

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LIZ ANDREA CUEVAS SANCHEZ**

**VERIFICAÇÃO AO CISALHAMENTO EM ALVENARIA ESTRUTURAL – ESTUDO  
COMPARATIVO ENTRE A ATUAL ABNT NBR 16868 E PROPOSTA DE  
ATUALIZAÇÃO**

**SÃO CARLOS -SP  
2025**

LIZ ANDREA CUEVAS SANCHEZ

**VERIFICAÇÃO AO CISALHAMENTO EM ALVENARIA ESTRUTURAL – ESTUDO  
COMPARATIVO ENTRE A ATUAL ABNT NBR 16868 E PROPOSTA DE  
ATUALIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de  
Curso apresentado ao Departamento  
de Engenharia Civil da Universidade  
Federal de São Carlos, como parte  
dos requisitos para a conclusão da  
graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr.  
Guilherme Aris Parsekian

São Carlos-SP

2025

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, a quem agradeço as bases que deram para me tornar a pessoa que sou hoje.

## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder oportunidades, força de vontade e coragem para superar cada desafio.

Aos meus pais, Francisca e Alberto, pela paciência, apoio e incentivo, mesmo à distância, somente nós sabemos o quão árduos foram esses anos.

Aos meus irmãos, Eduardo e Daniel, pela resiliência e pelo aprendizado de crescer, muitas vezes, enfrentando a ausência um do outro.

Ao meu avô, Juan Vicente (in memoriam), que sempre acompanhou meus boletins ao longo da vida escolar. Tenho certeza de que você adoraria receber este também.

Ao professor Guilherme Aris Parsekian, pela disponibilidade, paciência e dedicação em ensinar e orientar em todas as etapas deste estudo.

Aos professores do DECiv, que não apenas me formaram como engenheira, mas também me inspiraram profundamente.

À Wendler Projetos, pela disponibilização do modelo para esta pesquisa e por despertar em mim a paixão pela alvenaria estrutural, impulsionando meu crescimento pessoal e profissional.

Aos amigos que se tornaram família e estiveram presentes em cada momento, de alegria ou de dificuldade.

E, por fim, a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para meu amadurecimento neste país que me acolheu com tanto calor.

Obrigada, Brasil, por todas as memórias inesquecíveis e pelo aprendizado que levarei comigo para toda a vida.

“Para que todos vejam, e saibam, e considerem, e juntamente entendam  
que a mão do senhor fez isso.”

Isaías 41:20

## RESUMO

O presente trabalho demonstra uma avaliação crítica e analítica da verificação ao cisalhamento em alvenaria estrutural por meio da comparação entre a ABNT NBR 16868-1:2020, o Eurocode 6 EN 1996-1-1:2005 e duas propostas de atualização normativa.

A pesquisa utilizou um conjunto de 144 paredes reais extraídas de três edifícios (Edifício A = 45; Edifício B = 56; Edifício C = 43) para confrontar as diferentes formulações e observar como variáveis, tais como, o grauteamento, área efetiva, tensão normal de pré-compressão e presença de armadura vertical, alteram a previsão da resistência ao cisalhamento.

Os resultados mostraram que a formulação da ABNT NBR 16868 tende, em muitos casos, a superestimar a capacidade resistente quando considera a área bruta sem descontar explicitamente a argamassa, enquanto o Eurocode geralmente indica valores mais conservadores, por outro lado as propostas de atualização estudadas passam a discriminar trechos grauteados, não grauteados, a incorporar a área argamassada líquida e a contribuição da armadura vertical, produzindo previsões mais coerentes com o comportamento mecânico esperado.

Em termos práticos, o estudo evidencia que a sensibilidade ao grau de grauteamento e à pré-compressão é expressiva podendo explicar as discrepâncias entre métodos, dessa forma, paredes com baixo grau de grauteamento mostram diferenças percentuais maiores entre normas, e edificações com níveis elevados ou variados de pré-compressão tendem a amplificar essas diferenças.

Um exemplo ilustrativo do estudo revela discrepâncias numéricas relevantes, onde os valores de resistência ao cisalhamento segundo ABNT NBR 16868, Eurocode e as propostas apresentadas foram 211,03 kN; 164,51 kN; 196,96 kN e 198,56 kN, respectivamente, mostrando como escolhas de hipótese normativa impactam diretamente as verificações e decisões de projeto.

Por fim, o trabalho ressalta que, embora as propostas corrijam distorções observadas, sua adoção normativa demandaria validação experimental adicional e procedimentos claros de inspeção em obra para garantir a aplicabilidade prática.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural, Esforços de Cisalhamento, Análise Estrutural, Normas Técnicas, Sistemas Construtivos.

## ABSTRACT

The present study presents a critical and analytical evaluation of the shear verification of structural masonry through a comparison between ABNT NBR 16868-1:2020, Eurocode 6 EN 1996-1-1:2005, and two proposals for normative updates. The research employed a dataset of 144 real walls extracted from three buildings (Building A = 45; Building B = 56; Building C = 43) to compare the different formulations and to investigate how variables such as grouting, effective area, normal pre-compression stress, and the presence of vertical reinforcement influence the prediction of shear resistance.

The results indicate that the ABNT NBR 16868 formulation tends, in many cases, to overestimate the resistant capacity when the gross area is considered without explicitly discounting the mortar joints, whereas the Eurocode generally provides more conservative values. The proposed updates differentiate between grouted and ungrouted wall segments and incorporate the net mortared area as well as the contribution of vertical reinforcement, leading to predictions that are more consistent with the expected mechanical behavior.

From a practical standpoint, the study demonstrates that sensitivity to the degree of grouting and to pre-compression is significant and helps explain the discrepancies observed between the methods. Consequently, walls with low levels of grouting exhibit larger percentage differences between standards, while buildings with higher or more variable levels of pre-compression tend to amplify these differences.

An illustrative example from the study reveals relevant numerical discrepancies, in which the shear resistance values according to ABNT NBR 16868, Eurocode, and the proposed methods were 211,03 kN, 164,51 kN, 196,96 kN, and 198,56 kN, respectively, demonstrating how normative assumptions directly affect structural verification and design decisions.

Finally, the study emphasizes that, although the proposed approaches correct the observed distortions, their adoption into design standards would require additional experimental validation and clearly defined construction-site inspection procedures to ensure practical applicability.

Keyword: Structural Masonry, Shear Forces, Structural Analysis, Technical Standards, Construction Systems.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores para a resistência ao cisalhamento inicial da argamassa de assentamento.....	33
Tabela 2 - Valores característicos da resistência ao cisalhamento em juntas horizontais de paredes .....	34
Tabela 3 - Valores característicos da resistência ao cisalhamento em juntas horizontais de paredes .....	34
Tabela 4 - Características dos materiais adotados - Edifício A .....	39
Tabela 5 - Cargas verticais nas paredes em Y .....	40
Tabela 6 - Cargas verticais nas paredes em X.....	41
Tabela 7 - Características dos materiais adotados - Edifício B .....	46
Tabela 8 - Cargas verticais nas paredes em Y .....	47
Tabela 9 - Cargas verticais nas paredes em X.....	48
Tabela 10 - Características dos materiais adotados - Edifício B .....	53
Tabela 11 - Cargas verticais nas paredes em Y .....	54
Tabela 12 - Cargas verticais nas paredes em X.....	55
Tabela 13 - Resumo das normas utilizadas.....	61

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Paredes de contraventamento e a distribuição das ações horizontais referentes ao vento .....	21
Figura 2 - Tipos de ruptura por ações horizontais .....	22
Figura 3 - Peso próprio para alvenaria .....	23
Figura 4 – Revestimento.....	23
Figura 5 - Cargas acidentais.....	24
Figura 6 - Cargas acidentais.....	25
Figura 7 - Parâmetros meteorológicos.....	26
Figura 8 - Valores mínimos do fator estatístico .....	26
Figura 9 - Isopleta de velocidade básica (m/s) .....	27
Figura 10 - Direção do vento .....	27
Figura 11 - Argamassamento dos cordões laterais de um bloco de concreto	32
Figura 12 - Exemplo da divisão de trechos.....	35
Figura 13 - Resumo das normas .....	38
Figura 14 - Planta de primeira fiada do pavimento tipo - Edifício A - Lado A.	42
Figura 15 - Planta de primeira fiada do pavimento tipo - Edifício A - Lado B.	43
Figura 16 - Esquema de armaduras do 1º ao 8º pavimento - Edifício A - Lado B.....	44
Figura 17 - Nomenclatura das paredes na direção x e y - Edifício A - Lado B .....	45
Figura 18 - Planta de primeira fiada do pavimento tipo - Edifício B .....	49
Figura 19 - Esquema de armaduras do 3º pavimento - Edifício B .....	50
Figura 20 - Esquema de armaduras do 7º pavimento - Edifício B .....	51
Figura 21 - Nomenclatura das paredes na direção x e y - Edifício B .....	52
Figura 22 - Planta de primeira fiada do pavimento tipo - Edifício C .....	56
Figura 23 - Esquema de armaduras do 2º pavimento - Edifício C .....	57
Figura 24 - Esquema de armaduras do 6º pavimento - Edifício C .....	58
Figura 25 - Esquema de armaduras do 10º pavimento - Edifício C .....	59
Figura 26 - Nomenclatura das paredes na direção x e y - Edifício C.....	60
Figura 27 – Primeira fiada e detalhamento da parede 31Y .....	62
Figura 28 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 7º pavimento.....	72
Figura 29 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT	

NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 7º pavimento.....	72
Figura 30 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT	
NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 4º pavimento.....	72
Figura 31 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT	
NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 4º pavimento.....	73
Figura 32 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT	
NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 1º pavimento.....	73
Figura 33 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT	
NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 1º pavimento.....	73
Figura 34 - Comparativo da máxima força cortante para o 7º pavimento – Paredes em Y .....	74
Figura 35 - Comparativo da máxima força cortante para o 7º pavimento – Paredes em X .....	75
Figura 36 - Comparativo da máxima força cortante para o 4º pavimento – Paredes em Y .....	75
Figura 37 - Comparativo da máxima força cortante para o 4º pavimento – Paredes em X .....	75
Figura 38 - Comparativo da máxima força cortante para o 1º pavimento – Paredes em Y .....	76
Figura 39 - Comparativo da máxima força cortante para o 1º pavimento – Paredes em X .....	76
Figura 40 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 7º pavimento .....	77
Figura 41 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 7º pavimento .....	77
Figura 42 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 4º pavimento .....	78
Figura 43 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 4º pavimento .....	78
Figura 44 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 1º pavimento .....	78
Figura 45 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 1º pavimento .....	79
Figura 46 - Comparativo da 1ª Proposta e 2ª Proposta para todos os	

pavimentos - Paredes em Y .....	79
Figura 47 - Comparativo da 1ª Proposta e 2ª Proposta para todos os pavimentos - Paredes em X .....	80
Figura 48 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 15º pavimento .....	81
Figura 49 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 15º pavimento .....	81
Figura 50 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 7º pavimento .....	82
Figura 51 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 7º pavimento .....	82
Figura 52 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 3º pavimento .....	82
Figura 53 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 3º pavimento .....	83
Figura 54 - Comparativo da máxima força cortante para o 15º pavimento – Paredes em Y .....	83
Figura 55 - Comparativo da máxima força cortante para o 15º pavimento – Paredes em X .....	84
Figura 56 - Comparativo da máxima força cortante para o 7º pavimento – Paredes em Y .....	84
Figura 57 - Comparativo da máxima força cortante para o 7º pavimento – Paredes em X .....	84
Figura 58 - Comparativo da máxima força cortante para o 3º pavimento – Paredes em Y .....	85
Figura 59 - Comparativo da máxima força cortante para o 3º pavimento – Paredes em X .....	85
Figura 60 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 15º pavimento .....	86
Figura 61 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 15º pavimento .....	86
Figura 62 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 7º pavimento .....	87
Figura 63 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR	

16868-1:2020 - Paredes em X - 7º pavimento .....	87
Figura 64 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR	
16868-1:2020 - Paredes em Y - 3º pavimento .....	87
Figura 65 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR	
16868-1:2020 - Paredes em X - 3º pavimento .....	88
Figura 66 - Comparativo da 1ª Proposta e 2ª Proposta para todos os	
pavimentos - Paredes em Y .....	88
Figura 67 - Comparativo da 1ª Proposta e 2ª Proposta para todos os	
pavimentos - Paredes em Y .....	89
Figura 68 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT	
NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 10º pavimento.....	90
Figura 69 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT	
NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 10º pavimento.....	90
Figura 70 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT	
NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 6º pavimento.....	90
Figura 71 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT	
NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 6º pavimento.....	91
Figura 72 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT	
NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 2º pavimento.....	91
Figura 73 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT	
NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 2º pavimento.....	91
Figura 74 - Comparativo da máxima força cortante para o 10º pavimento –	
Paredes em Y .....	92
Figura 75 - Comparativo da máxima força cortante para o 10º pavimento –	
Paredes em X .....	92
Figura 76 - Comparativo da máxima força cortante para o 6º pavimento –	
Paredes em Y .....	93
Figura 77 - Comparativo da máxima força cortante para o 6º pavimento –	
Paredes em X .....	93
Figura 78 - Comparativo da máxima força cortante para o 2º pavimento –	
Paredes em Y .....	93
Figura 79 - Comparativo da máxima força cortante para o 2º pavimento –	
Paredes em X .....	94
Figura 80 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR	

