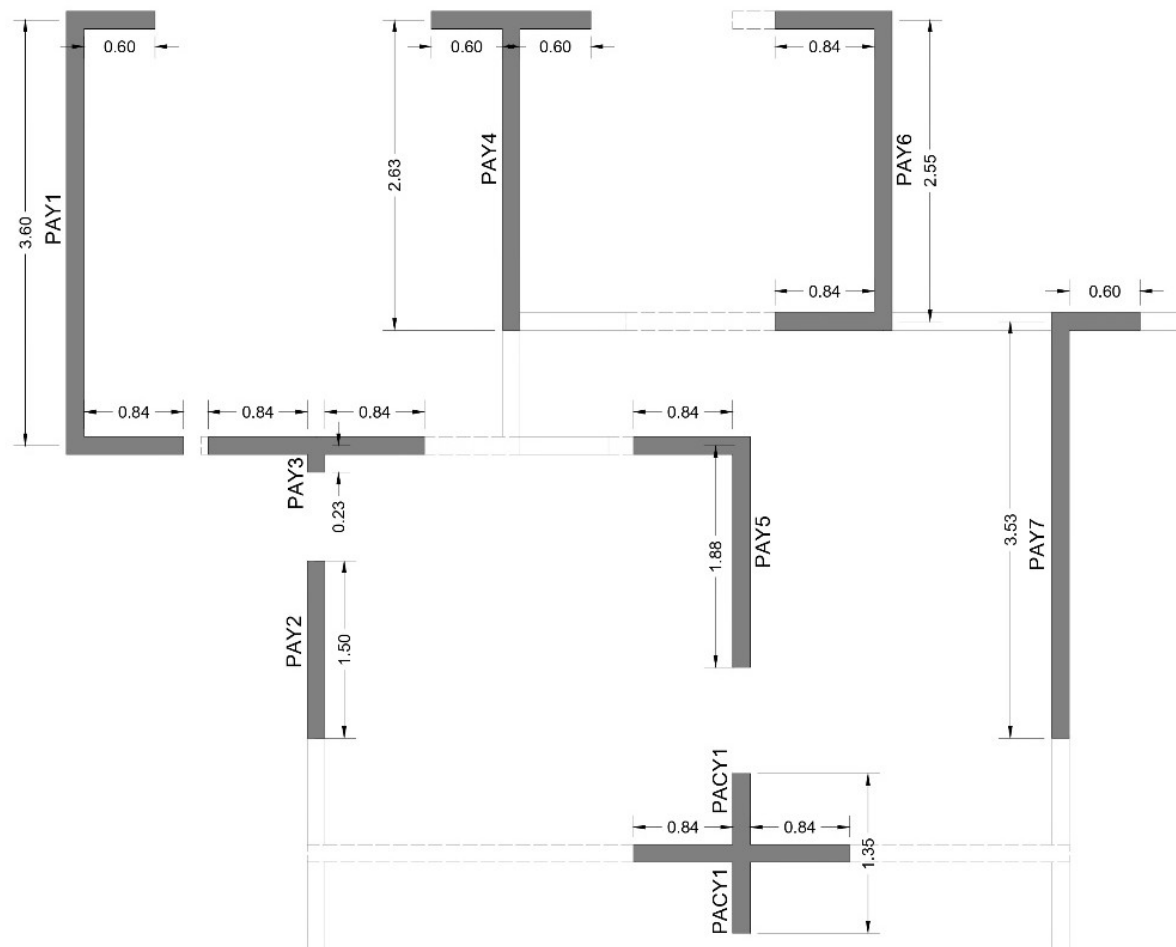
As Figuras 12 e 13 ilustram a disposição dos painéis de contraventamento adotados para as direções X e Y, respectivamente, servindo de base para as análises de estabilidade global e para a distribuição dos esforços horizontais nas edificações estudadas.

Figura 12 – Painéis de contraventamento com flanges na direção X; dimensões em metros (m).



Fonte: Netto (2026).

Figura 13 – Painéis de contraventamento com flanges na direção Y; dimensões em metros (m).



Fonte: Netto (2026).

A Tabela 27 reúne as propriedades geométricas dos painéis de contraventamento considerados neste estudo, para ambas as direções de análise, incluindo a contribuição dos respectivos flanges conforme os limites normativos adotados. Entre os parâmetros apresentados estão a área da seção transversal, a posição do centro geométrico e os momentos de inércia utilizados na avaliação da rigidez dos painéis.

As variáveis  $Y_{dir}$ ,  $Y_{esq}$ ,  $Y_{sup}$  e  $Y_{inf}$  representam as distâncias entre o centro geométrico da seção e suas extremidades mais afastadas. Entretanto, a nomenclatura empregada depende da orientação da parede analisada. Nas paredes dispostas na direção X, utilizam-se as variáveis  $Y_{dir}$  e  $Y_{esq}$ , correspondentes às distâncias medidas horizontalmente entre o centro geométrico e as extremidades direita e esquerda da seção. Para as paredes orientadas na direção Y, são

adotadas as variáveis  $Y_{sup}$  e  $Y_{inf}$ , que representam as distâncias medidas verticalmente entre o centro geométrico e os limites superior e inferior da seção.

Além disso, os momentos de inércia foram calculados em relação ao eixo perpendicular à direção de atuação dos esforços horizontais. Assim, para as paredes alinhadas na direção X foi determinada a inércia em torno do eixo Y ( $I_y$ ), enquanto para as paredes orientadas na direção Y foi considerada a inércia em torno do eixo X ( $I_x$ ). Esses parâmetros são fundamentais para a determinação da rigidez dos painéis de contraventamento e para a análise do comportamento global das edificações frente às ações horizontais.

Tabela 27 – Propriedades das paredes de contraventamento, em ambas as direções.

| PAREDE | $I_y$ ou $I_x$ (m <sup>4</sup> ) | $Y_{dir}$ ou $Y_{sup}$ (m) | $Y_{esq}$ ou $Y_{inf}$ (m) |
|--------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| PAX1   | 0,0109                           | 0,53                       | 0,22                       |
| PAX2   | 0,0310                           | 0,68                       | 0,68                       |
| PAX3   | 0,0590                           | 0,44                       | 0,91                       |
| PAX4   | 0,2438                           | 0,84                       | 1,41                       |
| PAX5   | 0,0109                           | 0,53                       | 0,22                       |
| PAX6   | 0,4025                           | 1,65                       | 1,05                       |
| PAX7   | 0,0423                           | 0,38                       | 0,82                       |
| PACX1  | 3,3853                           | 3,15                       | 3,30                       |
| PAY1   | 1,3540                           | 1,96                       | 1,79                       |
| PAY2   | 0,0422                           | 0,75                       | 0,75                       |
| PAY3   | 0,0010                           | 0,09                       | 0,21                       |
| PAY4   | 0,4490                           | 0,96                       | 1,74                       |
| PAY5   | 0,1643                           | 0,70                       | 1,25                       |
| PAY6   | 0,6562                           | 1,35                       | 1,35                       |
| PAY7   | 0,8129                           | 1,55                       | 2,05                       |
| PACY1  | 0,0312                           | 0,68                       | 0,68                       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### 4.2.5 Estabilidade global – ELU

A avaliação da estabilidade global da edificação foi realizada com o objetivo de verificar até que altura seria possível projetar a edificação, atendendo ao limite do coeficiente de instabilidade global ( $\gamma_z \leq 1,10$ ) estabelecido pela ABNT NBR 16868-1. Para essa análise, adotou-se um modelo simplificado constituído por paredes isoladas, representadas por barras

verticais engastadas na base e livres no topo, simulando o comportamento global da estrutura frente às solicitações laterais.

Nesse modelo, foram aplicadas as ações horizontais previamente determinadas para obter o  $M1_{tot,d}$  considerando tanto a ação do vento como principal (apresentado nas Tabelas 28 e 29 para o edifício de 4 pavimentos, e 30 e 31 para o edifício de 12 pavimentos) quanto a ação vertical variável como principal (apresentado nas Tabelas 32 e 33 para o edifício de 4 pavimentos, e 34 e 35 para o edifício de 12 pavimentos).

Destaca-se que a análise da estabilidade global foi realizada apenas para as combinações de ações envolvendo vento e desaprumo. As ações sísmicas não foram consideradas nessa etapa, uma vez que, neste trabalho, sua influência foi avaliada exclusivamente sobre o dimensionamento das paredes estruturais, não sendo objeto de estudo a estabilidade global da edificação sob carregamentos sísmicos.

Tabela 28 – Cálculo do  $M1_{tot,d}$  considerando a ação do vento como principal para a direção X no edifício de 4 pavimentos.

| PAV      | $F_{v,x} (kN)$ | $z (m)$ | $F_{vd} (kN)$ | $M1_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|----------------|---------|---------------|---------------------------|
| 4        | 19,32          | 11,6    | 27,04         | 313,68                    |
| 3        | 18,32          | 8,7     | 25,65         | 223,19                    |
| 2        | 17,04          | 5,8     | 23,85         | 138,36                    |
| 1        | 15,11          | 2,9     | 21,16         | 61,35                     |
| $\Sigma$ |                |         |               | 736,59                    |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 29 – Cálculo do  $M1_{tot,d}$  considerando a ação do vento como principal para a direção Y no edifício de 4 pavimentos.

| PAV      | $F_{v,x} (kN)$ | $z (m)$ | $F_{vd} (kN)$ | $M1_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|----------------|---------|---------------|---------------------------|
| 4        | 23,33          | 11,6    | 32,67         | 378,95                    |
| 3        | 22,08          | 8,7     | 30,91         | 268,88                    |
| 2        | 20,44          | 5,8     | 28,62         | 165,99                    |
| 1        | 17,99          | 2,9     | 25,19         | 73,05                     |
| $\Sigma$ |                |         |               | 886,87                    |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 30 – Cálculo do  $M1_{tot,d}$  considerando a ação do vento como principal para a direção X no edifício de 12 pavimentos.

| PAV      | $F_{v,x} (kN)$ | $z (m)$ | $F_{vd} (kN)$ | $M1_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|----------------|---------|---------------|---------------------------|
| 12       | 21,80          | 34,8    | 30,52         | 1062,02                   |
| 11       | 21,36          | 31,9    | 29,91         | 954,00                    |
| 10       | 20,89          | 29,0    | 29,25         | 848,28                    |
| 9        | 20,39          | 26,1    | 28,54         | 745,01                    |
| 8        | 19,84          | 23,2    | 27,78         | 644,42                    |
| 7        | 19,24          | 20,3    | 26,93         | 546,74                    |
| 6        | 18,57          | 17,4    | 25,99         | 452,29                    |
| 5        | 17,81          | 14,5    | 24,93         | 361,46                    |
| 4        | 16,92          | 11,6    | 23,69         | 274,79                    |
| 3        | 15,85          | 8,7     | 22,19         | 193,05                    |
| 2        | 14,47          | 5,8     | 20,25         | 117,46                    |
| 1        | 12,40          | 2,9     | 17,36         | 50,35                     |
| $\Sigma$ |                |         |               | 6249,87                   |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 31 – Cálculo do  $M1_{tot,d}$  considerando a ação do vento como principal para a direção Y no edifício de 12 pavimentos.

| PAV      | $F_{v,x} (kN)$ | $z (m)$ | $F_{vd} (kN)$ | $M1_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|----------------|---------|---------------|---------------------------|
| 12       | 26,90          | 34,8    | 37,66         | 1310,46                   |
| 11       | 26,35          | 31,9    | 36,89         | 1176,84                   |
| 10       | 25,77          | 29,0    | 36,07         | 1046,08                   |
| 9        | 25,13          | 26,1    | 35,19         | 918,41                    |
| 8        | 24,45          | 23,2    | 34,23         | 794,08                    |
| 7        | 23,69          | 20,3    | 33,17         | 673,40                    |
| 6        | 22,85          | 17,4    | 32,00         | 556,75                    |
| 5        | 21,90          | 14,5    | 30,66         | 444,63                    |
| 4        | 20,80          | 11,6    | 29,11         | 337,71                    |
| 3        | 19,46          | 8,7     | 27,24         | 236,97                    |
| 2        | 17,72          | 5,8     | 24,81         | 143,91                    |
| 1        | 15,14          | 2,9     | 21,20         | 61,47                     |
| $\Sigma$ |                |         |               | 7700,71                   |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 32 – Cálculo do  $M1_{tot,d}$  considerando a ação vertical variável como principal para a direção X no edifício de 4 pavimentos.

| PAV      | $F_{v,x} (kN)$ | $z (m)$ | $F_{vd} (kN)$ | $M1_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|----------------|---------|---------------|---------------------------|
| 4        | 19,32          | 11,6    | 16,22         | 188,21                    |
| 3        | 18,32          | 8,7     | 15,39         | 133,92                    |
| 2        | 17,04          | 5,8     | 14,31         | 83,01                     |
| 1        | 15,11          | 2,9     | 12,69         | 36,81                     |
| $\Sigma$ |                |         |               | 441,95                    |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 33 – Cálculo do  $M1_{tot,d}$  considerando a ação vertical variável como principal para a direção Y no edifício de 4 pavimentos.

| PAV      | $F_{v,x} (kN)$ | $z (m)$ | $F_{vd} (kN)$ | $M1_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|----------------|---------|---------------|---------------------------|
| 4        | 23,33          | 11,6    | 19,60         | 227,37                    |
| 3        | 22,08          | 8,7     | 18,54         | 161,33                    |
| 2        | 20,44          | 5,8     | 17,17         | 99,59                     |
| 1        | 17,99          | 2,9     | 15,11         | 43,83                     |
| $\Sigma$ |                |         |               | 532,12                    |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 34 – Cálculo do  $M1_{tot,d}$  considerando a ação vertical variável como principal para a direção X no edifício de 12 pavimentos.

| PAV      | $F_{v,x} (kN)$ | $z (m)$ | $F_{vd} (kN)$ | $M1_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|----------------|---------|---------------|---------------------------|
| 12       | 21,80          | 34,8    | 18,31         | 637,21                    |
| 11       | 21,36          | 31,9    | 17,94         | 572,40                    |
| 10       | 20,89          | 29,0    | 17,55         | 508,97                    |
| 9        | 20,39          | 26,1    | 17,13         | 447,01                    |
| 8        | 19,84          | 23,2    | 16,67         | 386,65                    |
| 7        | 19,24          | 20,3    | 16,16         | 328,05                    |
| 6        | 18,57          | 17,4    | 15,60         | 271,37                    |
| 5        | 17,81          | 14,5    | 14,96         | 216,88                    |
| 4        | 16,92          | 11,6    | 14,21         | 164,87                    |
| 3        | 15,85          | 8,7     | 13,31         | 115,83                    |
| 2        | 14,47          | 5,8     | 12,15         | 70,47                     |
| 1        | 12,40          | 2,9     | 10,42         | 30,21                     |
| $\Sigma$ |                |         |               | 3749,92                   |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 35 – Cálculo do  $M1_{tot,d}$  considerando a ação vertical variável como principal para a direção Y no edifício de 12 pavimentos.

| PAV      | $F_{v,x} (kN)$ | $z (m)$ | $F_{vd} (kN)$ | $M1_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|----------------|---------|---------------|---------------------------|
| 12       | 26,90          | 34,8    | 22,59         | 786,28                    |
| 11       | 26,35          | 31,9    | 22,13         | 706,10                    |
| 10       | 25,77          | 29,0    | 21,64         | 627,65                    |
| 9        | 25,13          | 26,1    | 21,11         | 551,05                    |
| 8        | 24,45          | 23,2    | 20,54         | 476,45                    |
| 7        | 23,69          | 20,3    | 19,90         | 404,04                    |
| 6        | 22,85          | 17,4    | 19,20         | 334,05                    |
| 5        | 21,90          | 14,5    | 18,40         | 266,78                    |
| 4        | 20,80          | 11,6    | 17,47         | 202,63                    |
| 3        | 19,46          | 8,7     | 16,34         | 142,18                    |
| 2        | 17,72          | 5,8     | 14,89         | 86,35                     |
| 1        | 15,14          | 2,9     | 12,72         | 36,88                     |
| $\Sigma$ |                |         |               | 4620,42                   |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A partir disso, a análise estrutural foi realizada com o auxílio do *software* Ftool, obtendo-se os deslocamentos horizontais  $\Delta x$  em cada pavimento da edificação. Com base nesses deslocamentos, procedeu-se ao cálculo dos momentos de tombamento produzidos pelas cargas verticais atuando sobre a estrutura deslocada, correspondentes aos efeitos globais de segunda ordem. Os resultados obtidos considerando a ação do vento como principal estão apresentados nas Tabelas 36 e 37 para o edifício de 4 pavimentos, e 38 e 39 para o edifício de 12 pavimentos, enquanto os resultados considerando a ação vertical variável como principal estão apresentados nas Tabelas 40 e 41 para o edifício de 4 pavimentos, e 42 e 43 para o edifício de 12 pavimentos.

Tabela 36 – Cálculo do  $\Delta M_{tot,d}$  considerando a ação do vento como principal para a direção X no edifício de 4 pavimentos.

| PAV      | $I (m^4)$ | $E_{a,sec} (MPa)$ | $\Delta x (mm)$ | $F_g (kN)$ | $F_q (kN)$ | $F_{d,vertical} (kN)$ | $\Delta M_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|-----------|-------------------|-----------------|------------|------------|-----------------------|---------------------------------|
| 4        | 9,97      | 2048              | 1,34            | 371,21     | 90,80      | 583,26                | 0,78                            |
| 3        | 9,97      | 2048              | 0,88            | 742,43     | 181,61     | 1166,52               | 1,02                            |
| 2        | 9,97      | 2048              | 0,45            | 1113,64    | 272,41     | 1749,78               | 0,80                            |
| 1        | 9,97      | 2048              | 0,13            | 1484,85    | 363,22     | 2333,04               | 0,31                            |
| $\Sigma$ |           |                   |                 |            |            |                       | 2,91                            |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 37 – Cálculo do  $\Delta M_{tot,d}$  considerando a ação do vento como principal para a direção Y no edifício de 4 pavimentos.

| PAV      | $I (m^4)$ | $E_{a,sec} (MPa)$ | $\Delta x (mm)$ | $F_g (kN)$ | $F_q (kN)$ | $F_{d,vertical} (kN)$ | $\Delta M_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|-----------|-------------------|-----------------|------------|------------|-----------------------|---------------------------------|
| 4        | 13,98     | 2048              | 1,20            | 371,21     | 90,80      | 583,26                | 0,70                            |
| 3        | 13,98     | 2048              | 0,79            | 742,43     | 181,61     | 1166,52               | 0,92                            |
| 2        | 13,98     | 2048              | 0,41            | 1113,64    | 272,41     | 1749,78               | 0,71                            |
| 1        | 13,98     | 2048              | 0,12            | 1484,85    | 363,22     | 2333,04               | 0,28                            |
| $\Sigma$ |           |                   |                 |            |            |                       | 2,61                            |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 38 – Cálculo do  $\Delta M_{tot,d}$  considerando a ação do vento como principal para a direção X no edifício de 12 pavimentos.

| PAV      | $I (m^4)$ | $E_{a,sec} (MPa)$ | $\Delta x (mm)$ | $F_g (kN)$ | $F_q (kN)$ | $F_{d,vertical} (kN)$ | $\Delta M_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|-----------|-------------------|-----------------|------------|------------|-----------------------|---------------------------------|
| 12       | 9,97      | 2048              | 41,62           | 371,21     | 90,80      | 583,26                | 24,28                           |
| 11       | 9,97      | 2048              | 36,43           | 742,43     | 181,61     | 1166,52               | 42,50                           |
| 10       | 9,97      | 2048              | 31,28           | 1113,64    | 272,41     | 1749,78               | 54,73                           |
| 9        | 9,97      | 2048              | 26,25           | 1484,85    | 363,22     | 2333,04               | 61,24                           |
| 8        | 9,97      | 2880              | 21,45           | 1856,07    | 454,02     | 2916,31               | 62,55                           |
| 7        | 9,97      | 2880              | 16,94           | 2227,28    | 544,83     | 3499,57               | 59,28                           |
| 6        | 9,97      | 3840              | 12,81           | 2598,49    | 635,63     | 4082,83               | 52,30                           |
| 5        | 9,97      | 3840              | 9,15            | 2969,70    | 726,43     | 4666,09               | 42,68                           |
| 4        | 9,97      | 4480              | 6,00            | 3340,92    | 817,24     | 5249,35               | 31,50                           |
| 3        | 9,97      | 5376              | 3,47            | 3712,13    | 908,04     | 5832,61               | 20,23                           |
| 2        | 9,97      | 5376              | 1,58            | 4083,34    | 998,85     | 6415,87               | 10,13                           |
| 1        | 9,97      | 6272              | 0,40            | 4454,56    | 1089,65    | 6999,13               | 2,80                            |
| $\Sigma$ |           |                   |                 |            |            |                       | 464,22                          |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 39 – Cálculo do  $\Delta M_{tot,d}$  considerando a ação do vento como principal para a direção Y no edifício de 12 pavimentos.

| PAV      | $I (m^4)$ | $E_{a,sec} (MPa)$ | $\Delta x (mm)$ | $F_g (kN)$ | $F_q (kN)$ | $F_{d,vertical} (kN)$ | $\Delta M_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|-----------|-------------------|-----------------|------------|------------|-----------------------|---------------------------------|
| 12       | 13,98     | 2048              | 36,61           | 371,21     | 90,80      | 583,26                | 21,35                           |
| 11       | 13,98     | 2048              | 32,04           | 742,43     | 181,61     | 1166,52               | 37,38                           |
| 10       | 13,98     | 2048              | 27,52           | 1113,64    | 272,41     | 1749,78               | 48,15                           |
| 9        | 13,98     | 2048              | 23,09           | 1484,85    | 363,22     | 2333,04               | 53,87                           |
| 8        | 13,98     | 2880              | 18,86           | 1856,07    | 454,02     | 2916,31               | 55,00                           |
| 7        | 13,98     | 2880              | 14,90           | 2227,28    | 544,83     | 3499,57               | 52,14                           |
| 6        | 13,98     | 3840              | 11,27           | 2598,49    | 635,63     | 4082,83               | 46,01                           |
| 5        | 13,98     | 3840              | 8,04            | 2969,70    | 726,43     | 4666,09               | 37,53                           |
| 4        | 13,98     | 4480              | 5,28            | 3340,92    | 817,24     | 5249,35               | 27,70                           |
| 3        | 13,98     | 5376              | 3,05            | 3712,13    | 908,04     | 5832,61               | 17,79                           |
| 2        | 13,98     | 5376              | 1,39            | 4083,34    | 998,85     | 6415,87               | 8,91                            |
| 1        | 13,98     | 6272              | 0,35            | 4454,56    | 1089,65    | 6999,13               | 2,46                            |
| $\Sigma$ |           |                   |                 |            |            |                       | 408,29                          |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 40 – Cálculo do  $\Delta M_{tot,d}$  considerando a ação vertical variável como principal para a direção X no edifício de 4 pavimentos.

| PAV      | $I (m^4)$ | $E_{a,sec} (MPa)$ | $\Delta x (mm)$ | $F_g (kN)$ | $F_q (kN)$ | $F_{d,vertical} (kN)$ | $\Delta M_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|-----------|-------------------|-----------------|------------|------------|-----------------------|---------------------------------|
| 4        | 9,97      | 2048              | 0,80            | 371,21     | 90,80      | 646,82                | 0,52                            |
| 3        | 9,97      | 2048              | 0,53            | 742,43     | 181,61     | 1293,65               | 0,68                            |
| 2        | 9,97      | 2048              | 0,27            | 1113,64    | 272,41     | 1940,47               | 0,53                            |
| 1        | 9,97      | 2048              | 0,08            | 1484,85    | 363,22     | 2587,30               | 0,21                            |
| $\Sigma$ |           |                   |                 |            |            |                       | 1,94                            |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 41 – Cálculo do  $\Delta M_{tot,d}$  considerando a ação vertical variável como principal para a direção Y no edifício de 4 pavimentos.

| PAV      | $I (m^4)$ | $E_{a,sec} (MPa)$ | $\Delta x (mm)$ | $F_g (kN)$ | $F_q (kN)$ | $F_{d,vertical} (kN)$ | $\Delta M_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|-----------|-------------------|-----------------|------------|------------|-----------------------|---------------------------------|
| 4        | 13,98     | 2048              | 0,72            | 371,21     | 90,80      | 646,82                | 0,47                            |
| 3        | 13,98     | 2048              | 0,47            | 742,43     | 181,61     | 1293,65               | 0,61                            |
| 2        | 13,98     | 2048              | 0,25            | 1113,64    | 272,41     | 1940,47               | 0,48                            |
| 1        | 13,98     | 2048              | 0,07            | 1484,85    | 363,22     | 2587,30               | 0,18                            |
| $\Sigma$ |           |                   |                 |            |            |                       | 1,74                            |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 42 – Cálculo do  $\Delta M_{tot,d}$  considerando a ação vertical variável como principal para a direção X no edifício de 12 pavimentos.

| PAV      | $I (m^4)$ | $E_{a,sec} (MPa)$ | $\Delta x (mm)$ | $F_g (kN)$ | $F_q (kN)$ | $F_{d,vertical} (kN)$ | $\Delta M_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|-----------|-------------------|-----------------|------------|------------|-----------------------|---------------------------------|
| 12       | 9,97      | 2048              | 24,97           | 371,21     | 90,80      | 646,82                | 16,15                           |
| 11       | 9,97      | 2048              | 21,86           | 742,43     | 181,61     | 1293,65               | 28,28                           |
| 10       | 9,97      | 2048              | 18,77           | 1113,64    | 272,41     | 1940,47               | 36,42                           |
| 9        | 9,97      | 2048              | 15,76           | 1484,85    | 363,22     | 2587,30               | 40,78                           |
| 8        | 9,97      | 2880              | 12,87           | 1856,07    | 454,02     | 3234,12               | 41,62                           |
| 7        | 9,97      | 2880              | 10,17           | 2227,28    | 544,83     | 3880,95               | 39,47                           |
| 6        | 9,97      | 3840              | 7,69            | 2598,49    | 635,63     | 4527,77               | 34,82                           |
| 5        | 9,97      | 3840              | 5,49            | 2969,70    | 726,43     | 5174,59               | 28,40                           |
| 4        | 9,97      | 4480              | 3,60            | 3340,92    | 817,24     | 5821,42               | 20,96                           |
| 3        | 9,97      | 5376              | 2,08            | 3712,13    | 908,04     | 6468,24               | 13,47                           |
| 2        | 9,97      | 5376              | 0,95            | 4083,34    | 998,85     | 7115,07               | 6,74                            |
| 1        | 9,97      | 6272              | 0,24            | 4454,56    | 1089,65    | 7761,89               | 1,86                            |
| $\Sigma$ |           |                   |                 |            |            |                       | 308,99                          |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 43 – Cálculo do  $\Delta M_{tot,d}$  considerando a ação vertical variável como principal para a direção Y no edifício de 12 pavimentos.

| PAV      | $I (m^4)$ | $E_{a,sec} (MPa)$ | $\Delta x (mm)$ | $F_g (kN)$ | $F_q (kN)$ | $F_{d,vertical} (kN)$ | $\Delta M_{tot,d} (kN \cdot m)$ |
|----------|-----------|-------------------|-----------------|------------|------------|-----------------------|---------------------------------|
| 12       | 13,98     | 2048              | 21,94           | 371,21     | 90,80      | 646,82                | 14,19                           |
| 11       | 13,98     | 2048              | 19,20           | 742,43     | 181,61     | 1293,65               | 24,84                           |
| 10       | 13,98     | 2048              | 16,49           | 1113,64    | 272,41     | 1940,47               | 32,00                           |
| 9        | 13,98     | 2048              | 13,84           | 1484,85    | 363,22     | 2587,30               | 35,81                           |
| 8        | 13,98     | 2880              | 11,30           | 1856,07    | 454,02     | 3234,12               | 36,55                           |
| 7        | 13,98     | 2880              | 8,93            | 2227,28    | 544,83     | 3880,95               | 34,65                           |
| 6        | 13,98     | 3840              | 6,75            | 2598,49    | 635,63     | 4527,77               | 30,58                           |
| 5        | 13,98     | 3840              | 4,82            | 2969,70    | 726,43     | 5174,59               | 24,94                           |
| 4        | 13,98     | 4480              | 3,16            | 3340,92    | 817,24     | 5821,42               | 18,41                           |
| 3        | 13,98     | 5376              | 1,83            | 3712,13    | 908,04     | 6468,24               | 11,82                           |
| 2        | 13,98     | 5376              | 0,83            | 4083,34    | 998,85     | 7115,07               | 5,92                            |
| 1        | 13,98     | 6272              | 0,21            | 4454,56    | 1089,65    | 7761,89               | 1,64                            |
| $\Sigma$ |           |                   |                 |            |            |                       | 271,34                          |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Em seguida, foi determinado o coeficiente  $\gamma_z$  por meio da Equação 20. Os valores obtidos para esse parâmetro foram:

- Edifício de 4 pavimentos:
  - Ação do vento como principal:
    - $\gamma_{z,x} = 1,004 < 1,1$  (OK!)
    - $\gamma_{z,y} = 1,003 < 1,1$  (OK!)
  - Ação vertical variável como principal:
    - $\gamma_{z,x} = 1,0044 < 1,1$  (OK!)
    - $\gamma_{z,y} = 1,0033 < 1,1$  (OK!)
- Edifício de 12 pavimentos:
  - Ação do vento como principal:
    - $\gamma_{z,x} = 1,08 < 1,1$  (OK!)
    - $\gamma_{z,y} = 1,056 < 1,1$  (OK!)
  - Ação vertical variável como principal:
    - $\gamma_{z,x} = 1,09 < 1,1$  (OK!)
    - $\gamma_{z,y} = 1,062 < 1,1$  (OK!)

Com isso, a partir dos valores encontrados, foi possível verificar que ambas as edificações possuem rigidez suficiente para garantir a estabilidade global da estrutura.

Além disso, observa-se que, para a edificação de 12 pavimentos, os valores de  $\gamma_z$  aproximaram-se do limite máximo de 1,10 estabelecido pela ABNT NBR 16868-1, indicando que essa configuração representa praticamente a altura máxima viável para a tipologia analisada sob o critério de estabilidade global. Verificações adicionais realizadas para edificações de 16 e 20 pavimentos resultaram em valores de  $\gamma_z$  superiores ao limite normativo, evidenciando que essas configurações não atendem aos requisitos de estabilidade global sem a adoção de medidas para aumento da rigidez estrutural.

#### 4.2.6 Modelo de distribuição de esforços

A distribuição das ações horizontais entre as paredes de contraventamento foi realizada considerando que a parcela de força absorvida por cada painel é proporcional à sua rigidez à flexão, conforme expresso pela Equação 7. Para contemplar os efeitos de torção global decorrentes da não coincidência entre o centro de rigidez e a linha de aplicação das ações laterais, desprezou-se as deformações por cisalhamento e apenas a contribuição da flexão foi considerada.

Em razão da simetria da planta da edificação, o centro de rigidez coincide com o centro geométrico da estrutura. Dessa forma, a excentricidade total das ações horizontais corresponde apenas à parcela associada à ação do vento. Essa excentricidade depende das características do escoamento e, para a condição de vento de alta turbulência adotada neste estudo, foi considerada igual a 15% da dimensão de barlavento da edificação na direção analisada.

A parcela torsional dos esforços foi determinada por meio da análise de duas configurações de carregamento, correspondentes à atuação da excentricidade do vento em lados opostos do centro geométrico. Para cada situação foram calculadas as forças horizontais atuantes em todas as paredes de contraventamento, sendo adotados para o dimensionamento os valores mais desfavoráveis obtidos entre os dois casos analisados.

Os resultados da distribuição das forças horizontais referentes ao primeiro pavimento são apresentados nas Tabelas 44 e 45 para o edifício de 4 pavimentos e nas Tabelas 46 e 47 para o edifício de 12 pavimentos. O mesmo procedimento foi aplicado aos demais pavimentos das edificações, sendo todos os cálculos realizados com o auxílio de planilhas eletrônicas desenvolvidas especificamente para este trabalho.

Tabela 44 – Força horizontal em cada parede do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 4 pavimentos.

| PAREDE | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $X_i^{[1]} \text{ (m)}$ | $I \cdot X_i^2 \text{ (m}^6\text{)}$ | $H_{n(1)}^*{}^{[2]} \text{ (kN)}$ | $H_{n(2)}^*{}^{[3]} \text{ (kN)}$ | $H_{nk}^*{}^{[4]} \text{ (kN)}$ |
|--------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| PAX1   | 0,0109                   | 6,78                    | 0,50                                 | 0,25                              | -0,10                             | 0,25                            |
| PAX2   | 0,031                    | 6,86                    | 1,46                                 | 0,72                              | -0,29                             | 0,72                            |
| PAX3   | 0,059                    | 6,86                    | 2,78                                 | 1,37                              | -0,55                             | 1,37                            |
| PAX4   | 0,2438                   | 4,63                    | 5,23                                 | 4,38                              | -0,97                             | 4,38                            |
| PAX5   | 0,0109                   | 4,23                    | 0,20                                 | 0,19                              | -0,03                             | 0,19                            |
| PAX6   | 0,4025                   | 3,56                    | 5,10                                 | 6,22                              | -0,59                             | 6,22                            |
| PAX7   | 0,0423                   | 3,24                    | 0,44                                 | 0,62                              | -0,03                             | 0,62                            |
| PACX1  | 3,3853                   | 0,00                    | 0,00                                 | 23,69                             | 23,69                             | 23,69                           |

<sup>[1]</sup> Distância entre o eixo da parede e o centro de rigidez da edificação.

<sup>[2]</sup> Força cortante levando em consideração o somatório das excentricidades devido à força de arrasto e o centro de rotação.

<sup>[3]</sup> Força cortante levando em consideração a subtração das excentricidades devido à força de arrasto e o centro de rotação.

<sup>[4]</sup> Força cortante adotada, levando em consideração a maior, em módulo, das duas anteriores, em <sup>[2]</sup> e <sup>[3]</sup>.

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 45 – Força horizontal em cada parede do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos.

| PAREDE | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $X_i^{[1]} \text{ (m)}$ | $I \cdot X_i^2 \text{ (m}^6\text{)}$ | $H_{n(1)}^*{}^{[2]} \text{ (kN)}$ | $H_{n(2)}^*{}^{[3]} \text{ (kN)}$ | $H_{nk}^*{}^{[4]} \text{ (kN)}$ |
|--------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| PAY1   | 1,3540                   | -9,49                   | 121,94                               | 3,52                              | 12,72                             | 12,72                           |
| PAY2   | 0,0422                   | -7,58                   | 2,42                                 | 0,14                              | 0,37                              | 0,37                            |
| PAY3   | 0,0010                   | -7,58                   | 0,06                                 | 0,00                              | 0,01                              | 0,01                            |
| PAY4   | 0,4490                   | -5,93                   | 15,79                                | 1,74                              | 3,64                              | 3,64                            |
| PAY5   | 0,1643                   | -4,12                   | 2,79                                 | 0,74                              | 1,23                              | 1,23                            |
| PAY6   | 0,6562                   | -2,96                   | 5,75                                 | 3,24                              | 4,63                              | 4,63                            |
| PAY7   | 0,8129                   | -1,22                   | 1,21                                 | 4,52                              | 5,23                              | 5,23                            |
| PACY1  | 0,0312                   | -3,98                   | 0,49                                 | 0,14                              | 0,23                              | 0,23                            |

<sup>[1]</sup> Distância entre o eixo da parede e o centro de rigidez da edificação.

<sup>[2]</sup> Força cortante levando em consideração o somatório das excentricidades devido à força de arrasto e o centro de rotação.

<sup>[3]</sup> Força cortante levando em consideração a subtração das excentricidades devido à força de arrasto e o centro de rotação.

<sup>[4]</sup> Força cortante adotada, levando em consideração a maior, em módulo, das duas anteriores, em <sup>[2]</sup> e <sup>[3]</sup>.

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 46 – Força horizontal em cada parede do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos.

| PAREDE | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $X_i^{[1]} \text{ (m)}$ | $I \cdot X_i^2 \text{ (m}^6\text{)}$ | $H_{n(1)}^*{}^{[2]} \text{ (kN)}$ | $H_{n(2)}^*{}^{[3]} \text{ (kN)}$ | $H_{nk}^*{}^{[4]} \text{ (kN)}$ |
|--------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| PAX1   | 0,0109                   | 6,78                    | 0,50                                 | 0,79                              | -0,31                             | 0,79                            |
| PAX2   | 0,031                    | 6,86                    | 1,46                                 | 2,27                              | -0,90                             | 2,27                            |
| PAX3   | 0,059                    | 6,86                    | 2,78                                 | 4,32                              | -1,72                             | 4,32                            |
| PAX4   | 0,2438                   | 4,63                    | 5,23                                 | 13,78                             | -3,05                             | 13,78                           |
| PAX5   | 0,0109                   | 4,23                    | 0,20                                 | 0,58                              | -0,10                             | 0,58                            |
| PAX6   | 0,4025                   | 3,56                    | 5,10                                 | 19,55                             | -1,82                             | 19,55                           |
| PAX7   | 0,0423                   | 3,24                    | 0,44                                 | 1,95                              | -0,09                             | 1,95                            |
| PACX1  | 3,3853                   | 0,00                    | 0,00                                 | 74,55                             | 74,50                             | 74,55                           |

<sup>[1]</sup> Distância entre o eixo da parede e o centro de rotação da edificação.

<sup>[2]</sup> Força cortante levando em consideração o somatório das excentricidades devido à força de arrasto e o centro de rotação.

<sup>[3]</sup> Força cortante levando em consideração a subtração das excentricidades devido à força de arrasto e o centro de rotação.

<sup>[4]</sup> Força cortante adotada, levando em consideração a maior, em módulo, das duas anteriores, em <sup>[2]</sup> e <sup>[3]</sup>.

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 47 – Força horizontal em cada parede do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos.

| PAREDE | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $X_i^{[1]} \text{ (m)}$ | $I \cdot X_i^2 \text{ (m}^6\text{)}$ | $H_{n(1)}^{*[2]} \text{ (kN)}$ | $H_{n(2)}^{*[3]} \text{ (kN)}$ | $H_{nk}^{*[4]} \text{ (kN)}$ |
|--------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| PAY1   | 1,3540                   | -9,49                   | 121,94                               | 11,34                          | 40,98                          | 40,98                        |
| PAY2   | 0,0422                   | -7,58                   | 2,42                                 | 0,45                           | 1,18                           | 1,18                         |
| PAY3   | 0,0010                   | -7,58                   | 0,06                                 | 0,01                           | 0,03                           | 0,03                         |
| PAY4   | 0,4490                   | -5,93                   | 15,79                                | 5,61                           | 11,75                          | 11,75                        |
| PAY5   | 0,1643                   | -4,12                   | 2,79                                 | 2,39                           | 3,96                           | 3,96                         |
| PAY6   | 0,6562                   | -2,96                   | 5,75                                 | 10,44                          | 14,92                          | 14,92                        |
| PAY7   | 0,8129                   | -1,22                   | 1,21                                 | 14,56                          | 16,85                          | 16,85                        |
| PACY1  | 0,0312                   | -3,98                   | 0,49                                 | 0,46                           | 0,75                           | 0,75                         |

<sup>[1]</sup> Distância entre o eixo da parede e o centro de rotação da edificação.

<sup>[2]</sup> Força cortante levando em consideração o somatório das excentricidades devido à força de arrasto e o centro de rotação.

<sup>[3]</sup> Força cortante levando em consideração a subtração das excentricidades devido à força de arrasto e o centro de rotação.

<sup>[4]</sup> Força cortante adotada, levando em consideração a maior, em módulo, das duas anteriores, em <sup>[2]</sup> e <sup>[3]</sup>.

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

As Tabela 48 e 49 apresentam os esforços cortantes ( $V$ ) e os momentos fletores ( $M$ ) para cada parede, nas direções X e Y, respectivamente, para cada pavimento do edifício de 4 pavimentos. Já as Tabelas 50 e 51 apresentam esses resultados para o edifício de 12 pavimentos.