16868-1:2020 - Paredes em Y - 10º pavimento .....	94
Figura 81 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR	
16868-1:2020 - Paredes em X - 10º pavimento .....	95
Figura 82 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR	
16868-1:2020 - Paredes em Y - 6º pavimento .....	95
Figura 83 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR	
16868-1:2020 - Paredes em X - 6º pavimento .....	95
Figura 84 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR	
16868-1:2020 - Paredes em Y - 3º pavimento .....	96
Figura 85- Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR	
16868-1:2020 - Paredes em X - 3º pavimento .....	96
Figura 86 - Comparativo da 1ª Proposta e 2ª Proposta para todos os	
pavimentos - Paredes em Y .....	97
Figura 87 - Comparativo da 1ª Proposta e 2ª Proposta para todos os	
pavimentos - Paredes em X .....	97

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	17
1.2	OBJETIVO GERAL .....	18
1.2.1	Objetivos específicos .....	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
2.1	ALVENARIA ESTRUTURAL.....	19
2.1.1	Ações horizontais .....	20
2.1.2	Contraventamento.....	21
2.1.3	Ações verticais .....	22
2.1.4	Vento e desaprumo .....	25
2.1.5	Cisalhamento .....	28
2.1.6	Dimensionamento ao cisalhamento .....	28
2.1.6.1	Parâmetros de cálculo .....	29
2.1.6.2	Escorregamento de junta .....	29
2.2	NORMAS TÉCNICAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL .....	31
2.3	EUROCODE 6 – EN 1996-1-1:2005.....	31
2.4	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 16868-1 - 2020 .....	33
2.5	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO	34
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS EDIFÍCIOS REAIS ESTUDADOS .....</b>	<b>39</b>
4.1	EDIFÍCIO A .....	39
4.2	EDIFÍCIO B .....	46
4.3	EDIFÍCIO C.....	53
<b>5</b>	<b>DIMENSIONAMENTO .....</b>	<b>61</b>
5.1	ABNT NBR 2020 .....	63
5.1.1	RESISTÊNCIA INICIAL.....	63
5.1.2	Área bruta.....	63
5.1.3	Tensão de pré-compressão .....	63
5.1.4	RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA.....	63
5.1.5	FORÇA CORTANTE MÁXIMA.....	63
5.2	EUROCODE .....	63
5.2.1	RESISTÊNCIA INICIAL.....	63
5.2.2	Área argamassa .....	64
5.2.3	Tensão de pré-compressão .....	64
5.2.4	RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA .....	64

5.2.5	RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA GRAUTEADA.....	64
5.2.6	FORÇA CORTANTE MÁXIMA.....	64
5.3	ABNT NBR PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO 1 .....	64
5.3.1	RESISTÊNCIA INICIAL.....	64
5.3.2	Área bruta.....	65
5.3.3	Tensão de pré-compressão .....	65
5.3.4	Área não grauteada.....	65
5.3.4.1	Resistência característica.....	65
5.3.4.2	Força cortante máxima .....	65
5.3.5	Área com armação, 1ª proposta.....	65
5.3.5.1	Resistência característica grauteada .....	65
5.3.5.2	Força cortante máxima .....	66
5.3.6	FORÇA CORTANTE MÁXIMA TOTAL .....	66
5.4	ABNT NBR PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO 2 .....	66
5.4.1	RESISTÊNCIA INICIAL.....	66
5.4.2	Área bruta.....	66
5.4.3	Tensão de pré-compressão .....	66
5.4.4	Área não grauteada.....	66
5.4.4.1	Resistência característica.....	66
5.4.4.2	Força cortante máxima .....	67
5.4.5	Área com armação, 2ª proposta.....	67
5.4.5.1	Resistência característica grauteada .....	67
5.4.5.2	Força cortante máxima .....	67
5.4.6	FORÇA CORTANTE MÁXIMA TOTAL .....	67
5.5	RESUMO.....	67
<b>6</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>69</b>
<b>7</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>70</b>
7.1	COMPARAÇÃO ENTRE OS NORMAS UTILIZADAS .....	70
7.1.1	Edifício A .....	70
7.1.1.1	Grauteamento.....	71
7.1.1.2	Máxima força cortante .....	74
7.1.1.3	Comparação entre as propostas.....	76
7.1.2	Edifício B .....	80
7.1.2.1	Grauteamento.....	80
7.1.2.2	Máxima força cortante .....	83
7.1.2.3	Comparação entre as propostas.....	85
7.1.3	Edifício C .....	89
7.1.3.1	Grauteamento.....	89
7.1.3.2	Máxima força cortante .....	92

7.1.3.3	Comparação entre as propostas.....	94
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>98</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>100</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento exponencial das cidades tem impulsionado a busca por sistemas construtivos que combinem eficiência técnica, econômica e rapidez na execução. Nesse cenário, a alvenaria estrutural se destaca entre as construtoras. Esse sistema, além de sua simplicidade de execução, apresenta vantagens como redução do tempo de obra e desperdícios de materiais. No entanto, o comportamento estrutural da alvenaria, principalmente sob ações horizontais como vento e desaprumo, demanda estudos detalhados, considerando que as paredes atuam como elementos de contraventamento.

A ABNT NBR 16868:2020 estabelece critérios que regulamentam o dimensionamento e a verificação da capacidade de cisalhamento em elementos de alvenaria, desempenhando um papel fundamental na garantia da segurança do sistema. Esses critérios abrangem aspectos como as propriedades dos materiais (blocos e argamassas), métodos de cálculo e limites de segurança, fornecendo diretrizes essenciais para projetos seguros

Este trabalho tem como objetivo analisar dados reais por meio de uma abordagem integrada, que inclui revisão bibliográfica, comparação de formulações e análise de variáveis que influenciam a resistência ao cisalhamento das paredes de alvenaria. A partir dessa análise pretende-se verificar os dimensionamentos de paredes de alvenaria em três estudos de caso de edifícios, considerando os critérios de diferentes normas e um proposto a partir da revisão. Nesse contexto, busca-se não apenas contribuir para o avanço técnico na área, mas também oferecer subsídios para a aplicação prática na engenharia civil, alinhando as soluções ao contínuo crescimento do setor e às demandas.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

O estudo do cisalhamento em alvenaria estrutural é fundamental diante da crescente demanda por edificações mais altas e eficientes, que requerem desempenho estrutural seguro e confiável. No cenário atual da construção civil, esse sistema construtivo tem se destacado em projetos de habitação popular e edificações de médio porte, consolidando-se como uma escolha entre construtoras. Dessa forma,

a possibilidade de evolução na análise da estrutura de forma segura e econômica representa uma contribuição significativa para engenheiros projetistas que buscam desenvolver projetos eficazes.

Outro aspecto relevante para a pesquisa é a abordagem no que diz respeito ao parâmetro de resistência inicial ao cisalhamento que influencia diretamente na estimativa da carga resistente ao deslizamento. Essas abordagens permitem uma maior adaptação às características reais dos materiais empregados na obra, contribuindo para estimativas mais confiáveis.

A escolha deste tema também reflete a experiência prática adquirida pelo aluno em alvenaria estrutural, reforçada por sua vivência dentro do estágio realizado em um escritório especializado neste sistema construtivo. Essa vivência prática, aliada ao embasamento teórico, permite uma abordagem aprofundada e alinhada às necessidades reais do mercado de trabalho.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é comparar formulações para a verificação do estado limite último da força cortante em Alvenaria Estrutural, considerando a atual norma ABNT NBR 16868:2020 e a literatura técnica atual.

### 1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **Verificar o cisalhamento:** analisar comparativamente resultados obtidos dos modelos estruturais.
- **Propor Melhorias à Norma Brasileira:** sugerir ajustes aos parâmetros normativos, como os coeficientes de redução e limites de resistência ao cisalhamento, novas formulações, com base em estudos comparativos.
- **Apoiar Práticas de Engenharia:** fornecer subsídios técnicos que possam auxiliar engenheiros e projetistas na concepção de estruturas seguras e economicamente viáveis, promovendo a adoção de soluções mais precisas e eficientes no dimensionamento em alvenaria estrutural.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo onde as próprias paredes da edificação têm a função de suportar as cargas da estrutura, ou seja, elas não servem apenas para vedar os ambientes, mas também funcionam como elementos estruturais. Essas paredes são feitas com blocos cerâmicos ou de concreto, assentados com argamassa, formando um conjunto resistente e estável. Destaca-se por apresentar vantagens, tais como, o isolamento térmico e acústico, proteção contra vento e chuva, resistência ao fogo e até impactos. Existem três tipos principais de alvenaria estrutural: a não armada, onde os reforços são mínimos e usados apenas em pontos específicos como vergas de portas e janelas; a armada, que recebe barras e telas de aço em locais estratégicos para suportar maiores esforços; e a protendida, que usa cabos tensionados para aumentar a resistência, mas que é pouco comum no Brasil por conta do custo mais alto.

Por tanto para a implementação da alvenaria, é essencial que o projeto da edificação seja pensado desde o início considerando medidas padronizadas, conhecidas como modulação, o que facilita o encaixe dos blocos e a compatibilização com os demais projetos, como instalações hidráulicas e elétricas. Também é fundamental utilizar blocos que sigam as normas técnicas e contar com uma equipe de obra bem treinada. Esse sistema é bastante aplicado em edifícios residenciais e comerciais, principalmente por construtoras que buscam uma obra mais rápida, econômica e organizada.

Nesse sentido, a importância da alvenaria estrutural está no fato de ela permitir uma construção mais racionalizada, com menos desperdício de materiais, menor custo e maior rapidez na execução. Além disso, ela está alinhada com os princípios de sustentabilidade, já que reduz entulho e promove um uso mais eficiente dos recursos. Por isso, esse sistema tem sido cada vez mais adotado em obras modernas, sendo uma alternativa muito interessante tanto do ponto de vista técnico quanto econômico (TAUIL; NESE, 2010).

### 2.1.1 AÇÕES HORIZONTAIS

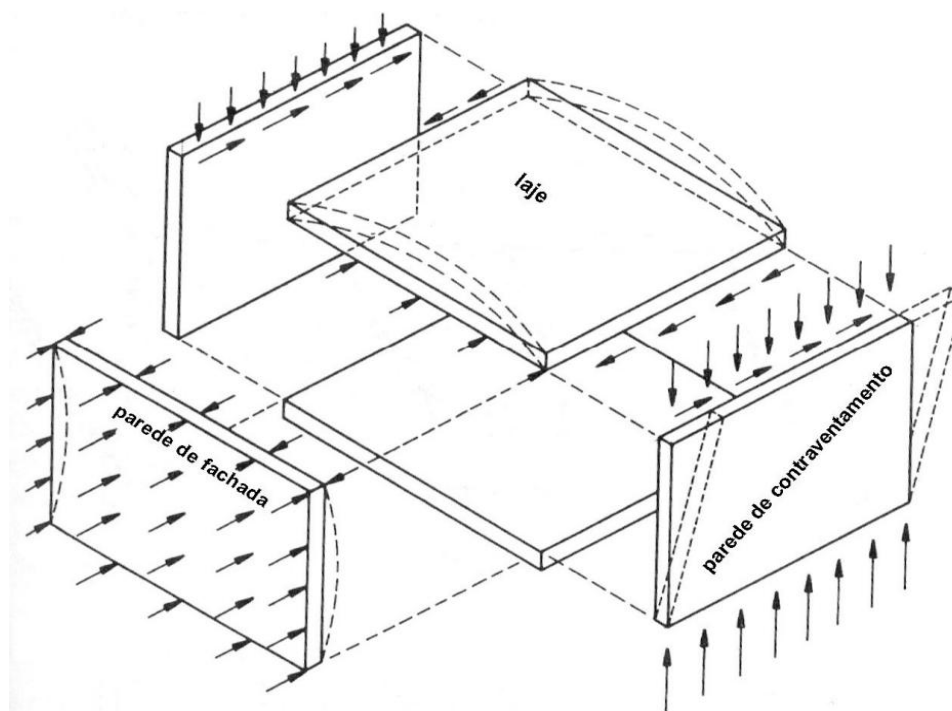
Nas edificações de alvenaria estrutural, as ações horizontais representam um fator importante na estabilidade da estrutura, principalmente em construções de maior altura. Essas ações, como o vento e os sismos, geram esforços laterais que devem ser resistidos por elementos específicos chamados elementos de contraventamento. De tal maneira, são responsáveis por manter a estabilidade global da edificação, evitando deslocamentos excessivos ou até colapsos.

Conforme Parsekian, Hamid e Drysdale (2013), estruturas altas estão mais sujeitas a deslocamentos horizontais, o que pode comprometer a estabilidade e gerar efeitos de segunda ordem, como flambagem e instabilidade lateral. Além do vento e dos terremotos, outras situações como empuxo de terra, desaprumo durante a execução e até cargas acidentais também devem ser consideradas como forças horizontais.

Entretanto, a forma como essas ações atuam e são distribuídas na estrutura depende da rigidez dos elementos, dessa forma, podemos visualizar um sistema de paredes de contraventamento resistindo à força do vento na Figura 1. Por exemplo, quando a carga horizontal atua sobre a edificação, ela pode ser distribuída proporcionalmente entre as paredes que estão alinhadas com a direção da força, dependendo da rigidez de cada uma. Ao contrário de uma planta de edificação assimétrica, onde o cálculo deve considerar o efeito da excentricidade, o que pode gerar deformações rotacionais na estrutura.

A norma brasileira ABNT NBR 16868:2020 destaca a necessidade de considerar os efeitos das ações horizontais no dimensionamento das paredes de alvenaria estrutural, propondo limites para deslocamentos e critérios para verificação da rigidez e resistência das paredes de contraventamento. Um dos princípios utilizados é a distribuição das forças horizontais em função da rigidez das paredes, entendida como o produto entre o momento de inércia e o módulo de elasticidade. Dessa forma, a força horizontal que atua sobre a edificação é dividida entre as paredes de acordo com sua capacidade de resistir, permitindo uma distribuição proporcional dos esforços e evitando concentrações críticas (PARSEKIAN; MEDEIROS, 2021).

Figura 1 - Paredes de contraventamento e a distribuição das ações horizontais referentes ao vento



Fonte: Adaptado de Hendry, Sinha e Davies, 2004

### 2.1.2 CONTRAVENTAMENTO

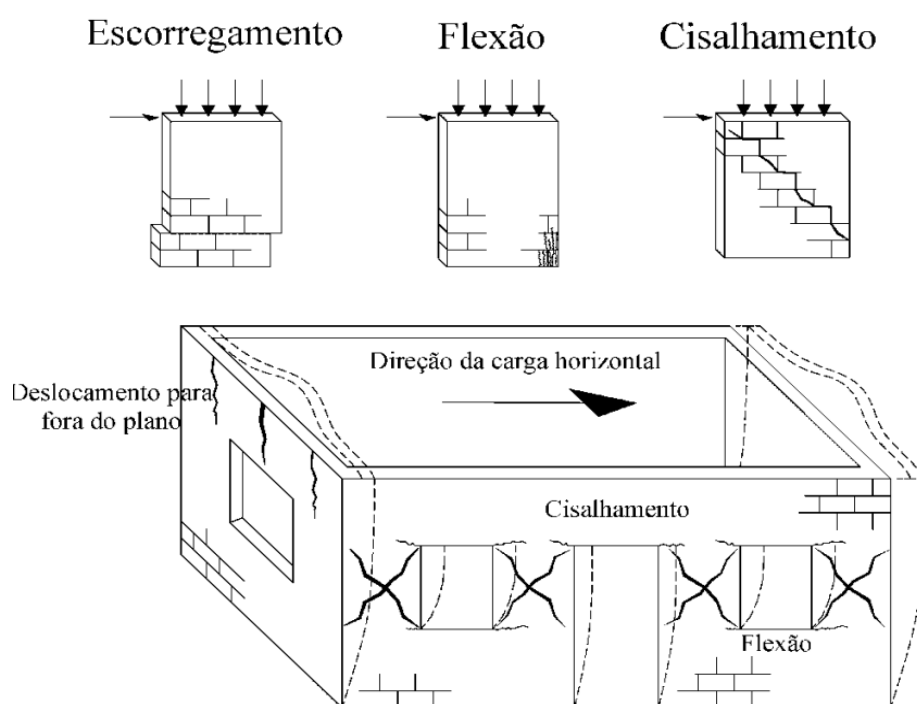
Para garantir eficiência no contraventamento, o projeto deve priorizar paredes com maior inércia na direção da carga horizontal, preferencialmente bem distribuídas na planta da edificação. Quando a disposição das paredes não é simétrica em relação ao centro de rigidez, surgem esforços de torção que exigem uma análise mais detalhada, considerando também a rotação da estrutura. Além disso, as ações horizontais podem ser representadas nos modelos estruturais como forças concentradas nas lajes ou distribuídas diretamente sobre os painéis, o que influencia diretamente na forma de dimensionamento e detalhamento dos elementos de alvenaria (PARSEKIAN, 2020).

Em primeiro plano, a definição e o detalhamento das paredes de contraventamento devem ser realizados nas fases iniciais do projeto, em conjunto com os demais elementos estruturais e complementares. Mais precisamente, é essencial garantir a continuidade na transferência dos esforços laterais entre lajes, paredes e fundações. O correto entendimento desses modelos, aliado ao respeito às limitações normativas para deslocamentos e estabilidade, é o que garante o desempenho estrutural adequado da edificação ao longo de sua vida útil (TAUIL;

NESE, 2010).

No campo da execução, a ABNT NBR 16868-2 (2020) reforça que as paredes de contraventamento devem atender aos critérios de controle de qualidade, tanto em relação aos materiais (blocos, argamassa e graute) quanto aos procedimentos de execução. Isso inclui verificações de resistência, posicionamento das armaduras, controle da execução dos grauteamentos e amarrações, o que garante que as paredes executadas correspondam ao projeto estrutural e cumpram adequadamente sua função de resistência às ações horizontais. Caso contrário, na Figura 2 observa-se os tipos principais de ruptura causados por esse efeito.

Figura 2 - Tipos de ruptura por ações horizontais



Fonte: TOMAŽEVIC, 1999 apud TINOCO, 2023

### 2.1.3 AÇÕES VERTICAIS

Para as cargas que incidem sobre a edificação devem ser considerados os seguintes efeitos: Peso próprio da laje, peso devido ao contrapiso, peso devido ao revestimento cerâmico e a carga accidental. A ABNT NBR 6120 (2019) classifica esses parâmetros como cargas permanentes, peso próprio e as cargas accidentais advindas de uso e ocupação, que conjuntamente compõem as cargas verticais.

Com a finalidade de definir o peso próprio das paredes, a norma disponibiliza dados de acordo com a tipologia da alvenaria adotada, como pode ser verificado na Figura 3.

Figura 3 - Peso próprio para alvenaria

Tabela 2 – Alvenarias				
Alvenaria	Espessura nominal do elemento cm	Peso - Espessura de revestimento por face kN/m <sup>2</sup>		
		0 cm	1 cm	2 cm
<b>ALVENARIA ESTRUTURAL</b>				
Bloco de concreto vazado (Classes A e B – ABNT NBR 6136)	14	2,0	2,3	2,7
	19	2,7	3,0	3,4
Bloco cerâmico vazado com paredes maciças (Furo vertical - ABNT NBR 15270-1)	14	2,0	2,3	2,7
Bloco cerâmico vazado com paredes vazadas (Furo vertical - ABNT NBR 15270-1)	9	1,1	1,5	1,9
	11,5	1,4	1,8	2,2
	14	1,7	2,1	2,5
	19	2,3	2,7	3,1
Tijolo cerâmico maciço (ABNT NBR 15270-1)	9	1,6	2,0	2,4
	11,5	2,1	2,5	2,9
	14	2,5	2,9	3,3
	19	3,4	3,8	4,2
Bloco sílico-calcário vazado (Classe E - ABNT NBR 14974-1)	9	1,1	1,5	1,9
	14	1,5	1,9	2,3
	19	1,9	2,3	2,7
Bloco sílico-calcário perfurado (Classes E, F e G - ABNT NBR 14974-1)	11,5	1,9	2,3	2,7
	14	2,1	2,5	2,9
	17,5	2,8	3,2	3,6

Fonte: ABNT NBR 6120, 2019

Desse modo, determina-se a carga da laje que será transmitida para as paredes. Todavia, considera-se as cargas permanentes que dependem da espessura da laje e o peso específico do concreto igual a 25kN/m<sup>3</sup>, além de ser necessário desenhar as áreas de influência que cada parede recebe. Logo, organiza-se as paredes em grupos, levando em consideração as aberturas de portas e janelas, garantindo uma distribuição uniforme das cargas nas paredes (PARSEKIAN, 2012).

Com tudo definido deve ser acrescentado a carga advinda da espessura do revestimento, cujo valor está ligado ao tipo de material e a espessura dele. Na Figura 4 pode ser visto alguns exemplos determinados pela ABNT NBR 6120 (2019).

Figura 4 – Revestimento

Material	Espessura cm	Peso kN/m <sup>2</sup>
Impermeabilização com manta asfáltica simples (apenas manta com 15 % de sobreposição e pintura asfáltica, sem camada de regularização nem proteção mecânica)	0,3	0,08
	0,4	0,10
	0,5	0,11
Piso elevado interno com placas de aço, sem revestimento (até 30 cm de altura)	–	0,5
Piso elevado interno com placas de polipropileno, sem revestimento (até 30 cm de altura)	–	0,15
Revestimentos de pisos de edifícios residenciais e comerciais ( $\gamma_{ap-m} = 20 \text{ kN/m}^3$ )	5	1,0
	7	1,4
Revestimentos de pisos de edifícios industriais ( $\gamma_{ap-m} = 34 \text{ kN/m}^3$ )	5	1,7
	7	2,4
Impermeabilizações em coberturas com manta asfáltica e proteção mecânica, sem revestimento ( $\gamma_{ap-m} = 18 \text{ kN/m}^3$ )	10	1,8
	15	2,7

NOTA Calcular caso a caso, considerando a espessura dos componentes do revestimento de pisos e seus respectivos pesos específicos. Na falta de informações mais precisas, podem ser considerados os pesos específicos médios indicados.

Fonte: ABNT NBR 6120, 2019

Em seguida, estipula-se as cargas que variam de acordo com o tipo de ocupação nas diferentes áreas da edificação. Tais como, dormitórios, sala, cozinha e sanitários, considerando maiores valores para as áreas comuns e sacadas. A Figura 5 especifica valores já tabelados.

Figura 5 - Cargas acidentais

Edifícios residenciais	Dormitórios	1,5	-
	Sala, copa, cozinha	1,5	-
	Sanitários	1,5	-
	Despensa, área de serviço e lavanderia	2	-
	Quadras esportivas	5 <sup>a</sup>	-
	Salão de festas, salão de jogos	3 <sup>a</sup>	-
	Áreas de uso comum	3 <sup>a</sup>	-
	Academia	3 <sup>a</sup>	-
	Forro acessíveis apenas para manutenção e sem estoque de materiais	0,1 <sup>a,r</sup>	-
	Sótão	2 <sup>a</sup>	-
	Corredores dentro de unidades autônomas	1,5	-
	Corredores de uso comum	3	-
	Depósitos	3	-
	Áreas técnicas (ver item nesta Tabela)		
	Jardins (ver item nesta Tabela)		

Fonte: ABNT NBR 6120, 2019

Com a definição das áreas de influência, é possível utilizar a Equação 1 e 2 para descobrir de fato o peso que cada parede irá receber.

$$Gk_{Laje} = \gamma_{concreto} \times H_{laje} \times A_{laje} + \gamma_{contrapiso} \times H_{contrapiso} \times A_{laje} + g_{2pisso} \times A_{laje}$$

**Equação 1**

$$Qk_{Total} = q \times A_{laje}$$

**Equação 2**

Onde,

$Gk_{Laje}$  → Carga devido a laje enviado para a parede [kN]

$Qk_{Total}$  → Carga acidental devido a laje enviado para a parede [kN]

$\gamma_{concreto}$  → Peso específico do concreto [kN/m<sup>3</sup>]

$H_{Laje}$  → Altura laje [m]

$A_{Laje}$  → Área de influência da laje [m<sup>2</sup>]

$\gamma_{contrapiso}$  → Peso específico contrapiso [kN/m<sup>3</sup>]

$H_{contrapiso}$  → Altura do contrapiso [m]

$g_2$  Piso → Peso que a cerâmica causa na laje [kN/m<sup>2</sup>]

$q$  → Carga acidental [kN/m<sup>2</sup>]

Por tanto, todos esses parâmetros formam o que se considera como carga de pré-compressão e que compõe o cálculo necessário para definir a resistência ao

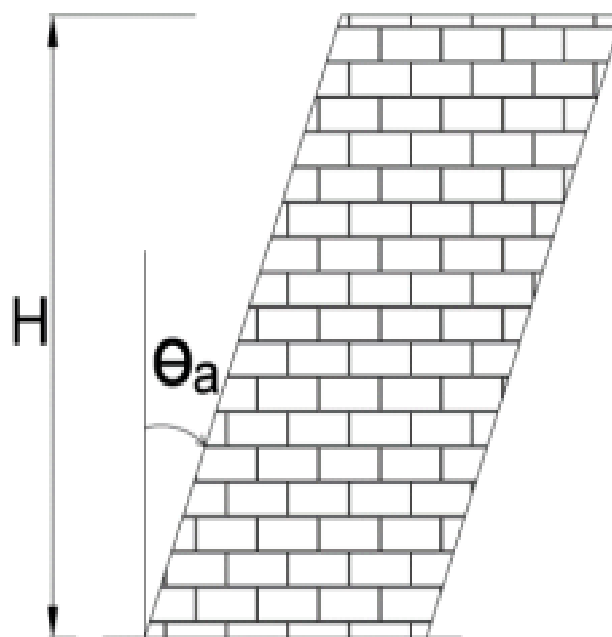
cisalhamento da argamassa (TINOCO, 2023).