Tabela 48 – Esforços das paredes para cada pavimento (Direção X) para edifício de 4 pavimentos.

| PAREDE | $V$ - Esforço cortante, em kN e $M$ - Momento fletor, em kN·m |       |       |       |       |        |       |        |
|--------|---------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
|        | 4                                                             |       | 3     |       | 2     |        | 1     |        |
|        | $V$                                                           | $M$   | $V$   | $M$   | $V$   | $M$    | $V$   | $M$    |
| PAX1   | 0,07                                                          | 0,20  | 0,14  | 0,60  | 0,20  | 1,17   | 0,25  | 1,90   |
| PAX2   | 0,20                                                          | 0,58  | 0,39  | 1,71  | 0,56  | 3,34   | 0,72  | 5,44   |
| PAX3   | 0,38                                                          | 1,10  | 0,74  | 3,25  | 1,08  | 6,37   | 1,37  | 10,34  |
| PAX4   | 1,21                                                          | 3,52  | 2,36  | 10,37 | 3,43  | 20,33  | 4,38  | 33,03  |
| PAX5   | 0,05                                                          | 0,15  | 0,10  | 0,44  | 0,15  | 0,86   | 0,19  | 1,40   |
| PAX6   | 1,72                                                          | 4,99  | 3,35  | 14,71 | 4,87  | 28,82  | 6,21  | 46,84  |
| PAX7   | 0,17                                                          | 0,50  | 0,33  | 1,47  | 0,49  | 2,88   | 0,62  | 4,68   |
| PACX1  | 6,56                                                          | 19,02 | 12,78 | 56,09 | 18,57 | 109,94 | 23,70 | 178,67 |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 49 – Esforços das paredes para cada pavimento (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos.

| PAREDE | <b><i>V</i> - Esforço cortante, em kN e <i>M</i> - Momento fletor, em kN·m</b> |          |          |          |          |          |          |          |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|        | <b>4</b>                                                                       |          | <b>3</b> |          | <b>2</b> |          | <b>1</b> |          |
|        | <i>V</i>                                                                       | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> |
| PAY1   | 3,54                                                                           | 10,27    | 6,89     | 30,24    | 9,99     | 59,21    | 12,72    | 96,10    |
| PAY2   | 0,10                                                                           | 0,30     | 0,20     | 0,87     | 0,29     | 1,71     | 0,37     | 2,78     |
| PAY3   | 0,00                                                                           | 0,01     | 0,00     | 0,02     | 0,01     | 0,04     | 0,01     | 0,07     |
| PAY4   | 1,01                                                                           | 2,94     | 1,97     | 8,67     | 2,86     | 16,97    | 3,65     | 27,55    |
| PAY5   | 0,34                                                                           | 0,99     | 0,66     | 2,92     | 0,96     | 5,72     | 1,23     | 9,28     |
| PAY6   | 1,29                                                                           | 3,74     | 2,51     | 11,01    | 3,64     | 21,56    | 4,63     | 34,99    |
| PAY7   | 1,46                                                                           | 4,22     | 2,83     | 12,44    | 4,11     | 24,35    | 5,23     | 39,52    |
| PACY1  | 0,06                                                                           | 0,19     | 0,13     | 0,55     | 0,18     | 1,08     | 0,23     | 1,75     |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 50 – Esforços das paredes para cada pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos.

| PAREDE | <b><i>V</i> - Esforço cortante, em kN e <i>M</i> - Momento fletor, em kN·m</b> |          |           |          |           |          |          |          |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
|        | <b>12</b>                                                                      |          | <b>11</b> |          | <b>10</b> |          | <b>9</b> |          |
|        | <i>V</i>                                                                       | <i>M</i> | <i>V</i>  | <i>M</i> | <i>V</i>  | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> |
| PAX1   | 0,08                                                                           | 0,23     | 0,16      | 0,68     | 0,23      | 1,35     | 0,30     | 2,23     |
| PAX2   | 0,23                                                                           | 0,65     | 0,45      | 1,95     | 0,66      | 3,87     | 0,87     | 6,39     |
| PAX3   | 0,43                                                                           | 1,24     | 0,85      | 3,70     | 1,26      | 7,36     | 1,66     | 12,17    |
| PAX4   | 1,37                                                                           | 3,97     | 2,71      | 11,83    | 4,02      | 23,49    | 5,30     | 38,87    |
| PAX5   | 0,06                                                                           | 0,17     | 0,11      | 0,50     | 0,17      | 0,99     | 0,22     | 1,65     |
| PAX6   | 1,94                                                                           | 5,63     | 3,84      | 16,77    | 5,70      | 33,31    | 7,52     | 55,11    |
| PAX7   | 0,19                                                                           | 0,56     | 0,38      | 1,68     | 0,57      | 3,33     | 0,75     | 5,51     |
| PACX1  | 7,40                                                                           | 21,47    | 14,66     | 63,97    | 21,75     | 127,05   | 28,68    | 210,21   |

Tabela 50 – Esforços das paredes para cada pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos

(continuação).

| PAREDE | <b><i>V</i> - Esforço cortante, em kN e <i>M</i> - Momento fletor, em kN·m</b> |          |          |          |          |          |          |          |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|        | <b>8</b>                                                                       |          | <b>7</b> |          | <b>6</b> |          | <b>5</b> |          |
|        | <i>V</i>                                                                       | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> |
| PAX1   | 0,38                                                                           | 3,32     | 0,45     | 4,61     | 0,51     | 6,09     | 0,58     | 7,77     |
| PAX2   | 1,08                                                                           | 9,52     | 1,28     | 13,22    | 1,47     | 17,48    | 1,65     | 22,27    |
| PAX3   | 2,05                                                                           | 18,12    | 2,43     | 25,16    | 2,79     | 33,26    | 3,14     | 42,38    |
| PAX4   | 6,55                                                                           | 57,85    | 7,76     | 80,34    | 8,92     | 106,22   | 10,04    | 135,33   |
| PAX5   | 0,28                                                                           | 2,45     | 0,33     | 3,40     | 0,38     | 4,50     | 0,43     | 5,73     |
| PAX6   | 9,28                                                                           | 82,04    | 11,00    | 113,93   | 12,65    | 150,62   | 14,24    | 191,90   |
| PAX7   | 0,93                                                                           | 8,20     | 1,10     | 11,39    | 1,26     | 15,05    | 1,42     | 19,18    |
| PACX1  | 35,41                                                                          | 312,91   | 41,95    | 434,56   | 48,25    | 574,49   | 54,30    | 731,96   |

Tabela 50 – Esforços das paredes para cada pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos  
(conclusão).

| PAREDE | <i>V</i> - Esforço cortante, em kN e <i>M</i> - Momento fletor, em kN·m |          |          |          |          |          |          |          |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|        | 4                                                                       |          | 3        |          | 2        |          | 1        |          |
|        | <i>V</i>                                                                | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> |
| PAX1   | 0,64                                                                    | 9,61     | 0,69     | 11,63    | 0,75     | 13,79    | 0,79     | 16,08    |
| PAX2   | 1,83                                                                    | 27,56    | 1,99     | 33,34    | 2,14     | 39,54    | 2,27     | 46,12    |
| PAX3   | 3,48                                                                    | 52,46    | 3,79     | 63,45    | 4,07     | 75,26    | 4,32     | 87,77    |
| PAX4   | 11,10                                                                   | 167,52   | 12,10    | 202,60   | 13,00    | 240,32   | 13,78    | 280,29   |
| PAX5   | 0,47                                                                    | 7,09     | 0,51     | 8,58     | 0,55     | 10,18    | 0,58     | 11,87    |
| PAX6   | 15,74                                                                   | 237,55   | 17,15    | 287,30   | 18,44    | 340,77   | 19,55    | 397,46   |
| PAX7   | 1,57                                                                    | 23,74    | 1,71     | 28,71    | 1,84     | 34,05    | 1,95     | 39,72    |
| PACX1  | 60,05                                                                   | 906,09   | 65,43    | 1095,83  | 70,34    | 1299,81  | 74,55    | 1516,01  |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 51 – Esforços das paredes para cada pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos.

| PAREDE | <i>V</i> - Esforço cortante, em kN e <i>M</i> - Momento fletor, em kN·m |          |          |          |          |          |          |          |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|        | 12                                                                      |          | 11       |          | 10       |          | 9        |          |
|        | <i>V</i>                                                                | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> |
| PAY1   | 4,08                                                                    | 11,83    | 8,08     | 35,26    | 11,99    | 70,02    | 15,80    | 115,84   |
| PAY2   | 0,12                                                                    | 0,34     | 0,23     | 1,02     | 0,35     | 2,02     | 0,46     | 3,35     |
| PAY3   | 0,00                                                                    | 0,01     | 0,01     | 0,02     | 0,01     | 0,05     | 0,01     | 0,08     |
| PAY4   | 1,17                                                                    | 3,39     | 2,32     | 10,11    | 3,44     | 20,07    | 4,53     | 33,20    |
| PAY5   | 0,39                                                                    | 1,14     | 0,78     | 3,40     | 1,16     | 6,76     | 1,52     | 11,18    |
| PAY6   | 1,49                                                                    | 4,31     | 2,94     | 12,84    | 4,36     | 25,49    | 5,75     | 42,17    |
| PAY7   | 1,68                                                                    | 4,87     | 3,32     | 14,50    | 4,93     | 28,79    | 6,50     | 47,63    |
| PACY1  | 0,07                                                                    | 0,22     | 0,15     | 0,64     | 0,22     | 1,27     | 0,29     | 2,11     |

Tabela 51 – Esforços das paredes para cada pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos  
(continuação).

| PAREDE | <i>V</i> - Esforço cortante, em kN e <i>M</i> - Momento fletor, em kN·m |          |          |          |          |          |          |          |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|        | 8                                                                       |          | 7        |          | 6        |          | 5        |          |
|        | <i>V</i>                                                                | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> |
| PAY1   | 19,51                                                                   | 172,41   | 23,10    | 239,41   | 26,57    | 316,47   | 29,89    | 403,16   |
| PAY2   | 0,56                                                                    | 4,98     | 0,67     | 6,92     | 0,77     | 9,15     | 0,86     | 11,65    |
| PAY3   | 0,01                                                                    | 0,12     | 0,02     | 0,16     | 0,02     | 0,22     | 0,02     | 0,28     |
| PAY4   | 5,59                                                                    | 49,42    | 6,62     | 68,62    | 7,62     | 90,71    | 8,57     | 115,56   |
| PAY5   | 1,88                                                                    | 16,64    | 2,23     | 23,11    | 2,56     | 30,54    | 2,89     | 38,91    |
| PAY6   | 7,10                                                                    | 62,77    | 8,41     | 87,16    | 9,67     | 115,21   | 10,88    | 146,77   |
| PAY7   | 8,02                                                                    | 70,89    | 9,50     | 98,44    | 10,93    | 130,13   | 12,29    | 165,77   |
| PACY1  | 0,36                                                                    | 3,14     | 0,42     | 4,36     | 0,48     | 5,76     | 0,54     | 7,34     |

Tabela 51 – Esforços das paredes para cada pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos (conclusão).

| PAREDE | <b><i>V</i> - Esforço cortante, em kN e <i>M</i> - Momento fletor, em kN·m</b> |          |          |          |          |          |          |          |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|        | <b>4</b>                                                                       |          | <b>3</b> |          | <b>2</b> |          | <b>1</b> |          |
|        | <i>V</i>                                                                       | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> | <i>V</i> | <i>M</i> |
| PAY1   | 33,05                                                                          | 499,00   | 36,00    | 603,39   | 38,69    | 715,59   | 40,98    | 834,44   |
| PAY2   | 0,96                                                                           | 14,42    | 1,04     | 17,44    | 1,12     | 20,68    | 1,18     | 24,11    |
| PAY3   | 0,02                                                                           | 0,34     | 0,02     | 0,41     | 0,03     | 0,49     | 0,03     | 0,57     |
| PAY4   | 9,47                                                                           | 143,03   | 10,32    | 172,95   | 11,09    | 205,11   | 11,75    | 239,17   |
| PAY5   | 3,19                                                                           | 48,16    | 3,47     | 58,24    | 3,73     | 69,07    | 3,96     | 80,54    |
| PAY6   | 12,03                                                                          | 181,66   | 13,11    | 219,67   | 14,08    | 260,51   | 14,92    | 303,78   |
| PAY7   | 13,59                                                                          | 205,18   | 14,80    | 248,11   | 15,91    | 294,24   | 16,85    | 343,11   |
| PACY1  | 0,60                                                                           | 9,08     | 0,66     | 10,98    | 0,70     | 13,03    | 0,75     | 15,19    |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### 4.2.7 Dimensionamento ao cisalhamento

Para verificação da resistência ao cisalhamento das paredes de contraventamento localizadas no primeiro pavimento, considerou-se todas as extremidades e interseções entre paredes grauteadas e essa foi conduzida com base nos procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR 16868-1:2020. Adicionalmente, foram avaliados os critérios propostos no processo de revisão dessa norma, considerando recomendações técnicas e estudos recentes que vêm subsidiando a atualização dos métodos de dimensionamento para alvenaria estrutural.

De acordo com os critérios da norma vigente, a tensão de cisalhamento solicitante ( $\tau_{vd}$ ) foi calculada a partir da força cortante atuante em cada parede e da respectiva área resistente, conforme apresentado pela Equação 6. Em seguida, determinou-se a resistência de cálculo ao cisalhamento ( $f_{vd}$ ) por meio da Equação 5. A verificação foi realizada comparando-se a tensão solicitante com a resistência disponível, de acordo com o critério estabelecido pela Equação 4. Paralelamente, foi efetuada a análise segundo a metodologia proposta para a revisão normativa, na qual a verificação é realizada pela comparação direta entre a força cortante solicitante ( $V_{sd}$ ) e a força resistente de cálculo ( $V_{Rd}$ ), conforme descrito na Seção 2.2 deste trabalho.

Os resultados obtidos para as edificações de 4 e 12 pavimentos são apresentados nas Tabelas 52 a 55. Nelas, é possível observar que em todas as paredes avaliadas, os esforços solicitantes permaneceram inferiores às respectivas resistências de cálculo, tanto para os procedimentos da norma vigente quanto para aqueles previstos na proposta de revisão. Dessa forma, conclui-se que os painéis de contraventamento apresentam capacidade resistente

suficiente para suportar as ações horizontais consideradas, garantindo condições adequadas de segurança em relação ao cisalhamento.

Tabela 52 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 4 pavimentos.

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAX1   | 3,70                             | 151,74            | OK      | 0,35                                  | 5,93          | 7,31          | 0,02             | 13,25            | OK      |
| PAX2   | 5,34                             | 172,79            | OK      | 1,01                                  | 8,18          | 18,48         | 0,02             | 26,68            | OK      |
| PAX3   | 10,72                            | 151,73            | OK      | 1,92                                  | 8,18          | 13,75         | 0,02             | 21,95            | OK      |
| PAX4   | 20,10                            | 151,73            | OK      | 6,13                                  | 14,66         | 23,42         | 0,04             | 38,13            | OK      |
| PAX5   | 2,73                             | 182,39            | OK      | 0,26                                  | 9,04          | 10,22         | 0,04             | 19,31            | OK      |
| PAX6   | 23,63                            | 151,74            | OK      | 8,70                                  | 19,46         | 28,25         | 0,07             | 47,78            | OK      |
| PAX7   | 5,49                             | 186,47            | OK      | 0,87                                  | 10,73         | 17,63         | 0,04             | 28,40            | OK      |
| PACX1  | 36,75                            | 169,76            | OK      | 33,18                                 | 33,53         | 85,56         | 0,07             | 119,16           | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 53 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos.

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAY1   | 35,33                            | 151,74            | OK      | 17,81                                 | 20,29         | 38,68         | 0,04             | 59,01            | OK      |
| PAY2   | 2,45                             | 154,11            | OK      | 0,51                                  | 8,74          | 16,61         | 0,02             | 25,37            | OK      |
| PAY3   | 0,38                             | 151,74            | OK      | 0,01                                  | 4,24          | 2,47          | 0,02             | 6,73             | OK      |
| PAY4   | 13,86                            | 172,79            | OK      | 5,10                                  | 16,35         | 36,01         | 0,04             | 52,40            | OK      |
| PAY5   | 6,53                             | 186,47            | OK      | 1,72                                  | 13,54         | 29,34         | 0,04             | 42,92            | OK      |
| PAY6   | 18,16                            | 151,73            | OK      | 6,48                                  | 16,35         | 27,39         | 0,04             | 43,79            | OK      |
| PAY7   | 14,82                            | 182,39            | OK      | 7,32                                  | 19,73         | 53,07         | 0,04             | 72,84            | OK      |
| PACY1  | 1,72                             | 169,76            | OK      | 0,32                                  | 14,40         | 17,91         | 0,07             | 32,38            | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 54 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos.

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAX1   | 11,63                            | 405,21            | OK      | 1,11                                  | 5,93          | 21,92         | 0,02             | 27,86            | OK      |
| PAX2   | 16,80                            | 468,37            | OK      | 3,18                                  | 8,18          | 55,45         | 0,02             | 63,64            | OK      |
| PAX3   | 33,72                            | 405,19            | OK      | 6,04                                  | 8,18          | 41,25         | 0,02             | 49,45            | OK      |
| PAX4   | 63,23                            | 405,19            | OK      | 19,30                                 | 14,66         | 70,25         | 0,04             | 84,96            | OK      |
| PAX5   | 8,58                             | 497,16            | OK      | 0,82                                  | 9,04          | 30,67         | 0,04             | 39,75            | OK      |
| PAX6   | 74,32                            | 405,21            | OK      | 27,36                                 | 19,46         | 84,76         | 0,07             | 104,29           | OK      |
| PAX7   | 17,28                            | 509,42            | OK      | 2,73                                  | 10,73         | 52,90         | 0,04             | 63,67            | OK      |
| PACX1  | 115,58                           | 459,27            | OK      | 104,37                                | 33,53         | 256,69        | 0,07             | 290,28           | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 55 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos.

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAY1   | 113,85                           | 405,21            | OK      | 57,38                                 | 20,29         | 116,03        | 0,04             | 136,36           | OK      |
| PAY2   | 7,90                             | 412,34            | OK      | 1,66                                  | 8,74          | 49,84         | 0,02             | 58,60            | OK      |
| PAY3   | 1,22                             | 405,21            | OK      | 0,04                                  | 4,24          | 7,41          | 0,02             | 11,67            | OK      |
| PAY4   | 44,67                            | 468,37            | OK      | 16,45                                 | 16,35         | 108,02        | 0,04             | 124,41           | OK      |
| PAY5   | 21,04                            | 509,42            | OK      | 5,54                                  | 13,54         | 88,02         | 0,04             | 101,60           | OK      |
| PAY6   | 58,51                            | 405,19            | OK      | 20,89                                 | 16,35         | 82,18         | 0,04             | 98,57            | OK      |
| PAY7   | 47,74                            | 497,16            | OK      | 23,59                                 | 19,73         | 159,21        | 0,04             | 178,98           | OK      |
| PACY1  | 5,53                             | 459,27            | OK      | 1,04                                  | 14,40         | 53,73         | 0,07             | 68,19            | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A análise dos resultados obtidos para as paredes mais solicitadas do primeiro pavimento evidencia diferenças entre os procedimentos de verificação previstos na ABNT NBR 16868-1:2020 e aqueles propostos no projeto de revisão da norma. Considerando a edificação de 4 pavimentos, a parede PAX6, na direção X, apresentou uma relação entre solicitação e resistência de aproximadamente 15,6% segundo a metodologia vigente, enquanto a metodologia proposta resultou em uma utilização próxima de 18,2%. Embora ambos os procedimentos indiquem ampla margem de segurança, observa-se que o método em revisão conduz a uma condição relativamente mais próxima do estado limite resistente.

Comportamento semelhante foi observado na direção Y. Para a parede PAY1, que apresentou a maior tensão de cisalhamento entre os painéis analisados, o índice de utilização calculado pela norma atual foi de aproximadamente 23,3%, ao passo que o procedimento proposto resultou em uma utilização de cerca de 30,2%. Dessa forma, a metodologia em revisão conduz, de maneira geral, a valores de utilização superiores aos obtidos pela abordagem atualmente em vigor.

Para a edificação de 12 pavimentos, os maiores índices de utilização foram observados nas paredes PACX1 e PAY1. Na direção X, a parede PACX1 apresentou utilização de aproximadamente 25,2% pela ABNT NBR 16868-1:2020 e de 36,0% pelo projeto de revisão. Já na direção Y, a parede PAY1 apresentou índices de utilização de aproximadamente 28,1% e 42,1%, respectivamente. Esses resultados demonstram que, embora ambas as metodologias atendam aos requisitos de segurança, o procedimento proposto tende a fornecer avaliações menos conservadoras da capacidade resistente ao cisalhamento.

A decomposição das parcelas resistentes previstas no projeto de revisão permite identificar a contribuição relativa de cada mecanismo resistente. Na direção X da edificação de 4 pavimentos, observa-se que a parcela associada à pré-compressão ( $V_p$ ) constitui a principal responsável pela resistência ao cisalhamento. Na parede PAX4, por exemplo,  $V_p = 23,42 \text{ kN}$  representa cerca de 61,4% da resistência total ( $V_{Rd} = 38,13 \text{ kN}$ ), enquanto a parcela da alvenaria ( $V_a = 14,66 \text{ kN}$ ) corresponde a aproximadamente 38,4%. De forma semelhante, na parede PAX6, a contribuição de  $V_p$  atinge aproximadamente 59,1% da resistência total.

Na direção Y, verifica-se a mesma tendência. Para a parede PAY1 da edificação de 4 pavimentos, a parcela resistente associada à pré-compressão ( $V_p = 38,68 \text{ kN}$ ) corresponde a aproximadamente 62,2% de  $V_{Rd} = 59,01 \text{ kN}$ , ao passo que a contribuição da resistência intrínseca da alvenaria ( $V_a = 20,29 \text{ kN}$ ) representa cerca de 34,4%. Resultados semelhantes são observados para as demais paredes analisadas, evidenciando que a pré-compressão desempenha papel predominante na resistência ao cisalhamento dos painéis.

Para a edificação de 12 pavimentos, essa predominância torna-se ainda mais evidente. Na parede PACX1, por exemplo, a parcela  $V_p = 256,69 \text{ kN}$  corresponde a aproximadamente 88,4% da resistência total ( $V_{Rd} = 290,28 \text{ kN}$ ), enquanto  $V_a$  representa cerca de 11,6%. Na direção Y, a parede PAY1 apresenta comportamento semelhante, com  $V_p = 116,03 \text{ kN}$  contribuindo com aproximadamente 85,1% da resistência resistente total, enquanto  $V_a$  responde por cerca de 14,9%.

Em todas as situações analisadas, a contribuição da parcela associada ao efeito de pino da armadura longitudinal construtiva ( $V_{sl}$ ) mostrou-se pouco significativa. Os valores obtidos permaneceram inferiores a 0,1 kN em praticamente todos os casos, representando menos de 1% da resistência total ao cisalhamento. Esse resultado indica que, para os níveis de armadura adotados neste estudo (armadura construtiva), a resistência é governada principalmente pela contribuição da alvenaria e pelos efeitos da pré-compressão, enquanto a participação do mecanismo de pino é praticamente desprezível.

#### 4.2.8 Dimensionamento à flexão composta

A verificação da resistência à flexão das paredes estruturais do primeiro pavimento foi realizada para as edificações de 4 e 12 pavimentos, em conformidade com os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 16868-1:2020. O objetivo dessa análise foi avaliar a segurança das paredes submetidas à ação combinada das cargas verticais e dos momentos fletores gerados pelas ações horizontais de vento e desaprumo. Os resultados obtidos são apresentados nas Tabelas 56 a 59, nas quais são indicadas as tensões normais atuantes nas paredes para as direções X e Y, considerando a combinação dos efeitos das ações verticais e horizontais para ambas as edificações.

Para a determinação das tensões, inicialmente foram calculadas as propriedades geométricas e mecânicas de cada parede, incluindo o momento de inércia ( $I$ ) e as distâncias entre o centro geométrico da seção e seus bordos extremos. As ações verticais permanentes e variáveis foram representadas pelos carregamentos distribuídos médios  $\bar{G}_k$  e  $\bar{Q}_k$ , respectivamente, enquanto os momentos fletores característicos ( $M_k$ ) foram obtidos a partir das forças horizontais atuantes nos painéis de contraventamento.

As tensões de compressão decorrentes das cargas verticais foram calculadas pela razão entre os carregamentos lineares e a espessura da parede. As tensões provenientes das ações horizontais foram determinadas nos bordos extremos das seções analisadas por meio da Equação 10, utilizando os momentos fletores atuantes em cada parede.

Tabela 56 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 4 pavimentos.

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{v,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{v,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 47,75                      | 9,84                       | 1,90                            | 341,05                   | 70,30                    | 92,17                          | 38,26                          |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 60,85                      | 14,70                      | 5,44                            | 434,62                   | 105,00                   | 119,23                         | 119,23                         |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 47,74                      | 9,74                       | 10,34                           | 341,03                   | 69,56                    | 77,15                          | 159,56                         |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 47,74                      | 9,74                       | 33,03                           | 341,03                   | 69,56                    | 113,82                         | 191,05                         |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 66,82                      | 19,10                      | 1,40                            | 477,28                   | 136,45                   | 68,03                          | 28,24                          |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 47,75                      | 9,84                       | 46,84                           | 341,05                   | 70,30                    | 192,03                         | 122,20                         |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 69,36                      | 21,04                      | 4,68                            | 495,43                   | 150,31                   | 42,05                          | 90,74                          |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 58,96                      | 16,28                      | 178,67                          | 421,13                   | 116,29                   | 166,25                         | 174,17                         |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 57 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos.

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{v,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{v,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 47,75                      | 9,84                       | 96,10                           | 341,05                   | 70,30                    | 139,11                         | 127,05                         |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 49,23                      | 8,24                       | 2,78                            | 351,61                   | 58,83                    | 49,36                          | 49,36                          |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 47,75                      | 9,84                       | 0,07                            | 341,05                   | 70,30                    | 5,92                           | 13,82                          |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 60,85                      | 14,70                      | 27,55                           | 434,62                   | 105,00                   | 58,89                          | 106,75                         |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 69,36                      | 21,04                      | 9,28                            | 495,43                   | 150,31                   | 39,52                          | 70,57                          |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 47,74                      | 9,74                       | 34,99                           | 341,03                   | 69,56                    | 71,98                          | 71,98                          |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 66,82                      | 19,10                      | 39,52                           | 477,28                   | 136,45                   | 75,35                          | 99,65                          |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 58,96                      | 16,28                      | 1,75                            | 421,13                   | 116,29                   | 38,13                          | 38,13                          |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 58 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos.

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{v,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{v,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 143,24                     | 29,52                      | 16,08                           | 1023,15                  | 210,89                   | 782,05                         | 324,63                         |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 182,54                     | 44,10                      | 46,12                           | 1303,85                  | 315,00                   | 1011,64                        | 1011,64                        |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 143,23                     | 29,21                      | 87,77                           | 1023,08                  | 208,68                   | 654,59                         | 1353,81                        |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 143,23                     | 29,21                      | 280,29                          | 1023,08                  | 208,68                   | 965,72                         | 1621,03                        |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 200,46                     | 57,31                      | 11,87                           | 1431,84                  | 409,36                   | 577,19                         | 239,59                         |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 143,24                     | 29,52                      | 397,46                          | 1023,15                  | 210,89                   | 1629,32                        | 1036,84                        |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 208,08                     | 63,13                      | 39,72                           | 1486,29                  | 450,94                   | 356,80                         | 769,95                         |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 176,88                     | 48,84                      | 1516,01                         | 1263,40                  | 348,88                   | 1410,64                        | 1477,81                        |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 59 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos.

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{v,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{v,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 143,24                     | 29,52                      | 834,44                          | 1023,15                  | 210,89                   | 1207,91                        | 1103,14                        |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 147,68                     | 24,71                      | 24,11                           | 1054,83                  | 176,50                   | 428,57                         | 428,57                         |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 143,24                     | 29,52                      | 0,57                            | 1023,15                  | 210,89                   | 51,43                          | 120,00                         |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 182,54                     | 44,10                      | 239,17                          | 1303,85                  | 315,00                   | 511,38                         | 926,87                         |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 208,08                     | 63,13                      | 80,54                           | 1486,29                  | 450,94                   | 343,13                         | 612,72                         |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 143,23                     | 29,21                      | 303,78                          | 1023,08                  | 208,68                   | 624,97                         | 624,97                         |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 200,46                     | 57,31                      | 343,11                          | 1431,84                  | 409,36                   | 654,23                         | 865,27                         |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 176,88                     | 48,84                      | 15,19                           | 1263,40                  | 348,88                   | 331,09                         | 331,09                         |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### 4.2.8.1 Verificação da compressão máxima nos bordos das paredes

Com base nas Equações 8 e 9 e nas combinações de ações consideradas neste estudo, foi determinado o valor mínimo da resistência característica à compressão do prisma,  $f_{pk,min}$ , necessário para que as paredes estruturais resistam adequadamente às tensões de compressão atuantes nos bordos. Em seguida, esse valor foi comparado com a resistência característica do prisma efetivamente adotado em cada pavimento,  $f_{pk}$ , permitindo verificar se as paredes apresentam capacidade resistente suficiente.

Quando o valor calculado de  $f_{pk,min}$  supera o valor de  $f_{pk}$  adotado, torna-se necessário revisar o dimensionamento da parede. Nessa situação, podem ser adotadas soluções como o grauteamento dos blocos, o aumento da resistência dos prismas ou outras medidas que assegurem o atendimento aos critérios de segurança estabelecidos em norma.

As Tabelas 60 a 63 apresentam os resultados das verificações realizadas para os edifícios analisados, com 4 e 12 pavimentos, e o atendimento à condição de compressão nas direções X e Y, respectivamente.

Tabela 60 – Cálculo do  $f_{pk,min}$  das paredes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 4 pavimentos.

| PAREDE | Vertical Principal |                    | Vento Principal    |                    | Situação crítica   |                    |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|        | $f_{pk,min}$ (dir) | $f_{pk,min}$ (esq) | $f_{pk,min}$ (dir) | $f_{pk,min}$ (esq) | $f_{pk,min}$ (dir) | $f_{pk,min}$ (esq) |
|        | (MPa)              |                    |                    |                    |                    |                    |
| PAX1   | 2,0                | 1,9                | 2,0                | 1,8                | 2,0                | 1,9                |
| PAX2   | 2,7                | 2,7                | 2,5                | 2,5                | 2,7                | 2,7                |
| PAX3   | 2,0                | 2,1                | 1,9                | 2,1                | 2,0                | 2,1                |
| PAX4   | 2,1                | 2,2                | 2,0                | 2,2                | 2,1                | 2,2                |
| PAX5   | 2,9                | 2,9                | 2,7                | 2,6                | 2,9                | 2,9                |
| PAX6   | 2,2                | 2,1                | 2,2                | 2,0                | 2,2                | 2,1                |
| PAX7   | 3,0                | 3,1                | 2,7                | 2,9                | 3,0                | 3,1                |
| PACX1  | 2,7                | 2,7                | 2,6                | 2,7                | 2,7                | 2,7                |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 61 – Cálculo do  $f_{pk,min}$  das paredes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos.

| PAREDE | Vertical Principal |                    | Vento Principal    |                    | Situação crítica   |                    |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|        | $f_{pk,min}$ (sup) | $f_{pk,min}$ (inf) | $f_{pk,min}$ (sup) | $f_{pk,min}$ (inf) | $f_{pk,min}$ (sup) | $f_{pk,min}$ (inf) |
|        | (MPa)              |                    |                    |                    |                    |                    |
| PAY1   | 2,1                | 2,1                | 2,1                | 2,1                | 2,1                | 2,1                |
| PAY2   | 2,0                | 2,0                | 1,9                | 1,9                | 2,0                | 2,0                |
| PAY3   | 1,9                | 1,9                | 1,7                | 1,8                | 1,9                | 1,9                |
| PAY4   | 2,6                | 2,6                | 2,4                | 2,5                | 2,6                | 2,6                |
| PAY5   | 3,0                | 3,1                | 2,7                | 2,8                | 3,0                | 3,1                |
| PAY6   | 2,0                | 2,0                | 1,9                | 1,9                | 2,0                | 2,0                |
| PAY7   | 2,9                | 3,0                | 2,7                | 2,8                | 2,9                | 3,0                |
| PACY1  | 2,5                | 2,5                | 2,3                | 2,3                | 2,5                | 2,5                |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 62 – Cálculo do  $f_{pk,min}$  das paredes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos.

| PAREDE | Vertical Principal |                    | Vento Principal    |                    | Situação crítica    |                     |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
|        | $f_{pk,min}$ (dir) | $f_{pk,min}$ (esq) | $f_{pk,min}$ (dir) | $f_{pk,min}$ (esq) | $f_{pk,min}$ (dir)  | $f_{pk,min}$ (esq)  |
|        | (MPa)              |                    |                    |                    |                     |                     |
| PAX1   | 6,9                | 6,2                | 7,2                | 6,0                | 7,2                 | 6,2                 |
| PAX2   | 9,0                | 9,0                | 9,4                | 9,4                | 9,4                 | 9,4                 |
| PAX3   | 6,7                | 7,8                | 6,9                | 8,8                | 6,9                 | 8,8                 |
| PAX4   | 7,2                | 8,2                | 7,7                | 9,5                | 7,7                 | 9,5                 |
| PAX5   | 9,3                | 8,8                | 9,0                | 8,1                | 9,3                 | 8,8                 |
| PAX6   | 8,2                | 7,3                | 9,5                | 7,9                | 9,5                 | 7,9                 |
| PAX7   | 9,4                | 10,1               | 8,8                | 9,9                | 9,4                 | 10,1 <sup>[1]</sup> |
| PACX1  | 9,6                | 9,7                | 10,3               | 10,4               | 10,3 <sup>[1]</sup> | 10,4 <sup>[1]</sup> |

<sup>[1]</sup> Grautear somente o primeiro pavimento.

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 63 – Cálculo do  $f_{pk,min}$  das paredes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos.

| PAREDE | Vertical Principal |                    | Vento Principal    |                    | Situação crítica   |                    |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|        | $f_{pk,min}$ (sup) | $f_{pk,min}$ (inf) | $f_{pk,min}$ (sup) | $f_{pk,min}$ (inf) | $f_{pk,min}$ (sup) | $f_{pk,min}$ (inf) |
|        | (MPa)              |                    |                    |                    |                    |                    |
| PAY1   | 7,6                | 7,4                | 8,4                | 8,1                | 8,4                | 8,1                |
| PAY2   | 6,3                | 6,3                | 6,4                | 6,4                | 6,4                | 6,4                |
| PAY3   | 5,7                | 5,8                | 5,3                | 5,5                | 5,7                | 5,8                |
| PAY4   | 8,2                | 8,9                | 8,0                | 9,2                | 8,2                | 9,2                |
| PAY5   | 9,4                | 9,8                | 8,7                | 9,5                | 9,4                | 9,8                |
| PAY6   | 6,6                | 6,6                | 6,8                | 6,8                | 6,8                | 6,8                |
| PAY7   | 9,5                | 9,8                | 9,2                | 9,8                | 9,5                | 9,8                |
| PACY1  | 7,9                | 7,9                | 7,5                | 7,5                | 7,9                | 7,9                |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Ao analisar os resultados, percebe-se que para o edifício de 4 pavimentos, todas as paredes apresentaram desempenho satisfatório quanto à verificação da compressão, uma vez que o maior valor de  $f_{pk,min}$  encontrado, para ambas as direções, foi de 3,1 MPa e o bloco adotado no pré-dimensionamento à compressão é o de 4,0 MPa.

Já na edificação de 12 pavimentos, os resultados não apontam para a mesma situação. Nessa análise, as paredes PAX7 e PACX1 requerem um valor de  $f_{pk,min}$  superior ao adotado anteriormente para o pavimento de 14,0 MPa. Nesse caso, ao grautear os blocos dessas paredes,

o novo valor para  $f_{pk}^*$  no primeiro pavimento seria de 15,7 MPa, o que já tornaria possível que essas paredes resistissem aos esforços solicitantes.

#### 4.2.8.2 Verificação da tração máxima nos bordos das paredes

A partir da Equação 11, foram calculadas as tensões de tração atuantes nos bordos das paredes estruturais, considerando ambas as extremidades de cada elemento. Em seguida, os valores obtidos foram comparados com a resistência de cálculo à tração da alvenaria,  $f_{td}$ , a fim de verificar o atendimento ao estado limite de tração previsto nos critérios de dimensionamento.

As Tabelas 64 a 67 apresentam os resultados dessas verificações para os edifícios de 4 e 12 pavimentos, nas direções X e Y, respectivamente. Além disso, os resultados são apresentados tanto de acordo com os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 16868-1:2020 quanto com as prescrições propostas no projeto de revisão da norma, permitindo a comparação entre as duas abordagens.

Tabela 64 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 4 pavimentos.

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA<br>ATUAL | VERIFICAÇÃO | PROJETO<br>DE<br>REVISÃO | VERIFICAÇÃO |
|--------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------|--------------------------|-------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)     |             | $f_{td}$ (kPa)           |             |
| PAX1   | -177,9                     | -253,4                     | 100                | OK          | 50,0                     | OK          |
| PAX2   | -224,2                     | -224,2                     | 100                | OK          | 50,0                     | OK          |
| PAX3   | -198,9                     | -83,5                      | 100                | OK          | 50,0                     | OK          |
| PAX4   | -147,6                     | -39,5                      | 100                | OK          | 50,0                     | OK          |
| PAX5   | -334,3                     | -390,0                     | 100                | OK          | 50,0                     | OK          |
| PAX6   | -38,1                      | -135,9                     | 100                | OK          | 50,0                     | OK          |
| PAX7   | -387,0                     | -318,8                     | 100                | OK          | 50,0                     | OK          |
| PACX1  | -146,3                     | -135,2                     | 100                | OK          | 50,0                     | OK          |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 65 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 4 pavimentos.

| PAREDE | $\sigma_{t(sup)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(Inf)}$<br>(kPa) | NORMATIVA<br>ATUAL | VERIFICAÇÃO | PROJETO<br>DE REVISÃO | VERIFICAÇÃO |
|--------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)     |             | $f_{td}$ (kPa)        |             |
| PAY1   | -112,2                     | -129,1                     | 100                | OK          | 50,0                  | OK          |
| PAY2   | -247,3                     | -247,3                     | 100                | OK          | 50,0                  | OK          |
| PAY3   | -298,7                     | -287,6                     | 100                | OK          | 50,0                  | OK          |
| PAY4   | -308,7                     | -241,7                     | 100                | OK          | 50,0                  | OK          |
| PAY5   | -390,6                     | -347,1                     | 100                | OK          | 50,0                  | OK          |
| PAY6   | -206,2                     | -206,2                     | 100                | OK          | 50,0                  | OK          |
| PAY7   | -324,1                     | -290,0                     | 100                | OK          | 50,0                  | OK          |
| PACY1  | -325,6                     | -325,6                     | 100                | OK          | 50,0                  | OK          |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 66 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento (Direção X) para edifício de 12 pavimentos.

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA<br>ATUAL | VERIFICAÇÃO          | PROJETO<br>DE REVISÃO | VERIFICAÇÃO          |
|--------|----------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)     |                      | $f_{td}$ (kPa)        |                      |
| PAX1   | 174,0                      | -466,4                     | 125                | ARMAR <sup>[1]</sup> | 50,0                  | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX2   | 242,8                      | 242,8                      | 125                | ARMAR <sup>[2]</sup> | 50,0                  | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX3   | -4,3                       | 974,6                      | 125                | ARMAR <sup>[4]</sup> | 50,0                  | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAX4   | 431,2                      | 1348,7                     | 125                | ARMAR <sup>[5]</sup> | 50,0                  | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAX5   | -480,6                     | -953,2                     | 125                | OK                   | 50,0                  | OK                   |
| PAX6   | 1360,2                     | 530,7                      | 125                | ARMAR <sup>[5]</sup> | 50,0                  | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAX7   | -838,1                     | -259,7                     | 125                | OK                   | 50,0                  | OK                   |
| PACX1  | 837,8                      | 931,9                      | 125                | ARMAR <sup>[3]</sup> | 50,0                  | ARMAR <sup>[4]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar apenas no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o quinto pavimento

<sup>[4]</sup> Armar até o sexto pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o sétimo pavimento

<sup>[6]</sup> Armar até o oitavo pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 67 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento (Direção Y) para edifício de 12 pavimentos.

| PAREDE | $\sigma_{t(sup)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(inf)}$<br>(kPa) | NORMATIVA<br>ATUAL | VERIFICAÇÃO          | PROJETO<br>DE REVISÃO | VERIFICAÇÃO          |
|--------|----------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)     |                      | $f_{td}$ (kPa)        |                      |
| PAY1   | 770,2                      | 623,6                      | 125                | ARMAR <sup>[2]</sup> | 50,0                  | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY2   | -349,4                     | -349,4                     | 125                | OK                   | 50,0                  | OK                   |
| PAY3   | -848,8                     | -752,8                     | 125                | OK                   | 50,0                  | OK                   |
| PAY4   | -457,5                     | 124,2                      | 125                | OK                   | 50,0                  | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY5   | -857,3                     | -479,8                     | 125                | OK                   | 50,0                  | OK                   |
| PAY6   | -45,8                      | -45,8                      | 125                | OK                   | 50,0                  | OK                   |
| PAY7   | -372,7                     | -77,3                      | 125                | OK                   | 50,0                  | OK                   |
| PACY1  | -673,5                     | -673,5                     | 125                | OK                   | 50,0                  | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar apenas no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o quinto pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o sexto pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Os resultados apresentados nas Tabelas 64 a 67 evidenciam comportamentos distintos entre as duas edificações analisadas. Para o edifício de 4 pavimentos, todas as paredes atenderam aos limites de resistência à tração da alvenaria, tanto segundo os critérios da ABNT NBR 16868-1:2020, que adota  $f_{td} = 100 \text{ kPa}$ , quanto conforme o projeto de revisão, que considera  $f_{td} = 50 \text{ kPa}$ . Dessa forma, não foi necessária a adoção de armaduras específicas para resistir aos esforços de tração, sendo suficientes apenas as armaduras construtivas previstas nos encontros entre paredes.

Em contrapartida, para o edifício de 12 pavimentos, verificou-se que parte das paredes apresentou tensões de tração superiores à resistência de cálculo da alvenaria, tornando necessária a utilização de armaduras em algumas regiões da estrutura. As extensões de armadura variam conforme a parede analisada e o critério normativo adotado, sendo, de modo geral, mais abrangentes quando consideradas as prescrições do projeto de revisão, em razão do menor valor de resistência de cálculo à tração estabelecido.

As verificações foram realizadas para todos os pavimentos por meio da planilha eletrônica desenvolvida neste trabalho. Os resultados confirmam que, enquanto o edifício de 4 pavimentos atende às verificações utilizando apenas armaduras construtivas, o edifício de 12 pavimentos requer armaduras adicionais em paredes específicas para garantir o atendimento ao estado limite de tração provocado pelas ações horizontais de vento e desaprumo.

### 4.3 SISMO

Na análise das edificações submetidas às ações sísmicas, foram mantidos os mesmos carregamentos verticais adotados nas etapas anteriores do dimensionamento. Dessa forma, os esforços provenientes do peso próprio das paredes, das lajes e das demais ações verticais permanecem inalterados, sendo combinados apenas com as forças horizontais decorrentes do sismo.

Entretanto, para a realização das verificações sísmicas, foi necessária uma adequação na resistência à compressão da alvenaria do primeiro pavimento. Durante a análise da estrutura submetida às ações de vento e desaprumo, verificou-se que a utilização de blocos com resistência característica à compressão de 14 MPa exigia o emprego de paredes grauteadas para atender às verificações de flexocompressão. Com o objetivo de avaliar o comportamento da edificação frente às ações sísmicas sem a influência do grauteamento, optou-se por elevar a resistência característica dos blocos do primeiro pavimento para 16 MPa. Essa alteração proporcionou resistência suficiente para que as paredes suportassem as tensões de compressão decorrentes da flexão apenas com blocos não grauteados, eliminando a necessidade de graute nessa etapa da pesquisa.

A avaliação das ações sísmicas foi conduzida pelo Método das Forças Horizontais Equivalentes (MFHE), em conformidade com os procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR 15421:2023 – Projeto de Estruturas Resistentes a Sismos. O estudo contempla a análise dos edifícios de 4 e 12 pavimentos para as Zonas Sísmicas 0, 1, 2, 3 e 4, considerando exclusivamente a classe de terreno D. Embora a ABNT NBR 15421:2023 não exija a consideração das ações sísmicas para as Zonas Sísmicas 0 e 1, essas condições também foram avaliadas neste trabalho, de forma complementar, com o objetivo de possibilitar uma análise comparativa uniforme entre todas as zonas sísmicas brasileiras.