#### 2.1.4 VENTO E DESAPRUMO

As ações de vento e desaprumo representam uma parte fundamental nos cálculos para a segurança e estabilidade das edificações, dessa forma, ao combinar as forças horizontais do vento com as imperfeições geométricas reais das paredes, o projetista evita subdimensionamentos que podem causar flambagem, esmagamento, fissuração e deslocamentos laterais, que comprometem a integridade estrutural.

Dessa forma, a ABNT NBR 16868-1, 2020 diz que as imperfeições geométricas globais são consideradas por meio do desaprumo global, pelo ângulo de desaprumo, tal como, a Figura 6 o representa e calculando-se utilizando o menor valor encontrado pelas Equações 3 e 4.

Figura 6 - Cargas acidentais



Fonte: ABNT NBR 16868-1, 2020

$$\theta \leq \left\{ \frac{1}{\frac{40 \times H}{100 \times \sqrt{H}}} \right\}$$

**Equação 3**

$$F = (G_k + Q_k) \times \theta$$

**Equação 4**

Onde,

$\theta$ : Ângulo de desaprumo

H: Altura total da edificação, expressa em metros (m)

Para o cálculo do efeito do vento é necessário analisar a sua intensidade, direção e sentido de acordo com a região onde será feita a implantação do edifício.

Assim, na ABNT NBR 6123 (1988) determina-se os parâmetros por fator topográfico ( $S_1$ ), rugosidade do terreno e fator estatístico.

O fator  $S_2$ , por rugosidade, obedece a critérios determinados pela Figura 7 da norma ABNT NBR 6123 (1988) e calculados pela Equação 5.

$$S_2 = b \times fr \times \left(\frac{z}{10}\right)^p \quad \text{Equação 5}$$

Figura 7 - Parâmetros meteorológicos

Categoria	$z_p$ (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	b	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b	1,00	1,00	1,00
		$F_r$	1,00	0,98	0,95
		p	0,085	0,09	0,10
III	350	b	0,94	0,94	0,93
		p	0,10	0,105	0,115
IV	420	b	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Fonte: ABNT NBR 6123, 1988

Por outro lado, o fator  $S_3$  considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação. Por se tratar de um fato estatístico o seu valor determina-se pela Figura 8 (Tabela 3) da norma.

Figura 8 - Valores mínimos do fator estatístico

Grupo	Descrição	$S_3$
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83

Fonte: ABNT NBR 6123, 1988

E o cálculo da velocidade característica  $V_k$  calcula-se segundo a equação

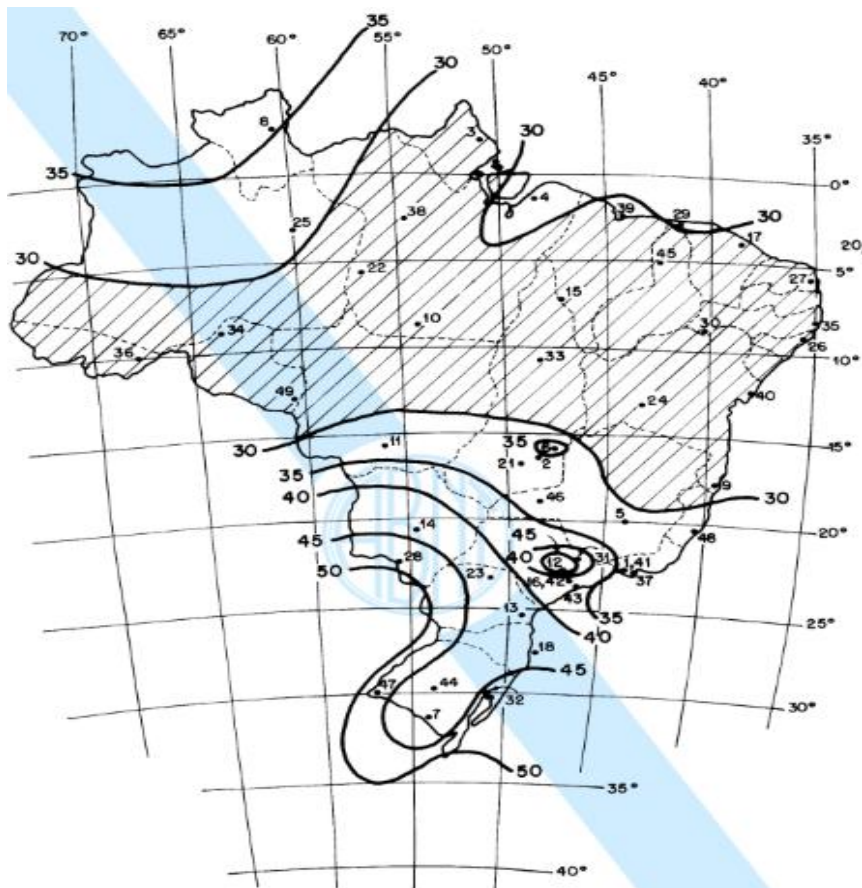
abaixo:

$$V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$$

**Equação 6**

Onde, a velocidade básica pode variar de acordo com a localização da edificação e é definida seguindo a Figura 9.

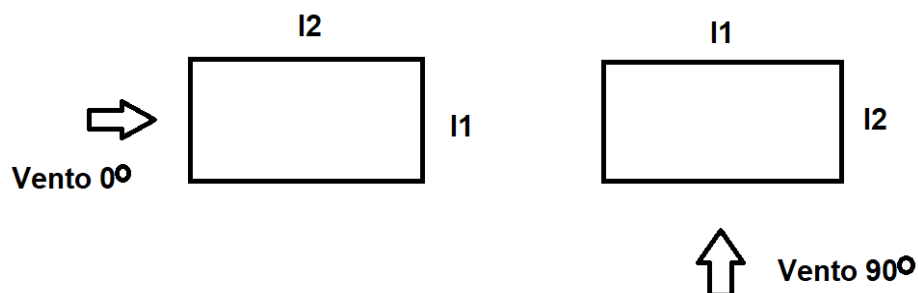
Figura 9 - Isopleta de velocidade básica (m/s)



Fonte: ABNT NBR 6123, 1988

Dessa forma, o cálculo da pressão estática do vento obedece às orientações apresentadas na Figura 10.

Figura 10 - Direção do vento



Fonte: Autoria própria, 2025

### 2.1.5 CISALHAMENTO

O estudo do cisalhamento em alvenaria estrutural é essencial para garantir a segurança e o desempenho de edifícios sujeitos a esforços horizontais. Dessa forma, o cisalhamento representa a capacidade das paredes de resistir a forças que atuam de maneira paralela ao plano das mesmas, sendo importante em paredes de contraventamento. Assim, sendo responsáveis pela estabilização global das edificações, estas estruturas contribuem para o controle de deslocamentos laterais e garantem o equilíbrio do sistema. (PARSEKIAN; MEDEIROS, 2021; TINOCO, 2023).

O conceito de cisalhamento está relacionado à resistência ao corte entre os blocos que compõem a alvenaria estrutural. Segundo Parsekian e Medeiros (2021), a resistência ao cisalhamento é direcionada por dois mecanismos principais: a resistência da argamassa à tração diagonal e o escorregamento ao longo das juntas horizontais, onde o atrito desempenha um papel significativo. Esses mecanismos ainda recebem influência da qualidade de execução e do tipo de carregamento aplicado.

Tinoco (2023), complementa que o comportamento ao cisalhamento recebe influência entre os componentes das paredes, tais como, a combinação de blocos grauteados e não grauteados, da mesma maneira que a configuração estrutural entre as aberturas. Estudos paramétricos realizados pelo autor mostram que o grauteamento parcial nas extremidades das paredes aumenta a resistência ao cisalhamento, devido à redistribuição de tensões, que minimiza concentrações em regiões críticas.

### 2.1.6 DIMENSIONAMENTO AO CISALHAMENTO

O dimensionamento ao cisalhamento em alvenaria estrutural é regido por diretrizes que podem ser verificadas na ABNT NBR 16868-1, que define os procedimentos de cálculo e os fatores de segurança aplicáveis. Segundo a norma, a resistência ao cisalhamento de uma parede é determinada considerando a interação entre três fatores principais: a resistência à tração diagonal, o escorregamento ao longo das juntas horizontais e a contribuição de elementos estruturais adicionais, como grauteamento e armaduras.

### 2.1.6.1 Parâmetros de cálculo

Parsekian e Medeiros (2021) destacam que o dimensionamento ao cisalhamento requer a definição precisa de parâmetros, tais como:

- **Fator de resistência da argamassa ( $\tau_0$ ):** relacionado à coesão entre os componentes de alvenaria.
- **Coefficiente de atrito ( $\mu$ ):** essencial para considerar o escorregamento ao longo das juntas horizontais.
- **Tensão de compressão pré-existente ( $\sigma_n$ ):** resultante de carregamentos verticais que aumentam a capacidade de cisalhamento.

Além disso, a ABNT NBR 16868-1 recomenda verificar os modos de falha mais prováveis, como ruptura por tração diagonal ou escorregamento. Nesse sentido, estas condições devem ser avaliadas para diferentes tipos de vinculações nas extremidades consideradas, incluindo variações no grauteamento e existências ou não de armadura.

### 2.1.6.2 Escorregamento de junta

O escorregamento da junta é um dos modos de falha que pode ocorrer em alvenarias estruturais quando submetidas a esforços horizontais significativos, como cisalhamento decorrente de ações de vento ou sismos. Por certo, esse fenômeno ocorre quando as tensões de cisalhamento superam a resistência da argamassa ou a aderência entre a argamassa e os blocos, provocando o deslizamento entre os blocos ao longo das juntas horizontais. Esse tipo de falha está relacionado à perda de aderência e à falta de confinamento adequado, podendo comprometer a integridade estrutural da parede se não for devidamente controlado no projeto e na execução.

Eventualmente, o escorregamento pode ser evitado através da adoção de juntas com adequada rugosidade, uso de argamassas com resistência ao cisalhamento apropriada e inserção de armaduras de ligação entre os blocos, especialmente em regiões sujeitas a ações sísmicas ou elevadas cargas laterais. De acordo com Tinoco, Medeiros e Parsekian (2025), o deslizamento é especialmente relevante em estruturas não grauteadas ou com grauteamento parcial, onde a capacidade de aderência entre os blocos e a argamassa pode ser mais limitada. Outro

fator determinante é o nível de pré-compressão axial aplicado à parede.

O estudo mostra que mesmo baixos níveis de compressão vertical (como 5% da capacidade axial) já influenciam significativamente a resistência ao deslizamento, aumentando a fricção entre os elementos e contribuindo para evitar a falha prematura. De acordo com Tinoco, Medeiros e Parsekian (2025), a ocorrência do deslizamento está fortemente associada à qualidade da argamassa utilizada, à ausência de grauteamento vertical e horizontal, ao nível de compressão axial aplicado à parede e à presença de armaduras de reforço.

Todavia destaca que, em simulações numéricas realizadas por meio de modelagem por elementos finitos, a falha por deslizamento foi observada predominantemente em situações em que o nível de pré-compressão vertical era reduzido. Nessas condições, a interface entre blocos e argamassa se torna o ponto crítico para a propagação de fissuras horizontais e consequente perda da integridade estrutural.