Para ilustrar a metodologia empregada, apresentam-se no corpo deste trabalho apenas os cálculos detalhados referentes às Zonas Sísmicas 0 e 1, ambas para a classe de terreno D. Além disso, foram avaliados dois valores para o coeficiente de modificação da resposta estrutural:  $R = 1,5$  e  $R = 3,0$ . O valor  $R = 1,5$  corresponde ao recomendado pela ABNT NBR 15421:2023 para edifícios em alvenaria estrutural, sendo, portanto, o valor normativamente aplicável ao dimensionamento dessas edificações. Já o valor  $R = 3,0$  foi adotado exclusivamente para fins exploratórios, extrapolando deliberadamente o escopo de aplicação da norma, com o objetivo de investigar a influência do coeficiente de modificação da resposta

estrutural na redução das forças sísmicas de projeto e, conseqüentemente, nos resultados do dimensionamento das paredes estruturais. Ressalta-se que a adoção de  $R = 3,0$  não representa uma alternativa de projeto prevista pela norma nem uma escolha a ser realizada pelo projetista, sendo empregada apenas como ferramenta de análise comparativa no contexto desta pesquisa.

Os resultados obtidos para as Zonas Sísmicas 2, 3 e 4, bem como as demais combinações analisadas, são apresentados no Apêndice A, permitindo uma avaliação mais abrangente do comportamento dos edifícios frente às ações sísmicas sem comprometer a objetividade do texto principal.

#### 4.3.1 Dimensionamento para $R = 1,5$

##### 4.3.1.1 Zona Sísmica 0 – Classe de terreno D

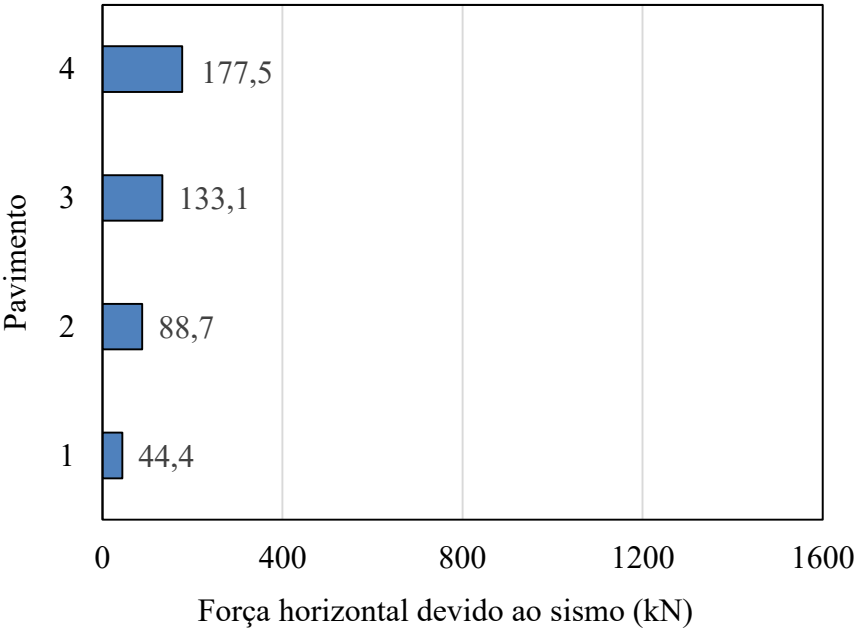
As Tabelas 68 e 69 apresentam os valores utilizados para o cálculo das forças horizontais através do MFHE para os edifícios de 4 e 12 pavimentos respectivamente. Além disso, as Figuras 14 e 15 apresentam os valores dessas forças horizontais atuantes em cada pavimento dessas edificações, calculadas a partir das Equações 27 a 34.

Tabela 68 – Parâmetros de cálculo para edifício de 4 pavimentos; Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e  $R = 1,5$ .

| Parâmetros de cálculo |   |                              |       |       |                                  |                                  |       |              |      |              |               |           |           |
|-----------------------|---|------------------------------|-------|-------|----------------------------------|----------------------------------|-------|--------------|------|--------------|---------------|-----------|-----------|
| R                     | I | $A_g$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $C_a$ | $C_v$ | $A_{gs0}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $A_{gs1}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $C_t$ | $h_n$<br>(m) | x    | $T_a$<br>(s) | $C_{s,adot.}$ | W<br>(kN) | H<br>(kN) |
| 1,5                   | 1 | 0,245                        | 1,6   | 2,4   | 0,39                             | 0,44                             | 0,05  | 11,6         | 0,75 | 0,31         | 0,07          | 6656      | 443,7     |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 14 – Força horizontal devido ao sismo em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 1,5.



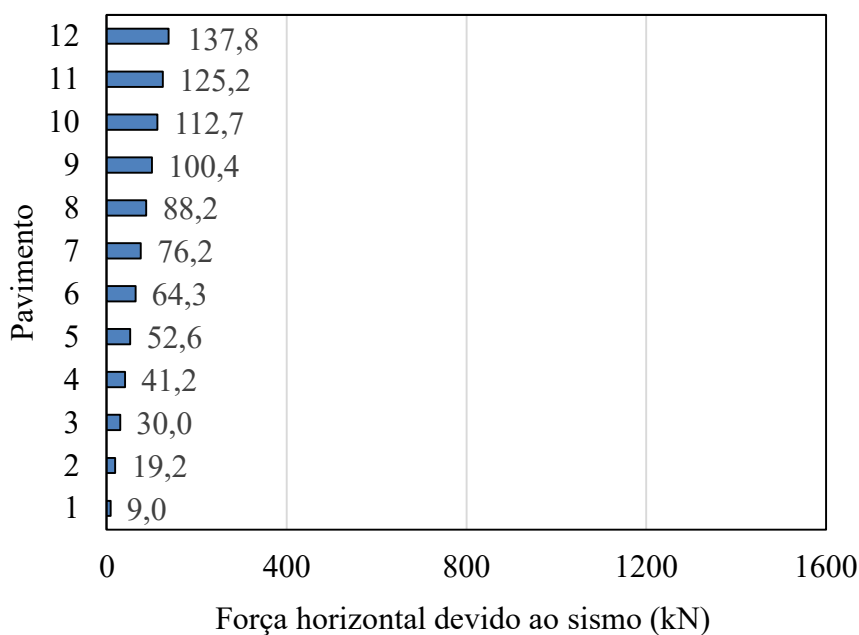
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 69 – Parâmetros de cálculo para edifício de 12 pavimentos; Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 1,5.

| Parâmetros de cálculo |   |                                       |                |                |                                         |                                         |                |                       |      |                       |                      |           |           |
|-----------------------|---|---------------------------------------|----------------|----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------------|------|-----------------------|----------------------|-----------|-----------|
| R                     | I | A <sub>g</sub><br>(m/s <sup>2</sup> ) | C <sub>a</sub> | C <sub>v</sub> | A <sub>gs0</sub><br>(m/s <sup>2</sup> ) | A <sub>gs1</sub><br>(m/s <sup>2</sup> ) | C <sub>t</sub> | h <sub>n</sub><br>(m) | x    | T <sub>a</sub><br>(s) | C <sub>s,adot.</sub> | W<br>(kN) | H<br>(kN) |
| 1,5                   | 1 | 0,245                                 | 1,6            | 2,4            | 0,39                                    | 0,44                                    | 0,05           | 34,8                  | 0,75 | 0,7                   | 0,04                 | 19967     | 856,7     |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 15 – Força horizontal devido ao sismo em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e  $R = 1,5$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### – Dimensionamento ao cisalhamento

Os resultados das verificações das paredes do primeiro pavimento quanto à resistência ao cisalhamento são apresentados nas Tabelas 70 e 71 para o edifício de 4 pavimentos, nas direções X e Y, respectivamente. Para o edifício de 12 pavimentos, os resultados correspondentes encontram-se nas Tabelas 72 e 73, também para as direções X e Y, respectivamente.

Em todas as tabelas são apresentados os valores das solicitações de cisalhamento e das respectivas resistências das paredes, obtidos tanto de acordo com os critérios da ABNT NBR 16868-1:2020 quanto com as disposições propostas no projeto de revisão da norma. Essa apresentação permite comparar diretamente os resultados fornecidos por cada abordagem normativa e avaliar sua influência no dimensionamento das paredes estruturais submetidas às ações sísmicas.

Tabela 70 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAX1   | 8,99                             | 202,32            | OK      | 0,86                                  | 7,90          | 9,74          | 0,03             | 17,67            | OK      |
| PAX2   | 12,95                            | 230,38            | OK      | 2,45                                  | 10,90         | 24,64         | 0,03             | 35,57            | OK      |
| PAX3   | 25,99                            | 202,31            | OK      | 4,66                                  | 10,90         | 18,33         | 0,03             | 29,26            | OK      |
| PAX4   | 54,12                            | 202,31            | OK      | 16,52                                 | 19,55         | 31,22         | 0,05             | 50,83            | OK      |
| PAX5   | 7,53                             | 243,18            | OK      | 0,72                                  | 12,05         | 13,63         | 0,05             | 25,73            | OK      |
| PAX6   | 68,19                            | 202,32            | OK      | 25,11                                 | 25,95         | 37,67         | 0,08             | 63,70            | OK      |
| PAX7   | 16,25                            | 248,63            | OK      | 2,57                                  | 14,30         | 23,51         | 0,05             | 37,86            | OK      |
| PACX1  | 166,82                           | 226,34            | OK      | 150,64                                | 44,70         | 114,09        | 0,08             | 158,86           | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 71 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAY1   | 101,36                           | 202,32            | OK      | 51,08                                 | 27,05         | 51,57         | 0,05             | 78,67            | OK      |
| PAY2   | 7,34                             | 205,48            | OK      | 1,54                                  | 11,65         | 22,15         | 0,03             | 33,83            | OK      |
| PAY3   | 1,13                             | 202,32            | OK      | 0,04                                  | 5,65          | 3,29          | 0,03             | 8,97             | OK      |
| PAY4   | 43,26                            | 230,38            | OK      | 15,93                                 | 21,80         | 48,01         | 0,05             | 69,86            | OK      |
| PAY5   | 21,44                            | 248,63            | OK      | 5,64                                  | 18,05         | 39,12         | 0,05             | 57,22            | OK      |
| PAY6   | 61,77                            | 202,31            | OK      | 22,05                                 | 21,80         | 36,52         | 0,05             | 58,38            | OK      |
| PAY7   | 53,47                            | 243,18            | OK      | 26,43                                 | 26,30         | 70,76         | 0,05             | 97,11            | OK      |
| PACY1  | 5,65                             | 226,34            | OK      | 1,07                                  | 19,20         | 23,88         | 0,08             | 43,15            | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 72 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos  
– Zona Sísmica 0, classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAX1   | 17,36                            | 540,28            | OK      | 1,65                                  | 7,90          | 29,22         | 0,03             | 37,15            | OK      |
| PAX2   | 25,00                            | 624,49            | OK      | 4,73                                  | 10,90         | 73,93         | 0,03             | 84,85            | OK      |
| PAX3   | 50,19                            | 540,26            | OK      | 8,99                                  | 10,90         | 55,00         | 0,03             | 65,93            | OK      |
| PAX4   | 104,50                           | 540,26            | OK      | 31,89                                 | 19,55         | 93,67         | 0,05             | 113,27           | OK      |
| PAX5   | 14,53                            | 662,88            | OK      | 1,38                                  | 12,05         | 40,89         | 0,05             | 52,99            | OK      |
| PAX6   | 131,66                           | 540,28            | OK      | 48,48                                 | 25,95         | 113,02        | 0,08             | 139,04           | OK      |
| PAX7   | 31,37                            | 679,22            | OK      | 4,96                                  | 14,30         | 70,54         | 0,05             | 84,89            | OK      |
| PACX1  | 322,10                           | 612,35            | OK      | 290,86                                | 44,70         | 342,26        | 0,08             | 387,03           | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 73 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos  
– Zona Sísmica 0, classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAY1   | 195,70                           | 540,28            | OK      | 98,63                                 | 27,05         | 154,70        | 0,05             | 181,80           | OK      |
| PAY2   | 14,17                            | 549,78            | OK      | 2,98                                  | 11,65         | 66,45         | 0,03             | 78,13            | OK      |
| PAY3   | 2,19                             | 540,28            | OK      | 0,07                                  | 5,65          | 9,88          | 0,03             | 15,56            | OK      |
| PAY4   | 83,53                            | 624,49            | OK      | 30,76                                 | 21,80         | 144,02        | 0,05             | 165,87           | OK      |
| PAY5   | 41,39                            | 679,22            | OK      | 10,89                                 | 18,05         | 117,36        | 0,05             | 135,46           | OK      |
| PAY6   | 119,27                           | 540,26            | OK      | 42,58                                 | 21,80         | 109,57        | 0,05             | 131,42           | OK      |
| PAY7   | 103,24                           | 662,88            | OK      | 51,02                                 | 26,30         | 212,28        | 0,05             | 238,64           | OK      |
| PACY1  | 10,92                            | 612,35            | OK      | 2,06                                  | 19,20         | 71,63         | 0,08             | 90,91            | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A análise dos resultados apresentados nas Tabelas 70 a 73 mostra que todas as paredes do primeiro pavimento satisfazem às verificações de resistência ao cisalhamento, tanto para o edifício de 4 pavimentos quanto para o edifício de 12 pavimentos, nas direções X e Y. De acordo com os critérios da ABNT NBR 16868-1:2020, nenhuma parede apresentou solicitações superiores à resistência de cálculo, demonstrando que as armaduras construtivas são suficientes para garantir a segurança das edificações frente às ações sísmicas consideradas.

Os resultados obtidos segundo o projeto de revisão da ABNT NBR 16868-1 conduzem à mesma conclusão, uma vez que todas as paredes permaneceram dentro dos limites resistentes. Apesar disso, observa-se uma redução das margens de segurança em algumas paredes quando comparadas à metodologia da norma vigente, consequência das diferenças existentes entre os critérios de cálculo adotados pelas duas abordagens.

No edifício de 4 pavimentos, direção X (Tabela 70), a situação mais crítica ocorre na parede PACX1. Pela ABNT NBR 16868-1:2020, o índice de utilização é de aproximadamente 74%, enquanto, pelo projeto de revisão, esse valor aumenta para cerca de 95%. Embora a parede permaneça aprovada, a margem de segurança é reduzida de forma significativa na metodologia revisada. Esse comportamento está relacionado à forma de determinação da resistência ao cisalhamento, na qual a contribuição da pré-compressão ( $V_p = 114,09 \text{ kN}$ ) representa aproximadamente 72% da resistência total ( $V_{Rd} = 158,86 \text{ kN}$ ).

Na direção Y do edifício de 4 pavimentos (Tabela 71), todas as paredes também atendem aos critérios das duas metodologias. A parede PAY6, por exemplo, apresenta um índice de utilização de aproximadamente 30,5% pela norma vigente e de 37,8% pelo projeto de revisão, o que representa um aumento próximo de 24% na proximidade do estado limite. Apesar desse acréscimo, a resistência disponível continua superior à solicitação de cálculo.

Para o edifício de 12 pavimentos, verifica-se comportamento semelhante. Na direção X (Tabela 72), a parede PACX1 apresenta o maior nível de solicitação, alcançando um índice de utilização de aproximadamente 53% segundo a ABNT NBR 16868-1:2020 e de cerca de 75% pelo projeto de revisão. Isso corresponde a um aumento da ordem de 42% no índice de utilização, embora a parede continue atendendo aos critérios de segurança.

Na direção Y (Tabela 73), a situação mais desfavorável ocorre na parede PAY1, cujo índice de utilização passa de aproximadamente 36% pela norma vigente para cerca de 54% segundo o projeto de revisão. Esse aumento, da ordem de 50%, evidencia novamente que a metodologia proposta conduz a verificações mais conservadoras. Ainda assim, em todas as paredes analisadas, as resistências calculadas permaneceram superiores às solicitações atuantes, confirmando o atendimento às verificações de cisalhamento para ambos os edifícios.

#### – Dimensionamento à flexão

Os parâmetros de tensão nos bordos das paredes do primeiro pavimento de ambas as edificações, nas direções X e Y, respectivamente, estão apresentados nas Tabelas 74 a 77.

Tabela 74 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 47,75                      | 9,84                       | 7,4                             | 341,05                   | 70,30                    | 362,2                          | 150,3                          |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 60,85                      | 14,70                      | 21,3                            | 434,62                   | 105,00                   | 467,1                          | 467,1                          |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 47,74                      | 9,74                       | 40,5                            | 341,03                   | 69,56                    | 302,2                          | 625,1                          |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 47,74                      | 9,74                       | 143,7                           | 341,03                   | 69,56                    | 495,1                          | 831,1                          |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 66,82                      | 19,10                      | 6,2                             | 477,28                   | 136,45                   | 303,1                          | 125,8                          |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 47,75                      | 9,84                       | 218,4                           | 341,05                   | 70,30                    | 895,4                          | 569,8                          |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 69,36                      | 21,04                      | 22,4                            | 495,43                   | 150,31                   | 200,9                          | 433,5                          |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 58,96                      | 16,28                      | 1310,6                          | 421,13                   | 116,29                   | 1219,5                         | 1277,6                         |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 75 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 47,75                      | 9,84                       | 444,4                           | 341,05                   | 70,30                    | 643,3                          | 587,5                          |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 49,23                      | 8,24                       | 13,4                            | 351,61                   | 58,83                    | 238,3                          | 238,3                          |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 47,75                      | 9,84                       | 0,3                             | 341,05                   | 70,30                    | 28,6                           | 66,7                           |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 60,85                      | 14,70                      | 138,6                           | 434,62                   | 105,00                   | 296,3                          | 537,0                          |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 69,36                      | 21,04                      | 49,1                            | 495,43                   | 150,31                   | 209,1                          | 373,4                          |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 47,74                      | 9,74                       | 191,9                           | 341,03                   | 69,56                    | 394,7                          | 394,7                          |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 66,82                      | 19,10                      | 229,9                           | 477,28                   | 136,45                   | 438,4                          | 579,8                          |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 58,96                      | 16,28                      | 9,3                             | 421,13                   | 116,29                   | 202,6                          | 202,6                          |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 76 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 143,24                     | 29,52                      | 40,6                            | 1023,15                  | 210,89                   | 1972,9                         | 818,9                          |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 182,54                     | 44,10                      | 116,0                           | 1303,85                  | 315,00                   | 2544,2                         | 2544,2                         |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 143,23                     | 29,21                      | 220,7                           | 1023,08                  | 208,68                   | 1646,3                         | 3404,8                         |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 143,23                     | 29,21                      | 782,8                           | 1023,08                  | 208,68                   | 2697,1                         | 4527,2                         |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 200,46                     | 57,31                      | 34,0                            | 1431,84                  | 409,36                   | 1651,3                         | 685,4                          |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 143,24                     | 29,52                      | 1189,8                          | 1023,15                  | 210,89                   | 4877,6                         | 3103,9                         |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 208,08                     | 63,13                      | 121,8                           | 1486,29                  | 450,94                   | 1094,4                         | 2361,6                         |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 176,88                     | 48,84                      | 7139,1                          | 1263,40                  | 348,88                   | 6642,8                         | 6959,2                         |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 77 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 143,24                     | 29,52                      | 2420,9                          | 1023,15                  | 210,89                   | 3504,4                         | 3200,4                         |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 147,68                     | 24,71                      | 73,0                            | 1054,83                  | 176,50                   | 1298,0                         | 1298,0                         |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 143,24                     | 29,52                      | 1,7                             | 1023,15                  | 210,89                   | 155,8                          | 363,4                          |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 182,54                     | 44,10                      | 754,9                           | 1303,85                  | 315,00                   | 1614,0                         | 2925,4                         |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 208,08                     | 63,13                      | 267,4                           | 1486,29                  | 450,94                   | 1139,2                         | 2034,2                         |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 143,23                     | 29,21                      | 1045,1                          | 1023,08                  | 208,68                   | 2150,2                         | 2150,2                         |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 200,46                     | 57,31                      | 1252,3                          | 1431,84                  | 409,36                   | 2387,9                         | 3158,1                         |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 176,88                     | 48,84                      | 50,6                            | 1263,40                  | 348,88                   | 1103,7                         | 1103,7                         |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### ✓ Verificação da compressão máxima nos bordos das paredes

As Tabelas 78 e 79 trazem os valores das resistências de prismas necessárias,  $f_{pk,nec}$ , para as paredes do primeiro pavimento das edificações de 4 e 12 pavimentos, respectivamente, nas direções X e Y.

Tabela 78 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X          |                    | PAREDE | Direção Y          |                    |
|--------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|--------------------|
|        | $f_{pk,min}$ (dir) | $f_{pk,min}$ (esq) |        | $f_{pk,min}$ (sup) | $f_{pk,min}$ (inf) |
|        | MPa                |                    |        | MPa                |                    |
| PAX1   | 1,9                | 1,4                | PAY1   | 2,6                | 2,4                |
| PAX2   | 2,4                | 2,4                | PAY2   | 1,6                | 1,6                |
| PAX3   | 1,7                | 2,5                | PAY3   | 1,1                | 1,2                |
| PAX4   | 2,2                | 3,0                | PAY4   | 2,0                | 2,6                |
| PAX5   | 2,1                | 1,7                | PAY5   | 2,0                | 2,4                |
| PAX6   | 3,2                | 2,4                | PAY6   | 2,0                | 2,0                |
| PAX7   | 1,9                | 2,5                | PAY7   | 2,5                | 2,8                |
| PACX1  | 4,2 <sup>[1]</sup> | 4,4 <sup>[1]</sup> | PACY1  | 1,7                | 1,7                |

<sup>[1]</sup> Grautear bloco apenas no primeiro pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 79 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e  $R = 1,5$  (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                  |                            | PAREDE | Direção Y                  |                            |
|--------|----------------------------|----------------------------|--------|----------------------------|----------------------------|
|        | $f_{pk,mín} \text{ (dir)}$ | $f_{pk,mín} \text{ (esq)}$ |        | $f_{pk,mín} \text{ (sup)}$ | $f_{pk,mín} \text{ (inf)}$ |
|        | MPa                        |                            |        | MPa                        |                            |
| PAX1   | 7,8                        | 5,0                        | PAY1   | 11,6 <sup>[1]</sup>        | 10,8 <sup>[1]</sup>        |
| PAX2   | 10,1                       | 10,1                       | PAY2   | 6,3                        | 6,3                        |
| PAX3   | 7,0                        | 11,3 <sup>[1]</sup>        | PAY3   | 3,4                        | 3,9                        |
| PAX4   | 9,6                        | 14,1 <sup>[3]</sup>        | PAY4   | 7,8                        | 11,0 <sup>[1]</sup>        |
| PAX5   | 8,3                        | 5,9                        | PAY5   | 7,2                        | 9,3                        |
| PAX6   | 15,0 <sup>[3]</sup>        | 10,6 <sup>[1]</sup>        | PAY6   | 8,3                        | 8,3                        |
| PAX7   | 7,0                        | 10,2                       | PAY7   | 10,1 <sup>[2]</sup>        | 11,9 <sup>[2]</sup>        |
| PACX1  | 20.0 <sup>[4]</sup>        | 20.8 <sup>[4]</sup>        | PACY1  | 6.4                        | 6.4                        |

<sup>[1]</sup> Grautear bloco apenas no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Grautear bloco até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Grautear bloco até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Mudar o bloco

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A partir da análise dos resultados, nota-se que para o edifício de 4 pavimentos, a única parede que não atende plenamente os critérios de dimensionamento com o bloco adotado é a PACX1 na direção X em ambos os bordos. Dessa forma, uma solução possível seria o grauteamento dos blocos dessa parede apenas no primeiro pavimento, visto que nos andares superiores os critérios normativos já são atendidos sem a necessidade de graute.

Já no edifício de 12 pavimentos, é possível perceber que diversas paredes passam a não resistir às solicitações de flexocompressão apenas com a resistência característica do prisma sem graute. Nesses casos, é viável realizar o grauteamento dos blocos para que sua resistência à compressão aumente e, consequentemente, a parede passe a resistir aos esforços. Ademais, nesse edifício há ainda a necessidade de alterar o bloco da parede PACX1 até o segundo pavimento da edificação, visto que, nem mesmo com a utilização do graute, o bloco adotado ( $f_{bk} = 16 \text{ MPa}$ ) é capaz de atender plenamente os critérios normativos.

#### ✓ Verificação da tração máxima nos bordos das paredes

As tensões de tração atuantes nos bordos de cada parede são determinadas por meio da Equação 11, considerando ambas as extremidades dos elementos estruturais. Os valores obtidos

são então comparados com a resistência de cálculo à tração da alvenaria ( $f_{td}$ ), permitindo verificar a necessidade, ou não, da utilização de armaduras para resistir aos esforços de tração. Os resultados dessas verificações são apresentados para os edifícios de 4 e 12 pavimentos, contemplando as direções X e Y, nas Tabelas 80 a 83, as quais indicam, para cada parede analisada, o atendimento aos critérios de resistência à tração estabelecidos tanto na normativa atual, quanto no projeto de revisão da ABNT NBR 16868-1.

Tabela 80 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 55,2                       | -156,6                     | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAX2   | 75,9                       | 75,9                       | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAX3   | -4,7                       | 318,1                      | 133             | OK                   | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAX4   | 188,2                      | 524,2                      | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAX5   | -126,4                     | -303,7                     | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAX6   | 588,5                      | 262,9                      | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX7   | -245,0                     | -12,4                      | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PACX1  | 840,5                      | 898,5                      | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 81 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos –  
Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(sup)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(inf)}$ (kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                         | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                         |                 | Superior             | Inferior             |                    | Superior             | Inferior             |
| PAY1   | 336,4                      | 280,6                   | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY2   | -78,2                      | -78,2                   | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAY3   | -278,4                     | -240,2                  | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAY4   | -94,9                      | 145,9                   | 133             | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY5   | -236,8                     | -72,4                   | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAY6   | 87,8                       | 87,8                    | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY7   | 8,8                        | 150,2                   | 133             | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PACY1  | -176,4                     | -176,4                  | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o terceiro pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 82 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos  
– Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 1052,1                     | -101,9                     | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[5]</sup> | OK                   |
| PAX2   | 1370,8                     | 1370,8                     | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAX3   | 725,5                      | 2484,0                     | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAX4   | 1776,3                     | 3606,4                     | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[8]</sup> |
| PAX5   | 362,6                      | -603,2                     | 166,7           | ARMAR <sup>[1]</sup> | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | OK                   |
| PAX6   | 3956,8                     | 2183,1                     | 166,7           | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[8]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAX7   | -243,3                     | 1023,9                     | 166,7           | OK                   | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PACX1  | 5505,8                     | 5822,1                     | 166,7           | ARMAR <sup>[8]</sup> | ARMAR <sup>[8]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[8]</sup> | ARMAR <sup>[8]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o quarto pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o sexto pavimento

<sup>[4]</sup> Armar até o sétimo pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o oitavo pavimento

<sup>[6]</sup> Armar até o nono pavimento

<sup>[7]</sup> Armar até o décimo pavimento

<sup>[8]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 83 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos  
– Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(sup)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(inf)}$ (kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                         | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                         |                 | Superior             | Inferior             |                    | Superior             | Inferior             |
| PAY1   | 2583,6                     | 2279,6                  | 166,7           | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[8]</sup> | ARMAR <sup>[8]</sup> |
| PAY2   | 348,6                      | 348,6                   | 166,7           | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY3   | -765,1                     | -557,4                  | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAY4   | 440,5                      | 1751,9                  | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAY5   | -198,5                     | 696,6                   | 166,7           | OK                   | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAY6   | 1229,4                     | 1229,4                  | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAY7   | 1099,2                     | 1869,5                  | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PACY1  | -33,4                      | -33,4                   | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o quarto pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o quinto pavimento

<sup>[4]</sup> Armar até o sexto pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o sétimo pavimento

<sup>[6]</sup> Armar até o oitavo pavimento

<sup>[7]</sup> Armar até o nono pavimento

<sup>[8]</sup> Armar até o décimo pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A análise dos resultados apresentados nas Tabelas 80 a 83 evidencia que a necessidade de armadura de tração é diretamente influenciada pela altura da edificação e pelos critérios adotados para a resistência de cálculo à tração da alvenaria. Em ambas as edificações, a redução do valor de  $f_{td}$  prevista no projeto de revisão da ABNT NBR 16868-1 torna as verificações mais rigorosas, aumentando o número de paredes e de pavimentos que passam a exigir armadura.

Para o edifício de 4 pavimentos, na direção X (Tabela 80), observa-se que a maior parte das paredes continua dispensando armadura em pelo menos um de seus bordos. Entretanto, as paredes mais solicitadas apresentam diferenças entre as duas metodologias. A parede PAX2, por exemplo, atende à normativa vigente, mas passa a exigir armadura no primeiro pavimento em ambos os bordos quando considerada a proposta de revisão. A parede PAX4, que apresenta tensão de 188,2 kPa no bordo direito e 524,2 kPa no bordo esquerdo, demanda armadura até o primeiro e o terceiro pavimentos pela norma atual, respectivamente, enquanto, pelo projeto de revisão, a exigência aumenta para até o segundo e o terceiro pavimentos. Situação semelhante

é observada na parede PACX1, cujas tensões atingem 840,5 kPa e 898,5 kPa, valores aproximadamente 6,3 e 6,8 vezes superiores ao limite de 133 kPa da norma vigente e cerca de 12,6 e 13,5 vezes superiores ao limite de 66,7 kPa adotado no projeto de revisão. Como consequência, essa parede passa a requerer armadura em toda a altura da edificação segundo a metodologia revisada, enquanto, pela norma vigente, a necessidade estende-se até o terceiro pavimento.

Na direção Y (Tabela 81), as tensões de tração são, em geral, inferiores às observadas na direção X, embora algumas paredes também apresentem aumento na necessidade de armadura quando aplicado o projeto de revisão. A parede PAY1, por exemplo, apresenta tensões de 336,4 kPa e 280,6 kPa, exigindo armadura até o segundo pavimento segundo a norma atual. Com a redução da resistência de cálculo à tração, a armadura passa a ser necessária até o terceiro pavimento no bordo superior. Outro exemplo é a parede PAY6, cuja tensão de 87,8 kPa não ultrapassa o limite de 133 kPa da normativa vigente, mas supera o valor de 66,7 kPa adotado na revisão, passando a exigir armadura apenas no primeiro pavimento.

Para o edifício de 12 pavimentos, o comportamento é significativamente mais crítico. Na direção X (Tabela 82), praticamente todas as paredes solicitadas necessitam de armadura, mesmo pela norma vigente, devido às elevadas tensões de tração desenvolvidas. Destacam-se as paredes PAX6 e PACX1, que apresentam tensões máximas de 3.956,8 kPa e 5.822,1 kPa, respectivamente. Esses valores correspondem a aproximadamente 24 e 35 vezes a resistência de cálculo da norma vigente (166,7 kPa), justificando a necessidade de armadura até os pavimentos superiores. Com a aplicação do projeto de revisão, essas exigências tornam-se ainda mais severas, fazendo com que a PACX1 necessite de armadura até o 11º pavimento e a PAX6 até o 10º pavimento. Além disso, paredes como PAX5 e PAX7, que apresentavam necessidade de armadura em apenas um dos bordos segundo a norma vigente, passam a exigir armadura por um número maior de pavimentos na metodologia revisada.

Na direção Y (Tabela 83), observa-se comportamento semelhante. As maiores solicitações concentram-se nas paredes PAY1, PAY4, PAY6 e PAY7, que apresentam tensões superiores a 1.000 kPa, alcançando 2.583,6 kPa na parede PAY1. Enquanto a norma vigente já exige armadura em diversos pavimentos dessas paredes, o projeto de revisão amplia essa necessidade em praticamente todos os casos. A parede PAY1, por exemplo, passa de armadura até o 9º pavimento para armadura até o 10º pavimento, ao passo que a PAY4 amplia a necessidade de armadura do 6º para o 7º pavimento em seu bordo mais solicitado. Em contrapartida, paredes como PAY3 e PACY1 permanecem sem necessidade de armadura em

ambas as metodologias, demonstrando que as solicitações de tração permanecem inferiores aos respectivos limites resistentes.

De forma geral, os resultados mostram que a redução da resistência de cálculo à tração proposta no projeto de revisão aumenta a quantidade de paredes e a extensão dos trechos que necessitam de armadura, efeito que se torna mais pronunciado no edifício de 12 pavimentos, em razão das maiores solicitações impostas pela combinação das ações verticais e sísmicas. Ainda que a edificação de 4 pavimentos apresente um comportamento mais favorável, a metodologia revisada também conduz ao acréscimo das exigências de armadura em algumas paredes específicas, evidenciando seu caráter mais conservador.

#### 4.3.1.2 Zona Sísmica 1 – Classe de terreno D

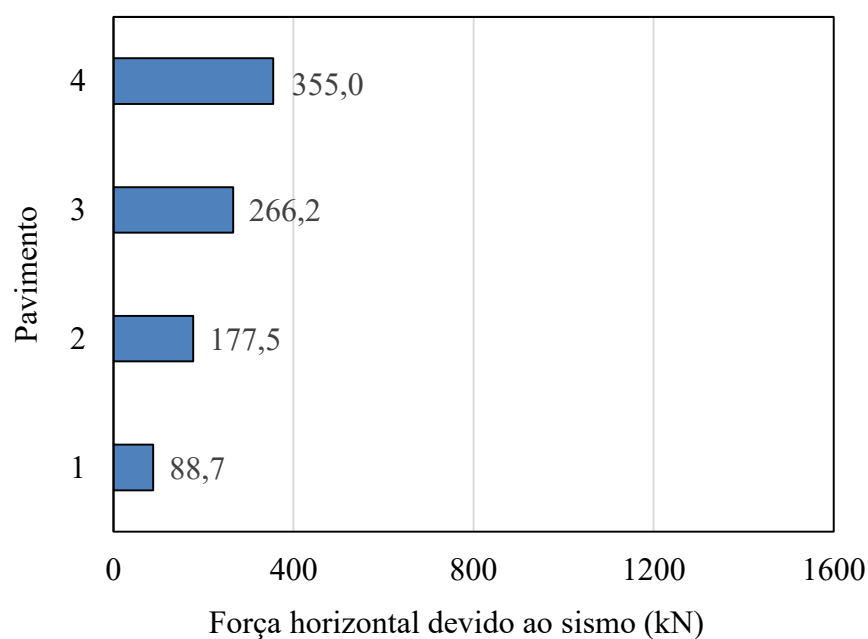
Na sequência, são apresentadas as tabelas de dimensionamento das edificações para a Zona Sísmica 1, considerando a Classe de Terreno D. A organização e a sequência das tabelas seguem o mesmo padrão adotado na análise da Zona Sísmica 0, permitindo a comparação direta dos resultados e a avaliação da influência da ação sísmica no comportamento estrutural de ambas as edificações.

Tabela 84 – Parâmetros de cálculo para edifício de 4 pavimentos; Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e  $R = 1,5$ .

| Parâmetros de cálculo |   |                              |       |       |                                  |                                  |       |              |      |              |               |           |           |
|-----------------------|---|------------------------------|-------|-------|----------------------------------|----------------------------------|-------|--------------|------|--------------|---------------|-----------|-----------|
| R                     | I | $A_g$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $C_a$ | $C_v$ | $A_{gs0}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $A_{gs1}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $C_t$ | $h_n$<br>(m) | x    | $T_a$<br>(s) | $C_{s,adot.}$ | W<br>(kN) | H<br>(kN) |
| 1,5                   | 1 | 0,49                         | 1,6   | 2,4   | 0,79                             | 0,88                             | 0,05  | 11,6         | 0,75 | 0,31         | 0,13          | 6656      | 887,4     |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 16 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e  $R = 1,5$ .



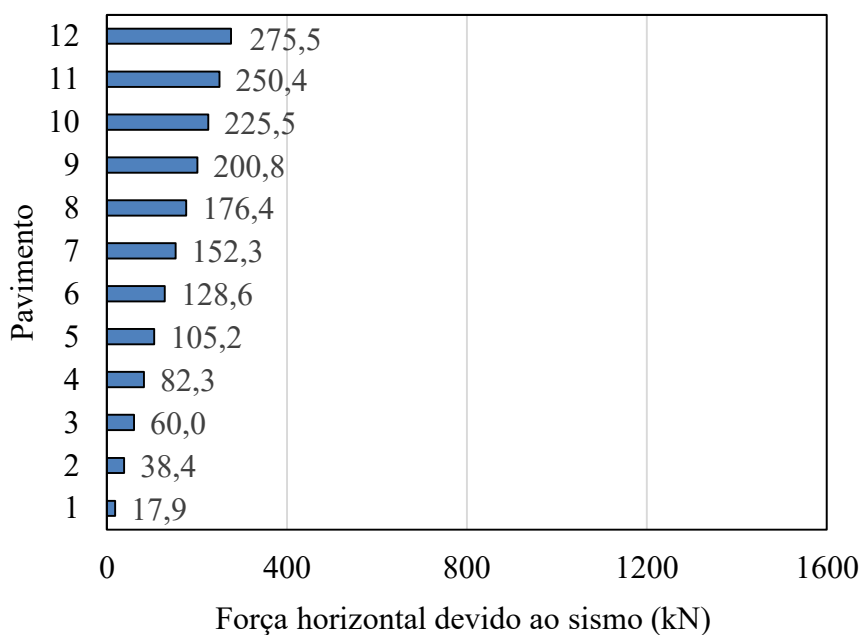
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 85 – Parâmetros de cálculo para edifício de 12 pavimentos; Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e  $R = 1,5$ .

| Parâmetros de cálculo |   |                      |       |       |                          |                          |       |              |      |              |               |           |        |
|-----------------------|---|----------------------|-------|-------|--------------------------|--------------------------|-------|--------------|------|--------------|---------------|-----------|--------|
| R                     | I | $A_g$<br>( $m/s^2$ ) | $C_a$ | $C_v$ | $A_{gs0}$<br>( $m/s^2$ ) | $A_{gs1}$<br>( $m/s^2$ ) | $C_t$ | $h_n$<br>(m) | x    | $T_a$<br>(s) | $C_{s,adot.}$ | W<br>(kN) | H (kN) |
| 1,5                   | 1 | 0,49                 | 1,6   | 2,4   | 0,79                     | 0,88                     | 0,05  | 34,8         | 0,75 | 0,7          | 0,09          | 19967     | 1713,4 |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 17 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 1,5.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### – Dimensionamento ao cisalhamento

Tabela 86 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAX1   | 17,99                            | 202,32            | OK                   | 1,71                                  | 7,90          | 9,74          | 0,03             | 17,67            | OK                   |
| PAX2   | 25,90                            | 230,38            | OK                   | 4,89                                  | 10,90         | 24,64         | 0,03             | 35,57            | OK                   |
| PAX3   | 51,99                            | 202,31            | OK                   | 9,32                                  | 10,90         | 18,33         | 0,03             | 29,26            | OK                   |
| PAX4   | 108,24                           | 202,31            | OK                   | 33,04                                 | 19,55         | 31,22         | 0,05             | 50,83            | OK                   |
| PAX5   | 15,05                            | 243,18            | OK                   | 1,43                                  | 12,05         | 13,63         | 0,05             | 25,73            | OK                   |
| PAX6   | 136,38                           | 202,32            | OK                   | 50,21                                 | 25,95         | 37,67         | 0,08             | 63,70            | OK                   |
| PAX7   | 32,50                            | 248,63            | OK                   | 5,14                                  | 14,30         | 23,51         | 0,05             | 37,86            | OK                   |
| PACX1  | 333,65                           | 226,34            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 301,29                                | 44,70         | 114,09        | 0,08             | 158,86           | ARMAR <sup>[1]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar em todos os pavimentos;

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 87 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAY1   | 202,71                           | 202,32            | ARMAR <sup>[2]</sup> | 102,17                                | 27,05         | 51,57         | 0,05             | 78,67            | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY2   | 14,68                            | 205,48            | OK                   | 3,08                                  | 11,65         | 22,15         | 0,03             | 33,83            | OK                   |
| PAY3   | 2,27                             | 202,32            | OK                   | 0,07                                  | 5,65          | 3,29          | 0,03             | 8,97             | OK                   |
| PAY4   | 86,52                            | 230,38            | OK                   | 31,86                                 | 21,80         | 48,01         | 0,05             | 69,86            | OK                   |
| PAY5   | 42,87                            | 248,63            | OK                   | 11,28                                 | 18,05         | 39,12         | 0,05             | 57,22            | OK                   |
| PAY6   | 123,55                           | 202,31            | OK                   | 44,11                                 | 21,80         | 36,52         | 0,05             | 58,38            | OK                   |
| PAY7   | 106,94                           | 243,18            | OK                   | 52,85                                 | 26,30         | 70,76         | 0,05             | 97,11            | OK                   |
| PACY1  | 11,31                            | 226,34            | OK                   | 2,14                                  | 19,20         | 23,88         | 0,08             | 43,15            | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar em todos os pavimentos;

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento;

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 88 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAX1   | 34,73                            | 540,28            | OK                   | 3,31                                  | 7,90          | 29,22         | 0,03             | 37,15            | OK                   |
| PAX2   | 50,01                            | 624,49            | OK                   | 9,45                                  | 10,90         | 73,93         | 0,03             | 84,85            | OK                   |
| PAX3   | 100,38                           | 540,26            | OK                   | 17,99                                 | 10,90         | 55,00         | 0,03             | 65,93            | OK                   |
| PAX4   | 208,99                           | 540,26            | OK                   | 63,78                                 | 19,55         | 93,67         | 0,05             | 113,27           | OK                   |
| PAX5   | 29,07                            | 662,88            | OK                   | 2,77                                  | 12,05         | 40,89         | 0,05             | 52,99            | OK                   |
| PAX6   | 263,31                           | 540,28            | OK                   | 96,95                                 | 25,95         | 113,02        | 0,08             | 139,04           | OK                   |
| PAX7   | 62,75                            | 679,22            | OK                   | 9,93                                  | 14,30         | 70,54         | 0,05             | 84,89            | OK                   |
| PACX1  | 644,20                           | 612,35            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 581,71                                | 44,70         | 342,26        | 0,08             | 387,03           | ARMAR <sup>[2]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento;

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos;

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 89 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos  
– Zona Sísmica 1, classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAY1   | 391,39                           | 540,28            | OK      | 197,26                                | 27,05         | 154,70        | 0,05             | 181,80           | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY2   | 28,34                            | 549,78            | OK      | 5,95                                  | 11,65         | 66,45         | 0,03             | 78,13            | OK                   |
| PAY3   | 4,38                             | 540,28            | OK      | 0,14                                  | 5,65          | 9,88          | 0,03             | 15,56            | OK                   |
| PAY4   | 167,06                           | 624,49            | OK      | 61,51                                 | 21,80         | 144,02        | 0,05             | 165,87           | OK                   |
| PAY5   | 82,78                            | 679,22            | OK      | 21,79                                 | 18,05         | 117,36        | 0,05             | 135,46           | OK                   |
| PAY6   | 238,55                           | 540,26            | OK      | 85,16                                 | 21,80         | 109,57        | 0,05             | 131,42           | OK                   |
| PAY7   | 206,48                           | 662,88            | OK      | 102,04                                | 26,30         | 212,28        | 0,05             | 238,64           | OK                   |
| PACY1  | 21,83                            | 612,35            | OK      | 4,13                                  | 19,20         | 71,63         | 0,08             | 90,91            | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento;

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Na Zona Sísmica 1, verificou-se que a intensidade das ações sísmicas produz efeitos distintos em função da altura da edificação, refletindo diretamente nas verificações de resistência ao cisalhamento das paredes estruturais. Para o edifício de 4 pavimentos, praticamente todas as paredes atenderam aos critérios estabelecidos tanto pela ABNT NBR 16868-1:2020 quanto pelo projeto de revisão. As únicas exceções foram a parede PACX1, na direção X, e a parede PAY1, na direção Y. Na direção X, ambas as metodologias indicaram a necessidade de armadura de cisalhamento em todos os pavimentos, evidenciando que essa parede concentra parcela significativa dos esforços horizontais. Na direção Y, observou-se diferença entre as abordagens normativas: enquanto a norma vigente requer armadura apenas até o segundo pavimento, o projeto de revisão estende essa exigência para todos os pavimentos, demonstrando uma abordagem mais conservadora.