Do ponto de vista normativo, observa-se que a norma brasileira ABNT NBR 16868-1 não diferencia explicitamente os modos de ruptura por cisalhamento, tratando o deslizamento e o cisalhamento diagonal de forma unificada. Em contraste, normas internacionais como a EN 1996-1-1 (Eurocode 6) estabelecem equações distintas para cada modo de falha, permitindo avaliações mais precisas da capacidade resistente da alvenaria. Essa diferenciação é essencial, uma vez que o comportamento estrutural frente às cargas laterais pode variar substancialmente conforme o tipo de falha predominante.

Adicionalmente, os autores defendem que o cálculo da resistência ao cisalhamento nas normas técnicas deve considerar a área líquida da seção transversal da parede, especialmente em trechos não grauteados. A adoção da área bruta, como ainda é feita pela norma brasileira, pode resultar em superestimativas significativas da resistência, comprometendo a segurança estrutural. O estudo também propõe a inclusão do efeito de cavilha das armaduras verticais na avaliação da resistência ao deslizamento, o que já é contemplado por normas estrangeiras e pode representar uma contribuição relevante para o comportamento da parede, especialmente em sistemas reforçados.

Portanto, a análise do deslizamento nas juntas horizontais de alvenaria destaca a importância da diferenciação dos modos de falha nas normas técnicas, bem como da adoção de critérios de cálculo mais representativos das condições reais de

projeto.

## 2.2 NORMAS TÉCNICAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

As normas cumprem a principal função de garantir os critérios mínimos de segurança, durabilidade e desempenho, padronizando os procedimentos de dimensionamento, execução e controle de qualidade. Dentro da alvenaria estrutural a diversidade de normas proporciona maneiras de equacionar os valores resistentes e os modos de falhas da estrutura.

No caso específico da alvenaria estrutural, os blocos são utilizados como elementos que fazem parte da estrutura resistente da edificação que exige cuidados técnicos específicos, tanto no projeto quanto na execução. Como esse sistema envolve diferentes tipos de materiais e solicitações mecânicas, é necessário que os projetistas sigam critérios bem definidos para garantir a estabilidade e a funcionalidade da estrutura. É nesse contexto que as normas técnicas se tornam indispensáveis, oferecendo orientações claras sobre como utilizar os materiais corretamente, como calcular os esforços e como garantir a segurança da construção.

Este capítulo tem como objetivo apresentar e discutir algumas das principais normas técnicas aplicadas à alvenaria estrutural, com ênfase na ABNT NBR 16868 (Brasil), na Eurocode 6 (Europa) e na proposta de atualização da ABNT NBR 16868 (Brasil). A proposta é compreender o processo de desenvolvimento dessas normas, analisar suas diretrizes fundamentais e destacar sua relevância para a prática profissional na engenharia civil. Além disso, busca-se estabelecer uma comparação entre os diferentes contextos normativos, permitindo identificar semelhanças, particularidades e contribuições de cada uma para o avanço e a padronização do sistema construtivo em alvenaria estrutural.

### 2.3 Eurocode 6 – EN 1996-1-1:2005

A Eurocode 6 – EN 1996-1-1:2005, tem como objetivo unificar os critérios de projeto estrutural de alvenaria em todos os países da União Europeia. Dessa forma, faz parte do conjunto de normas dos Eurocódigos, que buscam padronizar as metodologias de cálculo e dimensionamento estrutural em diversos materiais e sistemas construtivos. Com tudo, para o presente trabalho destaca-se uma parte específica da norma, a 1-1, isto é, por se tratar dos princípios gerais e das regras de

aplicação para estruturas de alvenaria, abrangendo tópicos como segurança, resistência, durabilidade e estabilidade das construções.

A criação dessa norma surgiu da necessidade de reunir boas práticas, dados experimentais e diretrizes teóricas, buscando criar uma referência confiável e aplicável em todo o território europeu. Logo, isso permitiu maior integração entre os profissionais da engenharia e arquitetura, além de facilitar a aceitação de materiais e sistemas construtivos entre os diferentes países da comunidade europeia.

Para a verificação da falha por cisalhamento utiliza-se de acordo com a EN 1996-1-1 (2005) a seguinte Equação 7:

$$f_{vk} = \frac{g}{t} \times f_{vk0} + \mu_f \times \sigma_d \quad \text{Equação 7}$$

Onde,

$f_{vk0}$ : resistência prévia da argamassa de assentamento (Tabela 1)

$g$ : somatória dos cordões laterais da área efetiva de um bloco (Figura 11) e pode ser

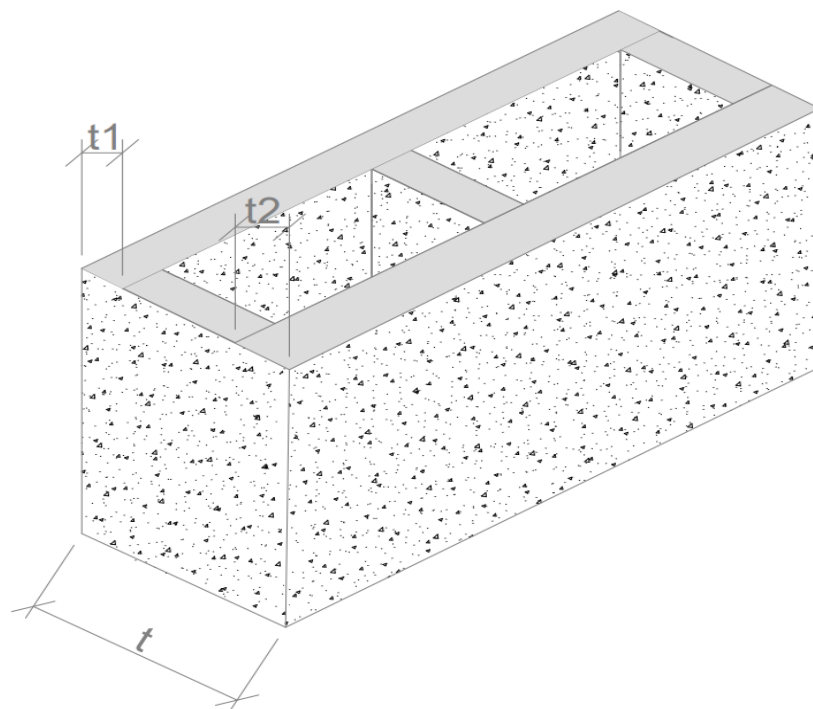
definida pela seguinte equação  $g = \frac{t_1 + t_2}{t}$

$t$ : largura do bloco (Figura 11)

$\mu_f$ : coeficiente de atrito

$\sigma_d$ : pré – adensamento

Figura 11 - Argamassamento dos cordões laterais de um bloco de concreto



Fonte: Autoria própria, 2025

Tabela 1 - Valores para a resistência ao cisalhamento inicial da argamassa de assentamento

Unidade de Alvenaria	Argamassa de uso geral de acordo com a classe		Argamassa de camada fina	Argamassa leve
	$f_a$	$f_{vk0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{vk0}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{vk0}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Cerâmico	M10 - M20	0,30	0,3	0,15
	M2,5 - M9	0,20		
	M1 - M2	0,10		
Silicato de cálcio	M10 - M20	0,20	0,04	0,15
	M2,5 - M9	0,15		
	M1 - M2	0,10		
Concreto com agregados, concreto celular autoclavado, pedra industrializada e pedra natural	M10 - M20	0,20	0,3	0,15
	M2,5 - M9	0,15		
	M1 - M2	0,10		

Fonte: Adaptado de EN 1996-1-1, 2005.

Entre tanto, para regiões totalmente grauteadas pode-se admitir  $f_{vk0} = 0,35$  MPa.

Logo, para a definição da máxima força cortante, a formulação do Eurocode dispõe da Equação 8, onde considera-se a espessura dos cordões laterais que são paralelos à direção do esforço ( $t$ ) e o comprimento efetivo da região resistente ( $l$ ). Esse valor é reduzido pelos fatores de ponderação de segurança ( $\gamma_m$ ) e ( $\gamma_f$ ).

$$V_{rd} = \frac{f_{vk} \times t \times l}{\gamma_m \times \gamma_f} \quad \text{Equação 8}$$

Assim, a norma considera a ruptura por escorregamento de junta no dimensionamento da alvenaria estrutural e dispõe da alteração no que diz respeito ao valor do coeficiente de atrito quando analisado uma ruptura por escorregamento das juntas horizontais, podendo substituir o valor de 0,4 para 0,6 no cálculo da tensão.

#### 2.4 Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 16868-1 - 2020

A ABNT NBR 16868-1, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especifica a resistência característica ao cisalhamento guiado pela resistência média da compressão da argamassa ( $f_a$ ). A resistência depende da tensão

devido carga permanente da parede e segue o critério de ruptura de Mohr-Coulomb (Equação 12). Os valores podem ser identificados na Tabela 2.

$$\tau = \tau_0 + \mu\sigma$$

**Equação 12**

Tabela 2 - Valores característicos da resistência ao cisalhamento em juntas horizontais de paredes

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

$\sigma$  é a tensão normal de pré-compressão na junta, considerando-se apenas as ações permanentes ponderadas por coeficiente igual a 0,9 (ação favorável).

Fonte: ABNT NBR 16868-1, 2020

A fim de calcular a resistência do cisalhamento, a ABNT NBR dispõe da Equação 13, onde os parâmetros relevantes são a área bruta da parede multiplicada pelo  $f_{vk}$ , dado de acordo com a resistência da argamassa e dividido pelos coeficientes de ponderação da resistência, onde  $\gamma_m = 2,0$ .

$$V_{rd} = \frac{f_{vk} \times A_h}{\gamma_m}$$

**Equação 13**

## 2.5 Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 16868-1 - Proposta de Atualização

A atualização normativa proposta busca aprimorar a confiabilidade dos métodos de dimensionamento, harmonizar critérios com padrões internacionais, como o Eurocódigo 6, e assegurar que as estruturas de alvenaria atendam às demandas atuais de segurança, durabilidade e desempenho. Na tabela 3, destaca-se o parâmetro  $g$ , que representa um coeficiente dependente diretamente da disponibilidade de graute ou não dentro da parede.

Tabela 3 - Valores característicos da resistência ao cisalhamento em juntas horizontais de paredes

Resistência média à compressão de argamassa	$f_{vk}$ (MPa)
Entre 1,5 e 3,4 MPa	$g \times 0,10 + 0,5 \sigma \leq 1,0$
Entre 3,5 e 7,0 MPa	$g \times 0,15 + 0,5 \sigma \leq 1,4$

Resistência média à compressão de argamassa	$f_{vk}$ (MPa)
Acima de 7,0 MPa	$g \times 0,35 + 0,5 \sigma \leq 1,7$

$\sigma$  é a tensão normal de pré-compressão na junta, considerando-se apenas as ações permanentes ponderadas por coeficiente igual a 0,9 (ação favorável).

$g$  é igual a 1,0 para trecho grauteado, ou, igual a soma das espessuras das paredes longitudinais do bloco dividida pela espessura total do bloco para trecho não grauteado.

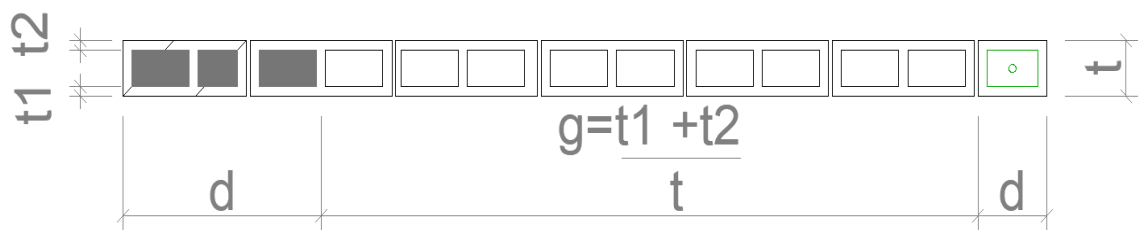
Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16868-1, 2020

Neste contexto, a atualização da ABNT NBR 16868 estabelece que o valor final da resistência ao cisalhamento deve ser obtido pela soma das contribuições dos trechos não grauteados e dos trechos grauteados com armadura. Para isso, é necessário delimitar a área de atuação de cada segmento, conforme ilustrado na Figura 12, e aplicar nas expressões correspondentes: a Equação 14 para as áreas não grauteadas e a Equação 15 para as áreas grauteadas.

Além disso, foi proposta uma revisão na equação relacionada às áreas grauteadas, substituindo-se o coeficiente 17,5 pelo valor 40, conforme apresentado na Equação 16. O coeficiente 17,5 já integra a normativa vigente, sendo aplicado aos casos de alvenaria submetida à flexão, na presença de armaduras dispostas perpendicularmente ao plano e envolvidas por graute. Assim, a segunda proposta fundamenta-se na adoção do coeficiente 40, conforme estabelecido pela ABNT NBR 6118.