Para o edifício de 12 pavimentos, o aumento da altura resultou em maiores solicitações sísmicas e evidenciou diferenças mais significativas entre a norma vigente e o projeto de revisão. As tabelas referentes ao primeiro pavimento mostram que a parede PACX1 permanece como a mais solicitada na direção X, exigindo armadura até o décimo primeiro pavimento pela ABNT NBR 16868-1:2020 e em todos os pavimentos pelo projeto de revisão. Na direção Y, a parede PAY1 atende aos critérios da norma vigente, porém passa a requerer armadura até o décimo primeiro pavimento segundo o projeto de revisão.

A análise dos resultados de todos os pavimentos permite observar um comportamento adicional que não é perceptível apenas pelas tabelas do primeiro pavimento. Em algumas paredes, especialmente na direção Y segundo a normativa atual, a necessidade de armadura não ocorre de forma contínua ao longo da altura da edificação. Verifica-se que determinados pavimentos intermediários apresentam necessidade de armadura, enquanto pavimentos inferiores e superiores atendem às verificações sem essa exigência. Esse comportamento decorre da redistribuição dos esforços ao longo da altura do edifício e da interação entre a força cortante e a força normal atuante em cada nível.

Essa tendência pode ser observada numericamente na parede PAY1, pela comparação entre o primeiro pavimento e o quinto pavimento, ponto a partir do qual passa a ser exigida armadura de cisalhamento. Nesse intervalo, a compressão axial apresenta redução de 33,3%, enquanto o esforço cortante diminui apenas 11,6%. Assim, embora a solicitação cortante também seja reduzida com a altura, essa redução ocorre de forma menos acentuada do que a perda da compressão axial, que contribui para a resistência ao cisalhamento da parede. Como resultado, a margem resistente diminui nos pavimentos intermediários, justificando a necessidade de armadura nessa região, mesmo que essa exigência não ocorra na base da edificação.

Nos pavimentos inferiores, a maior compressão axial proveniente do peso dos pavimentos superiores contribui para aumentar a capacidade resistente das paredes, compensando a maior solicitação cortante. Nos pavimentos intermediários, a redução significativa da compressão axial, associada à permanência de esforços cortantes ainda elevados, gera uma condição mais crítica de dimensionamento. Já nos pavimentos superiores, apesar da menor compressão axial, a redução das forças sísmicas acumuladas passa a ser suficiente para diminuir as solicitações de cisalhamento, fazendo com que as paredes voltem a satisfazer os critérios resistentes. Dessa forma, observa-se que a necessidade de armadura está relacionada à combinação entre esforço cortante e força normal em cada pavimento, e não apenas à posição da parede ao longo da altura da edificação.

No projeto de revisão, esse comportamento deixa de ser observado, uma vez que a necessidade de armadura tende a ocorrer de forma contínua ao longo da altura da edificação. Embora a redistribuição dos esforços entre os pavimentos permaneça existente, as alterações introduzidas na metodologia de verificação ao cisalhamento modificam a forma de avaliação da resistência das paredes. Enquanto a ABNT NBR 16868-1:2020 baseia a verificação na comparação entre a tensão solicitante e a tensão resistente, o projeto de revisão passa a

considerar a resistência ao cisalhamento horizontal como a soma das contribuições da alvenaria, da força normal e da armadura. Dessa forma, a influência da força normal é incorporada diretamente à resistência da parede, fazendo com que sua capacidade resistente varie de maneira distinta ao longo da altura da edificação. Para os casos analisados, essa nova abordagem reduz a ocorrência de regiões isoladas de não atendimento, resultando em uma distribuição mais uniforme da necessidade de armadura e conduzindo a um dimensionamento mais conservador em comparação com a ABNT NBR 16868-1:2020.

### – Dimensionamento à flexão

Tabela 90 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 47,75                      | 9,84                       | 14,9                            | 341,05                   | 70,30                    | 724,4                          | 300,7                          |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 60,85                      | 14,70                      | 42,6                            | 434,62                   | 105,00                   | 934,1                          | 934,1                          |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 47,74                      | 9,74                       | 81,1                            | 341,03                   | 69,56                    | 604,4                          | 1250,1                         |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 47,74                      | 9,74                       | 287,4                           | 341,03                   | 69,56                    | 990,3                          | 1662,2                         |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 66,82                      | 19,10                      | 12,5                            | 477,28                   | 136,45                   | 606,3                          | 251,7                          |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 47,75                      | 9,84                       | 436,9                           | 341,05                   | 70,30                    | 1790,9                         | 1139,6                         |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 69,36                      | 21,04                      | 44,7                            | 495,43                   | 150,31                   | 401,8                          | 867,1                          |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 58,96                      | 16,28                      | 2621,2                          | 421,13                   | 116,29                   | 2439,0                         | 2555,1                         |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 91 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 47,75                      | 9,84                       | 888,9                           | 341,05                   | 70,30                    | 1286,7                         | 1175,1                         |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 49,23                      | 8,24                       | 26,8                            | 351,61                   | 58,83                    | 476,6                          | 476,6                          |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 47,75                      | 9,84                       | 0,6                             | 341,05                   | 70,30                    | 57,2                           | 133,4                          |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 60,85                      | 14,70                      | 277,2                           | 434,62                   | 105,00                   | 592,6                          | 1074,1                         |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 69,36                      | 21,04                      | 98,2                            | 495,43                   | 150,31                   | 418,3                          | 746,9                          |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 47,74                      | 9,74                       | 383,7                           | 341,03                   | 69,56                    | 789,5                          | 789,5                          |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 66,82                      | 19,10                      | 459,8                           | 477,28                   | 136,45                   | 876,7                          | 1159,5                         |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 58,96                      | 16,28                      | 18,6                            | 421,13                   | 116,29                   | 405,2                          | 405,2                          |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 92 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 143,24                     | 29,52                      | 81,2                            | 1023,15                  | 210,89                   | 3945,8                         | 1637,9                         |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 182,54                     | 44,10                      | 232,0                           | 1303,85                  | 315,00                   | 5088,5                         | 5088,5                         |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 143,23                     | 29,21                      | 441,5                           | 1023,08                  | 208,68                   | 3292,5                         | 6809,6                         |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 143,23                     | 29,21                      | 1565,6                          | 1023,08                  | 208,68                   | 5394,1                         | 9054,4                         |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 200,46                     | 57,31                      | 67,9                            | 1431,84                  | 409,36                   | 3302,5                         | 1370,9                         |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 143,24                     | 29,52                      | 2379,7                          | 1023,15                  | 210,89                   | 9755,2                         | 6207,9                         |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 208,08                     | 63,13                      | 243,6                           | 1486,29                  | 450,94                   | 2188,8                         | 4723,1                         |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 176,88                     | 48,84                      | 14278,1                         | 1263,40                  | 348,88                   | 13285,7                        | 13918,3                        |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 93 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 143,24                     | 29,52                      | 4841,8                          | 1023,15                  | 210,89                   | 7008,8                         | 6400,9                         |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 147,68                     | 24,71                      | 146,1                           | 1054,83                  | 176,50                   | 2595,9                         | 2595,9                         |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 143,24                     | 29,52                      | 3,5                             | 1023,15                  | 210,89                   | 311,5                          | 726,9                          |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 182,54                     | 44,10                      | 1509,8                          | 1303,85                  | 315,00                   | 3228,0                         | 5850,8                         |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 208,08                     | 63,13                      | 534,8                           | 1486,29                  | 450,94                   | 2278,3                         | 4068,5                         |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 143,23                     | 29,21                      | 2090,3                          | 1023,08                  | 208,68                   | 4300,3                         | 4300,3                         |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 200,46                     | 57,31                      | 2504,6                          | 1431,84                  | 409,36                   | 4775,7                         | 6316,3                         |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 176,88                     | 48,84                      | 101,3                           | 1263,40                  | 348,88                   | 2207,4                         | 2207,4                         |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

✓ **Verificação da compressão máxima nos bordos das paredes**

Tabela 94 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e  $R = 1,5$  (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 2,8                       | 1,7                       | PAY1   | 4,2 <sup>[1]</sup>        | 3,9 <sup>[1]</sup>        |
| PAX2   | 3,6 <sup>[1]</sup>        | 3,6 <sup>[1]</sup>        | PAY2   | 2,2                       | 2,2                       |
| PAX3   | 2,5                       | 4,1 <sup>[1]</sup>        | PAY3   | 1,1                       | 1,3                       |
| PAX4   | 3,4 <sup>[1]</sup>        | 5,1 <sup>[2]</sup>        | PAY4   | 2,7                       | 3,9 <sup>[1]</sup>        |
| PAX5   | 2,9                       | 2,0                       | PAY5   | 2,5                       | 3,3 <sup>[1]</sup>        |
| PAX6   | 5,4 <sup>[2]</sup>        | 3,8 <sup>[1]</sup>        | PAY6   | 2,9                       | 2,9                       |
| PAX7   | 2,4                       | 3,6 <sup>[1]</sup>        | PAY7   | 3,5 <sup>[1]</sup>        | 4,2 <sup>[1]</sup>        |
| PACX1  | 7,2 <sup>[3]</sup>        | 7,5 <sup>[3]</sup>        | PACY1  | 2,2                       | 2,2                       |

<sup>[1]</sup> Grautear somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Grautear até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Mudar o bloco

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 95 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e  $R = 1,5$  (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 12,7 <sup>[2]</sup>       | 7,0                       | PAY1   | 20,2 <sup>[5]</sup>       | 18,7 <sup>[5]</sup>       |
| PAX2   | 16,3 <sup>[4]</sup>       | 16,3 <sup>[4]</sup>       | PAY2   | 9,5                       | 9,5                       |
| PAX3   | 11,1 <sup>[1]</sup>       | 19,7 <sup>[5]</sup>       | PAY3   | 3,8                       | 4,8                       |
| PAX4   | 16,2 <sup>[4]</sup>       | 25,2 <sup>[5]</sup>       | PAY4   | 11,7 <sup>[2]</sup>       | 18,2 <sup>[5]</sup>       |
| PAX5   | 12,3 <sup>[2]</sup>       | 7,6                       | PAY5   | 9,9                       | 14,3 <sup>[3]</sup>       |
| PAX6   | 26,9 <sup>[5]</sup>       | 18,2 <sup>[5]</sup>       | PAY6   | 13,5 <sup>[3]</sup>       | 13,5 <sup>[3]</sup>       |
| PAX7   | 9,7                       | 15,9 <sup>[4]</sup>       | PAY7   | 15,9 <sup>[4]</sup>       | 19,7 <sup>[5]</sup>       |
| PACX1  | 36,2 <sup>[5]</sup>       | 37,8 <sup>[5]</sup>       | PACY1  | 9,1                       | 9,1                       |

<sup>[1]</sup> Grautear somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Grautear até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Grautear até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Grautear até o quarto pavimento

<sup>[5]</sup> Mudar o bloco

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A comparação entre as Zonas Sísmicas 0 e 1 mostra que o aumento da solicitação sísmica elevou os valores mínimos de  $f_{pk,min}$  necessários para a verificação da compressão nos bordos das paredes. No edifício de 4 pavimentos, os acréscimos foram mais pontuais, porém relevantes nas paredes mais solicitadas. Na direção X, destacam-se a PAX4, cujo bordo esquerdo passou de 3,0 MPa para 5,1 MPa, representando aumento de 70,0%, a PAX6, cujo bordo direito passou de 3,2 MPa para 5,4 MPa, com acréscimo de 68,8%, e a PACX1, que passou de 4,2 MPa para 7,2 MPa no bordo direito e de 4,4 MPa para 7,5 MPa no bordo esquerdo, correspondendo a aumentos de 71,4% e 70,5%, respectivamente. Na direção Y, também foram observados aumentos expressivos, como na PAY1, com acréscimos de 61,5% no bordo superior e 62,5% no inferior, e na PAY7, cujo bordo inferior passou de 2,8 MPa para 4,2 MPa, resultando em aumento de 50,0%.

Para o edifício de 12 pavimentos, a influência da ação sísmica tornou-se ainda mais significativa, com elevação generalizada dos valores mínimos de  $f_{pk,min}$ . Na direção X, a parede PACX1 apresentou os maiores valores absolutos, passando de 20,0 MPa para 36,2 MPa no bordo direito e de 20,8 MPa para 37,8 MPa no bordo esquerdo, o que representa aumentos de 81,0% e 81,7%, respectivamente. Também se destacam a PAX6, com aumento de 79,3% no bordo direito e 71,7% no esquerdo, e a PAX4, com acréscimos de 68,8% e 78,7% nos bordos direito e esquerdo. Na direção Y, os aumentos também foram expressivos, principalmente nas paredes PAY1, PAY4, PAY6 e PAY7. A PAY1 passou de 11,6 MPa para 20,2 MPa no bordo superior e de 10,8 MPa para 18,7 MPa no inferior, resultando em aumentos de 74,1% e 73,1%. Já a PAY7 apresentou acréscimos de 57,4% no bordo superior e 65,5% no inferior.

De modo geral, os resultados indicam que a passagem da Zona Sísmica 0 para a Zona Sísmica 1 provoca aumento significativo das resistências mínimas exigidas, sendo esse efeito mais intenso no edifício de 12 pavimentos. Isso evidencia que a altura da edificação amplia a influência das ações sísmicas no dimensionamento, resultando em maior demanda por grauteamento e, em alguns casos, necessidade de substituição do bloco originalmente adotado.

✓ Verificação da tração máxima nos bordos das paredes

Tabela 96 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 417,4                      | -6,3                       | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | OK                   |
| PAX2   | 543,0                      | 543,0                      | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAX3   | 297,5                      | 943,2                      | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX4   | 683,3                      | 1355,3                     | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX5   | 176,7                      | -177,9                     | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | OK                   |
| PAX6   | 1483,9                     | 832,7                      | 133             | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX7   | -44,1                      | 421,2                      | 133             | OK                   | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PACX1  | 2060,0                     | 2176,1                     | 133             | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar somente o primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 97 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAY1   | 979,7                      | 868,1                      | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAY2   | 160,1                      | 160,1                      | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY3   | -249,8                     | -173,5                     | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAY4   | 201,4                      | 682,9                      | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY5   | -27,6                      | 301,0                      | 133             | OK                   | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY6   | 482,5                      | 482,5                      | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY7   | 447,2                      | 730,0                      | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PACY1  | 26,2                       | 26,2                       | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar somente o primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 98 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos  
– Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      | PROJETO DE REVISÃO   |                |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa) | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 3025,0                     | 717,1                      | 166,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAX2   | 3915,0                     | 3915,0                     | 166,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAX3   | 2371,8                     | 5888,8                     | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAX4   | 4473,3                     | 8133,6                     | 166,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[8]</sup> |
| PAX5   | 2013,9                     | 82,2                       | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | OK                   | 66,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAX6   | 8834,4                     | 5287,0                     | 166,7           | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[8]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAX7   | 851,1                      | 3385,5                     | 166,7           | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PACX1  | 12148,6                    | 12781,3                    | 166,7           | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[8]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[8]</sup> | ARMAR <sup>[8]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar somente o primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o sexto pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o sétimo pavimento

<sup>[4]</sup> Armar até o oitavo pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o nono pavimento

<sup>[6]</sup> Armar até o décimo pavimento

<sup>[7]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

<sup>[8]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 99 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos  
– Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      | PROJETO DE REVISÃO   |                |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa) | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                | Direita              | Esquerda             |
| PAY1   | 6087,9                     | 5480,0                     | 166,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAY2   | 1646,6                     | 1646,6                     | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAY3   | -609,3                     | -194,0                     | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7           | OK                   | OK                   |
| PAY4   | 2054,6                     | 4677,3                     | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAY5   | 940,7                      | 2730,8                     | 166,7           | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAY6   | 3379,5                     | 3379,5                     | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAY7   | 3487,1                     | 5027,6                     | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PACY1  | 1070,3                     | 1070,3                     | 166,7           | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |

[1] Armar até o sexto pavimento

[2] Armar até o sétimo pavimento

[3] Armar até o oitavo pavimento

[4] Armar até o nono pavimento

[5] Armar até o décimo pavimento

[6] Armar até o décimo primeiro pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A comparação entre as Zonas Sísmicas 0 e 1 evidencia que o aumento da intensidade da ação sísmica provoca elevação significativa das tensões de tração nos bordos das paredes estruturais, refletindo diretamente na necessidade de armadura. Para o edifício de 4 pavimentos, embora a maior parte das paredes já necessitassem de armadura na Zona Sísmica 0, a passagem para a Zona Sísmica 1 resultou em aumentos expressivos das tensões solicitantes. Na direção X, destacam-se as paredes PAX6 e PACX1, cujas tensões máximas aumentaram aproximadamente 152% e 143%, respectivamente, enquanto a parede PAX2 apresentou acréscimo de cerca de 615%. Na direção Y, os maiores aumentos ocorreram nas paredes PAY7, PAY6 e PAY1, que registraram elevações de aproximadamente 386%, 450% e 191%, respectivamente. Como consequência, diversas paredes passaram a exigir armadura em um maior número de pavimentos quando comparadas à Zona Sísmica 0.

Já para o edifício de 12 pavimentos, na direção X, as maiores variações ocorreram nas paredes PAX5 e PAX1, cujas tensões máximas aumentaram cerca de 455% e 410%, respectivamente, enquanto as demais paredes apresentaram acréscimos entre aproximadamente 120% e 260%. Na direção Y, também foram observados aumentos expressivos, destacando-se a parede PACY1, cuja tensão passou de valores negativos (indicando compressão) na Zona

Sísmica 0 para aproximadamente 1070 kPa de tração na Zona Sísmica 1, além das paredes PAY5, PAY6 e PAY7, que registraram elevações superiores a 170%.

De modo geral, os resultados demonstram que a elevação da intensidade da ação sísmica da Zona Sísmica 0 para a Zona Sísmica 1 aumenta as tensões de tração atuantes nas paredes estruturais, refletindo diretamente na ampliação da demanda por armaduras. Entretanto, esse aumento não ocorre de forma uniforme entre as edificações nem entre as diferentes paredes analisadas, evidenciando que a resposta estrutural depende da distribuição dos esforços em cada modelo. Assim, observa-se que a influência da ação sísmica no dimensionamento está associada não apenas à altura da edificação, mas também às características do sistema resistente e à participação de cada parede na absorção das ações horizontais.

#### 4.3.2 Dimensionamento para $R = 3,0$

Além das análises realizadas com o coeficiente de modificação de resposta sísmica atualmente recomendado pela norma ABNT NBR 15421:2023 para edificações em alvenaria estrutural,  $R = 1,5$ , este trabalho também contempla o dimensionamento considerando  $R = 3,0$  para fins exploratórios.

A seguir, são apresentados os resultados do dimensionamento dos edifícios de 4 e 12 pavimentos considerando  $R = 3,0$ . As tabelas mantêm a mesma organização e sequência adotadas nas análises anteriores, possibilitando a comparação direta entre os resultados obtidos para os diferentes valores do coeficiente de resposta sísmica e a avaliação da influência desse parâmetro no dimensionamento das edificações submetidas às ações sísmicas.

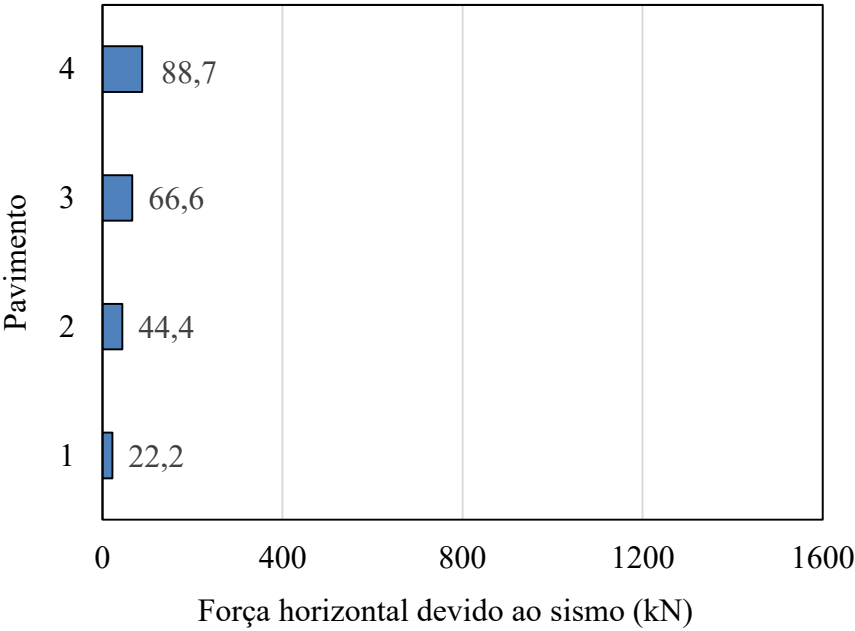
##### 4.3.2.1 Zona Sísmica 0 – Classe de terreno D

Tabela 100 – Parâmetros de cálculo para edifício de 4 pavimentos; Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e  $R = 3,0$ .

| Parâmetros de cálculo |   |                      |       |       |                          |                          |       |              |      |              |               |           |           |
|-----------------------|---|----------------------|-------|-------|--------------------------|--------------------------|-------|--------------|------|--------------|---------------|-----------|-----------|
| R                     | I | $A_g$<br>( $m/s^2$ ) | $C_a$ | $C_v$ | $A_{gs0}$<br>( $m/s^2$ ) | $A_{gs1}$<br>( $m/s^2$ ) | $C_t$ | $h_n$<br>(m) | x    | $T_a$<br>(s) | $C_{s,adot.}$ | W<br>(kN) | H<br>(kN) |
| 3,0                   | 1 | 0,245                | 1,6   | 2,4   | 0,39                     | 0,44                     | 0,05  | 11,6         | 0,75 | 0,31         | 0,03          | 6656      | 221,9     |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 18 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e  $R = 3,0$ .



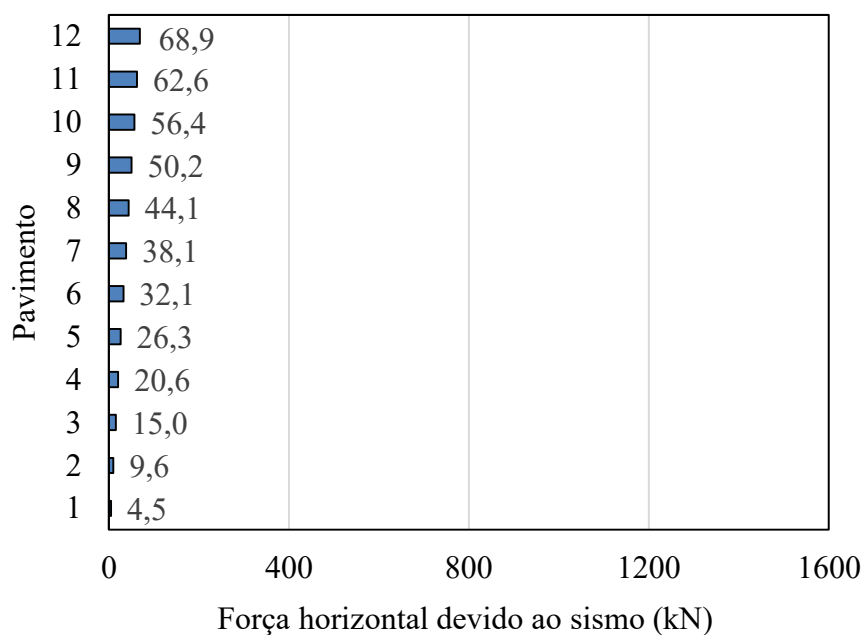
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 101 – Parâmetros de cálculo para edifício de 12 pavimentos; Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e  $R = 3,0$ .

| Parâmetros de cálculo |   |                              |       |       |                                  |                                  |       |              |      |              |               |           |           |
|-----------------------|---|------------------------------|-------|-------|----------------------------------|----------------------------------|-------|--------------|------|--------------|---------------|-----------|-----------|
| R                     | I | $A_g$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $C_a$ | $C_v$ | $A_{gs0}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $A_{gs1}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $C_t$ | $h_n$<br>(m) | x    | $T_a$<br>(s) | $C_{s,adot.}$ | W<br>(kN) | H<br>(kN) |
| 3,0                   | 1 | 0,245                        | 1,6   | 2,4   | 0,39                             | 0,44                             | 0,05  | 34,8         | 0,75 | 0,7          | 0,02          | 19967     | 428,3     |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 19 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e  $R = 3,0$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### – Dimensionamento ao cisalhamento

Tabela 102 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, classe de terreno D e  $R = 3,0$  (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAX1   | 4,50                             | 202,32            | OK      | 0,43                                  | 7,90          | 9,74          | 0,03             | 17,67            | OK      |
| PAX2   | 6,47                             | 230,38            | OK      | 1,22                                  | 10,90         | 24,64         | 0,03             | 35,57            | OK      |
| PAX3   | 13,00                            | 202,31            | OK      | 2,33                                  | 10,90         | 18,33         | 0,03             | 29,26            | OK      |
| PAX4   | 27,06                            | 202,31            | OK      | 8,26                                  | 19,55         | 31,22         | 0,05             | 50,83            | OK      |
| PAX5   | 3,76                             | 243,18            | OK      | 0,36                                  | 12,05         | 13,63         | 0,05             | 25,73            | OK      |
| PAX6   | 34,09                            | 202,32            | OK      | 12,55                                 | 25,95         | 37,67         | 0,08             | 63,70            | OK      |
| PAX7   | 8,12                             | 248,63            | OK      | 1,29                                  | 14,30         | 23,51         | 0,05             | 37,86            | OK      |
| PACX1  | 83,41                            | 226,34            | OK      | 75,32                                 | 44,70         | 114,09        | 0,08             | 158,86           | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 103 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos  
– Zona Sísmica 0, classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(MPa)             | $f_{vd}$<br>(MPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAY1   | 50,68                            | 202,32            | OK      | 25,54                                 | 27,05         | 51,57         | 0,05             | 78,67            | OK      |
| PAY2   | 3,67                             | 205,48            | OK      | 0,77                                  | 11,65         | 22,15         | 0,03             | 33,83            | OK      |
| PAY3   | 0,57                             | 202,32            | OK      | 0,02                                  | 5,65          | 3,29          | 0,03             | 8,97             | OK      |
| PAY4   | 21,63                            | 230,38            | OK      | 7,96                                  | 21,80         | 48,01         | 0,05             | 69,86            | OK      |
| PAY5   | 10,72                            | 248,63            | OK      | 2,82                                  | 18,05         | 39,12         | 0,05             | 57,22            | OK      |
| PAY6   | 30,89                            | 202,31            | OK      | 11,03                                 | 21,80         | 36,52         | 0,05             | 58,38            | OK      |
| PAY7   | 26,74                            | 243,18            | OK      | 13,21                                 | 26,30         | 70,76         | 0,05             | 97,11            | OK      |
| PACY1  | 2,83                             | 226,34            | OK      | 0,53                                  | 19,20         | 23,88         | 0,08             | 43,15            | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 104 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos  
– Zona Sísmica 0, classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAX1   | 8,68                             | 540,28            | OK      | 0,83                                  | 7,90          | 29,22         | 0,03             | 37,15            | OK      |
| PAX2   | 12,50                            | 624,49            | OK      | 2,36                                  | 10,90         | 73,93         | 0,03             | 84,85            | OK      |
| PAX3   | 25,09                            | 540,26            | OK      | 4,50                                  | 10,90         | 55,00         | 0,03             | 65,93            | OK      |
| PAX4   | 52,25                            | 540,26            | OK      | 15,95                                 | 19,55         | 93,67         | 0,05             | 113,27           | OK      |
| PAX5   | 7,27                             | 662,88            | OK      | 0,69                                  | 12,05         | 40,89         | 0,05             | 52,99            | OK      |
| PAX6   | 65,83                            | 540,28            | OK      | 24,24                                 | 25,95         | 113,02        | 0,08             | 139,04           | OK      |
| PAX7   | 15,69                            | 679,22            | OK      | 2,48                                  | 14,30         | 70,54         | 0,05             | 84,89            | OK      |
| PACX1  | 161,05                           | 612,35            | OK      | 145,43                                | 44,70         | 342,26        | 0,08             | 387,03           | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 105 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos  
– Zona Sísmica 0, classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(MPa)             | $f_{vd}$<br>(MPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAY1   | 97,85                            | 540,28            | OK      | 49,32                                 | 27,05         | 154,70        | 0,05             | 181,80           | OK      |
| PAY2   | 7,08                             | 549,78            | OK      | 1,49                                  | 11,65         | 66,45         | 0,03             | 78,13            | OK      |
| PAY3   | 1,09                             | 540,28            | OK      | 0,04                                  | 5,65          | 9,88          | 0,03             | 15,56            | OK      |
| PAY4   | 41,76                            | 624,49            | OK      | 15,38                                 | 21,80         | 144,02        | 0,05             | 165,87           | OK      |
| PAY5   | 20,69                            | 679,22            | OK      | 5,45                                  | 18,05         | 117,36        | 0,05             | 135,46           | OK      |
| PAY6   | 59,64                            | 540,26            | OK      | 21,29                                 | 21,80         | 109,57        | 0,05             | 131,42           | OK      |
| PAY7   | 51,62                            | 662,88            | OK      | 25,51                                 | 26,30         | 212,28        | 0,05             | 238,64           | OK      |
| PACY1  | 5,46                             | 612,35            | OK      | 1,03                                  | 19,20         | 71,63         | 0,08             | 90,91            | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### – Dimensionamento à flexão

Tabela 106 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para  
edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAR.  | $I$ (m <sup>4</sup> ) | $Y_{dir}$ (m) | $Y_{esq}$ (m) | $\bar{G}_k$<br>(kN/m) | $\bar{Q}_k$<br>(kN/m) | $M_k$<br>(kN·m) | $\sigma_g$<br>(kPa) | $\sigma_q$<br>(kPa) | $\sigma_{s,dir}$<br>(kPa) | $\sigma_{s,esq}$<br>(kPa) |
|-------|-----------------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| PAX1  | 0,0109                | 0,53          | 0,22          | 47,75                 | 9,84                  | 3,7             | 341,1               | 70,3                | 181,1                     | 75,2                      |
| PAX2  | 0,0310                | 0,68          | 0,68          | 60,85                 | 14,70                 | 10,6            | 434,6               | 105,0               | 233,5                     | 233,5                     |
| PAX3  | 0,0590                | 0,44          | 0,91          | 47,74                 | 9,74                  | 20,3            | 341,0               | 69,6                | 151,1                     | 312,5                     |
| PAX4  | 0,2438                | 0,84          | 1,41          | 47,74                 | 9,74                  | 71,9            | 341,0               | 69,6                | 247,6                     | 415,6                     |
| PAX5  | 0,0109                | 0,53          | 0,22          | 66,82                 | 19,10                 | 3,1             | 477,3               | 136,5               | 151,6                     | 62,9                      |
| PAX6  | 0,4025                | 1,65          | 1,05          | 47,75                 | 9,84                  | 109,2           | 341,1               | 70,3                | 447,7                     | 284,9                     |
| PAX7  | 0,0423                | 0,38          | 0,82          | 69,36                 | 21,04                 | 11,2            | 495,4               | 150,3               | 100,5                     | 216,8                     |
| PACX1 | 3,3853                | 3,15          | 3,30          | 58,96                 | 16,28                 | 655,3           | 421,1               | 116,3               | 609,7                     | 638,8                     |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 107 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 47,75                      | 9,84                       | 222,2                           | 341,1                    | 70,3                     | 321,7                          | 293,8                          |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 49,23                      | 8,24                       | 6,7                             | 351,6                    | 58,8                     | 119,1                          | 119,1                          |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 47,75                      | 9,84                       | 0,2                             | 341,1                    | 70,3                     | 14,3                           | 33,4                           |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 60,85                      | 14,70                      | 69,3                            | 434,6                    | 105,0                    | 148,2                          | 268,5                          |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 69,36                      | 21,04                      | 24,5                            | 495,4                    | 150,3                    | 104,6                          | 186,7                          |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 47,74                      | 9,74                       | 95,9                            | 341,0                    | 69,6                     | 197,4                          | 197,4                          |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 66,82                      | 19,10                      | 115,0                           | 477,3                    | 136,5                    | 219,2                          | 289,9                          |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 58,96                      | 16,28                      | 4,6                             | 421,1                    | 116,3                    | 101,3                          | 101,3                          |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 108 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 143,24                     | 29,52                      | 20,3                            | 1023,2                   | 210,9                    | 986,5                          | 409,5                          |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 182,54                     | 44,10                      | 58,0                            | 1303,8                   | 315,0                    | 1272,1                         | 1272,1                         |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 143,23                     | 29,21                      | 110,4                           | 1023,1                   | 208,7                    | 823,1                          | 1702,4                         |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 143,23                     | 29,21                      | 391,4                           | 1023,1                   | 208,7                    | 1348,5                         | 2263,6                         |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 200,46                     | 57,31                      | 17,0                            | 1431,8                   | 409,4                    | 825,6                          | 342,7                          |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 143,24                     | 29,52                      | 594,9                           | 1023,2                   | 210,9                    | 2438,8                         | 1552,0                         |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 208,08                     | 63,13                      | 60,9                            | 1486,3                   | 450,9                    | 547,2                          | 1180,8                         |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 176,88                     | 48,84                      | 3569,5                          | 1263,4                   | 348,9                    | 3321,4                         | 3479,6                         |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 109 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 143,24                     | 29,52                      | 1210,4                          | 1023,2                   | 210,9                    | 1752,2                         | 1600,2                         |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 147,68                     | 24,71                      | 36,5                            | 1054,8                   | 176,5                    | 649,0                          | 649,0                          |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 143,24                     | 29,52                      | 0,9                             | 1023,2                   | 210,9                    | 77,9                           | 181,7                          |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 182,54                     | 44,10                      | 377,4                           | 1303,8                   | 315,0                    | 807,0                          | 1462,7                         |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 208,08                     | 63,13                      | 133,7                           | 1486,3                   | 450,9                    | 569,6                          | 1017,1                         |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 143,23                     | 29,21                      | 522,6                           | 1023,1                   | 208,7                    | 1075,1                         | 1075,1                         |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 200,46                     | 57,31                      | 626,2                           | 1431,8                   | 409,4                    | 1193,9                         | 1579,1                         |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 176,88                     | 48,84                      | 25,3                            | 1263,4                   | 348,9                    | 551,8                          | 551,8                          |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

✓ **Verificação da compressão máxima nos bordos das paredes**

Tabela 110 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos –  
Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 1,4                       | 1,2                       | PAY1   | 1,8                       | 1,7                       |
| PAX2   | 1,8                       | 1,8                       | PAY2   | 1,3                       | 1,3                       |
| PAX3   | 1,4                       | 1,8                       | PAY3   | 1,0                       | 1,1                       |
| PAX4   | 1,6                       | 2,0                       | PAY4   | 1,6                       | 1,9                       |
| PAX5   | 1,8                       | 1,6                       | PAY5   | 1,7                       | 1,9                       |
| PAX6   | 2,1                       | 1,7                       | PAY6   | 1,5                       | 1,5                       |
| PAX7   | 1,7                       | 2,0                       | PAY7   | 1,9                       | 2,1                       |
| PACX1  | 2,7                       | 2,8                       | PACY1  | 1,5                       | 1,5                       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 111 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos –  
Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 5,4                       | 4,0                       | PAY1   | 7,3                       | 6,9                       |
| PAX2   | 6,9                       | 6,9                       | PAY2   | 4,7                       | 4,7                       |
| PAX3   | 5,0                       | 7,2                       | PAY3   | 3,2                       | 3,5                       |
| PAX4   | 6,3                       | 8,6                       | PAY4   | 5,8                       | 7,4                       |
| PAX5   | 6,2                       | 5,0                       | PAY5   | 5,8                       | 6,9                       |
| PAX6   | 9,0                       | 6,8                       | PAY6   | 5,6                       | 5,6                       |
| PAX7   | 5,7                       | 7,3                       | PAY7   | 7,1                       | 8,1                       |
| PACX1  | 11,8 <sup>[1]</sup>       | 12,2 <sup>[1]</sup>       | PACY1  | 5,1                       | 5,1                       |

<sup>[1]</sup> Grautear até o segundo pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

✓ Verificação da tração máxima nos bordos das paredes

Tabela 112 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos  
– Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | -125,9                     | -231,8                     | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAX2   | -157,6                     | -157,6                     | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAX3   | -155,8                     | 5,6                        | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAX4   | -59,4                      | 108,6                      | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAX5   | -278,0                     | -366,6                     | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAX6   | 140,8                      | -22,0                      | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | OK                   |
| PAX7   | -345,4                     | -229,1                     | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PACX1  | 230,7                      | 259,8                      | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 113 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos  
– Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |         |          | PROJETO DE REVISÃO |         |          |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|---------|----------|--------------------|---------|----------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise |          | $f_{td}$ (kPa)     | Análise |          |
|        |                            |                            |                 | Direita | Esquerda |                    | Direita | Esquerda |
| PAY1   | 14,7                       | -13,2                      | 133             | OK      | OK       | 66,7               | OK      | OK       |
| PAY2   | -197,3                     | -197,3                     | 133             | OK      | OK       | 66,7               | OK      | OK       |
| PAY3   | -292,6                     | -273,6                     | 133             | OK      | OK       | 66,7               | OK      | OK       |
| PAY4   | -243,0                     | -122,6                     | 133             | OK      | OK       | 66,7               | OK      | OK       |
| PAY5   | -341,3                     | -259,2                     | 133             | OK      | OK       | 66,7               | OK      | OK       |
| PAY6   | -109,6                     | -109,6                     | 133             | OK      | OK       | 66,7               | OK      | OK       |
| PAY7   | -210,4                     | -139,7                     | 133             | OK      | OK       | 66,7               | OK      | OK       |
| PACY1  | -277,7                     | -277,7                     | 133             | OK      | OK       | 66,7               | OK      | OK       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 114 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 65,6                       | -511,4                     | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAX2   | 98,7                       | 98,7                       | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAX3   | -97,6                      | 781,6                      | 166,7           | OK                   | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAX4   | 427,8                      | 1342,8                     | 166,7           | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAX5   | -463,0                     | -945,9                     | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAX6   | 1518,0                     | 631,1                      | 166,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX7   | -790,5                     | -156,9                     | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PACX1  | 2184,4                     | 2342,5                     | 166,7           | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[8]</sup> | ARMAR <sup>[8]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o quarto pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o quinto pavimento

<sup>[4]</sup> Armar até o sexto pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o sétimo pavimento

<sup>[6]</sup> Armar até o oitavo pavimento

<sup>[7]</sup> Armar até o nono pavimento

<sup>[8]</sup> Armar até o décimo pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 115 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 0, Classe de terreno D e  $R = 3,0$  (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      | PROJETO DE REVISÃO   |      |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            |                 | Análise              |                      |      | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |      | Direita              | Esquerda             |
| PAY1   | 831,4                      | 679,4                      | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7 | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAY2   | -300,4                     | -300,4                     | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7 | OK                   | OK                   |
| PAY3   | -843,0                     | -739,1                     | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7 | OK                   | OK                   |
| PAY4   | -366,5                     | 289,2                      | 166,7           | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7 | OK                   | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY5   | -768,1                     | -320,6                     | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7 | OK                   | OK                   |
| PAY6   | 154,3                      | 154,3                      | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7 | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY7   | -94,7                      | 290,4                      | 166,7           | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7 | OK                   | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PACY1  | -585,2                     | -585,2                     | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7 | OK                   | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o quarto pavimento

<sup>[4]</sup> Armar até o quinto pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o sexto pavimento

<sup>[6]</sup> Armar até o sétimo pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A comparação entre os resultados obtidos para os coeficientes de modificação da resposta sísmica  $R = 1,5$  e  $R = 3,0$ , considerando a Zona Sísmica 0 e a classe de terreno D, evidencia a influência direta desse parâmetro em todas as verificações de dimensionamento realizadas. Em ambos os edifícios, a adoção de  $R = 3,0$  promoveu redução das forças sísmicas de projeto e, conseqüentemente, das solicitações de cisalhamento, dos momentos fletores e das tensões atuantes nos bordos das paredes, enquanto as resistências permaneceram inalteradas.

Nas verificações ao cisalhamento, todas as paredes atenderam aos critérios estabelecidos tanto para  $R = 1,5$  quanto para  $R = 3,0$ . Entretanto, a redução das solicitações resultou em maiores margens de segurança, uma vez que os esforços cortantes solicitantes diminuíram de forma praticamente proporcional à redução das forças sísmicas.

Nas verificações de compressão nos bordos, a diminuição dos momentos fletores também reduziu as tensões máximas de compressão, resultando em menores valores de resistência mínima de prisma,  $f_{pk,min}$  requerida para o atendimento das verificações. Como consequência, observou-se redução da necessidade de grauteamento ou da substituição de blocos em diversas paredes.

Comportamento semelhante foi verificado nas análises de tração nos bordos devido à flexão. A redução dos momentos fletores provocou diminuição das tensões de tração em ambas as edificações, fazendo com que diversas paredes deixassem de exigir armadura ou passassem a requerê-la em uma quantidade menor de pavimentos. Esse efeito foi observado tanto no edifício de 4 pavimentos quanto no de 12 pavimentos, embora sua intensidade variasse conforme a distribuição dos esforços em cada parede.