No que se refere à Equação 17, destaca-se a variável  $\rho$ , que representa a taxa de armadura. Essa taxa corresponde à razão entre a área de aço da seção determinada pelo número e diâmetro das barras, e a área de atuação, conforme descrito na Equação 17.

Figura 12 - Exemplo da divisão de trechos



Fonte: Autoria própria, 2025

$$f_{vk} = \left(\frac{t_1+t_2}{t}\right)f_{vk0} + 0,5\sigma \text{ MPa}$$

**Equação 14**

$$f_{vk}^* = f_{vk0} + 17,5\rho + 0,5\sigma \text{ MPa} \quad \text{Equação 15}$$

$$f_{vk}^* = f_{vk0} + 40\rho + 0,5\sigma \text{ MPa} \quad \text{Equação 16}$$

$$\rho = \frac{A_s}{d \times t} \quad \text{Equação 17}$$

Por fim, o valor final da máxima força cortante se define pela seguinte resolução:

$$V_{rd} = (f_{vk}^* \times A_{\text{n\~{a}o grauteada}}) + (f_{vk}^* \times A_{\text{armadura}}) \quad \text{Equação 18}$$

Onde,

$f_{vk0}$ : resistência prévia da argamassa de assentamento (Tabela 3)

$g$ : somatória dos cordões laterais da área efetiva de um bloco (Figura 11) e pode ser

definida pela seguinte equação  $g = \frac{t_1 + t_2}{t}$

$t$ : largura do bloco (Figura 12)

$d$ : comprimento da área grauteada (Figura 12)

$A_s$ : área da armadura

$\sigma_d$ : pré – adensamento

### 3 METODOLOGIA

Para a execução deste trabalho foram consideradas diferentes abordagens normativas, permitindo uma avaliação sistemática e comparativa da verificação ao cisalhamento e a proposição de um parâmetro adicional com vistas à melhoria dos critérios normativos. Inicialmente, foram analisados projetos estruturais de três edifícios reais em alvenaria estrutural, com alturas totais de 11, 15 e 17 pavimentos, disponibilizados pela empresa Wendler Projetos e Sistemas Estruturais. As cargas verticais de cada edifício foram calculadas pela própria empresa por meio do software TQS, com adaptações específicas para o tratamento da alvenaria estrutural.

A metodologia adotada consistiu na verificação ao cisalhamento aplicada a um conjunto de 144 paredes, com o objetivo de comparar os resultados obtidos segundo diferentes normas de dimensionamento. Para cada parede foram levantados e considerados parâmetros geométricos e materiais, tais como, altura, comprimento, espessura, tipo e resistência dos blocos, resistência da argamassa, além dos níveis de pré-compressão vertical e demais hipóteses necessárias ao cálculo da resistência ao cisalhamento.

Os procedimentos de cálculo foram implementados em planilhas eletrônicas desenvolvidas no Microsoft Excel, nas quais as fórmulas previstas em cada norma foram reproduzidas de forma sistemática e transparente. Assim, as verificações foram realizadas conforme as formulações da ABNT NBR 16868-1, do Eurocode e de duas propostas de atualização da norma, possibilitando a comparação direta entre os métodos. Durante o desenvolvimento dos cálculos, alguns parâmetros foram ajustados em função das discussões técnicas relativas às propostas de atualização, com o objetivo de representar de maneira mais fiel as premissas adotadas.

A Tabela 4 apresenta um resumo das equações e das hipóteses aplicadas ao longo do processo de verificação.

Figura 13 - Resumo das normas

Norma	Equação do valor limite da cortante
ABNT NBR 16868-1 (2020)	$V_{rk} = A_{bruta} \times f_{vk}$
ABNT NBR 16868-1 Proposta	$f_{vk} = g \times f_{vk0} + 0,5\sigma$ $g = \left(\frac{t_1+t_2}{t}\right)$ $f_{vk}^* = f_{vk0} + 17,5\rho + 0,5\sigma \text{ (1a proposta)}$ $f_{vk}^* = f_{vk0} + 40\rho + 0,5\sigma \text{ (2a proposta)}$ $V_{rk} = A_{n\grave{a}o \text{ grauteada}} \times f_{vk} + A_{grauteada} \times f_{vk}^*$
EN 1996-1-1 (2005)	$f_{vk} = g \times f_{vk0} + 0,4\sigma_d$ $f_{vk}^* = 1,0 \times f_{vk0} + 0,4\sigma_d$ $V_{rk} = A_{n\grave{a}o \text{ grauteada}} \times f_{vk} + A_{grauteada} \times f_{vk}^*$

Fonte: Autoria própria, 2025

Por fim, com os resultados destes modelos foi possível evoluir para uma abordagem comparativa apresentada em tabelas e gráficos, para uma melhor organização e análise dos resultados. A norma brasileira vigente foi base fundamental como referência para a comparação dos diferentes métodos apresentados.

Com tudo isso, pode ser apresentado uma análise crítica com discussões adequadas aos modelos adotados e as necessidades de aprimoramento das normas e diretrizes que dimensionam as estruturas em alvenaria.

## 4 DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS EDIFÍCIOS REAIS ESTUDADOS

Nos tópicos a seguir serão apresentados as tipologias adotadas e suas características. Os edifícios são projetos reais disponibilizados pela empresa Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, de Campinas/SP, para realização deste trabalho.

### 4.1 EDIFÍCIO A

Caracterizado por ser um edifício com 11 pavimentos em blocos de concreto de família 39x14, pé direito de 2,62m, dimensão em x igual a 72 m e dimensão em y igual a 11,49 m. Dessa forma, o comprimento total em X será dividido em duas partes por meio de uma junta de dilatação, sendo assim, denominadas como lado A e lado B. Logo, para a verificação do cisalhamento foram consideradas as paredes com maior comprimento e os parâmetros referentes ao 1º, 4º e 7º pavimentos. Tais como, as cargas permanentes verticais do edifício, resistência da argamassa e o esquema de ferros correspondente. Na tabela 4 pode ser visto a resistência do edifício.

Tabela 4 - Características dos materiais adotados - Edifício A

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

Fonte: Autoria própria, 2025

Também, os resultados das cargas verticais para cada uma das paredes nos pavimentos analisados podem ser vistos na Tabela 5 e Tabela 6.

Tabela 5 - Cargas verticais nas paredes em Y

Parede	L (m)	7º PAVIMENTO		4º PAVIMENTO		1º PAVIMENTO	
		Gk (KN/m)	Qk (kN/m)	Gk (KN/m)	Qk (kN/m)	Gk (KN/m)	Qk (kN/m)
1Y	5,74	47,54	10,08	76,06	16,13	104,58	22,18
3Y	2,79	79,14	16,78	126,62	26,85	174,10	36,92
4Y	7,54	72,92	15,47	116,68	24,75	160,43	34,03
7Y	5,04	79,41	16,84	127,05	26,95	174,70	37,05
8Y	6,04	107,09	22,71	171,35	36,34	235,61	49,97
10Y	2,79	73,59	15,61	117,74	24,98	161,89	34,34
11Y	2,79	66,35	14,07	106,15	22,52	145,96	30,96
12Y	2,69	99,01	21,00	158,42	33,60	217,82	46,21
13Y	2,69	114,69	24,33	183,50	38,93	252,31	53,52
14Y	5,04	81,16	17,22	129,86	27,55	178,56	37,88
15Y	5,04	80,34	17,04	128,54	27,27	176,75	37,49
16Y	2,69	99,15	21,03	158,64	33,65	218,13	46,27
17Y	2,69	99,52	21,11	159,24	33,77	218,95	46,44
18Y	2,79	73,20	15,53	117,11	24,84	161,03	34,16
19Y	2,79	73,97	15,69	118,35	25,11	162,74	34,52
20Y	4,49	81,16	17,22	129,86	27,55	178,55	37,88
21Y	4,49	85,39	18,11	136,63	28,98	187,86	39,85
22Y	2,79	73,19	15,53	117,11	24,84	161,02	34,16
25Y	2,69	98,85	20,95	158,16	33,52	217,47	46,09
26Y	2,69	105,05	22,30	168,08	35,68	231,11	49,06
27Y	5,04	79,95	16,95	127,92	27,12	175,89	37,29
28Y	5,04	79,70	16,90	127,52	27,04	175,34	37,18
30Y	1,99	82,95	17,60	132,72	28,16	182,49	38,72
31Y	1,94	83,05	17,60	132,88	28,16	182,71	38,72
33Y	5,04	87,35	18,55	139,76	29,68	192,17	40,81
34Y	5,04	87,45	18,55	139,92	29,68	192,39	40,81
35Y	1,79	106,25	22,55	170,00	36,08	233,75	49,61
36Y	2,09	74,55	15,80	119,28	25,28	164,01	34,76
37Y	2,09	76,65	16,25	122,64	26,00	168,63	35,75

Fonte: Autoria própria, 2025

Tabela 6 - Cargas verticais nas paredes em X

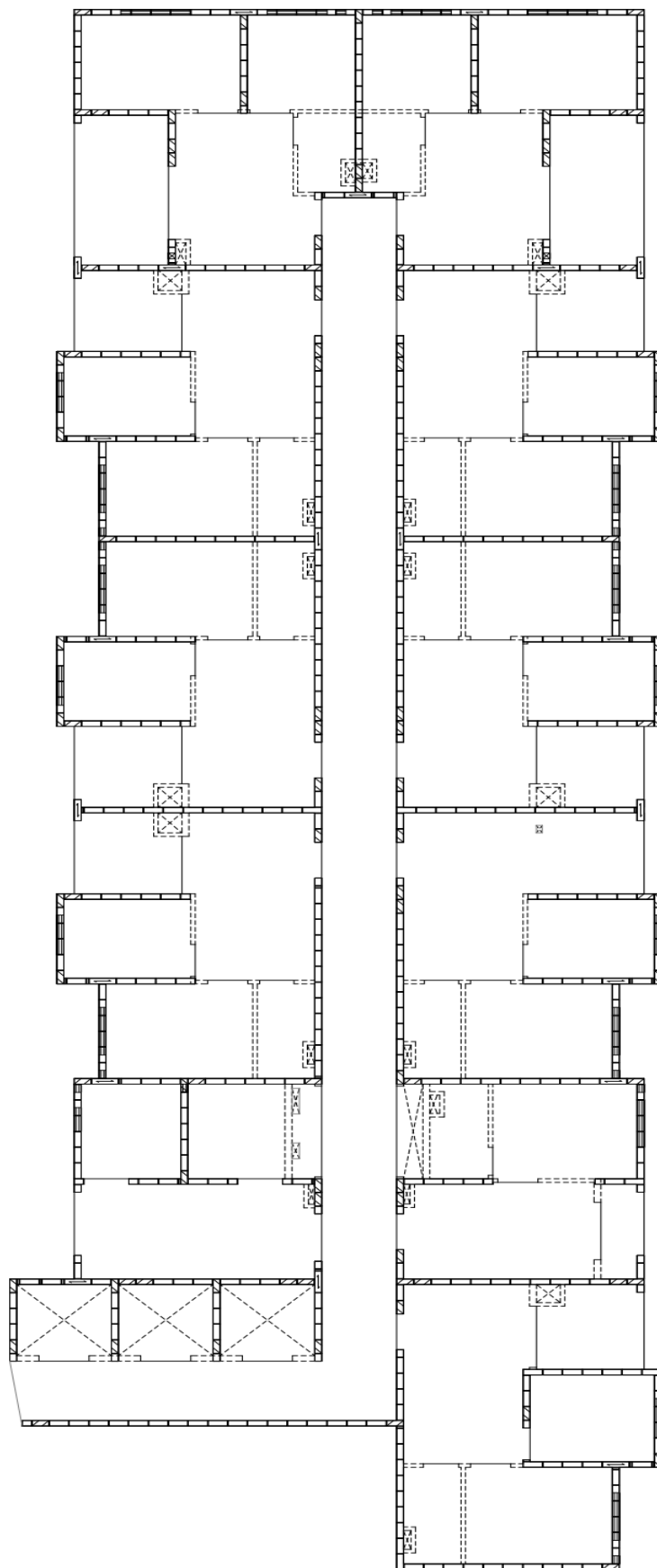
Parede	L (m)	7º PAVIMENTO		4º PAVIMENTO		1º PAVIMENTO	
		Gk (Kn/m)	Qk (kN/m)	Gk (kN/m)	Qk (kN/m)	Gk (kN/m)	Qk (kN/m)
1X	3,64	72,83	15,45	116,54	24,72	160,24	33,99
13X	2,69	67,75	14,37	108,40	22,99	149,05	31,62
21X	2,64	75,48	16,01	120,77	25,62	166,05	35,23
22X	1,84	86,17	18,28	137,88	29,24	189,58	40,21
25X	7,48	85,12	18,05	136,19	28,89	187,26	39,72
26X	1,65	85,52	18,14	136,83	29,02	188,14	39,91
27X	10,34	94,45	20,03	151,12	32,06	207,79	44,08
31X	2,1	42,66	9,05	68,26	14,48	93,86	19,91
32X	4,49	84,71	17,97	135,54	28,75	186,37	39,53
33X	5,6	63,23	13,41	101,16	21,46	139,10	29,51
34X	5,99	86,49	18,34	138,38	29,35	190,27	40,36
35X	1,65	86,72	18,39	138,75	29,43	190,78	40,47
36X	10,34	90,79	19,26	145,27	30,81	199,74	42,37
41X	2,64	69,93	14,84	111,89	23,74	153,85	32,64
42X	1,49	86,23	18,29	137,97	29,27	189,72	40,24
52X	2,69	64,04	13,58	102,46	21,73	140,88	29,88

Fonte: Autoria própria, 2025

Na Figura 13 e 14 observa-se as plantas de primeira fiada para o edifício A (sem escala, sem descrições e sem cotas).

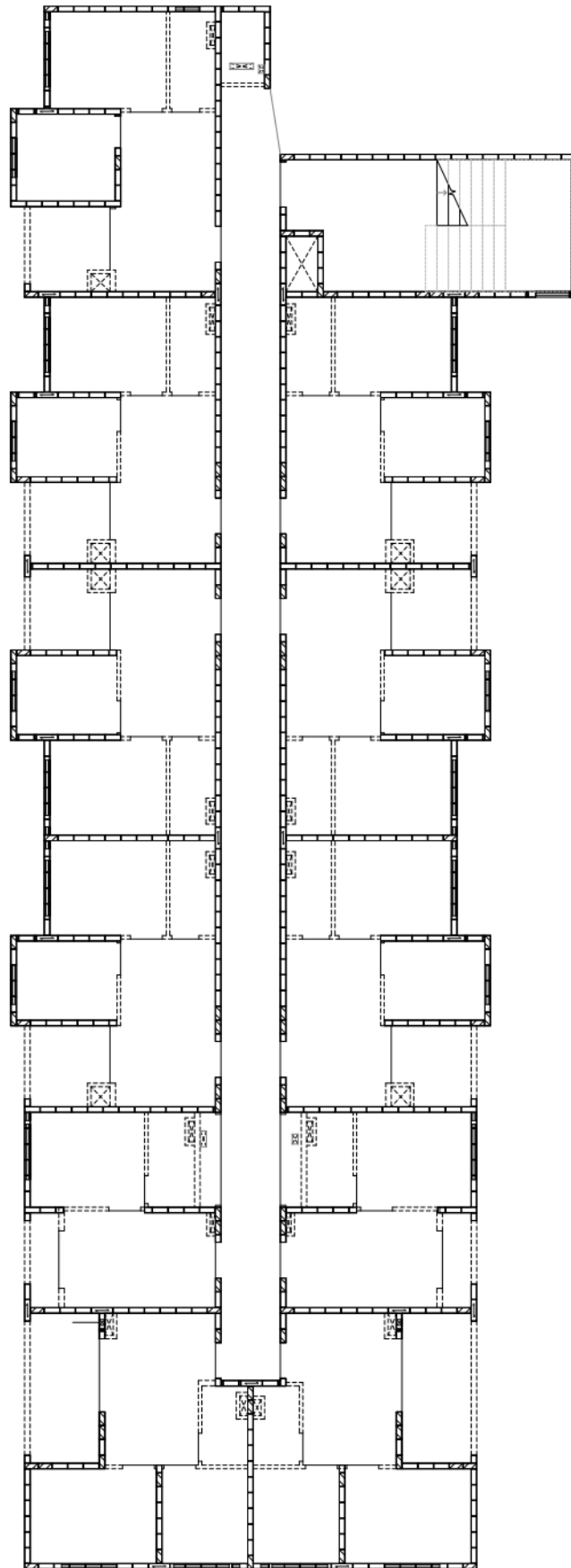
Logo, na Figura 15 tem-se o esquema de ferro que por se tratar de um prédio relativamente baixo abrange do 1º ao 8º pavimento tipo. Entretanto, dentre os modelos analisados o comprimento total dele é equivalente a quase duas vezes, por isso utilizou-se unicamente o lado B. Por fim, para complementar o reconhecimento do modelo A, na Figura 16, pode ser vista a identificação das paredes seguidas na análise.

Figura 14 - Planta de primeira fiada do pavimento tipo - Edifício A - Lado A



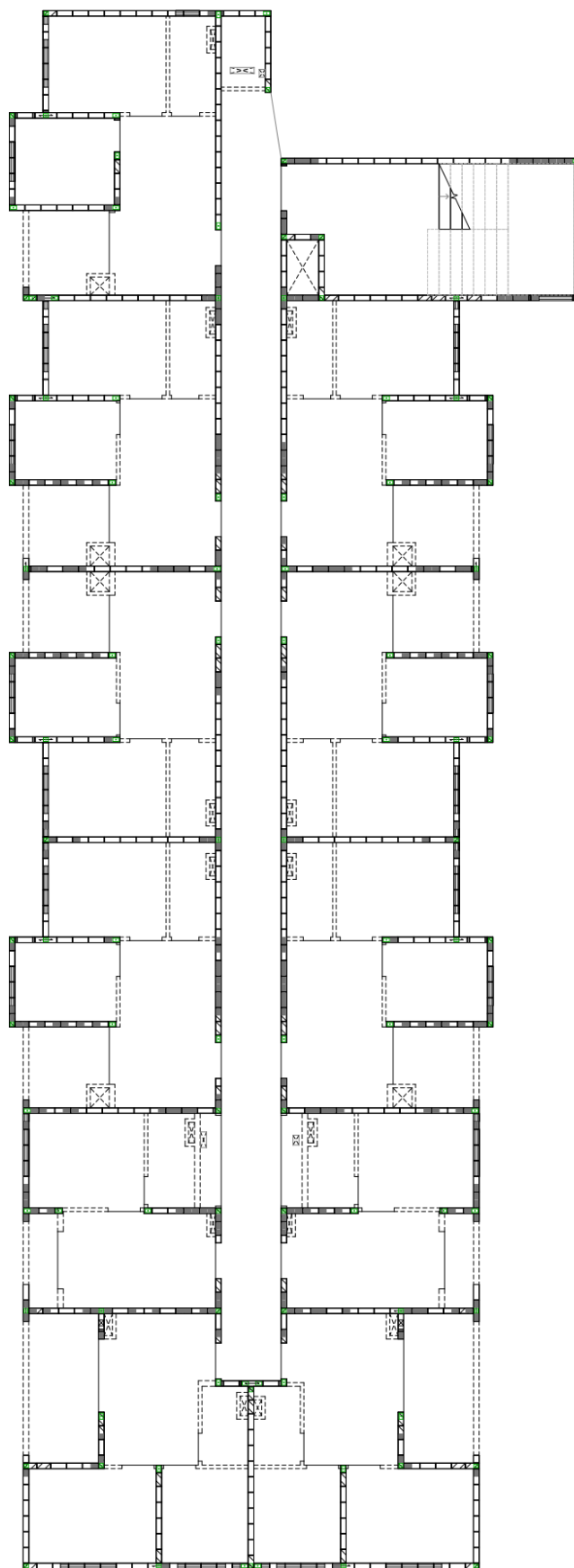
FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

Figura 15 - Planta de primeira fiada do pavimento tipo - Edifício A - Lado B



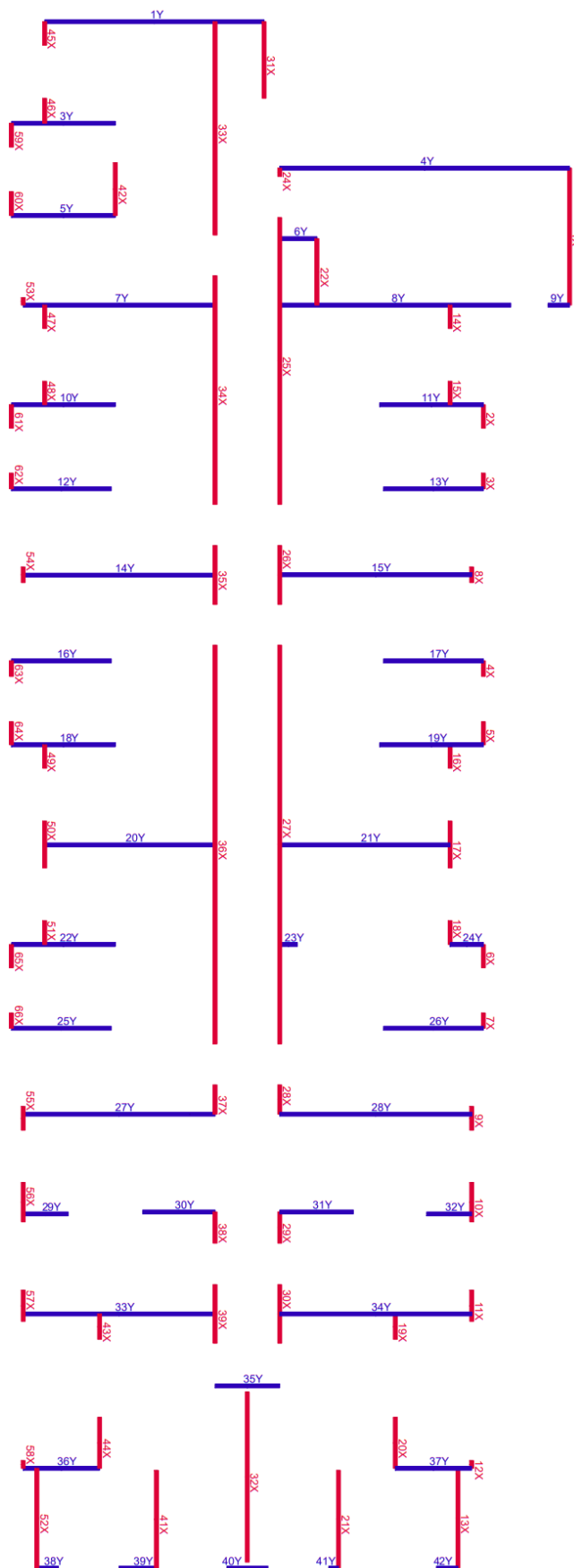
FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

Figura 16 - Esquema de armaduras do 1º ao 8º pavimento - Edifício A - Lado B



FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

Figura 17 - Nomenclatura das paredes na direção x e y - Edifício A - Lado B



FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

## 4.2 EDIFÍCIO B

O edifício analisado é composto por 15 pavimentos, executado em alvenaria estrutural com blocos de concreto pertencentes à família dimensional 39 × 14 cm, possuindo pé-direito de 2,72 m. A edificação apresenta planta retangular, com 39 m de extensão na direção X e 14 m na direção Y. As propriedades dos materiais empregados estão sintetizadas na Tabela 7, enquanto as Tabelas 8 e 9 reúnem as cargas permanentes no dimensionamento. A planta de modulação adotada para a estrutura é apresentada na Figura 17, ao passo que os esquemas de ferros estão ilustrados na Figura 18 e 19. Por fim, a Figura 20 mostra a identificação das paredes estruturais analisadas ao longo deste estudo.