De modo geral, os resultados demonstram que o coeficiente de modificação da resposta sísmica exerce influência significativa no dimensionamento das edificações em alvenaria estrutural. Para os modelos analisados, a adoção de  $R = 3,0$  reduziu as solicitações de cisalhamento e de flexão, refletindo em menores tensões de compressão e tração nos bordos das paredes e, conseqüentemente, na redução das necessidades de grauteamento, substituição de blocos e armaduras. Esses resultados evidenciam a elevada sensibilidade do dimensionamento sísmico ao valor adotado para o coeficiente de resposta estrutural.

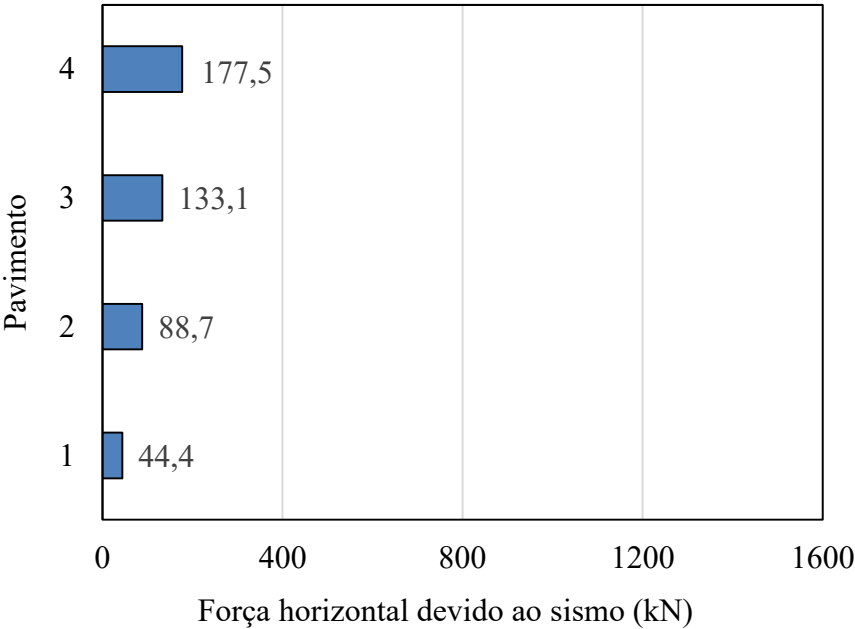
#### 4.3.2.2 Zona Sísmica 1 – Classe de terreno D

Tabela 116 – Parâmetros de cálculo para edifício de 4 pavimentos; Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e  $R = 3,0$ .

| Parâmetros de cálculo |   |                              |       |       |                                  |                                  |       |              |      |              |               |           |           |
|-----------------------|---|------------------------------|-------|-------|----------------------------------|----------------------------------|-------|--------------|------|--------------|---------------|-----------|-----------|
| R                     | I | $A_g$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $C_a$ | $C_v$ | $A_{gs0}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $A_{gs1}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $C_t$ | $h_n$<br>(m) | x    | $T_a$<br>(s) | $C_{s,adot.}$ | W<br>(kN) | H<br>(kN) |
| 3,0                   | 1 | 0,49                         | 1,6   | 2,4   | 0,78                             | 0,88                             | 0,05  | 11,6         | 0,75 | 0,31         | 0,07          | 6656      | 443,7     |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 20 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e  $R = 3,0$ .



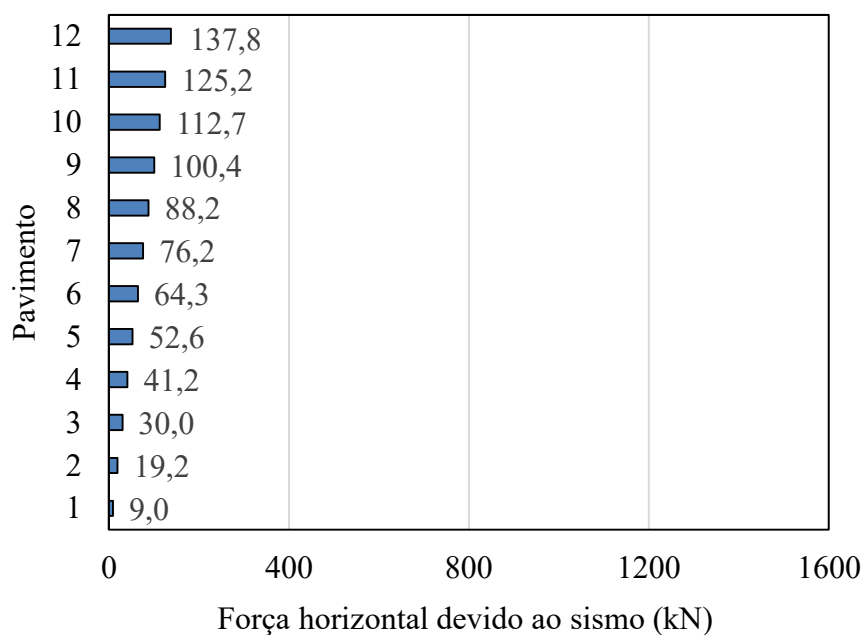
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 117 – Parâmetros de cálculo para edifício de 12 pavimentos; Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e  $R = 3,0$ .

| Parâmetros de cálculo |   |                              |       |       |                                  |                                  |       |              |      |              |               |           |           |
|-----------------------|---|------------------------------|-------|-------|----------------------------------|----------------------------------|-------|--------------|------|--------------|---------------|-----------|-----------|
| R                     | I | $A_g$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $C_a$ | $C_v$ | $A_{gs0}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $A_{gs1}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | $C_t$ | $h_n$<br>(m) | x    | $T_a$<br>(s) | $C_{s,adot.}$ | W<br>(kN) | H<br>(kN) |
| 3,0                   | 1 | 0,49                         | 1,6   | 2,4   | 0,78                             | 0,88                             | 0,05  | 34,8         | 0,75 | 0,7          | 0,04          | 19967     | 856,7     |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 21 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e  $R = 3,0$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### – Dimensionamento ao cisalhamento

Tabela 118 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, classe de terreno D e  $R = 3,0$  (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAX1   | 8,99                             | 202,32            | OK      | 0,86                                  | 7,90          | 9,74          | 0,03             | 17,67            | OK      |
| PAX2   | 12,95                            | 230,38            | OK      | 2,45                                  | 10,90         | 24,64         | 0,03             | 35,57            | OK      |
| PAX3   | 25,99                            | 202,31            | OK      | 4,66                                  | 10,90         | 18,33         | 0,03             | 29,26            | OK      |
| PAX4   | 54,12                            | 202,31            | OK      | 16,52                                 | 19,55         | 31,22         | 0,05             | 50,83            | OK      |
| PAX5   | 7,53                             | 243,18            | OK      | 0,72                                  | 12,05         | 13,63         | 0,05             | 25,73            | OK      |
| PAX6   | 68,19                            | 202,32            | OK      | 25,11                                 | 25,95         | 37,67         | 0,08             | 63,70            | OK      |
| PAX7   | 16,25                            | 248,63            | OK      | 2,57                                  | 14,30         | 23,51         | 0,05             | 37,86            | OK      |
| PAX1   | 166,82                           | 226,34            | OK      | 150,64                                | 44,70         | 114,09        | 0,08             | 158,86           | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 119 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos  
– Zona Sísmica 1, classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAY1   | 101,36                           | 202,32            | OK      | 51,08                                 | 27,05         | 51,57         | 0,05             | 78,67            | OK      |
| PAY2   | 7,34                             | 205,48            | OK      | 1,54                                  | 11,65         | 22,15         | 0,03             | 33,83            | OK      |
| PAY3   | 1,13                             | 202,32            | OK      | 0,04                                  | 5,65          | 3,29          | 0,03             | 8,97             | OK      |
| PAY4   | 43,26                            | 230,38            | OK      | 15,93                                 | 21,80         | 48,01         | 0,05             | 69,86            | OK      |
| PAY5   | 21,44                            | 248,63            | OK      | 5,64                                  | 18,05         | 39,12         | 0,05             | 57,22            | OK      |
| PAY6   | 61,77                            | 202,31            | OK      | 22,05                                 | 21,80         | 36,52         | 0,05             | 58,38            | OK      |
| PAY7   | 53,47                            | 243,18            | OK      | 26,43                                 | 26,30         | 70,76         | 0,05             | 97,11            | OK      |
| PACY1  | 5,65                             | 226,34            | OK      | 1,07                                  | 19,20         | 23,88         | 0,08             | 43,15            | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 120 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos  
– Zona Sísmica 1, classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAX1   | 17,36                            | 540,28            | OK      | 1,65                                  | 7,90          | 29,22         | 0,03             | 37,15            | OK      |
| PAX2   | 25,00                            | 624,49            | OK      | 4,73                                  | 10,90         | 73,93         | 0,03             | 84,85            | OK      |
| PAX3   | 50,19                            | 540,26            | OK      | 8,99                                  | 10,90         | 55,00         | 0,03             | 65,93            | OK      |
| PAX4   | 104,50                           | 540,26            | OK      | 31,89                                 | 19,55         | 93,67         | 0,05             | 113,27           | OK      |
| PAX5   | 14,53                            | 662,88            | OK      | 1,38                                  | 12,05         | 40,89         | 0,05             | 52,99            | OK      |
| PAX6   | 131,66                           | 540,28            | OK      | 48,48                                 | 25,95         | 113,02        | 0,08             | 139,04           | OK      |
| PAX7   | 31,37                            | 679,22            | OK      | 4,96                                  | 14,30         | 70,54         | 0,05             | 84,89            | OK      |
| PACX1  | 322,10                           | 612,35            | OK      | 290,86                                | 44,70         | 342,26        | 0,08             | 387,03           | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 121 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos  
– Zona Sísmica 1, classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |         |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|---------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise |
| PAY1   | 195,70                           | 540,28            | OK      | 98,63                                 | 27,05         | 154,70        | 0,05             | 181,80           | OK      |
| PAY2   | 14,17                            | 549,78            | OK      | 2,98                                  | 11,65         | 66,45         | 0,03             | 78,13            | OK      |
| PAY3   | 2,19                             | 540,28            | OK      | 0,07                                  | 5,65          | 9,88          | 0,03             | 15,56            | OK      |
| PAY4   | 83,53                            | 624,49            | OK      | 30,76                                 | 21,80         | 144,02        | 0,05             | 165,87           | OK      |
| PAY5   | 41,39                            | 679,22            | OK      | 10,89                                 | 18,05         | 117,36        | 0,05             | 135,46           | OK      |
| PAY6   | 119,27                           | 540,26            | OK      | 42,58                                 | 21,80         | 109,57        | 0,05             | 131,42           | OK      |
| PAY7   | 103,24                           | 662,88            | OK      | 51,02                                 | 26,30         | 212,28        | 0,05             | 238,64           | OK      |
| PACY1  | 10,92                            | 612,35            | OK      | 2,06                                  | 19,20         | 71,63         | 0,08             | 90,91            | OK      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### – Dimensionamento à flexão

Tabela 122 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para  
edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAR.  | $I$ (m <sup>4</sup> ) | $Y_{dir}$ (m) | $Y_{esq}$ (m) | $\bar{G}_k$<br>(kN/m) | $\bar{Q}_k$<br>(kN/m) | $M_k$<br>(kN·m) | $\sigma_g$<br>(kPa) | $\sigma_q$<br>(kPa) | $\sigma_{s,dir}$<br>(kPa) | $\sigma_{s,esq}$<br>(kPa) |
|-------|-----------------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| PAX1  | 0,0109                | 0,53          | 0,22          | 47,75                 | 9,84                  | 7,4             | 341,1               | 70,3                | 362,2                     | 150,3                     |
| PAX2  | 0,0310                | 0,68          | 0,68          | 60,85                 | 14,70                 | 21,3            | 434,6               | 105,0               | 467,1                     | 467,1                     |
| PAX3  | 0,0590                | 0,44          | 0,91          | 47,74                 | 9,74                  | 40,5            | 341,0               | 69,6                | 302,2                     | 625,1                     |
| PAX4  | 0,2438                | 0,84          | 1,41          | 47,74                 | 9,74                  | 143,7           | 341,0               | 69,6                | 495,1                     | 831,1                     |
| PAX5  | 0,0109                | 0,53          | 0,22          | 66,82                 | 19,10                 | 6,2             | 477,3               | 136,5               | 303,1                     | 125,8                     |
| PAX6  | 0,4025                | 1,65          | 1,05          | 47,75                 | 9,84                  | 218,4           | 341,1               | 70,3                | 895,4                     | 569,8                     |
| PAX7  | 0,0423                | 0,38          | 0,82          | 69,36                 | 21,04                 | 22,4            | 495,4               | 150,3               | 200,9                     | 433,5                     |
| PACX1 | 3,3853                | 3,15          | 3,30          | 58,96                 | 16,28                 | 1310,6          | 421,1               | 116,3               | 1219,5                    | 1277,6                    |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 123 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 47,75                      | 9,84                       | 444,4                           | 341,1                    | 70,3                     | 643,3                          | 587,5                          |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 49,23                      | 8,24                       | 13,4                            | 351,6                    | 58,8                     | 238,3                          | 238,3                          |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 47,75                      | 9,84                       | 0,3                             | 341,1                    | 70,3                     | 28,6                           | 66,7                           |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 60,85                      | 14,70                      | 138,6                           | 434,6                    | 105,0                    | 296,3                          | 537,0                          |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 69,36                      | 21,04                      | 49,1                            | 495,4                    | 150,3                    | 209,1                          | 373,4                          |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 47,74                      | 9,74                       | 191,9                           | 341,0                    | 69,6                     | 394,7                          | 394,7                          |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 66,82                      | 19,10                      | 229,9                           | 477,3                    | 136,5                    | 438,4                          | 579,8                          |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 58,96                      | 16,28                      | 9,3                             | 421,1                    | 116,3                    | 202,6                          | 202,6                          |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 124 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 143,24                     | 29,52                      | 40,6                            | 1023,2                   | 210,9                    | 1972,9                         | 818,9                          |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 182,54                     | 44,10                      | 116,0                           | 1303,8                   | 315,0                    | 2544,2                         | 2544,2                         |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 143,23                     | 29,21                      | 220,7                           | 1023,1                   | 208,7                    | 1646,3                         | 3404,8                         |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 143,23                     | 29,21                      | 782,8                           | 1023,1                   | 208,7                    | 2697,1                         | 4527,2                         |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 200,46                     | 57,31                      | 34,0                            | 1431,8                   | 409,4                    | 1651,3                         | 685,4                          |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 143,24                     | 29,52                      | 1189,8                          | 1023,2                   | 210,9                    | 4877,6                         | 3103,9                         |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 208,08                     | 63,13                      | 121,8                           | 1486,3                   | 450,9                    | 1094,4                         | 2361,6                         |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 176,88                     | 48,84                      | 7139,1                          | 1263,4                   | 348,9                    | 6642,8                         | 6959,2                         |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 125 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 143,24                     | 29,52                      | 2420,9                          | 1023,2                   | 210,9                    | 3504,4                         | 3200,4                         |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 147,68                     | 24,71                      | 73,0                            | 1054,8                   | 176,5                    | 1298,0                         | 1298,0                         |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 143,24                     | 29,52                      | 1,7                             | 1023,2                   | 210,9                    | 155,8                          | 363,4                          |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 182,54                     | 44,10                      | 754,9                           | 1303,8                   | 315,0                    | 1614,0                         | 2925,4                         |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 208,08                     | 63,13                      | 267,4                           | 1486,3                   | 450,9                    | 1139,2                         | 2034,2                         |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 143,23                     | 29,21                      | 1045,1                          | 1023,1                   | 208,7                    | 2150,2                         | 2150,2                         |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 200,46                     | 57,31                      | 1252,3                          | 1431,8                   | 409,4                    | 2387,9                         | 3158,1                         |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 176,88                     | 48,84                      | 50,6                            | 1263,4                   | 348,9                    | 1103,7                         | 1103,7                         |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

✓ Verificação da compressão máxima nos bordos das paredes

Tabela 126 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos –

Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 1,9                       | 1,4                       | PAY1   | 2,6                       | 2,4                       |
| PAX2   | 2,4                       | 2,4                       | PAY2   | 1,6                       | 1,6                       |
| PAX3   | 1,7                       | 2,5                       | PAY3   | 1,1                       | 1,2                       |
| PAX4   | 2,2                       | 3,0                       | PAY4   | 2,0                       | 2,6                       |
| PAX5   | 2,1                       | 1,7                       | PAY5   | 2,0                       | 2,4                       |
| PAX6   | 3,2                       | 2,4                       | PAY6   | 2,0                       | 2,0                       |
| PAX7   | 1,9                       | 2,5                       | PAY7   | 2,5                       | 2,8                       |
| PACX1  | 4,2 <sup>[1]</sup>        | 4,4 <sup>[1]</sup>        | PACY1  | 1,7                       | 1,7                       |

<sup>[1]</sup> Grautear somente no primeiro pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 127 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos –

Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 7,8                       | 5,0                       | PAY1   | 11,6 <sup>[1]</sup>       | 10,8 <sup>[1]</sup>       |
| PAX2   | 10,1                      | 10,1                      | PAY2   | 6,3                       | 6,3                       |
| PAX3   | 7,0                       | 11,3 <sup>[1]</sup>       | PAY3   | 3,4                       | 3,9                       |
| PAX4   | 9,6                       | 14,1 <sup>[3]</sup>       | PAY4   | 7,8                       | 11,0 <sup>[1]</sup>       |
| PAX5   | 8,3                       | 5,9                       | PAY5   | 7,2                       | 9,3                       |
| PAX6   | 15,0 <sup>[3]</sup>       | 10,6 <sup>[1]</sup>       | PAY6   | 8,3                       | 8,3                       |
| PAX7   | 7,0                       | 10,2                      | PAY7   | 10,1                      | 11,9 <sup>[2]</sup>       |
| PACX1  | 20,0 <sup>[4]</sup>       | 20,8 <sup>[4]</sup>       | PACY1  | 6,4                       | 6,4                       |

<sup>[1]</sup> Grautear somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Grautear até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Grautear até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Mudar o bloco

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

✓ Verificação da tração máxima nos bordos das paredes

Tabela 128 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos

– Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 55,2                       | -156,6                     | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAX2   | 75,9                       | 75,9                       | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAX3   | -4,7                       | 318,1                      | 133             | OK                   | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAX4   | 188,2                      | 524,2                      | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAX5   | -126,4                     | -303,7                     | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAX6   | 588,5                      | 262,9                      | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX7   | -245,0                     | -12,4                      | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PACX1  | 840,5                      | 898,5                      | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 129 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos

– Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAY1   | 336,39                     | 280,59                     | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY2   | -78,17                     | -78,17                     | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAY3   | -278,35                    | -240,23                    | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAY4   | -94,85                     | 145,89                     | 133             | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY5   | -236,76                    | -72,44                     | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAY6   | 87,80                      | 87,80                      | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY7   | 8,81                       | 150,22                     | 133             | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PACY1  | -176,40                    | -176,40                    | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o terceiro pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 130 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 1052,1                     | -101,9                     | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[5]</sup> | OK                   |
| PAX2   | 1370,8                     | 1370,8                     | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAX3   | 725,5                      | 2484,0                     | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAX4   | 1776,3                     | 3606,4                     | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[8]</sup> |
| PAX5   | 362,6                      | -603,2                     | 166,7           | ARMAR <sup>[1]</sup> | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | OK                   |
| PAX6   | 3956,8                     | 2183,1                     | 166,7           | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[8]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAX7   | -243,3                     | 1023,9                     | 166,7           | OK                   | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PACX1  | 5505,8                     | 5822,1                     | 166,7           | ARMAR <sup>[8]</sup> | ARMAR <sup>[8]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[8]</sup> | ARMAR <sup>[8]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o quarto pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o sexto pavimento

<sup>[4]</sup> Armar até o sétimo pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o oitavo pavimento

<sup>[6]</sup> Armar até o nono pavimento

<sup>[7]</sup> Armar até o décimo pavimento

<sup>[8]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 131 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 1, Classe de terreno D e  $R = 3,0$  (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            |                 | Análise              |                      |                    | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAY1   | 2583,55                    | 2279,60                    | 166,7           | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[8]</sup> | ARMAR <sup>[8]</sup> |
| PAY2   | 348,61                     | 348,61                     | 166,7           | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY3   | -765,08                    | -557,41                    | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAY4   | 440,54                     | 1751,93                    | 166,7           | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAY5   | -198,50                    | 696,56                     | 166,7           | OK                   | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAY6   | 1229,38                    | 1229,38                    | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAY7   | 1099,20                    | 1869,48                    | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PACY1  | -33,37                     | -33,37                     | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o quarto pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o quinto pavimento

<sup>[4]</sup> Armar até o sexto pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o sétimo pavimento

<sup>[6]</sup> Armar até o oitavo pavimento

<sup>[7]</sup> Armar até o nono pavimento

<sup>[8]</sup> Armar até o décimo pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A alteração do coeficiente de resposta sísmica de  $R = 1,5$  para  $R = 3,0$  promoveu modificações significativas no dimensionamento das duas edificações analisadas. Como esperado, a redução do coeficiente sísmico adotado refletiu diretamente na força horizontal total aplicada pelo Método das Forças Horizontais Equivalentes, que passou de 887,4 kN para 443,7 kN no edifício de 4 pavimentos e de 1713,4 kN para 856,7 kN no edifício de 12 pavimentos, correspondendo à redução de aproximadamente 50% das ações horizontais.

Essa diminuição das solicitações refletiu-se imediatamente nas verificações ao cisalhamento. No edifício de 4 pavimentos, todas as paredes passaram a atender aos critérios de resistência tanto pela ABNT NBR 16868-1:2020 quanto pelo Projeto de Revisão, eliminando inclusive a necessidade de armadura anteriormente verificada para a parede PACX1. Resultado semelhante foi observado no edifício de 12 pavimentos, em que as paredes que apresentavam maiores solicitações com  $R = 1,5$ , como a PACX1 na direção X e a PAY1 na direção Y, passaram a satisfazer as verificações de cisalhamento sem necessidade de armadura. Esses resultados evidenciam que o aumento do coeficiente de resposta estrutural reduz

significativamente a demanda por armadura de cisalhamento, sobretudo nas paredes que anteriormente se encontravam próximas do limite resistente.

Na verificação das tensões de compressão nos bordos, observou-se redução generalizada dos valores mínimos de  $f_{pk,min}$  necessários para atender às verificações. No edifício de 4 pavimentos, essa redução fez com que praticamente todas as paredes pudessem ser executadas com o bloco originalmente especificado, permanecendo necessidade de intervenção apenas na parede PACX1. Para o edifício de 12 pavimentos, embora as exigências ainda sejam superiores em razão da maior altura e das maiores solicitações sísmicas, verificou-se diminuição expressiva da quantidade de paredes que necessitam de grauteamento em múltiplos pavimentos, restringindo as maiores exigências às regiões mais solicitadas da estrutura.

A influência da alteração de  $R$  também se mostrou significativa na verificação das tensões de tração. No edifício de 4 pavimentos, diversas paredes que anteriormente necessitavam armadura passaram a atender aos limites resistentes ou tiveram a extensão da armadura reduzida para um número menor de pavimentos. Já no edifício de 12 pavimentos, embora a necessidade de armadura permaneça em várias paredes, observa-se redução da intensidade das solicitações e, conseqüentemente, da quantidade de pavimentos que requerem armadura em diversos casos, evidenciando que a adoção de  $R = 3,0$  torna o dimensionamento consideravelmente menos conservador.

De maneira geral, a comparação entre os dois coeficientes demonstra que a influência da alteração de  $R$  é percebida nas duas edificações, porém seus efeitos são mais expressivos no edifício de 4 pavimentos, onde diversas verificações deixam de ser críticas. No edifício de 12 pavimentos, apesar da redução significativa das solicitações, a maior altura continua resultando em esforços elevados, mantendo a necessidade de armaduras e de reforços localizados em algumas paredes. Esses resultados confirmam que o coeficiente de resposta sísmica exerce influência direta sobre o dimensionamento da alvenaria estrutural, sendo essa influência mais pronunciada nas edificações de menor altura, nas quais a redução das ações sísmicas é suficiente para eliminar grande parte das situações de não atendimento verificadas para  $R = 1,5$ .

Ressalta-se que todas as tabelas contendo os resultados correspondentes às Zonas Sísmicas 2, 3 e 4, mantendo-se a Classe de Terreno D e variando o coeficiente de resposta sísmica entre  $R = 1,5$  e  $R = 3,0$  são apresentados no Apêndice A, permitindo a consulta completa dos cálculos realizados sem comprometer a objetividade da discussão apresentada neste capítulo.

## **5 INFLUÊNCIA DAS AÇÕES SÍSMICAS NO DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL: COMPARAÇÃO COM VENTO E DESAPRUMO**

Os resultados obtidos para os edifícios de quatro e doze pavimentos são apresentados neste capítulo por meio de gráficos comparativos, com o objetivo de evidenciar as diferenças entre as solicitações provenientes do vento e desaprumo e das ações sísmicas. As comparações abrangem as Zonas Sísmicas 0 a 4, considerando exclusivamente a Classe de Terreno D e os coeficientes de modificação da resposta estrutural  $R = 1,5$  e  $R = 3,0$ .

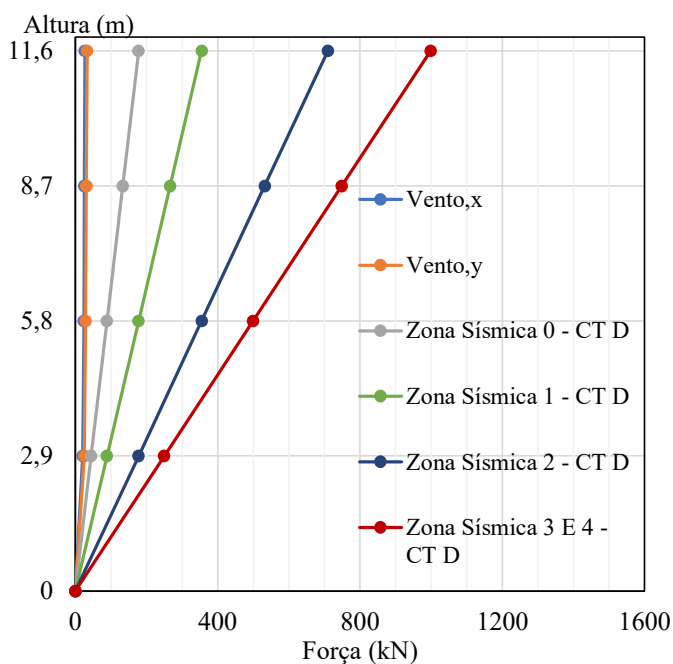
Inicialmente, são analisadas as forças horizontais distribuídas ao longo da altura das edificações, permitindo avaliar a influência da intensidade da ação sísmica, da altura da edificação e do coeficiente de resposta estrutural sobre as solicitações laterais. Em seguida, são discutidos os efeitos dessas ações no dimensionamento das paredes estruturais, por meio da quantificação da armadura requerida nas regiões mais solicitadas do primeiro pavimento.

Como complemento à análise, apresenta-se a variação da taxa de armadura da parede PAX6, selecionada por representar a condição mais crítica dos edifícios trabalhados. Para possibilitar uma comparação direta entre as edificações, essa mesma parede foi avaliada em ambos os edifícios, permitindo verificar a influência da altura da edificação e do cenário sísmico sobre a demanda de armadura para uma mesma tipologia de parede.

Por fim, realiza-se uma avaliação global da quantidade de paredes que não atendem aos critérios estabelecidos no dimensionamento ao vento em cada cenário sísmico analisado. Em conjunto, os resultados permitem identificar como a variação da altura, da intensidade sísmica e do coeficiente de resposta estrutural influencia o comportamento das edificações e as exigências de dimensionamento, bem como comparar essa influência com as ações decorrentes do vento e do desaprumo.

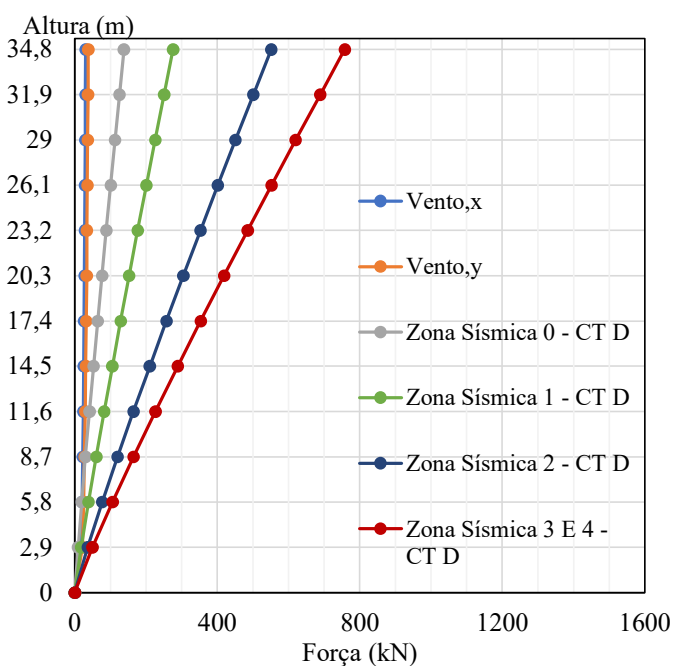
## 5.1 COMPARAÇÃO DAS FORÇAS SÍSMICAS E DE VENTO NOS PAVIMENTOS

Figura 22 – Forças horizontais de vento e sismo para todas as Zonas Sísmicas, Classes de Terreno D e  $R = 1,5$  para a edificação de 4 pavimentos.



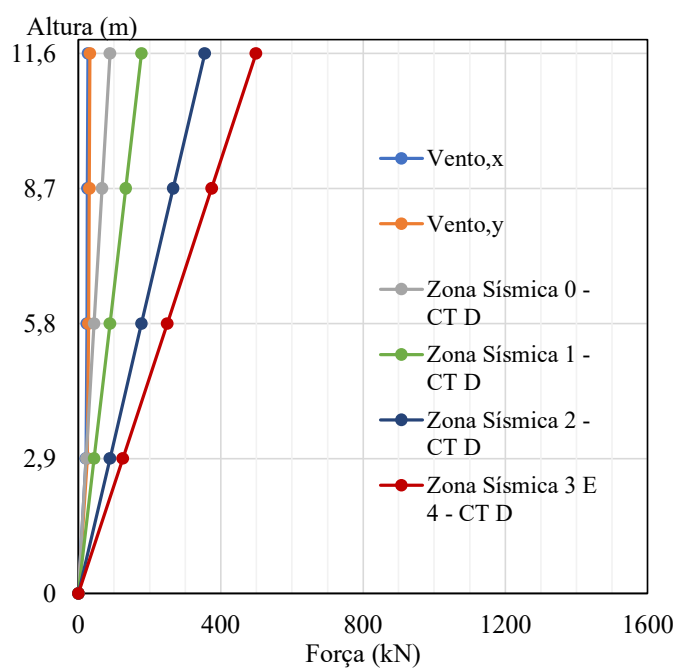
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 23 – Forças horizontais de vento e sismo para todas as Zonas Sísmicas, Classes de Terreno D e  $R = 1,5$  para a edificação de 12 pavimentos.



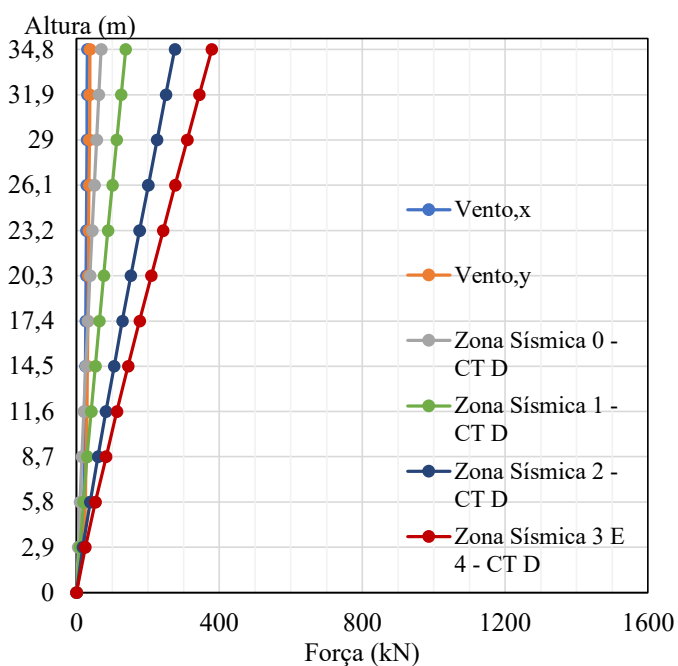
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 24 – Forças horizontais de vento e sismo para todas as Zonas Sísmicas, Classes de Terreno D e  $R = 3,0$  para a edificação de 4 pavimentos.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 25 – Forças horizontais de vento e sismo para todas as Zonas Sísmicas, Classes de Terreno D e  $R = 3,0$  para a edificação de 12 pavimentos.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

As Figuras 22 a 25 apresentam a comparação entre as forças horizontais decorrentes das ações de vento e das ações sísmicas para os edifícios de quatro e doze pavimentos, considerando as Zonas Sísmicas de 0 a 4, a Classe de Terreno D e os coeficientes de modificação da resposta estrutural  $R = 1,5$  e  $R = 3,0$ . De maneira geral, observa-se que as forças sísmicas aumentam progressivamente com a elevação da zona sísmica, mantendo uma distribuição aproximadamente linear ao longo da altura das edificações. Em contrapartida, as forças de vento apresentam valores praticamente constantes entre os diferentes cenários, uma vez que não dependem da classificação sísmica.

Para o coeficiente  $R = 1,5$ , verifica-se que, no edifício de quatro pavimentos, as forças sísmicas são superiores às ações de vento em todos os pavimentos, inclusive na Zona Sísmica 0. Já no edifício de doze pavimentos, esse comportamento sofre uma pequena alteração: na Zona Sísmica 0, as forças de vento superam as ações sísmicas nos dois primeiros pavimentos, enquanto, nos pavimentos superiores, a ação sísmica passa a ser predominante.

Quando adotado  $R = 3,0$ , observa-se redução uniforme das forças sísmicas em todas as zonas analisadas, como consequência direta do aumento do coeficiente de modificação da resposta estrutural. No edifício de quatro pavimentos, mesmo com essa redução, as ações sísmicas permanecem superiores às forças de vento em todos os pavimentos. Entretanto, para o edifício de doze pavimentos, a diminuição das forças sísmicas amplia as regiões em que o vento passa a governar as solicitações horizontais. Na Zona Sísmica 0, as forças de vento tornam-se superiores às ações sísmicas nos quatro primeiros pavimentos, enquanto, na Zona Sísmica 1, essa condição ocorre nos dois primeiros pavimentos, permanecendo a ação sísmica predominante nos pavimentos superiores.

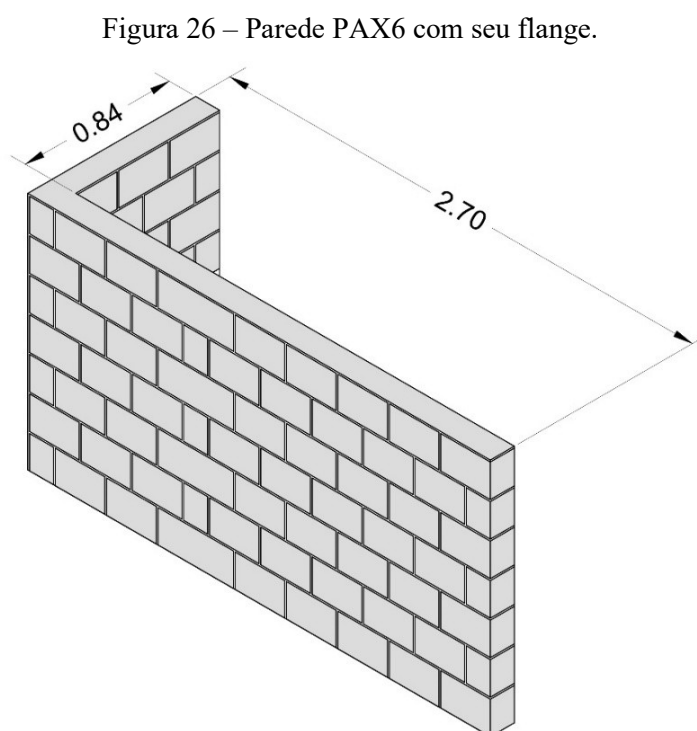
Independentemente do valor de  $R$ , observa-se que o aumento da zona sísmica promove crescimento significativo das forças horizontais, tornando a influência do vento progressivamente menos relevante e a do sismo mais relevante. Nas Zonas Sísmicas 2, 3 e 4, as forças sísmicas superam as ações de vento em toda a altura das duas edificações, indicando que, para esses cenários, o dimensionamento passa a ser governado predominantemente pela ação sísmica. Esses resultados demonstram que, mesmo para edificações mais altas em que se espera uma maior criticidade das ações do vento, o sismo pode governar o dimensionamento, acentuando ainda mais a sua relevância em projetos estruturais mesmo no Brasil.

## 5.2 DIMENSIONAMENTO DA PAREDE CRÍTICA PAX6

Com o objetivo de avaliar a influência das ações sísmicas na demanda de armadura vertical, foi realizado o dimensionamento da parede PAX6, identificada como a parede mais crítica do edifício de 4 pavimentos. A análise considera os diferentes cenários de ação sísmica adotados neste trabalho, permitindo verificar a variação da área de aço necessária em função da zona sísmica e do coeficiente de modificação da resposta estrutural. Além disso, para a edificação de 12 pavimentos que também necessitou de armadura diante das solicitações de vento, também foi calculada a área de aço e, posteriormente, a taxa de armadura para o vento de modo a comparar com os resultados diante das solicitações sísmicas.

Os resultados obtidos são comparados, em cada situação analisada, com a armadura mínima estabelecida pela ABNT NBR 16868-1:2020, possibilitando identificar os casos em que as solicitações sísmicas passam a controlar o dimensionamento da parede.

A Figura 26 apresenta a geometria da parede PAX6, incluindo seus flanges, utilizada como referência para o dimensionamento e para a análise comparativa dos resultados apresentados na sequência.



Fonte: Neto (2026).

O dimensionamento da armadura vertical é realizado a partir da força de tração desenvolvida na região tracionada da seção transversal da parede em decorrência da flexão provocada pelas ações horizontais. Essa força corresponde à resultante do diagrama de tensões de tração atuante na seção, sendo obtida pelo volume das tensões distribuídas ao longo da região tracionada da parede, compreendendo tanto a alma quanto a mesa (flange) quando esta contribui para a resistência da seção. A representação esquemática dessa distribuição de tensões é apresentada na Figura 1. A área de armadura necessária é, então, determinada a partir dessa força de tração resultante, garantindo a resistência da seção aos esforços de flexão.

A área de armadura necessária é determinada a partir da força total de tração resistente da seção, obtida pela soma das contribuições da alma e do flange, sendo posteriormente relacionada à resistência de cálculo do aço, conforme expresso na Equação 12.

A Tabela 132 demonstra os cálculos para encontrar a área de aço necessária para resistir aos esforços decorrentes do vento e desaprumo para a edificação de 12 pavimentos. Já as Tabelas 133 a 136 apresentadas na sequência reúnem os resultados do dimensionamento da armadura para a parede PAX6 em ambas as edificações, considerando as Zonas Sísmicas 0 e 1, a Classe de Terreno D e os coeficientes de modificação da resposta estrutural  $R = 1,5$  e  $R = 3,0$ .

Os resultados correspondentes às Zonas Sísmicas 2, 3 e 4, para ambos os valores de  $R$ , são apresentados no Apêndice B, permitindo a consulta completa dos cálculos desenvolvidos sem comprometer a objetividade da discussão apresentada neste capítulo.

Tabela 132 – Área de aço para as solicitações de vento e desaprumo na edificação de 12 pavimentos.

|                                     |            |             | 12 PAVIMENTOS |         |
|-------------------------------------|------------|-------------|---------------|---------|
| Parede                              |            |             | PAX6          |         |
|                                     |            |             | Dir.          | Esq.    |
| Tensões máximas (kN/m²)             | Tração     |             | 1360,21       | 530,74  |
|                                     | Compressão |             | 3201,88       | 2372,41 |
| Posição Linha neutra (m)            |            |             | 0,78          | 0,48    |
| Tensão intermediária na aba (kN/m²) |            |             | -             | 453,47  |
| Dimensões (m)                       | Flange     | Largura     | -             | 0,14    |
|                                     |            | Comprimento | -             | 0,84    |
|                                     | Alma       | Largura     | 0,14          | 0,14    |
|                                     |            | Comprimento | 0,78          | 0,48    |
| Ft (kN)                             | Flange     |             | -             | 53,33   |
|                                     | Alma       |             | 74,66         | 17,86   |
| Ft Total (kN)                       |            |             | 74,66         | 71,19   |
| fyd (kN/cm²)                        |            |             | 50            | 50      |
| As, calc. (cm²)                     |            |             | 2,99          | 2,85    |
| As, mín. (cm²)                      |            |             | 3,77          |         |
| As, adot. (cm²)                     |            |             | 3,77          | 3,77    |
| Quantidade de barras (10 mm)        |            |             | 5             | 5       |
| Quantidade de barras (12,5 mm)      |            |             | 4             | 4       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 133 – Área de aço para Zona Sísmica 0, Classe de Terreno D e  $R=1,5$  para as edificações de 4 e 12 pavimentos.

|                                     |            |             | 4 PAVIMENTOS |         | 12 PAVIMENTOS |         |
|-------------------------------------|------------|-------------|--------------|---------|---------------|---------|
| Parede                              |            |             | PAX6         |         | PAX6          |         |
|                                     |            |             | Dir.         | Esq.    | Dir.          | Esq.    |
| Tensões máximas (kN/m²)             | Tração     |             | 588,46       | 262,86  | 3956,77       | 2183,07 |
|                                     | Compressão |             | 876,75       | 1202,35 | 4024,74       | 5798,44 |
| Posição Linha neutra (m)            |            |             | 1,06         | 0,47    | 1,30          | 0,72    |
| Tensão intermediária na aba (kN/m²) |            |             | -            | 223,86  | -             | 1970,63 |
| Dimensões (m)                       | Flange     | Largura     | -            | 0,14    | -             | 0,14    |
|                                     |            | Comprimento | -            | 0,84    | -             | 0,84    |
|                                     | Alma       | Largura     | 0,14         | 0,14    | 0,14          | 0,14    |
|                                     |            | Comprimento | 1,06         | 0,47    | 1,30          | 0,72    |
| Ft (kN)                             | Flange     |             | -            | 26,33   | -             | 231,75  |
|                                     | Alma       |             | 43,51        | 8,68    | 361,12        | 109,93  |
| Ft Total (kN)                       |            |             | 43,51        | 35,01   | 361,12        | 341,67  |
| fyd (kN/cm²)                        |            |             | 50           | 50      | 50            | 50      |
| As, calc. (cm²)                     |            |             | 1,74         | 1,40    | 14,44         | 13,67   |
| As, min. (cm²)                      |            |             | 3,77         |         | 3,77          |         |
| As, adot. (cm²)                     |            |             | 3,77         | 3,77    | 14,44         | 13,67   |
| Quantidade de barras (10 mm)        |            |             | 5            | 5       | 19            | 18      |
| Quantidade de barras (12,5 mm)      |            |             | 4            | 4       | 12            | 12      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 134 – Área de aço para Zona Sísmica 1, Classe de Terreno D e  $R=1,5$  para as edificações de 4 e 12 pavimentos.

|                                     |            |             | 4 PAVIMENTOS |         | 12 PAVIMENTOS |          |
|-------------------------------------|------------|-------------|--------------|---------|---------------|----------|
| Parede                              |            |             | PAX6         |         | PAX6          |          |
|                                     |            |             | Dir.         | Esq.    | Dir.          | Esq.     |
| Tensões máximas (kN/m²)             | Tração     |             | 1483,96      | 832,66  | 8834,37       | 5287,07  |
|                                     | Compressão |             | 1446,55      | 2097,85 | 7128,74       | 10676,04 |
| Posição Linha neutra (m)            |            |             | 1,33         | 0,75    | 1,46          | 0,87     |
| Tensão intermediária na aba (kN/m²) |            |             | -            | 754,66  | -             | 4862,19  |
| Dimensões (m)                       | Flange     | Largura     | -            | 0,14    | -             | 0,14     |
|                                     |            | Comprimento | -            | 0,84    | -             | 0,84     |
|                                     | Alma       | Largura     | 0,14         | 0,14    | 0,14          | 0,14     |
|                                     |            | Comprimento | 1,33         | 0,75    | 1,46          | 0,87     |
| Ft (kN)                             | Flange     |             | -            | 88,75   | -             | 571,79   |
|                                     | Alma       |             | 138,34       | 43,56   | 900,09        | 322,38   |
| Ft Total (kN)                       |            |             | 138,34       | 132,30  | 900,09        | 894,17   |
| fyd (kN/cm²)                        |            |             | 50           | 50      | 50            | 50       |
| As, calc. (cm²)                     |            |             | 5,53         | 5,29    | 36,00         | 35,77    |
| As, mín. (cm²)                      |            |             | 3,77         |         | 3,77          |          |
| As, adot. (cm²)                     |            |             | 5,53         | 5,29    | 36,00         | 35,77    |
| Quantidade de barras (10 mm)        |            |             | 8            | 7       | 46            | 46       |
| Quantidade de barras (12,5 mm)      |            |             | 5            | 5       | 30            | 30       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 135 – Área de aço para Zona Sísmica 0, Classe de Terreno D e  $R=3,0$  para as edificações de 4 e 12 pavimentos.

|                                     |            |             | 4 PAVIMENTOS |        | 12 PAVIMENTOS |         |
|-------------------------------------|------------|-------------|--------------|--------|---------------|---------|
| Parede                              |            |             | PAX6         |        | PAX6          |         |
|                                     |            |             | Dir.         | Esq.   | Dir.          | Esq.    |
| Tensões máximas (kN/m²)             | Tração     |             | 140,71       | 22,09  | 1517,92       | 631,12  |
|                                     | Compressão |             | 591,89       | 754,69 | 2472,88       | 3359,68 |
| Posição Linha neutra (m)            |            |             | 0,51         | 0,07   | 1,00          | 0,42    |
| Tensão intermediária na aba (kN/m²) |            |             | -            | 1,42   | -             | 524,90  |
| Dimensões (m)                       | Flange     | Largura     | -            | 0,14   | -             | 0,14    |
|                                     |            | Comprimento | -            | 0,84   | -             | 0,84    |
|                                     | Alma       | Largura     | 0,14         | 0,14   | 0,14          | 0,14    |
|                                     |            | Comprimento | 0,51         | 0,07   | 1,00          | 0,42    |
| Ft (kN)                             | Flange     |             | -            | 0,17   | -             | 61,73   |
|                                     | Alma       |             | 4,98         | 0,12   | 106,29        | 18,37   |
| Ft Total (kN)                       |            |             | 4,98         | 0,28   | 106,29        | 80,10   |
| fyd (kN/cm²)                        |            |             | 50           | 50     | 50            | 50      |
| As, calc. (cm²)                     |            |             | 0,20         | 0,01   | 4,25          | 3,20    |
| As, min. (cm²)                      |            |             | 3,77         |        | 3,77          |         |
| As, adot. (cm²)                     |            |             | 3,77         | 3,77   | 4,25          | 3,77    |
| Quantidade de barras (10 mm)        |            |             | 5            | 5      | 6             | 5       |
| Quantidade de barras (12,5 mm)      |            |             | 4            | 4      | 4             | 4       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela 136 – Área de aço para Zona Sísmica 1, Classe de Terreno D e  $R=3,0$  para as edificações de 4 e 12 pavimentos.

|                                     |            |             | 4 PAVIMENTOS |         | 12 PAVIMENTOS |         |
|-------------------------------------|------------|-------------|--------------|---------|---------------|---------|
| Parede                              |            |             | PAX6         |         | PAX6          |         |
|                                     |            |             | Dir.         | Esq.    | Dir.          | Esq.    |
| Tensões máximas (kN/m²)             | Tração     |             | 588,41       | 262,81  | 3956,72       | 2183,02 |
|                                     | Compressão |             | 876,79       | 1202,39 | 4024,78       | 5798,48 |
| Posição Linha neutra (m)            |            |             | 1,06         | 0,47    | 1,30          | 0,72    |
| Tensão intermediária na aba (kN/m²) |            |             | -            | 223,81  | -             | 1970,58 |
| Dimensões (m)                       | Flange     | Largura     | -            | 0,14    | -             | 0,14    |
|                                     |            | Comprimento | -            | 0,84    | -             | 0,84    |
|                                     | Alma       | Largura     | 0,14         | 0,14    | 0,14          | 0,14    |
|                                     |            | Comprimento | 1,06         | 0,47    | 1,30          | 0,72    |
| Ft (kN)                             | Flange     |             | -            | 26,32   | -             | 231,74  |
|                                     | Alma       |             | 43,50        | 8,68    | 361,11        | 109,92  |
| Ft Total (kN)                       |            |             | 43,50        | 35,00   | 361,11        | 341,66  |
| fyd (kN/cm²)                        |            |             | 50           | 50      | 50            | 50      |
| As, calc. (cm²)                     |            |             | 1,74         | 1,40    | 14,44         | 13,67   |
| As, min. (cm²)                      |            |             | 3,77         |         | 3,77          |         |
| As, adot. (cm²)                     |            |             | 3,77         | 3,77    | 14,44         | 13,67   |
| Quantidade de barras (10 mm)        |            |             | 5            | 5       | 19            | 18      |
| Quantidade de barras (12,5 mm)      |            |             | 4            | 4       | 12            | 12      |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Os resultados apresentados nas Tabelas 132 a 136 evidenciam que a influência das ações sísmicas sobre a armadura da parede PAX6 depende da intensidade da ação sísmica, da altura da edificação e do coeficiente de modificação da resposta estrutural adotado. Em todos os cenários analisados, observa-se que o edifício de 12 pavimentos apresenta áreas de aço superiores às obtidas para o edifício de 4 pavimentos, refletindo o aumento das tensões de tração decorrente dos maiores momentos fletores desenvolvidos na estrutura.

Para o edifício de 4 pavimentos, verifica-se que, na Zona Sísmica 0, tanto para  $R = 1,5$  quanto para  $R = 3,0$ , a área de aço calculada permanece inferior à armadura mínima estabelecida pela ABNT NBR 16868-1:2020. Consequentemente, o dimensionamento é governado pela armadura mínima, sendo adotada uma área de 3,77 cm<sup>2</sup> em ambas as direções. Na Zona Sísmica

1, com  $R = 1,5$ , a ação sísmica passa a controlar o dimensionamento, elevando a área de aço necessária para  $5,53 \text{ cm}^2$  e  $5,29 \text{ cm}^2$ , respectivamente nos bordos direito e esquerdo. Quando adotado  $R = 3,0$ , observa-se redução das solicitações, fazendo com que a armadura mínima volte a ser suficiente para atender às verificações da parede.

No edifício de 12 pavimentos, a influência da ação sísmica é significativamente mais pronunciada. Para a Zona Sísmica 0 com  $R = 1,5$ , a área de aço necessária já atinge  $14,44 \text{ cm}^2$  e  $13,67 \text{ cm}^2$ , valores aproximadamente quatro vezes superiores à armadura mínima. Na Zona Sísmica 1, a demanda cresce de forma expressiva, alcançando  $36,00 \text{ cm}^2$  e  $35,77 \text{ cm}^2$ , evidenciando que o aumento da intensidade sísmica exerce influência direta sobre o dimensionamento da parede PAX6. A adoção de  $R = 3,0$  reduz significativamente essas solicitações nas Zonas Sísmicas 0 e 1, fazendo com que a armadura requerida sofra uma redução de aproximadamente 70% e 60%, respectivamente, no bordo mais solicitado.

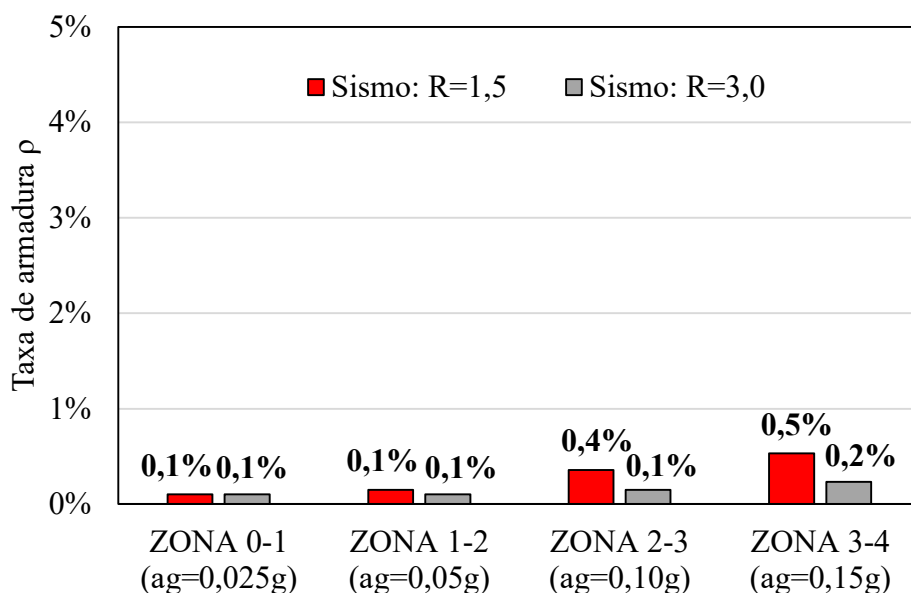
A comparação entre as solicitações de vento e sismo para o edifício de 12 pavimentos evidencia de forma clara a influência da ação sísmica sobre o dimensionamento da armadura. Para as ações de vento e desaprumo, a área de aço calculada para a parede PAX6 foi inferior ao valor mínimo normativo, resultando na adoção de  $3,77 \text{ cm}^2$  em ambos os bordos. Em contrapartida, quando consideradas as ações sísmicas, a armadura necessária supera esse valor em praticamente todos os cenários analisados. Mesmo na Zona Sísmica 0 com  $R = 1,5$ , a área de aço requerida é aproximadamente quatro vezes superior à armadura mínima, enquanto, na Zona Sísmica 1, essa diferença torna-se ainda mais expressiva. Apenas na Zona Sísmica 0 com  $R = 3,0$  a demanda sísmica aproxima-se daquela obtida para o vento, mantendo-se, ainda assim, ligeiramente superior em um dos bordos. Esses resultados demonstram que, para o edifício de 12 pavimentos, as ações sísmicas passam a governar o dimensionamento da armadura vertical da parede PAX6, enquanto as ações de vento permanecem insuficientes para ultrapassar a armadura mínima exigida pela norma.

De forma geral, os resultados demonstram que a necessidade de armadura aumenta tanto com a elevação da intensidade sísmica quanto com o aumento da altura da edificação. Enquanto no edifício de 4 pavimentos a armadura mínima é suficiente para atender a parte significativa dos cenários avaliados, no edifício de 12 pavimentos as ações sísmicas tornam-se determinantes para o dimensionamento da parede PAX6, exigindo áreas de aço substancialmente superiores às obtidas para as ações de vento e desaprumo, tornando inviável sua execução para o cenário particular analisado.

### 5.3 TAXA DE ARMADURA DA PAREDE PAX6

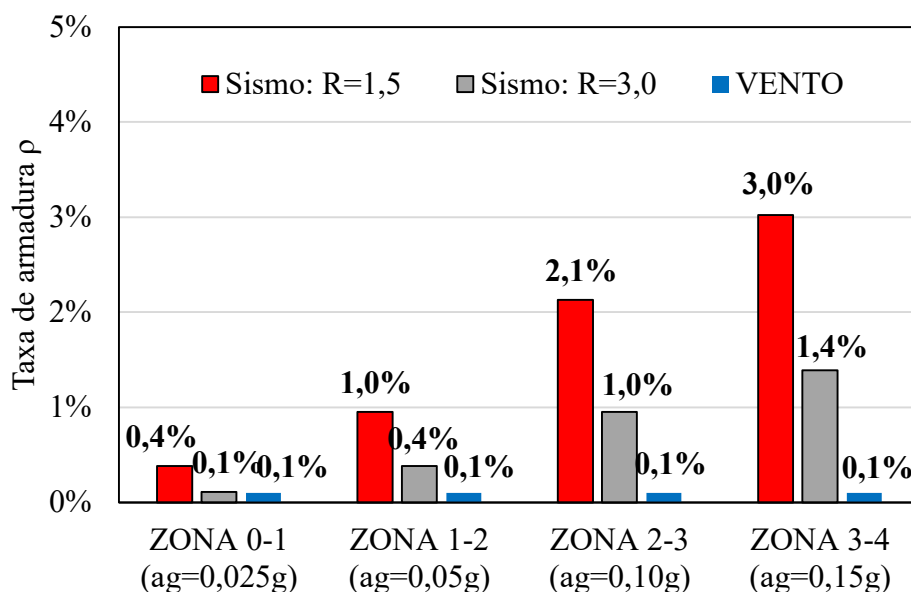
Neste item, serão apresentados nas Figuras 27 e 28 os gráficos referentes às taxas de armadura requeridas em cada edificação. Vale ressaltar que, como o edifício de 4 pavimentos não exigiu armadura para resistir aos esforços do vento e desaprumo, os gráficos mostram apenas a comparação entre as diversas Zonas Sísmicas. Já no edifício de 12 pavimentos, é possível fazer a comparação da taxa de armadura requerida no vento com aquela exigida para resistir aos esforços sísmicos.

Figura 27 – Taxa de armadura da parede PAX6 para o edifício de 4 pavimentos.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 28 – Taxa de armadura da parede PAX6 para o edifício de 12 pavimentos.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Ao analisar os resultados em termos de taxa de armadura, o cenário se mantém inalterado. Para o edifício de 4 pavimentos, as taxas se mantêm em torno de 0,1% até a Zona Sísmica 1 para  $R = 1,5$  e até a Zona Sísmica 2 para  $R = 3,0$ , sofrendo um aumento significativo apenas nas Zonas Sísmicas 3 e 4.

Já no edifício de 12 pavimentos, a análise dos gráficos deixa ainda mais clara a preponderância das solicitações sísmicas em detrimento das decorrentes do vento e desaprumo para dimensionamento estrutural. Enquanto a taxa de aço solicitada pelo vento se mantém em 0,1%, as taxas nas diferentes Zonas Sísmicas se mostram significativamente superior, atingindo valores de 3% para a Zona Sísmica 3 e 4 considerando  $R = 1,5$ .

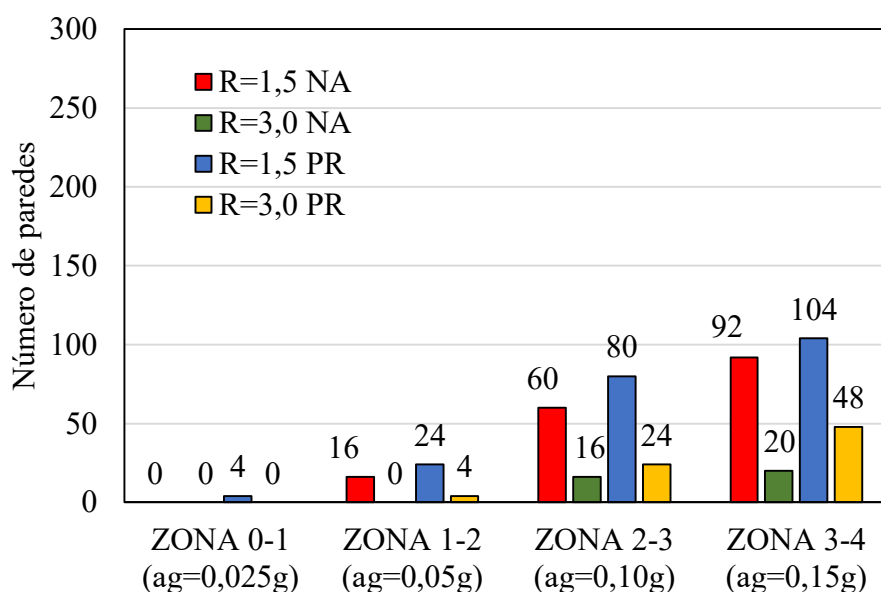
#### 5.4 QUANTIDADE DE PAREDES NÃO APROVADAS NO DIMENSIONAMENTO

As Figuras 29 a 34 apresentam um panorama da quantidade de trechos de paredes que não atenderam às verificações de cisalhamento, compressão e tração na flexão, considerando o conjunto completo de paredes das edificações analisadas. Os resultados são apresentados em função da altura das edificações (4 e 12 pavimentos), das zonas sísmicas avaliadas, dos coeficientes de comportamento sísmico adotados ( $R = 1,5$  e  $R = 3,0$ ) e dos critérios estabelecidos pela Normativa Atual (NA) e pelo Projeto de Revisão (PR). Em ambos os casos,

adotou-se como referência o dimensionamento submetido às ações de vento e desaprumo para a contabilização das paredes reprovadas. Assim, foram consideradas apenas as paredes cuja solução de dimensionamento exigida pela ação sísmica foi mais rigorosa do que aquela requerida pelo vento. Dessa forma, nas verificações de cisalhamento e de compressão devido à flexão, como nenhuma parede demandou intervenção quando submetida exclusivamente ao vento, todas as paredes reprovadas nas análises sísmicas foram contabilizadas. Já na verificação da tração devido à flexão, além das paredes que passaram a necessitar de armadura apenas com a consideração das ações sísmicas, também foram consideradas reprovadas aquelas que já demandavam armadura no dimensionamento ao vento, mas a armadura requerida foi aumentada em função da ação sísmica, evidenciando tanto a necessidade de novas armaduras quanto o incremento das já existentes devido à influência adicional do sismo no dimensionamento estrutural.

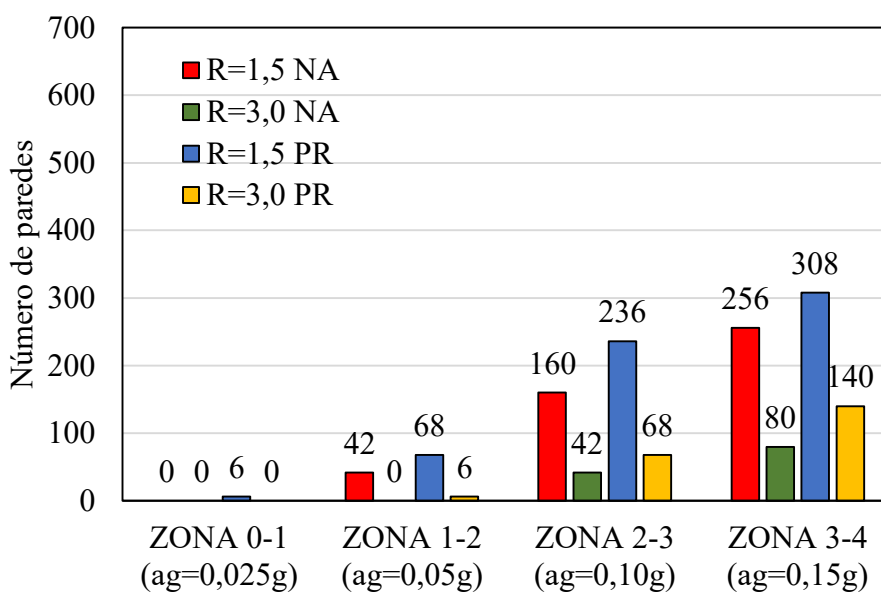
Para a obtenção desses resultados, foram considerados todos os trechos de paredes distribuídos ao longo da altura de cada edifício, incluindo as paredes correspondentes à dupla simetria da planta. Dessa forma, a edificação de 4 pavimentos totaliza 240 paredes analisados, enquanto a de 12 pavimentos compreende 720 paredes. Na avaliação da resistência à compressão, a quantificação das reprovações engloba, de maneira conjunta, os casos em que houve necessidade de grauteamento e aqueles em que foi exigido o aumento da resistência característica dos blocos  $f_{bk}$ , sem distinção entre essas duas estratégias de adequação estrutural indicou a necessidade de armadura em parte das paredes, motivo pelo qual esses resultados também foram incorporados às Figuras 32 e 34.

Figura 29 – Quantidade de paredes reprovadas no dimensionamento ao cisalhamento, em ambas as direções para a edificação de 4 pavimentos.



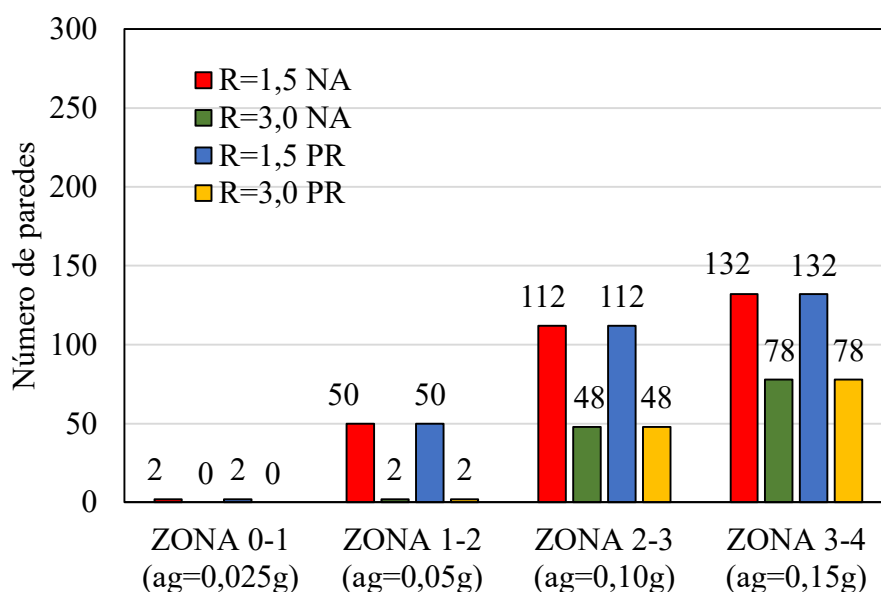
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 30 – Quantidade de paredes reprovadas no dimensionamento ao cisalhamento, em ambas as direções para a edificação de 12 pavimentos.



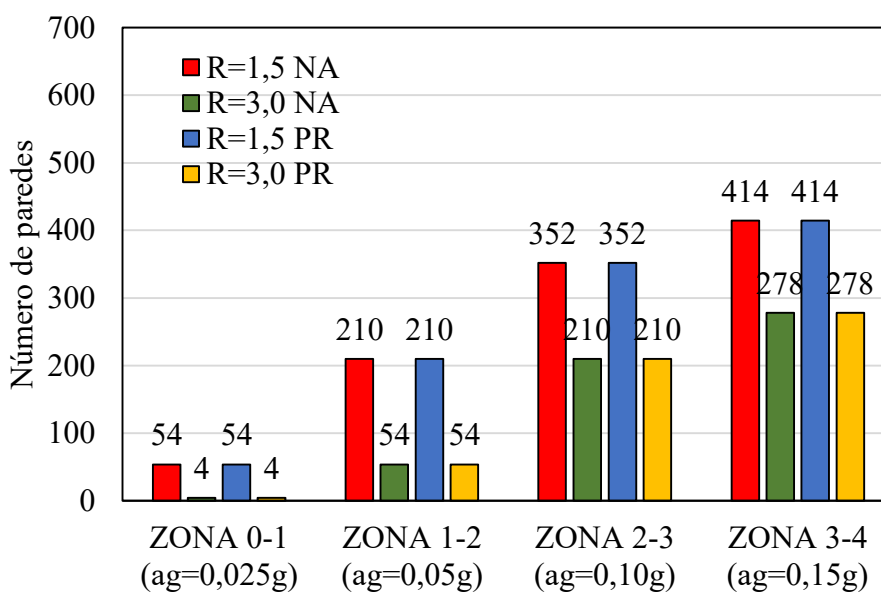
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 31 – Quantidade de paredes reprovadas no dimensionamento à compressão devido à flexão, em ambas as direções para a edificação de 4 pavimentos.



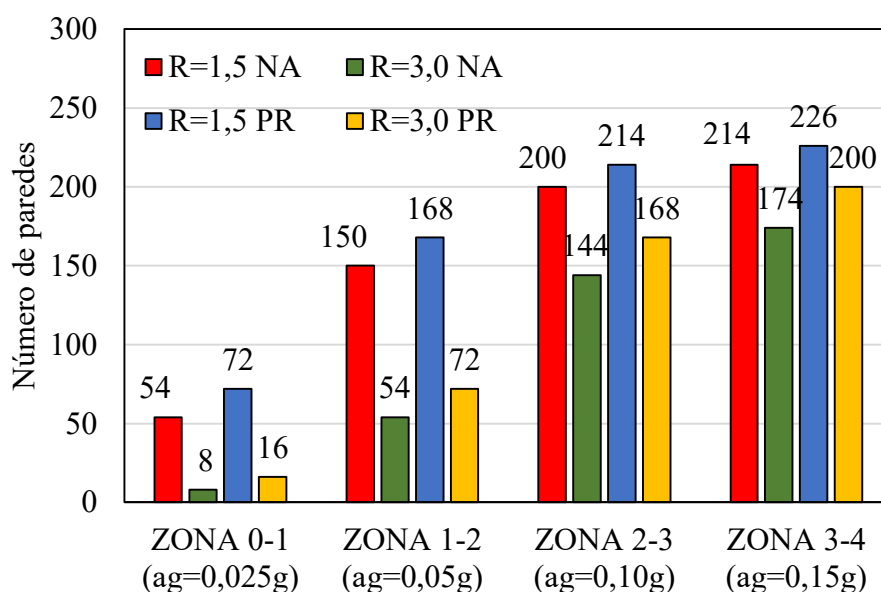
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 32 – Quantidade de paredes reprovadas no dimensionamento à compressão devido à flexão, em ambas as direções para a edificação de 12 pavimentos.



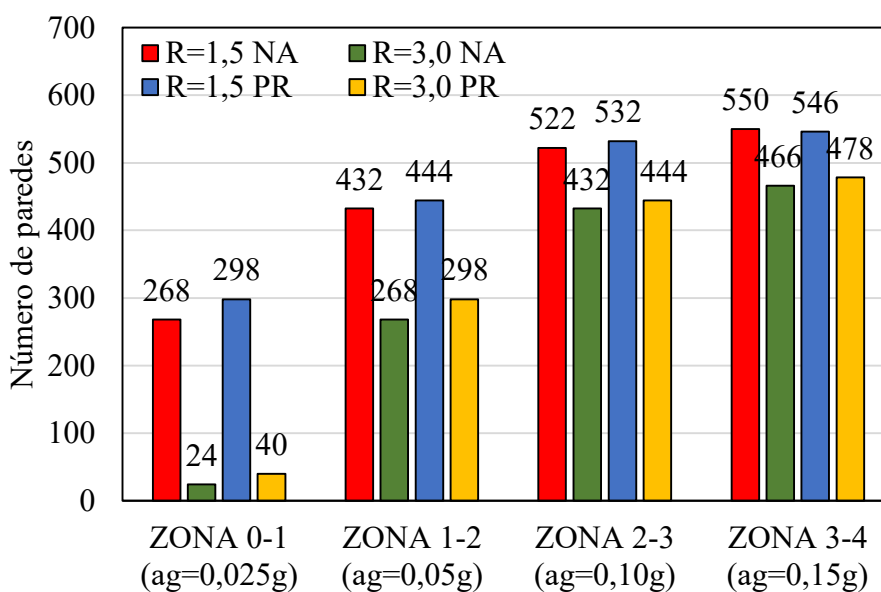
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 33 – Quantidade de paredes reprovadas no dimensionamento à tração devido à flexão, em ambas as direções para a edificação de 4 pavimentos.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura 34 – Quantidade de paredes reprovadas no dimensionamento à tração devido à flexão, em ambas as direções para a edificação de 12 pavimentos.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A análise dos gráficos evidencia um comportamento consistente entre os três estados-limites avaliados, demonstrando que o aumento da intensidade sísmica e a redução do coeficiente de comportamento sísmico resultam em um crescimento progressivo do número de paredes que deixam de atender às verificações normativas. Além disso, observa-se que as alterações introduzidas pelo Projeto de Revisão tendem a tornar o dimensionamento mais conservador, sobretudo para  $R = 1,5$ , enquanto a adoção de  $R = 3,0$  reduz significativamente a quantidade de reprovações em todas as verificações analisadas.

No dimensionamento ao cisalhamento (Figuras 29 e 30), verifica-se que as reprovações são praticamente inexistentes nas zonas sísmicas de menor intensidade, passando a crescer de forma expressiva a partir da Zona 2-3, na qual o número de paredes reprovadas foi de 4 para 24 na situação mais crítica do edifício de 4 pavimentos e de 6 para 68 na situação mais crítica do edifício de 12 pavimentos. Esse comportamento é observado em ambas as edificações, porém de maneira mais acentuada no edifício de 12 pavimentos, consequência direta das maiores solicitações horizontais decorrentes da maior altura. Em todas as zonas sísmicas, o Projeto de Revisão associado a  $R = 1,5$  apresenta o maior número de paredes reprovadas, enquanto os resultados obtidos para  $R = 3,0$  permanecem significativamente inferiores, variando aproximadamente de 20% a 40% a menos o número de reprovações.

Nas verificações de compressão devido à flexão (Figuras 31 e 32), identifica-se uma tendência semelhante. Para a edificação de 4 pavimentos, as reprovações tornam-se relevantes apenas a partir da Zona 1-2, intensificando-se nas zonas sísmicas superiores. Já na edificação de 12 pavimentos, observa-se um número elevado de paredes reprovadas mesmo na Zona 0-1, apresentando 4 e 54 paredes reprovadas para  $R = 3,0$  e  $R = 1,5$  respectivamente, indicando que os efeitos da flexão associados às ações sísmicas se tornam mais significativos à medida que a altura da edificação aumenta. Além disso, nota-se que os resultados obtidos pelo Projeto de Revisão coincidem com aqueles da Normativa Atual para um mesmo coeficiente  $R$ , indicando que, nessa verificação específica, não tiveram modificações introduzidas pela revisão normativa.

Na verificação da tração devido à flexão (Figuras 33 e 34), concentra-se a condição mais crítica dentre todas as verificações realizadas. Para a edificação de 4 pavimentos, verifica-se que o número de paredes reprovadas aumenta continuamente com a evolução da zona sísmica, sendo o Projeto de Revisão com  $R = 1,5$  o cenário mais desfavorável. Na edificação de 12 pavimentos, embora também seja observado um crescimento das reprovações com o aumento da intensidade sísmica, os valores apresentados representam exclusivamente as paredes cuja

necessidade de armadura decorreu da ação sísmica e não estava presente no dimensionamento ao vento. Dessa forma, as quantidades apresentadas expressam apenas o incremento de intervenções provocado pelo sismo, desconsiderando as paredes que já demandavam armadura devido às ações de vento e desaprumo. Observa-se que, mesmo após esse critério de contabilização, o número de paredes que passam a exigir armadura em decorrência da ação sísmica permanece elevado, alcançando mais de 500 trechos na Zona Sísmica 3-4 para  $R = 1,5$ , o que evidencia a forte influência das ações sísmicas sobre o dimensionamento de edificações mais esbeltas.

De forma geral, os resultados confirmam que a influência da ação sísmica se intensifica com o aumento da altura da edificação, tornando-se significativamente mais representativa do que as ações de vento e desaprumo. Observa-se ainda que a adoção de um coeficiente de resposta sísmica mais elevado ( $R = 3,0$ ) contribui para reduzir de maneira expressiva o número de paredes que necessitam de adequações estruturais, enquanto o Projeto de Revisão tende a impor critérios mais rigorosos, principalmente nas verificações governadas pela tração devido à flexão.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da altura da edificação no dimensionamento de edifícios em alvenaria estrutural submetidos às ações horizontais de vento, desaprumo e sismo, por meio da análise de duas edificações, com 4 e 12 pavimentos. Para isso, foram comparados os resultados obtidos segundo a Normativa Atual e o Projeto de Revisão da ABNT NBR 16868-1, considerando as diferentes zonas sísmicas brasileiras para a Classe de Terreno D e os coeficientes de comportamento sísmico  $R = 1,5$  e  $R = 3,0$ .

Com base nas análises desenvolvidas, podem ser destacadas as seguintes conclusões:

- Em ambas as edificações analisadas, as ações sísmicas mostraram-se mais críticas do que as ações de vento e desaprumo, evidenciando que para o dimensionamento feito pelo MFHE, mesmo em regiões brasileiras de baixa sismicidade, o sismo pode governar o dimensionamento de edifícios em alvenaria estrutural.
- O aumento da altura da edificação intensificou significativamente a influência das ações sísmicas. A edificação de 12 pavimentos apresentou solicitações substancialmente superiores às observadas na edificação de 4 pavimentos, resultando em maior quantidade de paredes que demandaram intervenções estruturais, especialmente nas verificações de tração devido à flexão.
- O Projeto de Revisão da ABNT NBR 16868-1 conduziu, de maneira geral, a um dimensionamento mais conservador que a Normativa Atual, principalmente nas verificações ao cisalhamento e à tração devido à flexão, refletindo-se no aumento do número de paredes que necessitaram de armadura ou outras adequações estruturais.
- A adoção do coeficiente de comportamento sísmico  $R = 3,0$  reduziu as forças sísmicas e, conseqüentemente, a quantidade de paredes reprovadas. Entretanto, mesmo com essa redução, ambos os edifícios continuaram apresentando um número expressivo de intervenções estruturais nas zonas sísmicas de maior intensidade.
- Dentre as verificações realizadas, a tração devido à flexão mostrou-se a condição mais crítica, sendo responsável pela maior parte das intervenções estruturais identificadas. Em ambos os edifícios analisados, verificou-se que um número significativo de paredes passou a exigir armadura exclusivamente em função da consideração das ações sísmicas, demonstrando que essas ações produziram solicitações adicionais em relação ao dimensionamento governado apenas pelo vento.

De forma geral, os resultados obtidos demonstram que, para as edificações analisadas, a influência das ações sísmicas aumenta com a altura da estrutura e permanece predominante em relação às ações de vento e desaprumo. Mesmo na edificação de 12 pavimentos, não foi observado um ponto em que o vento passasse a governar o dimensionamento em relação ao sismo, indicando que, para a geometria, altura e sistema estrutural considerados neste estudo, as ações sísmicas continuaram sendo a condição mais desfavorável.

Entretanto, esse resultado deve ser analisado considerando as características da edificação adotada. A planta utilizada foi originalmente concebida para um edifício de quatro pavimentos e, posteriormente, adaptada para a análise de uma edificação de doze pavimentos, sem alterações na disposição das paredes estruturais e de contraventamento. Dessa forma, o sistema resistente tornou-se relativamente menos robusto para a nova altura, condição que naturalmente aumenta a sensibilidade da estrutura às ações laterais. Assim, não é possível afirmar que o comportamento observado seja representativo para todas as edificações em alvenaria estrutural com doze pavimentos, mas sim para a configuração estrutural específica analisada neste trabalho.

Nesse contexto, recomenda-se que trabalhos futuros investiguem edificações com maior número de pavimentos, bem como diferentes configurações arquitetônicas e estruturais, especialmente com redistribuição e otimização das paredes de contraventamento, de modo a identificar a partir de qual altura ou condição geométrica as ações de vento passam a se tornar predominantes em relação às ações sísmicas. Além disso, sugere-se a realização de análises dinâmicas e não lineares, possibilitando uma avaliação mais abrangente da resposta sísmica de edifícios em alvenaria estrutural e contribuindo para o aprimoramento dos critérios de dimensionamento adotados na prática de projeto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120:2020 – **Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123:2023 – **Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681:2003 – **Ações e segurança nas estruturas – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15421:2006 – **Projeto de estruturas resistentes a sismos — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15421:2023 – **Projeto de estruturas resistentes a sismos — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16868-1:2020 – **Alvenaria estrutural — Parte 1: Projeto**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto de Revisão ABNT NBR 16868-1: **Alvenaria estrutural – Parte 1: Projeto**. Texto-base n.º 002:123.010-001/1. Rio de Janeiro: ABNT, nov. 2025. (ABNT/CB-002 – Comitê Brasileiro da Construção Civil). Documento de consulta nacional.

ASSUMPÇÃO, Marcelo; SACEK, Victor. **Intra-plate seismicity and flexural stresses in central Brazil**. Publicado em 11 fev. 2013.

ASSUMPÇÃO, M. et al. (2014). **Intraplate Seismicity in Brazil**. In: P. Talwani (ed.) *Intraplate Earthquakes*, chapter 3, Cambridge U.P., Cambridge, 50-71. ISBN 978-1-107-04038-0.

ASSUMPÇÃO, M. et al. (2016). **Terremotos no Brasil: Preparando-se pra eventos raros**. Boletim SBGf – Publicação da Sociedade Brasileira de Geofísica N. 96, 25-29. ISSN 2177-9090.

BERROCAL, J. et al. (1984). **Sismicidade do Brasil**. São Paulo, Brasil: IAG/USP – Esperança. Celik, O.C. (2008). Probabilistic seismic vulnerability assessment of concrete frames – Performance evaluation in regions of low-to-moderate seismicity. Saarbrücken: VDM.

BRZEV, Svetlana; ANDERSON, John. **Earthquake-Resistant Confined Masonry Construction**. Oakland: Earthquake Engineering Research Institute (EERI), 2018.

CHOPRA, Anil K. **Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering**. 5. ed. New York: Pearson, 2020.

DANTAS, Thiago de Oliveira. **Análise da segurança de edifícios de concreto armado submetidos à ação sísmica segundo a ABNT NBR 15421**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

GALVÃO, Bruno de Souza. **Análise sísmica de edifícios usuais de concreto armado considerando os critérios da ABNT NBR 15421**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

KRAMER, Steven L. **Geotechnical Earthquake Engineering**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.

LOMINITZ, C. (1986). **Relatório sobre a atividade sísmica de João Câmara, RN** – Programa de Pesquisa e PósGraduação em Geofísica., s.l.: Universidade Federal da Bahia.

MIRANDA, Paulo de Souza Tavares. **A influência das ações sísmicas nas edificações brasileiras em concreto armado**. 2021. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Área de Especialização: Estruturas) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2021.

MIRANDA, André Luiz. **Análise da influência das ações sísmicas no dimensionamento de edifícios de concreto armado no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

MIRANDA, André Luiz. **Análise da influência das ações sísmicas em edifícios brasileiros segundo a ABNT NBR 15421:2021**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.

NETTO, Humberto Simão. **A influência das ações sísmicas no dimensionamento de um edifício em alvenaria estrutural de quatro pavimentos**. 2026. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2026.

PARSEKIAN, Guilherme Aris. **Alvenaria estrutural**. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2013.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**, São Paulo: Ed. Pini, 2003. P. 174. Acesso em: 25 de set de 2022.

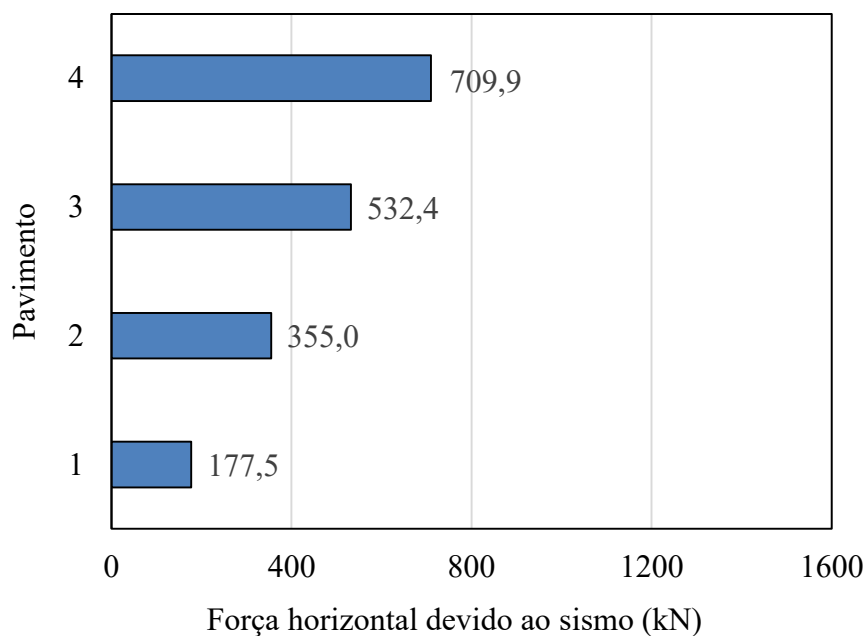
SHEARER, Peter M. **Introduction to Seismology**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

THE MASONRY SOCIETY. **Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures (TMS 402/602-22)**. Longmont, CO: The Masonry Society, 2022.

TAKEYA, Marcelo Kazuo. **Sismicidade da região de João Câmara (RN)**. In: ASSUMPÇÃO, Marcelo et al. *Sismos no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

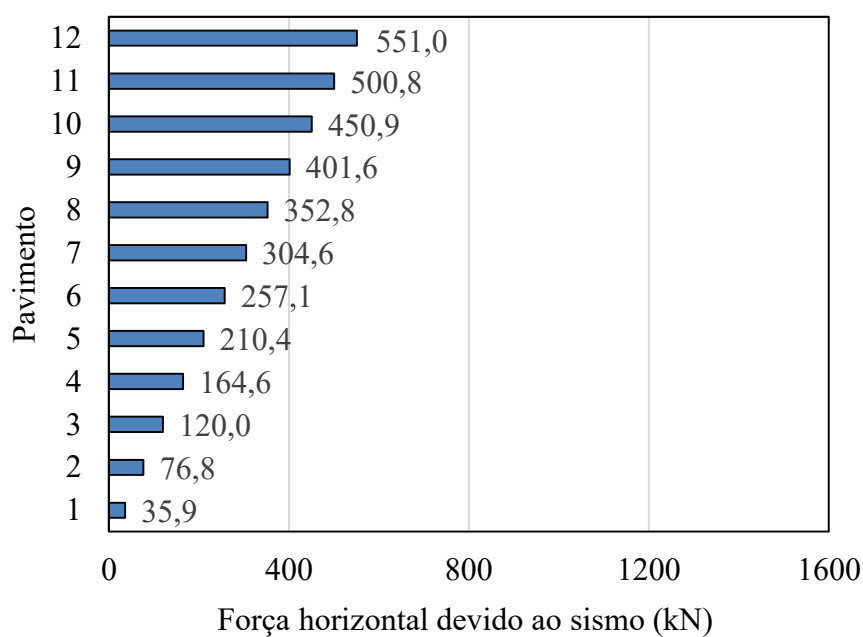
## APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO PARA AS DEMAIS ZONAS SÍSMICAS

Figura A. 1 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e  $R = 1,5$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura A. 2 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e  $R = 1,5$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

– Dimensionamento ao cisalhamento

Tabela A. 1 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos  
– Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAX1   | 35,97                            | 202,32            | OK                   | 3,42                                  | 7,90          | 9,74          | 0,03             | 17,67            | OK                   |
| PAX2   | 51,80                            | 230,38            | OK                   | 9,79                                  | 10,90         | 24,64         | 0,03             | 35,57            | OK                   |
| PAX3   | 103,98                           | 202,31            | OK                   | 18,63                                 | 10,90         | 18,33         | 0,03             | 29,26            | OK                   |
| PAX4   | 216,48                           | 202,31            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,07                                 | 19,55         | 31,22         | 0,05             | 50,83            | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAX5   | 30,11                            | 243,18            | OK                   | 2,87                                  | 12,05         | 13,63         | 0,05             | 25,73            | OK                   |
| PAX6   | 272,75                           | 202,32            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 100,43                                | 25,95         | 37,67         | 0,08             | 63,70            | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX7   | 65,00                            | 248,63            | OK                   | 10,28                                 | 14,30         | 23,51         | 0,05             | 37,86            | OK                   |
| PACX1  | 667,30                           | 226,34            | ARMAR <sup>[2]</sup> | 602,57                                | 44,70         | 114,09        | 0,08             | 158,86           | ARMAR <sup>[2]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 2 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos  
– Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAY1   | 405,43                           | 202,32            | ARMAR <sup>[2]</sup> | 204,33                                | 27,05         | 51,57         | 0,05             | 78,67            | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY2   | 29,35                            | 205,48            | OK                   | 6,16                                  | 11,65         | 22,15         | 0,03             | 33,83            | OK                   |
| PAY3   | 4,54                             | 202,32            | OK                   | 0,15                                  | 5,65          | 3,29          | 0,03             | 8,97             | OK                   |
| PAY4   | 173,05                           | 230,38            | OK                   | 63,72                                 | 21,80         | 48,01         | 0,05             | 69,86            | OK                   |
| PAY5   | 85,75                            | 248,63            | OK                   | 22,57                                 | 18,05         | 39,12         | 0,05             | 57,22            | OK                   |
| PAY6   | 247,10                           | 202,31            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 88,21                                 | 21,80         | 36,52         | 0,05             | 58,38            | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY7   | 213,88                           | 243,18            | OK                   | 105,70                                | 26,30         | 70,76         | 0,05             | 97,11            | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PACY1  | 22,62                            | 226,34            | OK                   | 4,33                                  | 19,20         | 23,88         | 0,08             | 43,15            | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 3 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAX1   | 69,46                            | 540,28            | OK                   | 6,61                                  | 7,90          | 29,22         | 0,03             | 37,15            | OK                   |
| PAX2   | 100,01                           | 624,49            | OK                   | 18,90                                 | 10,90         | 73,93         | 0,03             | 84,85            | OK                   |
| PAX3   | 200,75                           | 540,26            | OK                   | 35,97                                 | 10,90         | 55,00         | 0,03             | 65,93            | OK                   |
| PAX4   | 417,98                           | 540,26            | OK                   | 127,57                                | 19,55         | 93,67         | 0,05             | 113,27           | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAX5   | 58,13                            | 662,88            | OK                   | 5,53                                  | 12,05         | 40,89         | 0,05             | 52,99            | OK                   |
| PAX6   | 526,62                           | 540,28            | OK                   | 193,90                                | 25,95         | 113,02        | 0,08             | 139,04           | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAX7   | 125,49                           | 679,22            | OK                   | 19,85                                 | 14,30         | 70,54         | 0,05             | 84,89            | OK                   |
| PACX1  | 1288,40                          | 612,35            | ARMAR <sup>[2]</sup> | 1163,42                               | 44,70         | 342,26        | 0,08             | 387,03           | ARMAR <sup>[2]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 4 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO<br>2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|------------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                         | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAY1   | 782,78                           | 540,28            | ARMAR <sup>[2]</sup> | 394,52                                   | 27,05         | 154,70        | 0,05             | 181,80           | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY2   | 56,67                            | 549,78            | OK                   | 11,90                                    | 11,65         | 66,45         | 0,03             | 78,13            | OK                   |
| PAY3   | 8,76                             | 540,28            | OK                   | 0,28                                     | 5,65          | 9,88          | 0,03             | 15,56            | OK                   |
| PAY4   | 334,11                           | 624,49            | OK                   | 123,02                                   | 21,80         | 144,02        | 0,05             | 165,87           | OK                   |
| PAY5   | 165,55                           | 679,22            | OK                   | 43,57                                    | 18,05         | 117,36        | 0,05             | 135,46           | OK                   |
| PAY6   | 477,09                           | 540,26            | OK                   | 170,32                                   | 21,80         | 109,57        | 0,05             | 131,42           | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY7   | 412,96                           | 662,88            | OK                   | 204,08                                   | 26,30         | 212,28        | 0,05             | 238,64           | OK                   |
| PACY1  | 43,66                            | 612,35            | OK                   | 8,25                                     | 19,20         | 71,63         | 0,08             | 90,91            | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

– Dimensionamento à flexão

Tabela A. 5 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 47,75                      | 9,84                       | 29,80                           | 341,05                   | 70,30                    | 1448,76                        | 601,37                         |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 60,85                      | 14,70                      | 85,17                           | 434,62                   | 105,00                   | 1868,29                        | 1868,29                        |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 47,74                      | 9,74                       | 162,10                          | 341,03                   | 69,56                    | 1208,89                        | 2500,21                        |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 47,74                      | 9,74                       | 574,82                          | 341,03                   | 69,56                    | 1980,51                        | 3324,43                        |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 66,82                      | 19,10                      | 24,94                           | 477,28                   | 136,45                   | 1212,56                        | 503,33                         |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 47,75                      | 9,84                       | 873,73                          | 341,05                   | 70,30                    | 3581,73                        | 2279,28                        |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 69,36                      | 21,04                      | 89,46                           | 495,43                   | 150,31                   | 803,63                         | 1734,15                        |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 58,96                      | 16,28                      | 5242,37                         | 421,13                   | 116,29                   | 4877,99                        | 5110,28                        |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 6 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 47,75                      | 9,84                       | 1777,71                         | 341,05                   | 70,30                    | 2573,35                        | 2350,15                        |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 49,23                      | 8,24                       | 53,63                           | 351,61                   | 58,83                    | 953,12                         | 953,12                         |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 47,75                      | 9,84                       | 1,27                            | 341,05                   | 70,30                    | 114,37                         | 266,87                         |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 60,85                      | 14,70                      | 554,33                          | 434,62                   | 105,00                   | 1185,20                        | 2148,18                        |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 69,36                      | 21,04                      | 196,34                          | 495,43                   | 150,31                   | 836,52                         | 1493,78                        |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 47,74                      | 9,74                       | 767,47                          | 341,03                   | 69,56                    | 1578,91                        | 1578,91                        |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 66,82                      | 19,10                      | 919,60                          | 477,28                   | 136,45                   | 1753,46                        | 2319,09                        |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 58,96                      | 16,28                      | 37,19                           | 421,13                   | 116,29                   | 810,46                         | 810,46                         |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 7 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 143,24                     | 29,52                      | 162,30                          | 1023,15                  | 210,89                   | 7891,66                        | 3275,78                        |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 182,54                     | 44,10                      | 463,95                          | 1303,85                  | 315,00                   | 10176,94                       | 10176,94                       |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 143,23                     | 29,21                      | 883,00                          | 1023,08                  | 208,68                   | 6585,08                        | 13619,13                       |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 143,23                     | 29,21                      | 3131,15                         | 1023,08                  | 208,68                   | 10788,22                       | 18108,80                       |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 200,46                     | 57,31                      | 135,84                          | 1431,84                  | 409,36                   | 6605,03                        | 2741,71                        |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 143,24                     | 29,52                      | 4759,35                         | 1023,15                  | 210,89                   | 19510,39                       | 12415,70                       |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 208,08                     | 63,13                      | 487,29                          | 1486,29                  | 450,94                   | 4377,54                        | 9446,27                        |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 176,88                     | 48,84                      | 28556,22                        | 1263,40                  | 348,88                   | 26571,38                       | 27836,68                       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 8 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 143,24                     | 29,52                      | 9683,55                         | 1023,15                  | 210,89                   | 14017,54                       | 12801,74                       |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 147,68                     | 24,71                      | 292,13                          | 1054,83                  | 176,50                   | 5191,85                        | 5191,85                        |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 143,24                     | 29,52                      | 6,92                            | 1023,15                  | 210,89                   | 623,02                         | 1453,72                        |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 182,54                     | 44,10                      | 3019,54                         | 1303,85                  | 315,00                   | 6456,03                        | 11701,56                       |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 208,08                     | 63,13                      | 1069,52                         | 1486,29                  | 450,94                   | 4556,67                        | 8136,91                        |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 143,23                     | 29,21                      | 4180,54                         | 1023,08                  | 208,68                   | 8600,62                        | 8600,62                        |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 200,46                     | 57,31                      | 5009,26                         | 1431,84                  | 409,36                   | 9551,42                        | 12632,52                       |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 176,88                     | 48,84                      | 202,56                          | 1263,40                  | 348,88                   | 4414,76                        | 4414,76                        |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

✓ Verificação da compressão máxima nos bordos das paredes

Tabela A. 9 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos –  
Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 4,6 <sup>[1]</sup>        | 2,5                       | PAY1   | 7,3 <sup>[3]</sup>        | 6,8 <sup>[3]</sup>        |
| PAX2   | 5,9 <sup>[2]</sup>        | 5,9 <sup>[2]</sup>        | PAY2   | 3,4 <sup>[1]</sup>        | 3,4 <sup>[1]</sup>        |
| PAX3   | 4,0 <sup>[1]</sup>        | 7,1 <sup>[3]</sup>        | PAY3   | 1,3                       | 1,7                       |
| PAX4   | 5,9 <sup>[2]</sup>        | 9,1 <sup>[3]</sup>        | PAY4   | 4,2 <sup>[1]</sup>        | 6,5 <sup>[3]</sup>        |
| PAX5   | 4,4 <sup>[1]</sup>        | 2,6                       | PAY5   | 3,5 <sup>[1]</sup>        | 5,1 <sup>[2]</sup>        |
| PAX6   | 9,8 <sup>[3]</sup>        | 6,6 <sup>[3]</sup>        | PAY6   | 4,9 <sup>[2]</sup>        | 4,9 <sup>[2]</sup>        |
| PAX7   | 3,4 <sup>[1]</sup>        | 5,7 <sup>[2]</sup>        | PAY7   | 5,7 <sup>[2]</sup>        | 7,1 <sup>[3]</sup>        |
| PACX1  | 13,2 <sup>[3]</sup>       | 13,8 <sup>[3]</sup>       | PACY1  | 3,2 <sup>[1]</sup>        | 3,2 <sup>[1]</sup>        |

<sup>[1]</sup> Grautear somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Grautear até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Mudar o bloco

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 10 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos –  
Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 22,3 <sup>[4]</sup>       | 11,0 <sup>[1]</sup>       | PAY1   | 37,3 <sup>[4]</sup>       | 34,4 <sup>[4]</sup>       |
| PAX2   | 28,8 <sup>[4]</sup>       | 28,8 <sup>[4]</sup>       | PAY2   | 15,8 <sup>[3]</sup>       | 15,8 <sup>[3]</sup>       |
| PAX3   | 19,1 <sup>[4]</sup>       | 36,4 <sup>[4]</sup>       | PAY3   | 4,5                       | 6,6                       |
| PAX4   | 29,4 <sup>[4]</sup>       | 47,4 <sup>[4]</sup>       | PAY4   | 19,6 <sup>[4]</sup>       | 32,5 <sup>[4]</sup>       |
| PAX5   | 20,4 <sup>[4]</sup>       | 10,9 <sup>[1]</sup>       | PAY5   | 15,5 <sup>[3]</sup>       | 24,3 <sup>[4]</sup>       |
| PAX6   | 50,8 <sup>[4]</sup>       | 33,4 <sup>[4]</sup>       | PAY6   | 24,1 <sup>[4]</sup>       | 24,1 <sup>[4]</sup>       |
| PAX7   | 15,1 <sup>[2]</sup>       | 27,5 <sup>[4]</sup>       | PAY7   | 27,6 <sup>[4]</sup>       | 35,1 <sup>[4]</sup>       |
| PACX1  | 68,8 <sup>[4]</sup>       | 71,9 <sup>[4]</sup>       | PACY1  | 14,5 <sup>[2]</sup>       | 14,5 <sup>[2]</sup>       |

<sup>[1]</sup> Grautear somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Grautear até o terceiro pavimento

<sup>[3]</sup> Grautear até o quarto pavimento

<sup>[4]</sup> Mudar o bloco

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

✓ Verificação da tração máxima nos bordos das paredes

Tabela A. 11 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 1141,8                     | 294,4                      | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAX2   | 1477,1                     | 1477,1                     | 133             | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX3   | 902,0                      | 2193,3                     | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX4   | 1673,6                     | 3017,5                     | 133             | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX5   | 783,0                      | 73,8                       | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAX6   | 3274,8                     | 1972,3                     | 133             | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX7   | 357,7                      | 1288,3                     | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PACX1  | 4499,0                     | 4731,3                     | 133             | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar somente o primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 12 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAY1   | 2266,41                    | 2043,21                    | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY2   | 636,67                     | 636,67                     | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY3   | -192,57                    | -40,07                     | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAY4   | 794,05                     | 1757,03                    | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY5   | 390,63                     | 1047,89                    | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY6   | 1271,98                    | 1271,98                    | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY7   | 1323,90                    | 1889,53                    | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PACY1  | 431,44                     | 431,44                     | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[3]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 13 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      | PROJETO DE REVISÃO   |                |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa) | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 6970,8                     | 2354,9                     | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX2   | 9003,5                     | 9003,5                     | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAX3   | 5664,3                     | 12698,4                    | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAX4   | 9867,4                     | 17188,0                    | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAX5   | 5316,4                     | 1453,1                     | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX6   | 18589,6                    | 11494,9                    | 166,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAX7   | 3039,9                     | 8108,6                     | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PACX1  | 25434,3                    | 26699,6                    | 166,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o sétimo pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o oitavo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o nono pavimento

<sup>[4]</sup> Armar até o décimo pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

<sup>[6]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 14 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      | PROJETO DE REVISÃO   |                |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa) | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                | Direita              | Esquerda             |
| PAY1   | 13096,71                   | 11880,90                   | 166,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAY2   | 4242,50                    | 4242,50                    | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAY3   | -297,81                    | 532,88                     | 166,7           | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7           | OK                   | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY4   | 5282,57                    | 10528,09                   | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAY5   | 3219,00                    | 6799,24                    | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAY6   | 7679,85                    | 7679,85                    | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAY7   | 8262,76                    | 11343,86                   | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PACY1  | 3277,70                    | 3277,70                    | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o quinto pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o sexto pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o nono pavimento

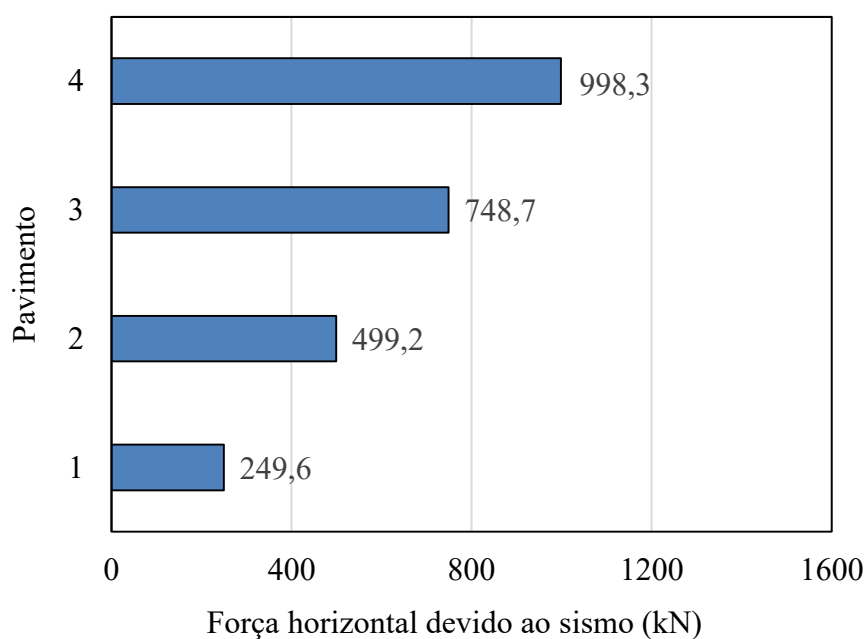
<sup>[4]</sup> Armar até o décimo pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

<sup>[6]</sup> Armar em todos os pavimentos

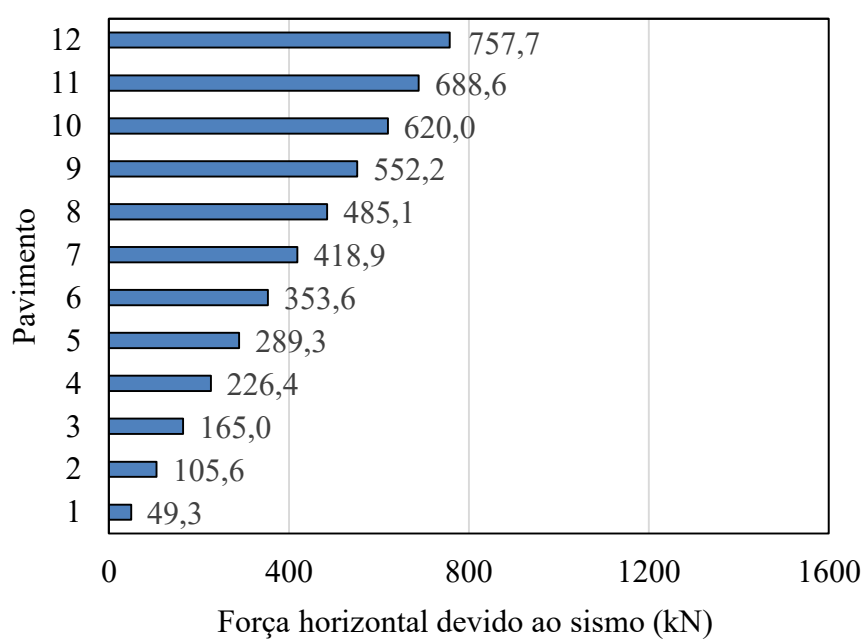
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura A. 3 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e  $R = 1,5$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura A. 4 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e  $R = 1,5$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

– Dimensionamento ao cisalhamento

Tabela A. 15 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAX1   | 50,59                            | 202,32            | OK                   | 4,82                                  | 7,90          | 9,74          | 0,03             | 17,67            | OK                   |
| PAX2   | 72,84                            | 230,38            | OK                   | 13,77                                 | 10,90         | 24,64         | 0,03             | 35,57            | OK                   |
| PAX3   | 146,22                           | 202,31            | OK                   | 26,20                                 | 10,90         | 18,33         | 0,03             | 29,26            | OK                   |
| PAX4   | 304,43                           | 202,31            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 92,91                                 | 19,55         | 31,22         | 0,05             | 50,83            | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX5   | 42,34                            | 243,18            | OK                   | 4,03                                  | 12,05         | 13,63         | 0,05             | 25,73            | OK                   |
| PAX6   | 383,56                           | 202,32            | ARMAR <sup>[2]</sup> | 141,23                                | 25,95         | 37,67         | 0,08             | 63,70            | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX7   | 91,40                            | 248,63            | OK                   | 14,46                                 | 14,30         | 23,51         | 0,05             | 37,86            | OK                   |
| PACX1  | 938,39                           | 226,34            | ARMAR <sup>[2]</sup> | 847,37                                | 44,70         | 114,09        | 0,08             | 158,86           | ARMAR <sup>[2]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 16 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAY1   | 570,13                           | 202,32            | ARMAR <sup>[2]</sup> | 287,35                                | 27,05         | 51,57         | 0,05             | 78,67            | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY2   | 41,28                            | 205,48            | OK                   | 8,67                                  | 11,65         | 22,15         | 0,03             | 33,83            | OK                   |
| PAY3   | 6,38                             | 202,32            | OK                   | 0,21                                  | 5,65          | 3,29          | 0,03             | 8,97             | OK                   |
| PAY4   | 243,35                           | 230,38            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 89,60                                 | 21,80         | 48,01         | 0,05             | 69,86            | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY5   | 120,58                           | 248,63            | OK                   | 31,74                                 | 18,05         | 39,12         | 0,05             | 57,22            | OK                   |
| PAY6   | 347,48                           | 202,31            | ARMAR <sup>[2]</sup> | 124,05                                | 21,80         | 36,52         | 0,05             | 58,38            | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY7   | 300,77                           | 243,18            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 148,64                                | 26,30         | 70,76         | 0,05             | 97,11            | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PACY1  | 31,80                            | 226,34            | OK                   | 6,01                                  | 19,20         | 23,88         | 0,08             | 43,15            | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 17 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAX1   | 95,50                            | 540,28            | OK                   | 9,09                                  | 7,90          | 29,22         | 0,03             | 37,15            | OK                   |
| PAX2   | 137,51                           | 624,49            | OK                   | 25,99                                 | 10,90         | 73,93         | 0,03             | 84,85            | OK                   |
| PAX3   | 276,03                           | 540,26            | OK                   | 49,47                                 | 10,90         | 55,00         | 0,03             | 65,93            | OK                   |
| PAX4   | 574,72                           | 540,26            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 175,41                                | 19,55         | 93,67         | 0,05             | 113,27           | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX5   | 79,93                            | 662,88            | OK                   | 7,61                                  | 12,05         | 40,89         | 0,05             | 52,99            | OK                   |
| PAX6   | 724,11                           | 540,28            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 266,62                                | 25,95         | 113,02        | 0,08             | 139,04           | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX7   | 172,55                           | 679,22            | OK                   | 27,30                                 | 14,30         | 70,54         | 0,05             | 84,89            | OK                   |
| PACX1  | 1771,55                          | 612,35            | ARMAR <sup>[2]</sup> | 1599,71                               | 44,70         | 342,26        | 0,08             | 387,03           | ARMAR <sup>[2]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 18 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAY1   | 1076,33                          | 540,28            | ARMAR <sup>[2]</sup> | 542,47                                | 27,05         | 154,70        | 0,05             | 181,80           | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY2   | 77,93                            | 549,78            | OK                   | 16,36                                 | 11,65         | 66,45         | 0,03             | 78,13            | OK                   |
| PAY3   | 12,04                            | 540,28            | OK                   | 0,39                                  | 5,65          | 9,88          | 0,03             | 15,56            | OK                   |
| PAY4   | 459,41                           | 624,49            | OK                   | 169,15                                | 21,80         | 144,02        | 0,05             | 165,87           | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY5   | 227,64                           | 679,22            | OK                   | 59,91                                 | 18,05         | 117,36        | 0,05             | 135,46           | OK                   |
| PAY6   | 656,00                           | 540,26            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 234,19                                | 21,80         | 109,57        | 0,05             | 131,42           | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY7   | 567,82                           | 662,88            | OK                   | 280,62                                | 26,30         | 212,28        | 0,05             | 238,64           | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PACY1  | 60,04                            | 612,35            | OK                   | 11,35                                 | 19,20         | 71,63         | 0,08             | 90,91            | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

– Dimensionamento à flexão

Tabela A. 19 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 47,75                      | 9,84                       | 41,90                           | 341,05                   | 70,30                    | 2037,31                        | 845,68                         |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 60,85                      | 14,70                      | 119,77                          | 434,62                   | 105,00                   | 2627,28                        | 2627,28                        |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 47,74                      | 9,74                       | 227,96                          | 341,03                   | 69,56                    | 1700,01                        | 3515,92                        |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 47,74                      | 9,74                       | 808,34                          | 341,03                   | 69,56                    | 2785,09                        | 4674,97                        |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 66,82                      | 19,10                      | 35,07                           | 477,28                   | 136,45                   | 1705,16                        | 707,80                         |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 47,75                      | 9,84                       | 1228,68                         | 341,05                   | 70,30                    | 5036,81                        | 3205,24                        |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 69,36                      | 21,04                      | 125,80                          | 495,43                   | 150,31                   | 1130,11                        | 2438,65                        |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 58,96                      | 16,28                      | 7372,08                         | 421,13                   | 116,29                   | 6859,68                        | 7186,33                        |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 20 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 47,75                      | 9,84                       | 2499,91                         | 341,05                   | 70,30                    | 3618,77                        | 3304,90                        |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 49,23                      | 8,24                       | 75,42                           | 351,61                   | 58,83                    | 1340,33                        | 1340,33                        |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 47,75                      | 9,84                       | 1,79                            | 341,05                   | 70,30                    | 160,84                         | 375,29                         |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 60,85                      | 14,70                      | 779,53                          | 434,62                   | 105,00                   | 1666,69                        | 3020,88                        |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 69,36                      | 21,04                      | 276,11                          | 495,43                   | 150,31                   | 1176,35                        | 2100,63                        |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 47,74                      | 9,74                       | 1079,25                         | 341,03                   | 69,56                    | 2220,34                        | 2220,34                        |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 66,82                      | 19,10                      | 1293,19                         | 477,28                   | 136,45                   | 2465,80                        | 3261,22                        |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 58,96                      | 16,28                      | 52,29                           | 421,13                   | 116,29                   | 1139,72                        | 1139,72                        |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 21 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 143,24                     | 29,52                      | 223,16                          | 1023,15                  | 210,89                   | 10851,03                       | 4504,20                        |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 182,54                     | 44,10                      | 637,93                          | 1303,85                  | 315,00                   | 13993,29                       | 13993,29                       |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 143,23                     | 29,21                      | 1214,12                         | 1023,08                  | 208,68                   | 9054,48                        | 18726,31                       |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 143,23                     | 29,21                      | 4305,34                         | 1023,08                  | 208,68                   | 14833,80                       | 24899,60                       |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 200,46                     | 57,31                      | 186,78                          | 1431,84                  | 409,36                   | 9081,92                        | 3769,85                        |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 143,24                     | 29,52                      | 6544,11                         | 1023,15                  | 210,89                   | 26826,79                       | 17071,59                       |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 208,08                     | 63,13                      | 670,02                          | 1486,29                  | 450,94                   | 6019,12                        | 12988,62                       |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 176,88                     | 48,84                      | 39264,80                        | 1263,40                  | 348,88                   | 36535,64                       | 38275,44                       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 22 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 143,24                     | 29,52                      | 13314,88                        | 1023,15                  | 210,89                   | 19274,12                       | 17602,39                       |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 147,68                     | 24,71                      | 401,68                          | 1054,83                  | 176,50                   | 7138,80                        | 7138,80                        |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 143,24                     | 29,52                      | 9,52                            | 1023,15                  | 210,89                   | 856,66                         | 1998,86                        |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 182,54                     | 44,10                      | 4151,87                         | 1303,85                  | 315,00                   | 8877,04                        | 16089,64                       |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 208,08                     | 63,13                      | 1470,58                         | 1486,29                  | 450,94                   | 6265,42                        | 11188,25                       |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 143,23                     | 29,21                      | 5748,24                         | 1023,08                  | 208,68                   | 11825,85                       | 11825,85                       |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 200,46                     | 57,31                      | 6887,73                         | 1431,84                  | 409,36                   | 13133,20                       | 17369,71                       |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 176,88                     | 48,84                      | 278,52                          | 1263,40                  | 348,88                   | 6070,30                        | 6070,30                        |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

✓ **Verificação da compressão máxima nos bordos das paredes**

Tabela A. 23 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 6,0 <sup>[2]</sup>        | 3,1                       | PAY1   | 9,9 <sup>[3]</sup>        | 9,1 <sup>[3]</sup>        |
| PAX2   | 7,7 <sup>[3]</sup>        | 7,7 <sup>[3]</sup>        | PAY2   | 4,3 <sup>[1]</sup>        | 4,3 <sup>[1]</sup>        |
| PAX3   | 5,2 <sup>[2]</sup>        | 9,6 <sup>[3]</sup>        | PAY3   | 1,4                       | 1,9                       |
| PAX4   | 7,8 <sup>[3]</sup>        | 12,5 <sup>[3]</sup>       | PAY4   | 5,4 <sup>[2]</sup>        | 8,7 <sup>[3]</sup>        |
| PAX5   | 5,6 <sup>[2]</sup>        | 3,1                       | PAY5   | 4,3 <sup>[1]</sup>        | 6,6 <sup>[3]</sup>        |
| PAX6   | 13,3 <sup>[3]</sup>       | 8,9 <sup>[3]</sup>        | PAY6   | 6,4 <sup>[3]</sup>        | 6,4 <sup>[3]</sup>        |
| PAX7   | 4,2 <sup>[1]</sup>        | 7,4 <sup>[3]</sup>        | PAY7   | 7,4 <sup>[3]</sup>        | 9,4 <sup>[3]</sup>        |
| PACX1  | 18.0 <sup>[3]</sup>       | 18.8 <sup>[3]</sup>       | PACY1  | 4.0 <sup>[1]</sup>        | 4.0 <sup>[1]</sup>        |

<sup>[1]</sup> Grautear somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Grautear até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Mudar bloco somente no primeiro pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 24 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 29,6 <sup>[2]</sup>       | 14,0 <sup>[1]</sup>       | PAY1   | 50,2 <sup>[2]</sup>       | 46,1 <sup>[2]</sup>       |
| PAX2   | 38,1 <sup>[2]</sup>       | 38,1 <sup>[2]</sup>       | PAY2   | 20,6 <sup>[2]</sup>       | 20,6 <sup>[2]</sup>       |
| PAX3   | 25,2 <sup>[2]</sup>       | 48,9 <sup>[2]</sup>       | PAY3   | 5,1                       | 7,9                       |
| PAX4   | 39,3 <sup>[2]</sup>       | 64,0 <sup>[2]</sup>       | PAY4   | 25,6 <sup>[2]</sup>       | 43,2 <sup>[2]</sup>       |
| PAX5   | 26,4 <sup>[2]</sup>       | 13,4 <sup>[1]</sup>       | PAY5   | 19,7 <sup>[2]</sup>       | 31,8 <sup>[2]</sup>       |
| PAX6   | 68,7 <sup>[2]</sup>       | 44,8 <sup>[2]</sup>       | PAY6   | 32,0 <sup>[2]</sup>       | 32,0 <sup>[2]</sup>       |
| PAX7   | 19,1 <sup>[2]</sup>       | 36,2 <sup>[2]</sup>       | PAY7   | 36,4 <sup>[2]</sup>       | 46,7 <sup>[2]</sup>       |
| PACX1  | 93,2 <sup>[2]</sup>       | 97,4 <sup>[2]</sup>       | PACY1  | 18,6 <sup>[2]</sup>       | 18,6 <sup>[2]</sup>       |

<sup>[1]</sup> Grautear até o terceiro pavimento

<sup>[2]</sup> Mudar bloco somente no primeiro pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

✓ Verificação da tração máxima nos bordos das paredes

Tabela A. 25 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 1730,4                     | 538,7                      | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX2   | 2236,1                     | 2236,1                     | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAX3   | 1393,1                     | 3209,0                     | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAX4   | 2478,2                     | 4368,1                     | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAX5   | 1275,6                     | 278,2                      | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAX6   | 4729,9                     | 2898,3                     | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAX7   | 684,2                      | 1992,8                     | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PACX1  | 6480,7                     | 6807,3                     | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[3]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 26 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAY1   | 3311,83                    | 2997,96                    | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY2   | 1023,88                    | 1023,88                    | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY3   | -146,11                    | 68,35                      | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY4   | 1275,54                    | 2629,72                    | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY5   | 730,46                     | 1654,74                    | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY6   | 1913,41                    | 1913,41                    | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY7   | 2036,25                    | 2831,66                    | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PACY1  | 760,70                     | 760,70                     | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[3]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 27 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      | PROJETO DE REVISÃO   |                |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa) | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 9930,2                     | 3583,4                     | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAX2   | 12819,8                    | 12819,8                    | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX3   | 8133,7                     | 17805,5                    | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX4   | 13913,0                    | 23978,8                    | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX5   | 7793,3                     | 2481,2                     | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX6   | 25906,0                    | 16150,8                    | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX7   | 4681,5                     | 11651,0                    | 166,7           | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PACX1  | 35398,6                    | 37138,4                    | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o nono pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o décimo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

<sup>[4]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 28 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 1,5 (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      | PROJETO DE REVISÃO   |                |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa) | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                | Direita              | Esquerda             |
| PAY1   | 18353,29                   | 16681,55                   | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAY2   | 6189,45                    | 6189,45                    | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAY3   | -64,18                     | 1078,03                    | 166,7           | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7           | OK                   | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY4   | 7703,58                    | 14916,18                   | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAY5   | 4927,75                    | 9850,58                    | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAY6   | 10905,08                   | 10905,08                   | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAY7   | 11844,54                   | 16081,06                   | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PACY1  | 4933,23                    | 4933,23                    | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o sétimo pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o oitavo pavimento

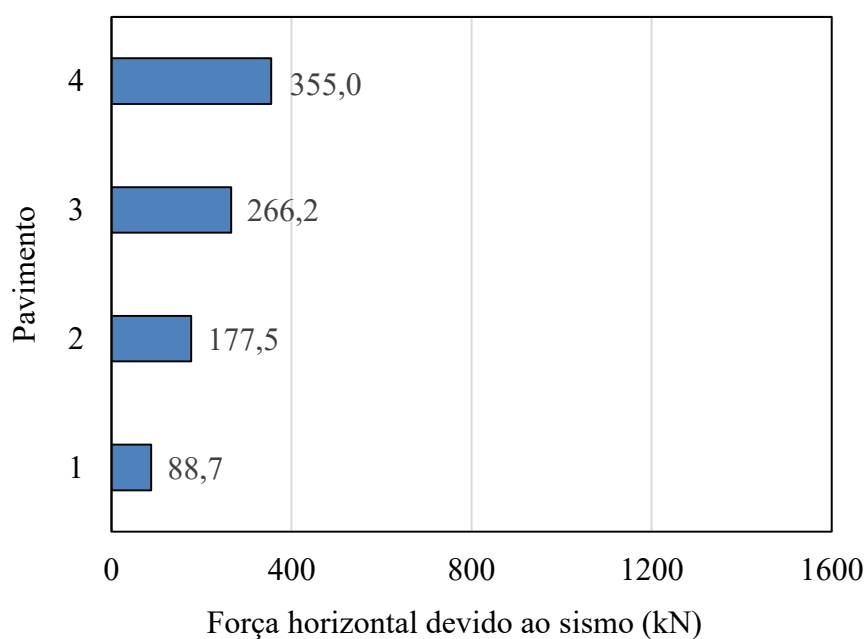
<sup>[3]</sup> Armar até o décimo pavimento

<sup>[4]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

<sup>[5]</sup> Armar em todos os pavimentos

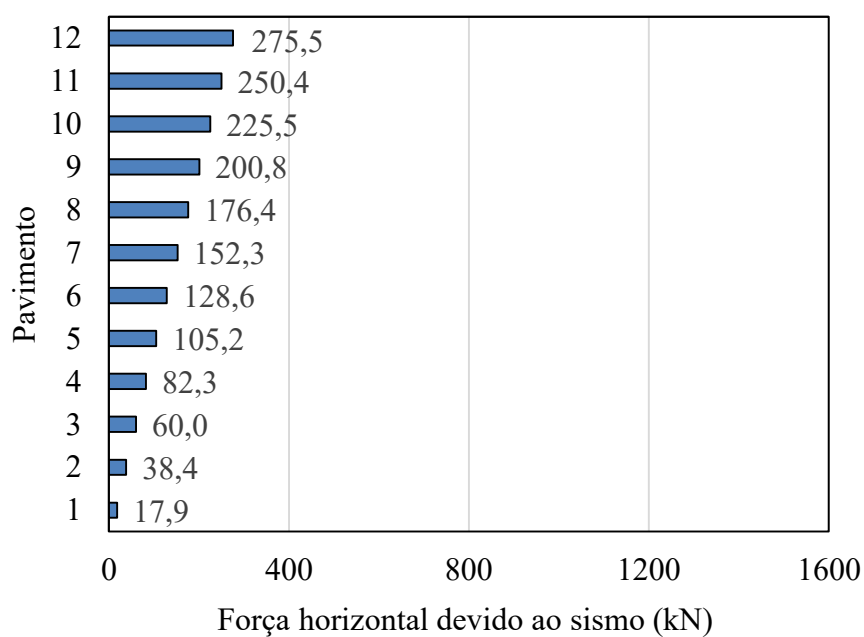
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura A. 5 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e  $R = 3,0$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura A. 6 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e  $R = 3,0$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

– Dimensionamento ao cisalhamento

Tabela A. 29 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAX1   | 17,99                            | 202,32            | OK                   | 1,71                                  | 7,90          | 9,74          | 0,03             | 17,67            | OK                   |
| PAX2   | 25,90                            | 230,38            | OK                   | 4,89                                  | 10,90         | 24,64         | 0,03             | 35,57            | OK                   |
| PAX3   | 51,99                            | 202,31            | OK                   | 9,32                                  | 10,90         | 18,33         | 0,03             | 29,26            | OK                   |
| PAX4   | 108,24                           | 202,31            | OK                   | 33,04                                 | 19,55         | 31,22         | 0,05             | 50,83            | OK                   |
| PAX5   | 15,05                            | 243,18            | OK                   | 1,43                                  | 12,05         | 13,63         | 0,05             | 25,73            | OK                   |
| PAX6   | 136,38                           | 202,32            | OK                   | 50,21                                 | 25,95         | 37,67         | 0,08             | 63,70            | OK                   |
| PAX7   | 32,50                            | 248,63            | OK                   | 5,14                                  | 14,30         | 23,51         | 0,05             | 37,86            | OK                   |
| PACX1  | 333,65                           | 226,34            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 301,29                                | 44,70         | 114,09        | 0,08             | 158,86           | ARMAR <sup>[1]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 30 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAY1   | 202,71                           | 202,32            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 102,17                                | 27,05         | 51,57         | 0,05             | 78,67            | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY2   | 14,68                            | 205,48            | OK                   | 3,08                                  | 11,65         | 22,15         | 0,03             | 33,83            | OK                   |
| PAY3   | 2,27                             | 202,32            | OK                   | 0,07                                  | 5,65          | 3,29          | 0,03             | 8,97             | OK                   |
| PAY4   | 86,52                            | 230,38            | OK                   | 31,86                                 | 21,80         | 48,01         | 0,05             | 69,86            | OK                   |
| PAY5   | 42,87                            | 248,63            | OK                   | 11,28                                 | 18,05         | 39,12         | 0,05             | 57,22            | OK                   |
| PAY6   | 123,55                           | 202,31            | OK                   | 44,11                                 | 21,80         | 36,52         | 0,05             | 58,38            | OK                   |
| PAY7   | 106,94                           | 243,18            | OK                   | 52,85                                 | 26,30         | 70,76         | 0,05             | 97,11            | OK                   |
| PACY1  | 11,31                            | 226,34            | OK                   | 2,14                                  | 19,20         | 23,88         | 0,08             | 43,15            | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 31 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAX1   | 34,73                            | 540,28            | OK                   | 3,31                                  | 7,90          | 29,22         | 0,03             | 37,15            | OK                   |
| PAX2   | 50,01                            | 624,49            | OK                   | 9,45                                  | 10,90         | 73,93         | 0,03             | 84,85            | OK                   |
| PAX3   | 100,38                           | 540,26            | OK                   | 17,99                                 | 10,90         | 55,00         | 0,03             | 65,93            | OK                   |
| PAX4   | 208,99                           | 540,26            | OK                   | 63,78                                 | 19,55         | 93,67         | 0,05             | 113,27           | OK                   |
| PAX5   | 29,07                            | 662,88            | OK                   | 2,77                                  | 12,05         | 40,89         | 0,05             | 52,99            | OK                   |
| PAX6   | 263,31                           | 540,28            | OK                   | 96,95                                 | 25,95         | 113,02        | 0,08             | 139,04           | OK                   |
| PAX7   | 62,75                            | 679,22            | OK                   | 9,93                                  | 14,30         | 70,54         | 0,05             | 84,89            | OK                   |
| PACX1  | 644,20                           | 612,35            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 581,71                                | 44,70         | 342,26        | 0,08             | 387,03           | ARMAR <sup>[2]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 32 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAY1   | 391,39                           | 540,28            | OK      | 197,26                                | 27,05         | 154,70        | 0,05             | 181,80           | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY2   | 28,34                            | 549,78            | OK      | 5,95                                  | 11,65         | 66,45         | 0,03             | 78,13            | OK                   |
| PAY3   | 4,38                             | 540,28            | OK      | 0,14                                  | 5,65          | 9,88          | 0,03             | 15,56            | OK                   |
| PAY4   | 167,06                           | 624,49            | OK      | 61,51                                 | 21,80         | 144,02        | 0,05             | 165,87           | OK                   |
| PAY5   | 82,78                            | 679,22            | OK      | 21,79                                 | 18,05         | 117,36        | 0,05             | 135,46           | OK                   |
| PAY6   | 238,55                           | 540,26            | OK      | 85,16                                 | 21,80         | 109,57        | 0,05             | 131,42           | OK                   |
| PAY7   | 206,48                           | 662,88            | OK      | 102,04                                | 26,30         | 212,28        | 0,05             | 238,64           | OK                   |
| PACY1  | 21,83                            | 612,35            | OK      | 4,13                                  | 19,20         | 71,63         | 0,08             | 90,91            | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

– Dimensionamento à flexão

Tabela A. 33 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 47,75                      | 9,84                       | 14,90                           | 341,05                   | 70,30                    | 724,38                         | 300,69                         |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 60,85                      | 14,70                      | 42,59                           | 434,62                   | 105,00                   | 934,14                         | 934,14                         |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 47,74                      | 9,74                       | 81,05                           | 341,03                   | 69,56                    | 604,45                         | 1250,11                        |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 47,74                      | 9,74                       | 287,41                          | 341,03                   | 69,56                    | 990,25                         | 1662,21                        |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 66,82                      | 19,10                      | 12,47                           | 477,28                   | 136,45                   | 606,28                         | 251,66                         |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 47,75                      | 9,84                       | 436,86                          | 341,05                   | 70,30                    | 1790,87                        | 1139,64                        |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 69,36                      | 21,04                      | 44,73                           | 495,43                   | 150,31                   | 401,82                         | 867,08                         |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 58,96                      | 16,28                      | 2621,19                         | 421,13                   | 116,29                   | 2439,00                        | 2555,14                        |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 34 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 47,75                      | 9,84                       | 888,86                          | 341,05                   | 70,30                    | 1286,68                        | 1175,08                        |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 49,23                      | 8,24                       | 26,81                           | 351,61                   | 58,83                    | 476,56                         | 476,56                         |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 47,75                      | 9,84                       | 0,64                            | 341,05                   | 70,30                    | 57,19                          | 133,44                         |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 60,85                      | 14,70                      | 277,16                          | 434,62                   | 105,00                   | 592,60                         | 1074,09                        |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 69,36                      | 21,04                      | 98,17                           | 495,43                   | 150,31                   | 418,26                         | 746,89                         |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 47,74                      | 9,74                       | 383,73                          | 341,03                   | 69,56                    | 789,45                         | 789,45                         |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 66,82                      | 19,10                      | 459,80                          | 477,28                   | 136,45                   | 876,73                         | 1159,54                        |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 58,96                      | 16,28                      | 18,59                           | 421,13                   | 116,29                   | 405,23                         | 405,23                         |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 35 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 143,24                     | 29,52                      | 81,15                           | 1023,15                  | 210,89                   | 3945,83                        | 1637,89                        |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 182,54                     | 44,10                      | 231,97                          | 1303,85                  | 315,00                   | 5088,47                        | 5088,47                        |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 143,23                     | 29,21                      | 441,50                          | 1023,08                  | 208,68                   | 3292,54                        | 6809,57                        |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 143,23                     | 29,21                      | 1565,58                         | 1023,08                  | 208,68                   | 5394,11                        | 9054,40                        |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 200,46                     | 57,31                      | 67,92                           | 1431,84                  | 409,36                   | 3302,51                        | 1370,86                        |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 143,24                     | 29,52                      | 2379,68                         | 1023,15                  | 210,89                   | 9755,20                        | 6207,85                        |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 208,08                     | 63,13                      | 243,64                          | 1486,29                  | 450,94                   | 2188,77                        | 4723,13                        |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 176,88                     | 48,84                      | 14278,11                        | 1263,40                  | 348,88                   | 13285,69                       | 13918,34                       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 36 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 143,24                     | 29,52                      | 4841,77                         | 1023,15                  | 210,89                   | 7008,77                        | 6400,87                        |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 147,68                     | 24,71                      | 146,06                          | 1054,83                  | 176,50                   | 2595,93                        | 2595,93                        |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 143,24                     | 29,52                      | 3,46                            | 1023,15                  | 210,89                   | 311,51                         | 726,86                         |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 182,54                     | 44,10                      | 1509,77                         | 1303,85                  | 315,00                   | 3228,02                        | 5850,78                        |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 208,08                     | 63,13                      | 534,76                          | 1486,29                  | 450,94                   | 2278,33                        | 4068,45                        |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 143,23                     | 29,21                      | 2090,27                         | 1023,08                  | 208,68                   | 4300,31                        | 4300,31                        |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 200,46                     | 57,31                      | 2504,63                         | 1431,84                  | 409,36                   | 4775,71                        | 6316,26                        |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 176,88                     | 48,84                      | 101,28                          | 1263,40                  | 348,88                   | 2207,38                        | 2207,38                        |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

✓ **Verificação da compressão máxima nos bordos das paredes**

Tabela A. 37 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos –  
Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 2,8                       | 1,7                       | PAY1   | 4,2 <sup>[1]</sup>        | 3,9 <sup>[1]</sup>        |
| PAX2   | 3,6 <sup>[1]</sup>        | 3,6 <sup>[1]</sup>        | PAY2   | 2,2                       | 2,2                       |
| PAX3   | 2,5                       | 4,1 <sup>[1]</sup>        | PAY3   | 1,1                       | 1,3                       |
| PAX4   | 3,4 <sup>[1]</sup>        | 5,1 <sup>[2]</sup>        | PAY4   | 2,7                       | 3,9 <sup>[1]</sup>        |
| PAX5   | 2,9                       | 2,0                       | PAY5   | 2,5                       | 3,3 <sup>[1]</sup>        |
| PAX6   | 5,4 <sup>[2]</sup>        | 3,8 <sup>[1]</sup>        | PAY6   | 2,9                       | 2,9                       |
| PAX7   | 2,4                       | 3,6 <sup>[1]</sup>        | PAY7   | 3,5 <sup>[1]</sup>        | 4,2 <sup>[1]</sup>        |
| PACX1  | 7,2 <sup>[3]</sup>        | 7,5 <sup>[3]</sup>        | PACY1  | 2,2                       | 2,2                       |

<sup>[1]</sup> Grautear somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Grautear até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Mudar o bloco

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 38 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos –  
Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 12,7 <sup>[2]</sup>       | 7,0                       | PAY1   | 20,2 <sup>[5]</sup>       | 18,7 <sup>[5]</sup>       |
| PAX2   | 16,3 <sup>[4]</sup>       | 16,3 <sup>[4]</sup>       | PAY2   | 9,5                       | 9,5                       |
| PAX3   | 11,1 <sup>[1]</sup>       | 19,7 <sup>[5]</sup>       | PAY3   | 3,8                       | 4,8                       |
| PAX4   | 16,2 <sup>[4]</sup>       | 25,2 <sup>[5]</sup>       | PAY4   | 11,7 <sup>[2]</sup>       | 18,2 <sup>[5]</sup>       |
| PAX5   | 12,3 <sup>[2]</sup>       | 7,6                       | PAY5   | 9,9                       | 14,3 <sup>[3]</sup>       |
| PAX6   | 26,9 <sup>[5]</sup>       | 18,2 <sup>[5]</sup>       | PAY6   | 13,5 <sup>[3]</sup>       | 13,5 <sup>[3]</sup>       |
| PAX7   | 9,7                       | 15,9 <sup>[4]</sup>       | PAY7   | 15,9 <sup>[4]</sup>       | 19,7 <sup>[5]</sup>       |
| PACX1  | 36,2 <sup>[5]</sup>       | 37,8 <sup>[5]</sup>       | PACY1  | 9,1                       | 9,1                       |

<sup>[1]</sup> Grautear somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Grautear até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Grautear até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Grautear até o quarto pavimento

<sup>[5]</sup> Mudar o bloco

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

✓ Verificação da tração máxima nos bordos das paredes

Tabela A. 39 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 417,4                      | -6,3                       | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | OK                   |
| PAX2   | 543,0                      | 543,0                      | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAX3   | 297,5                      | 943,2                      | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX4   | 683,3                      | 1355,3                     | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX5   | 176,7                      | -177,9                     | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | OK                   |
| PAX6   | 1483,9                     | 832,7                      | 133             | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX7   | -44,1                      | 421,2                      | 133             | OK                   | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PACX1  | 2060,0                     | 2176,1                     | 133             | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar somente no pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 40 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAY1   | 979,73                     | 868,13                     | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAY2   | 160,11                     | 160,11                     | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY3   | -249,76                    | -173,51                    | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAY4   | 201,45                     | 682,94                     | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY5   | -27,63                     | 301,00                     | 133             | OK                   | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY6   | 482,53                     | 482,53                     | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY7   | 447,18                     | 729,99                     | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PACY1  | 26,21                      | 26,21                      | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar somente no pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 41 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            |                 | Análise              |                      |                    | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 3025,0                     | 717,1                      | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX2   | 3915,0                     | 3915,0                     | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAX3   | 2371,8                     | 5888,8                     | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAX4   | 4473,3                     | 8133,6                     | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAX5   | 2013,9                     | 82,2                       | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[8]</sup> |
| PAX6   | 8834,4                     | 5287,0                     | 166,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAX7   | 851,1                      | 3385,5                     | 166,7           | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PACX1  | 12148,6                    | 12781,3                    | 166,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o sexto pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o sétimo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o oitavo pavimento

<sup>[4]</sup> Armar até o nono pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o décimo pavimento

<sup>[6]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

<sup>[7]</sup> Armar em todos os pavimentos

<sup>[8]</sup> Armar somente no primeiro pavimento

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 42 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zona Sísmica 2, Classe de terreno D e  $R = 3,0$  (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      | PROJETO DE REVISÃO   |                |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa) | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                | Direita              | Esquerda             |
| PAY1   | 6087,94                    | 5480,03                    | 166,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAY2   | 1646,58                    | 1646,58                    | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAY3   | -609,32                    | -193,98                    | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7           | OK                   | OK                   |
| PAY4   | 2054,55                    | 4677,31                    | 166,7           | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAY5   | 940,67                     | 2730,79                    | 166,7           | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAY6   | 3379,54                    | 3379,54                    | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAY7   | 3487,05                    | 5027,60                    | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PACY1  | 1070,32                    | 1070,32                    | 166,7           | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o sexto pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o sétimo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o oitavo pavimento

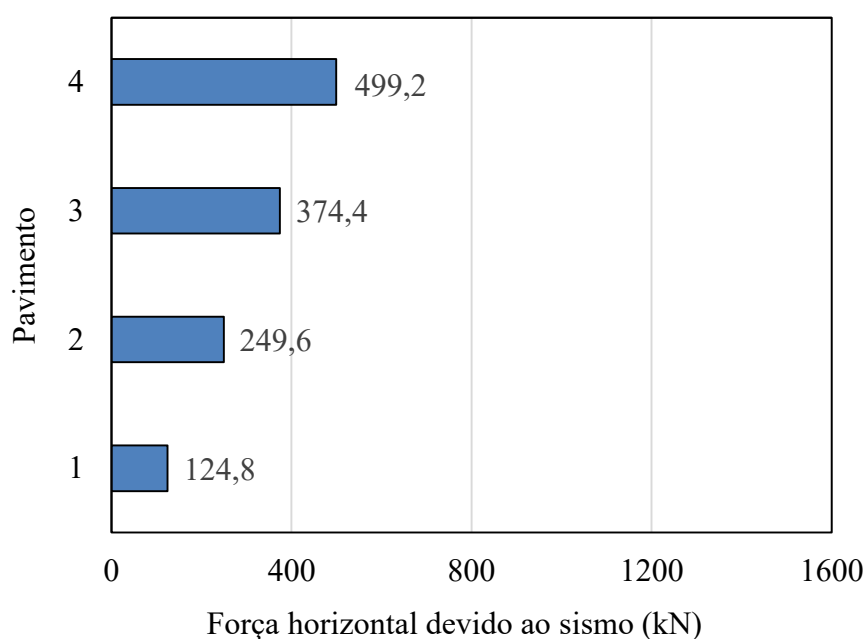
<sup>[4]</sup> Armar até o nono pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o décimo pavimento

<sup>[6]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

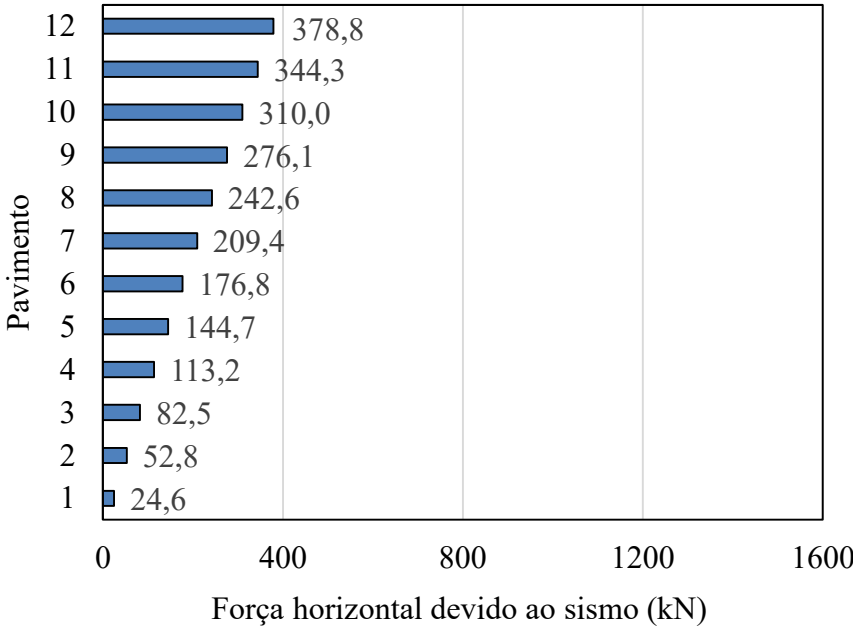
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura A. 7 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 4 pavimentos, Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e  $R = 3,0$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Figura A. 8 – Força horizontal em cada pavimento para edifício de 12 pavimentos, Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 3,0.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

– Dimensionamento ao cisalhamento

Tabela A. 43 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAX1   | 25,29                            | 202,32            | OK                   | 2,41                                  | 7,90          | 9,74          | 0,03             | 17,67            | OK                   |
| PAX2   | 36,42                            | 230,38            | OK                   | 6,88                                  | 10,90         | 24,64         | 0,03             | 35,57            | OK                   |
| PAX3   | 73,11                            | 202,31            | OK                   | 13,10                                 | 10,90         | 18,33         | 0,03             | 29,26            | OK                   |
| PAX4   | 152,22                           | 202,31            | OK                   | 46,46                                 | 19,55         | 31,22         | 0,05             | 50,83            | OK                   |
| PAX5   | 21,17                            | 243,18            | OK                   | 2,02                                  | 12,05         | 13,63         | 0,05             | 25,73            | OK                   |
| PAX6   | 191,78                           | 202,32            | OK                   | 70,61                                 | 25,95         | 37,67         | 0,08             | 63,70            | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAX7   | 45,70                            | 248,63            | OK                   | 7,23                                  | 14,30         | 23,51         | 0,05             | 37,86            | OK                   |
| PACX1  | 469,19                           | 226,34            | ARMAR <sup>[2]</sup> | 423,68                                | 44,70         | 114,09        | 0,08             | 158,86           | ARMAR <sup>[2]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 44 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAY1   | 285,07                           | 202,32            | ARMAR <sup>[1]</sup> | 143,67                                | 27,05         | 51,57         | 0,05             | 78,67            | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAY2   | 20,64                            | 205,48            | OK                   | 4,33                                  | 11,65         | 22,15         | 0,03             | 33,83            | OK                   |
| PAY3   | 3,19                             | 202,32            | OK                   | 0,10                                  | 5,65          | 3,29          | 0,03             | 8,97             | OK                   |
| PAY4   | 121,67                           | 230,38            | OK                   | 44,80                                 | 21,80         | 48,01         | 0,05             | 69,86            | OK                   |
| PAY5   | 60,29                            | 248,63            | OK                   | 15,87                                 | 18,05         | 39,12         | 0,05             | 57,22            | OK                   |
| PAY6   | 173,74                           | 202,31            | OK                   | 62,03                                 | 21,80         | 36,52         | 0,05             | 58,38            | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY7   | 150,39                           | 243,18            | OK                   | 74,32                                 | 26,30         | 70,76         | 0,05             | 97,11            | OK                   |
| PACY1  | 15,90                            | 226,34            | OK                   | 3,01                                  | 19,20         | 23,88         | 0,08             | 43,15            | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 45 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |                      | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise              | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAX1   | 47,75                            | 540,28            | OK                   | 4,55                                  | 7,90          | 29,22         | 0,03             | 37,15            | OK                   |
| PAX2   | 68,76                            | 624,49            | OK                   | 13,00                                 | 10,90         | 73,93         | 0,03             | 84,85            | OK                   |
| PAX3   | 138,02                           | 540,26            | OK                   | 24,73                                 | 10,90         | 55,00         | 0,03             | 65,93            | OK                   |
| PAX4   | 287,36                           | 540,26            | OK                   | 87,70                                 | 19,55         | 93,67         | 0,05             | 113,27           | OK                   |
| PAX5   | 39,97                            | 662,88            | OK                   | 3,80                                  | 12,05         | 40,89         | 0,05             | 52,99            | OK                   |
| PAX6   | 362,05                           | 540,28            | OK                   | 133,31                                | 25,95         | 113,02        | 0,08             | 139,04           | OK                   |
| PAX7   | 86,28                            | 679,22            | OK                   | 13,65                                 | 14,30         | 70,54         | 0,05             | 84,89            | OK                   |
| PACX1  | 885,77                           | 612,35            | ARMAR <sup>[2]</sup> | 799,85                                | 44,70         | 342,26        | 0,08             | 387,03           | ARMAR <sup>[2]</sup> |

<sup>[2]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 46 – Verificação ao cisalhamento das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAREDE | NBR 16868-1 -<br>NORMATIVA ATUAL |                   |         | NBR 16868-1 - PROJETO DE REVISÃO 2025 |               |               |                  |                  |                      |
|--------|----------------------------------|-------------------|---------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|        | $\tau_{vd}$<br>(kPa)             | $f_{vd}$<br>(kPa) | Análise | $V_{sd}$<br>(kN)                      | $V_a$<br>(kN) | $V_p$<br>(kN) | $V_{sl}$<br>(kN) | $V_{Rd}$<br>(kN) | Análise              |
| PAY1   | 538,16                           | 540,28            | OK      | 271,23                                | 27,05         | 154,70        | 0,05             | 181,80           | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY2   | 38,96                            | 549,78            | OK      | 8,18                                  | 11,65         | 66,45         | 0,03             | 78,13            | OK                   |
| PAY3   | 6,02                             | 540,28            | OK      | 0,19                                  | 5,65          | 9,88          | 0,03             | 15,56            | OK                   |
| PAY4   | 229,70                           | 624,49            | OK      | 84,58                                 | 21,80         | 144,02        | 0,05             | 165,87           | OK                   |
| PAY5   | 113,82                           | 679,22            | OK      | 29,96                                 | 18,05         | 117,36        | 0,05             | 135,46           | OK                   |
| PAY6   | 328,00                           | 540,26            | OK      | 117,10                                | 21,80         | 109,57        | 0,05             | 131,42           | OK                   |
| PAY7   | 283,91                           | 662,88            | OK      | 140,31                                | 26,30         | 212,28        | 0,05             | 238,64           | OK                   |
| PACY1  | 30,02                            | 612,35            | OK      | 5,67                                  | 19,20         | 71,63         | 0,08             | 90,91            | OK                   |

<sup>[1]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

#### – Dimensionamento à flexão

Tabela A. 47 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAR.  | $I$ (m <sup>4</sup> ) | $Y_{dir}$ (m) | $Y_{esq}$ (m) | $\bar{G}_k$<br>(kN/m) | $\bar{Q}_k$<br>(kN/m) | $M_k$<br>(kN·m) | $\sigma_g$<br>(kPa) | $\sigma_q$<br>(kPa) | $\sigma_{s,dir}$<br>(kPa) | $\sigma_{s,esq}$<br>(kPa) |
|-------|-----------------------|---------------|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| PAX1  | 0,0109                | 0,53          | 0,22          | 47,75                 | 9,84                  | 20,95           | 341,05              | 70,30               | 1018,66                   | 422,84                    |
| PAX2  | 0,0310                | 0,68          | 0,68          | 60,85                 | 14,70                 | 59,89           | 434,62              | 105,00              | 1313,64                   | 1313,64                   |
| PAX3  | 0,0590                | 0,44          | 0,91          | 47,74                 | 9,74                  | 113,98          | 341,03              | 69,56               | 850,00                    | 1757,96                   |
| PAX4  | 0,2438                | 0,84          | 1,41          | 47,74                 | 9,74                  | 404,17          | 341,03              | 69,56               | 1392,55                   | 2337,49                   |
| PAX5  | 0,0109                | 0,53          | 0,22          | 66,82                 | 19,10                 | 17,53           | 477,28              | 136,45              | 852,58                    | 353,90                    |
| PAX6  | 0,4025                | 1,65          | 1,05          | 47,75                 | 9,84                  | 614,34          | 341,05              | 70,30               | 2518,40                   | 1602,62                   |
| PAX7  | 0,0423                | 0,38          | 0,82          | 69,36                 | 21,04                 | 62,90           | 495,43              | 150,31              | 565,05                    | 1219,33                   |
| PACX1 | 3,3853                | 3,15          | 3,30          | 58,96                 | 16,28                 | 3686,04         | 421,13              | 116,29              | 3429,84                   | 3593,16                   |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 48 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 47,75                      | 9,84                       | 1249,95                         | 341,05                   | 70,30                    | 1809,39                        | 1652,45                        |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 49,23                      | 8,24                       | 37,71                           | 351,61                   | 58,83                    | 670,17                         | 670,17                         |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 47,75                      | 9,84                       | 0,89                            | 341,05                   | 70,30                    | 80,42                          | 187,65                         |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 60,85                      | 14,70                      | 389,76                          | 434,62                   | 105,00                   | 833,35                         | 1510,44                        |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 69,36                      | 21,04                      | 138,05                          | 495,43                   | 150,31                   | 588,18                         | 1050,31                        |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 47,74                      | 9,74                       | 539,62                          | 341,03                   | 69,56                    | 1110,17                        | 1110,17                        |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 66,82                      | 19,10                      | 646,60                          | 477,28                   | 136,45                   | 1232,90                        | 1630,61                        |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 58,96                      | 16,28                      | 26,15                           | 421,13                   | 116,29                   | 569,86                         | 569,86                         |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 49 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{dir} \text{ (m)}$ | $Y_{esq} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,dir} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,esq} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAX1  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 143,24                     | 29,52                      | 111,58                          | 1023,15                  | 210,89                   | 5425,52                        | 2252,10                        |
| PAX2  | 0,0310                   | 0,68                  | 0,68                  | 182,54                     | 44,10                      | 318,96                          | 1303,85                  | 315,00                   | 6996,64                        | 6996,64                        |
| PAX3  | 0,0590                   | 0,44                  | 0,91                  | 143,23                     | 29,21                      | 607,06                          | 1023,08                  | 208,68                   | 4527,24                        | 9363,15                        |
| PAX4  | 0,2438                   | 0,84                  | 1,41                  | 143,23                     | 29,21                      | 2152,67                         | 1023,08                  | 208,68                   | 7416,90                        | 12449,80                       |
| PAX5  | 0,0109                   | 0,53                  | 0,22                  | 200,46                     | 57,31                      | 93,39                           | 1431,84                  | 409,36                   | 4540,96                        | 1884,93                        |
| PAX6  | 0,4025                   | 1,65                  | 1,05                  | 143,24                     | 29,52                      | 3272,06                         | 1023,15                  | 210,89                   | 13413,39                       | 8535,80                        |
| PAX7  | 0,0423                   | 0,38                  | 0,82                  | 208,08                     | 63,13                      | 335,01                          | 1486,29                  | 450,94                   | 3009,56                        | 6494,31                        |
| PACX1 | 3,3853                   | 3,15                  | 3,30                  | 176,88                     | 48,84                      | 19632,40                        | 1263,40                  | 348,88                   | 18267,82                       | 19137,72                       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 50 – Parâmetros de tensões nos bordos das paredes do 1º pavimento devido ao sismo para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAR.  | $I \text{ (m}^4\text{)}$ | $Y_{sup} \text{ (m)}$ | $Y_{inf} \text{ (m)}$ | $\bar{G}_k \text{ (kN/m)}$ | $\bar{Q}_k \text{ (kN/m)}$ | $M_k \text{ (kN}\cdot\text{m)}$ | $\sigma_g \text{ (kPa)}$ | $\sigma_q \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,sup} \text{ (kPa)}$ | $\sigma_{s,inf} \text{ (kPa)}$ |
|-------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| PAY1  | 1,3540                   | 1,96                  | 1,79                  | 143,24                     | 29,52                      | 6657,44                         | 1023,15                  | 210,89                   | 9637,06                        | 8801,19                        |
| PAY2  | 0,0422                   | 0,75                  | 0,75                  | 147,68                     | 24,71                      | 200,84                          | 1054,83                  | 176,50                   | 3569,40                        | 3569,40                        |
| PAY3  | 0,0010                   | 0,09                  | 0,21                  | 143,24                     | 29,52                      | 4,76                            | 1023,15                  | 210,89                   | 428,33                         | 999,43                         |
| PAY4  | 0,4490                   | 0,96                  | 1,74                  | 182,54                     | 44,10                      | 2075,93                         | 1303,85                  | 315,00                   | 4438,52                        | 8044,82                        |
| PAY5  | 0,1643                   | 0,70                  | 1,25                  | 208,08                     | 63,13                      | 735,29                          | 1486,29                  | 450,94                   | 3132,71                        | 5594,12                        |
| PAY6  | 0,6562                   | 1,35                  | 1,35                  | 143,23                     | 29,21                      | 2874,12                         | 1023,08                  | 208,68                   | 5912,93                        | 5912,93                        |
| PAY7  | 0,8129                   | 1,55                  | 2,05                  | 200,46                     | 57,31                      | 3443,86                         | 1431,84                  | 409,36                   | 6566,60                        | 8684,86                        |
| PACY1 | 0,0312                   | 0,68                  | 0,68                  | 176,88                     | 48,84                      | 139,26                          | 1263,40                  | 348,88                   | 3035,15                        | 3035,15                        |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

✓ **Verificação da compressão máxima nos bordos das paredes**

Tabela A. 51 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e  $R = 3,0$  (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 3,5 <sup>[1]</sup>        | 2,0                       | PAY1   | 5,4 <sup>[2]</sup>        | 5,0 <sup>[2]</sup>        |
| PAX2   | 4,5 <sup>[1]</sup>        | 4,5 <sup>[1]</sup>        | PAY2   | 2,7                       | 2,7                       |
| PAX3   | 3,1                       | 5,3 <sup>[2]</sup>        | PAY3   | 1,2                       | 1,5                       |
| PAX4   | 4,4 <sup>[1]</sup>        | 6,7 <sup>[3]</sup>        | PAY4   | 3,3 <sup>[1]</sup>        | 5,0 <sup>[2]</sup>        |
| PAX5   | 3,5 <sup>[1]</sup>        | 2,3                       | PAY5   | 2,9                       | 4,0 <sup>[1]</sup>        |
| PAX6   | 7,2 <sup>[3]</sup>        | 4,9 <sup>[2]</sup>        | PAY6   | 3,7 <sup>[1]</sup>        | 3,7 <sup>[1]</sup>        |
| PAX7   | 2,8                       | 4,4 <sup>[2]</sup>        | PAY7   | 4,4 <sup>[1]</sup>        | 5,4 <sup>[2]</sup>        |
| PACX1  | 9,6 <sup>[3]</sup>        | 10,0 <sup>[3]</sup>       | PACY1  | 2,6                       | 2,6                       |

<sup>[1]</sup> Grautear somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Grautear até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Mudar o bloco

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 52 – Cálculo do  $f_{pk}$  mínimo das paredes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e  $R = 3,0$  (Direções X e Y).

| PAREDE | Direção X                 |                           | PAREDE | Direção Y                 |                           |
|--------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
|        | f <sub>pk,mín</sub> (dir) | f <sub>pk,mín</sub> (esq) |        | f <sub>pk,mín</sub> (sup) | f <sub>pk,mín</sub> (inf) |
|        | MPa                       |                           |        | MPa                       |                           |
| PAX1   | 16,3 <sup>[4]</sup>       | 8,5                       | PAY1   | 26,6 <sup>[5]</sup>       | 24,6 <sup>[5]</sup>       |
| PAX2   | 21,0 <sup>[5]</sup>       | 21,0 <sup>[5]</sup>       | PAY2   | 11,8 <sup>[2]</sup>       | 11,8 <sup>[2]</sup>       |
| PAX3   | 14,1 <sup>[3]</sup>       | 25,9 <sup>[5]</sup>       | PAY3   | 4,1                       | 5,5                       |
| PAX4   | 21,2 <sup>[5]</sup>       | 33,5 <sup>[5]</sup>       | PAY4   | 14,7 <sup>[3]</sup>       | 23,5 <sup>[5]</sup>       |
| PAX5   | 15,3 <sup>[3]</sup>       | 8,8                       | PAY5   | 12,0 <sup>[2]</sup>       | 18,1 <sup>[5]</sup>       |
| PAX6   | 35,9 <sup>[5]</sup>       | 23,9 <sup>[5]</sup>       | PAY6   | 17,5 <sup>[5]</sup>       | 17,5 <sup>[5]</sup>       |
| PAX7   | 11,7 <sup>[2]</sup>       | 20,3 <sup>[5]</sup>       | PAY7   | 20,3 <sup>[5]</sup>       | 25,5 <sup>[5]</sup>       |
| PACX1  | 48,5 <sup>[5]</sup>       | 50,6 <sup>[5]</sup>       | PACY1  | 11,1 <sup>[1]</sup>       | 11,1 <sup>[1]</sup>       |

<sup>[1]</sup> Grautear somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Grautear até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Grautear até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Grautear até o quarto pavimento

<sup>[5]</sup> Mudar o bloco

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

✓ Verificação da tração máxima nos bordos das paredes

Tabela A. 53 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 711,7                      | 115,9                      | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAX2   | 922,5                      | 922,5                      | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX3   | 543,1                      | 1451,0                     | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX4   | 1085,6                     | 2030,6                     | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX5   | 423,0                      | -75,7                      | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | OK                   | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | OK                   |
| PAX6   | 2211,5                     | 1295,7                     | 133             | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX7   | 119,2                      | 773,4                      | 133             | OK                   | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PACX1  | 3050,8                     | 3214,1                     | 133             | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 54 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 4 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAY1   | 1502,44                    | 1345,51                    | 133             | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAY2   | 353,71                     | 353,71                     | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY3   | -226,53                    | -119,30                    | 133             | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | OK                   |
| PAY4   | 442,19                     | 1119,28                    | 133             | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAY5   | 142,29                     | 604,43                     | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |
| PAY6   | 803,25                     | 803,25                     | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAY7   | 803,35                     | 1201,06                    | 133             | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PACY1  | 190,84                     | 190,84                     | 133             | ARMAR <sup>[1]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o segundo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o terceiro pavimento

<sup>[4]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 55 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção X).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      | PROJETO DE REVISÃO   |                |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa) | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                | Direita              | Esquerda             |
| PAX1   | 4504,7                     | 1331,3                     | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAX2   | 5823,2                     | 5823,2                     | 166,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAX3   | 3606,5                     | 8442,4                     | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAX4   | 6496,1                     | 11529,0                    | 166,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAX5   | 3252,3                     | 596,3                      | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[1]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> |
| PAX6   | 12492,6                    | 7615,0                     | 166,7           | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PAX7   | 1671,9                     | 5156,6                     | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |
| PACX1  | 17130,8                    | 18000,7                    | 166,7           | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> | 66,7           | ARMAR <sup>[7]</sup> | ARMAR <sup>[7]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar até o quarto pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o sexto pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o oitavo pavimento

<sup>[4]</sup> Armar até o nono pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o décimo pavimento

<sup>[6]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

<sup>[7]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela A. 56 – Cálculo das tensões de tração solicitantes do 1º pavimento para edifício de 12 pavimentos – Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de terreno D e R = 3,0 (Direção Y).

| PAREDE | $\sigma_{t(dir)}$<br>(kPa) | $\sigma_{t(esq)}$<br>(kPa) | NORMATIVA ATUAL |                      |                      | PROJETO DE REVISÃO |                      |                      |
|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|        |                            |                            | $f_{td}$ (kPa)  | Análise              |                      | $f_{td}$ (kPa)     | Análise              |                      |
|        |                            |                            |                 | Direita              | Esquerda             |                    | Direita              | Esquerda             |
| PAY1   | 8716,23                    | 7880,36                    | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[6]</sup> | ARMAR <sup>[6]</sup> |
| PAY2   | 2620,05                    | 2620,05                    | 166,7           | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> |
| PAY3   | -492,51                    | 78,60                      | 166,7           | OK                   | OK                   | 66,7               | OK                   | ARMAR <sup>[1]</sup> |
| PAY4   | 3265,06                    | 6871,36                    | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAY5   | 1795,04                    | 4256,46                    | 166,7           | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[4]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAY6   | 4992,15                    | 4992,15                    | 166,7           | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PAY7   | 5277,94                    | 7396,20                    | 166,7           | ARMAR <sup>[4]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[5]</sup> | ARMAR <sup>[5]</sup> |
| PACY1  | 1898,09                    | 1898,09                    | 166,7           | ARMAR <sup>[2]</sup> | ARMAR <sup>[2]</sup> | 66,7               | ARMAR <sup>[3]</sup> | ARMAR <sup>[3]</sup> |

<sup>[1]</sup> Armar somente no primeiro pavimento

<sup>[2]</sup> Armar até o oitavo pavimento

<sup>[3]</sup> Armar até o nono pavimento

<sup>[4]</sup> Armar até o décimo pavimento

<sup>[5]</sup> Armar até o décimo primeiro pavimento

<sup>[6]</sup> Armar em todos os pavimentos

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

## APÊNDICE B – CÁLCULO DA ÁREA DE AÇO PARA OS DEMAIS CASOS

Tabela B. 1 – Área de aço para Zona Sísmica 2, Classe de Terreno D e  $R=1,5$  para as edificações de 4 e 12 pavimentos.

|                                     |            |             | 4 PAVIMENTOS |         | 12 PAVIMENTOS |          |
|-------------------------------------|------------|-------------|--------------|---------|---------------|----------|
| Parede                              |            |             | PAX6         |         | PAX6          |          |
|                                     |            |             | Dir.         | Esq.    | Dir.          | Esq.     |
| Tensões máximas (kN/m²)             | Tração     |             | 3274,79      | 1972,34 | 18589,56      | 11494,87 |
|                                     | Compressão |             | 2586,23      | 3888,68 | 13336,54      | 20431,23 |
| Posição Linha neutra (m)            |            |             | 1,47         | 0,89    | 1,53          | 0,95     |
| Tensão intermediária na aba (kN/m²) |            |             | -            | 1816,34 | -             | 10645,12 |
| Dimensões (m)                       | Flange     | Largura     | -            | 0,14    | -             | 0,14     |
|                                     |            | Comprimento | -            | 0,84    | -             | 0,84     |
|                                     | Alma       | Largura     | 0,14         | 0,14    | 0,14          | 0,14     |
|                                     |            | Comprimento | 1,47         | 0,89    | 1,53          | 0,95     |
| Ft (kN)                             | Flange     |             | -            | 213,60  | -             | 1251,87  |
|                                     | Alma       |             | 336,86       | 122,19  | 1992,72       | 761,93   |
| Ft Total (kN)                       |            |             | 336,86       | 335,79  | 1992,72       | 2013,80  |
| fyd (kN/cm²)                        |            |             | 50           | 50      | 50            | 50       |
| As, calc. (cm²)                     |            |             | 13,47        | 13,43   | 79,71         | 80,55    |
| As, mín. (cm²)                      |            |             | 3,77         |         | 3,77          |          |
| As, adot. (cm²)                     |            |             | 13,47        | 13,43   | 79,71         | 80,55    |
| Quantidade de barras (10 mm)        |            |             | 18           | 18      | 102           | 103      |
| Quantidade de barras (12,5 mm)      |            |             | 11           | 11      | 65            | 66       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela B. 2 – Área de aço para Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de Terreno D e  $R=1,5$  para as edificações de 4 e 12 pavimentos.

|                                     |            |             | 4 PAVIMENTOS |         | 12 PAVIMENTOS |          |
|-------------------------------------|------------|-------------|--------------|---------|---------------|----------|
| Parede                              |            |             | PAX6         |         | PAX6          |          |
|                                     |            |             | Dir.         | Esq.    | Dir.          | Esq.     |
| Tensões máximas (kN/m²)             | Tração     |             | 4729,87      | 2898,30 | 25905,96      | 16150,76 |
|                                     | Compressão |             | 3512,19      | 5343,76 | 17992,43      | 27747,63 |
| Posição Linha neutra (m)            |            |             | 1,51         | 0,92    | 1,55          | 0,97     |
| Tensão intermediária na aba (kN/m²) |            |             | -            | 2678,92 | -             | 14982,36 |
| Dimensões (m)                       | Flange     | Largura     | -            | 0,14    | -             | 0,14     |
|                                     |            | Comprimento | -            | 0,84    | -             | 0,84     |
|                                     | Alma       | Largura     | 0,14         | 0,14    | 0,14          | 0,14     |
|                                     |            | Comprimento | 1,51         | 0,92    | 1,55          | 0,97     |
| Ft (kN)                             | Flange     |             | -            | 315,04  | -             | 1761,93  |
|                                     | Alma       |             | 499,71       | 187,63  | 2814,52       | 1093,93  |
| Ft Total (kN)                       |            |             | 499,71       | 502,67  | 2814,52       | 2855,86  |
| fyd (kN/cm²)                        |            |             | 50           | 50      | 50            | 50       |
| As, calc. (cm²)                     |            |             | 19,99        | 20,11   | 112,58        | 114,23   |
| As, min. (cm²)                      |            |             | 3,77         |         | 3,77          |          |
| As, adot. (cm²)                     |            |             | 19,99        | 20,11   | 112,58        | 114,23   |
| Quantidade de barras (10 mm)        |            |             | 26           | 26      | 144           | 146      |
| Quantidade de barras (12,5 mm)      |            |             | 17           | 17      | 92            | 94       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela B. 3 – Área de aço para Zona Sísmica 2, Classe de Terreno D e  $R=3,0$  para as edificações de 4 e 12 pavimentos.

|                                     |            |             | 4 PAVIMENTOS |         | 12 PAVIMENTOS |          |
|-------------------------------------|------------|-------------|--------------|---------|---------------|----------|
| Parede                              |            |             | PAX6         |         | PAX6          |          |
|                                     |            |             | Dir.         | Esq.    | Dir.          | Esq.     |
| Tensões máximas (kN/m²)             | Tração     |             | 1483,93      | 832,70  | 8834,37       | 5287,02  |
|                                     | Compressão |             | 1446,59      | 2097,82 | 7128,69       | 10676,04 |
| Posição Linha neutra (m)            |            |             | 1,33         | 0,75    | 1,46          | 0,87     |
| Tensão intermediária na aba (kN/m²) |            |             | -            | 754,70  | -             | 4862,14  |
| Dimensões (m)                       | Flange     | Largura     | -            | 0,14    | -             | 0,14     |
|                                     |            | Comprimento | -            | 0,84    | -             | 0,84     |
|                                     | Alma       | Largura     | 0,14         | 0,14    | 0,14          | 0,14     |
|                                     |            | Comprimento | 1,33         | 0,75    | 1,46          | 0,87     |
| Ft (kN)                             | Flange     |             | -            | 88,75   | -             | 571,79   |
|                                     | Alma       |             | 138,34       | 43,56   | 900,10        | 322,37   |
| Ft Total (kN)                       |            |             | 138,34       | 132,31  | 900,10        | 894,16   |
| fyd (kN/cm²)                        |            |             | 50           | 50      | 50            | 50       |
| As, calc. (cm²)                     |            |             | 5,53         | 5,29    | 36,00         | 35,77    |
| As, mín. (cm²)                      |            |             | 3,77         |         | 3,77          |          |
| As, adot. (cm²)                     |            |             | 5,53         | 5,29    | 36,00         | 35,77    |
| Quantidade de barras (10 mm)        |            |             | 8            | 7       | 46            | 46       |
| Quantidade de barras (12,5 mm)      |            |             | 5            | 5       | 30            | 30       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Tabela B. 4 – Área de aço para Zonas Sísmicas 3 e 4, Classe de Terreno D e R=3,0 para as edificações de 4 e 12 pavimentos.

|                                     |            |             | 4 PAVIMENTOS |         | 12 PAVIMENTOS |          |
|-------------------------------------|------------|-------------|--------------|---------|---------------|----------|
| Parede                              |            |             | PAX6         |         | PAX6          |          |
|                                     |            |             | Dir.         | Esq.    | Dir.          | Esq.     |
| Tensões máximas (kN/m²)             | Tração     |             | 2211,46      | 1295,68 | 12492,56      | 7614,97  |
|                                     | Compressão |             | 1909,57      | 2825,35 | 9456,64       | 14334,23 |
| Posição Linha neutra (m)            |            |             | 1,41         | 0,83    | 1,50          | 0,91     |
| Tensão intermediária na aba (kN/m²) |            |             | -            | 1185,99 | -             | 7030,77  |
| Dimensões (m)                       | Flange     | Largura     | -            | 0,14    | -             | 0,14     |
|                                     |            | Comprimento | -            | 0,84    | -             | 0,84     |
|                                     | Alma       | Largura     | 0,14         | 0,14    | 0,14          | 0,14     |
|                                     |            | Comprimento | 1,41         | 0,83    | 1,50          | 0,91     |
| Ft (kN)                             | Flange     |             | -            | 139,47  | -             | 826,82   |
|                                     | Alma       |             | 218,48       | 75,00   | 1308,99       | 486,37   |
| Ft Total (kN)                       |            |             | 218,48       | 214,47  | 1308,99       | 1313,19  |
| fyd (kN/cm²)                        |            |             | 50           | 50      | 50            | 50       |
| As, calc. (cm²)                     |            |             | 8,74         | 8,58    | 52,36         | 52,53    |
| As, min. (cm²)                      |            |             | 3,77         |         | 3,77          |          |
| As, adot. (cm²)                     |            |             | 8,74         | 8,58    | 52,36         | 52,53    |
| Quantidade de barras (10 mm)        |            |             | 12           | 11      | 67            | 67       |
| Quantidade de barras (12,5 mm)      |            |             | 8            | 7       | 43            | 43       |

Fonte: Elaborado pela autora (2026).