Tabela 7 - Características dos materiais adotados - Edifício B

Pavimento	$f_{bk}$ (MPa)	$f_{pk}$ (MPa)	$f_a$ (MPa)
15	6	4,8	6
14	6	4,8	6
13	6	4,8	6
12	6	4,8	6
11	8	6,4	8
10	8	6,4	8
9	8	6,4	8
8	8	6,4	8
7	10	8	10
6	10	8	10
5	12	9	12
4	12	9	12
3	14	10,5	14
2	16	11,2	16
1	16	11,2	16

Fonte: Autoria própria, 2025

Tabela 8 - Cargas verticais nas paredes em Y

Parede	L (m)	15° PAVIMENTO		7° PAVIMENTO		3° PAVIMENTO	
		Gk (kN/m)	Qk (kN/m)	Gk (kN/m)	Qk (kN/m)	Gk (kN/m)	Qk (kN/m)
8Y	3,29	8,08	1,71	72,75	15,43	105,08	22,29
9Y	3,29	10,24	2,17	92,15	19,55	133,10	28,24
10Y	2,84	11,06	2,35	99,56	21,12	143,80	30,51
11Y	3,29	9,44	2,00	84,92	18,01	122,66	26,02
12Y	2,84	11,33	2,40	101,97	21,63	147,30	31,24
13Y	3,29	12,85	2,73	115,64	24,53	167,03	35,43
16Y	4,94	14,03	2,98	126,27	26,79	182,39	38,69
17Y	3,54	15,43	3,27	138,88	29,46	200,60	42,55
18Y	3,29	16,60	3,52	149,37	31,68	215,76	45,77
19Y	1,49	17,14	3,63	154,22	32,71	222,77	47,25
20Y	2,24	16,56	3,51	149,03	31,61	215,26	45,66
22Y	3,29	19,74	4,19	177,62	37,68	256,56	54,42
23Y	1,49	18,36	3,90	165,28	35,06	238,74	50,65
24Y	2,59	13,47	2,86	121,27	25,72	175,17	37,15
28Y	5,64	11,31	2,40	101,77	21,59	147,00	31,19
29Y	3,49	8,39	1,78	75,49	16,01	109,04	23,13
30Y	5,64	12,14	2,58	109,26	23,18	157,82	33,48
31Y	4,19	15,64	3,32	140,80	29,87	203,38	43,14
36Y	3,29	19,68	4,18	177,14	37,58	255,87	54,28
39Y	3,29	18,67	3,96	168,03	35,64	242,71	51,48
42Y	3,29	16,95	3,60	152,57	32,36	220,38	46,74
43Y	3,29	16,34	3,46	147,02	31,18	212,36	45,04
44Y	4,94	14,00	2,97	126,03	26,73	182,04	38,62
45Y	4,94	14,70	3,12	132,31	28,06	191,11	40,54
48Y	3,29	9,35	1,98	84,15	17,85	121,54	25,79
49Y	2,84	11,60	2,46	104,36	22,14	150,75	31,98
50Y	3,29	12,84	2,72	115,55	24,51	166,91	35,40
51Y	2,84	11,21	2,38	100,93	21,41	145,79	30,92
52Y	3,29	8,10	1,72	72,89	15,46	105,28	22,33
53Y	3,29	10,44	2,21	93,97	19,93	135,73	28,79

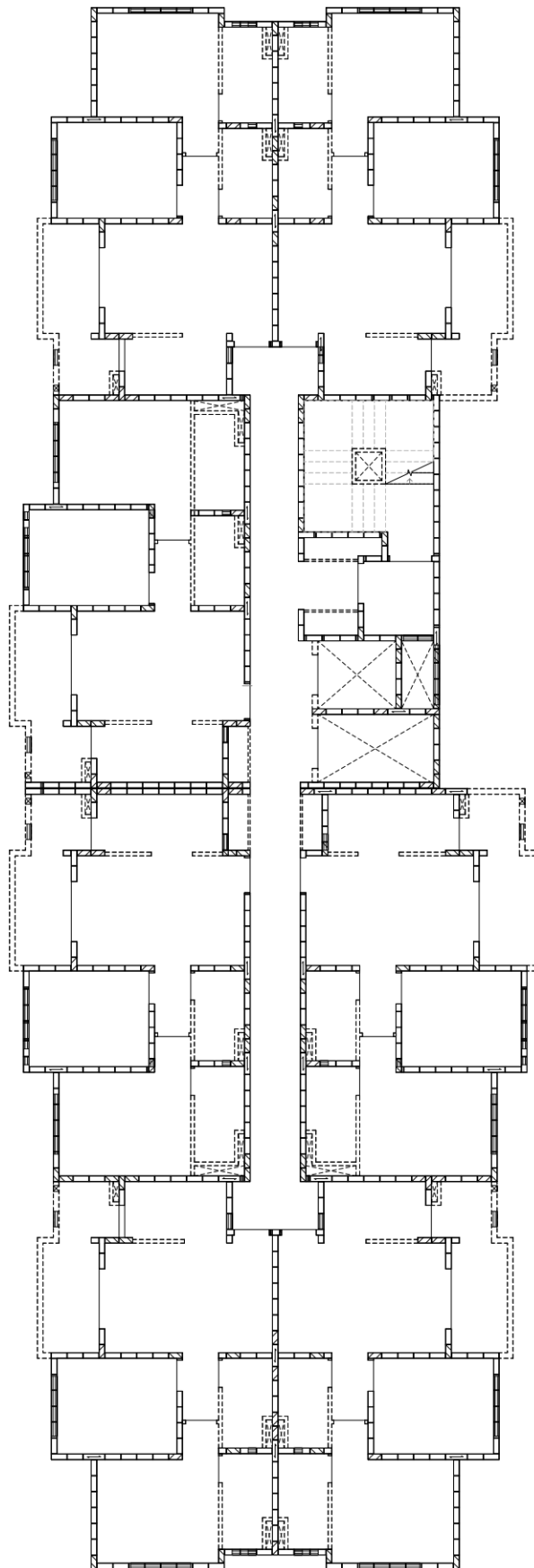
Fonte: Autoria própria, 2025

Tabela 9 - Cargas verticais nas paredes em X

Parede	L (m)	15º PAVIMENTO		7º PAVIMENTO		3º PAVIMENTO	
		Gk (kN/m)	Qk (kN/m)	Gk (kN/m)	Qk (kN/m)	Gk (kN/m)	Qk (kN/m)
11X	2,89	9,35	1,98	84,14	17,85	121,54	25,78
18X	6,39	10,77	2,29	96,96	20,57	140,05	29,71
19X	1,99	8,50	1,80	76,48	16,22	110,47	23,43
22X	1,99	10,58	2,24	95,24	20,20	137,56	29,18
23X	1,69	17,49	3,71	157,42	33,39	227,38	48,23
25X	1,69	11,81	2,51	106,30	22,55	153,55	32,57
26X	1,69	11,96	2,54	107,63	22,83	155,47	32,98
29X	1,69	17,74	3,76	159,69	33,87	230,67	48,93
30X	1,69	16,83	3,57	151,51	32,14	218,84	46,42
32X	1,69	17,06	3,62	153,53	32,57	221,77	47,04
33X	4,19	16,53	3,51	148,77	31,56	214,90	45,59
35X	7,24	16,86	3,58	151,71	32,18	219,14	46,49
36X	8,19	11,14	2,36	100,22	21,26	144,76	30,71
37X	8,19	11,38	2,41	102,42	21,73	147,93	31,38
38X	7,24	17,02	3,61	153,22	32,50	221,32	46,95
39X	7,24	16,73	3,55	150,59	31,94	217,52	46,14
40X	1,69	16,43	3,49	147,89	31,37	213,61	45,32
42X	1,69	12,21	2,59	109,93	23,32	158,79	33,68
43X	1,69	12,83	2,72	115,45	24,49	166,76	35,38
44X	1,69	16,45	3,49	148,08	31,41	213,89	45,38
46X	1,69	9,21	1,95	82,93	17,59	119,78	25,41
47X	1,69	9,20	1,95	82,79	17,56	119,59	25,37
48X	1,69	18,11	3,84	163,00	34,57	235,44	49,94
49X	1,69	18,34	3,89	165,10	35,02	238,48	50,59
56X	2,89	7,35	1,56	66,19	14,04	95,61	20,28
59X	2,89	7,37	1,56	66,34	14,07	95,82	20,33

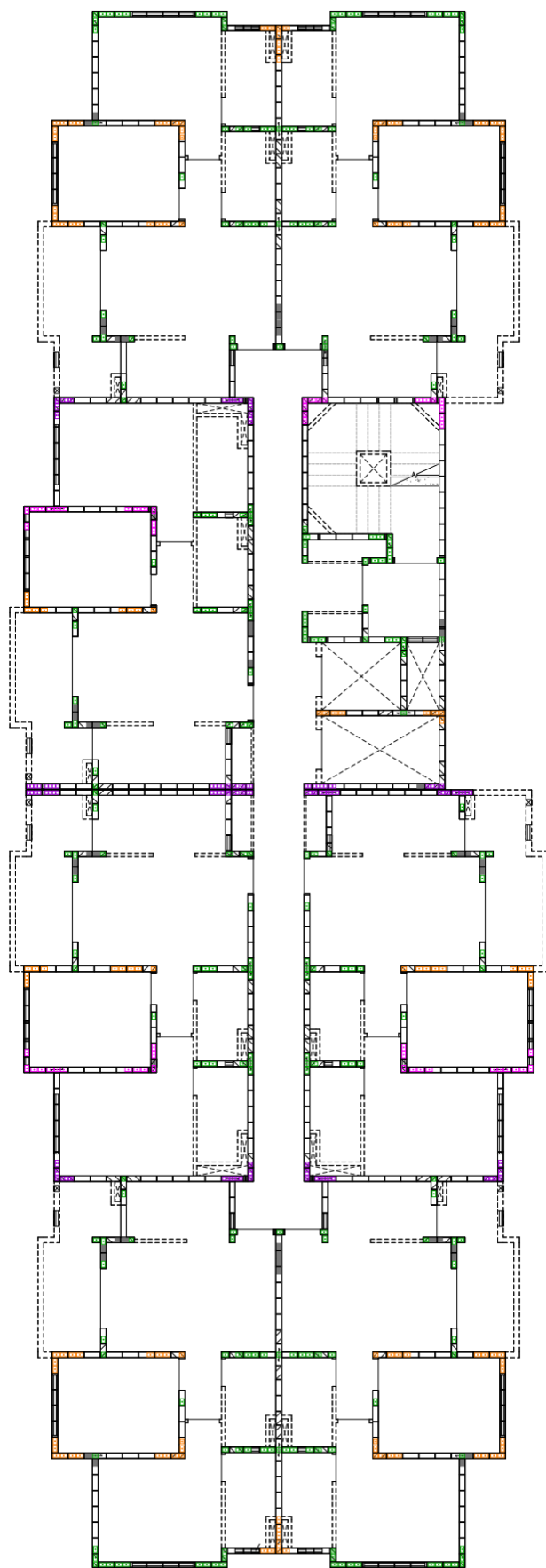
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 18 - Planta de primeira fiada do pavimento tipo - Edifício B



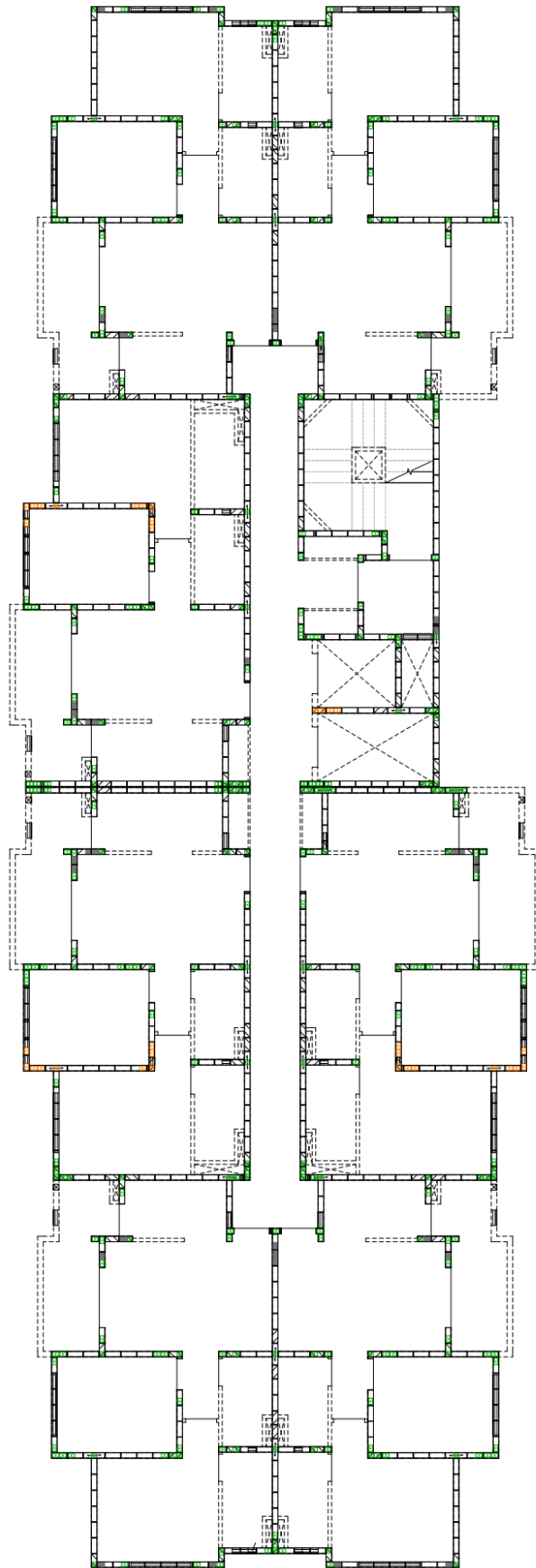
FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

Figura 19 - Esquema de armaduras do 3º pavimento - Edifício B



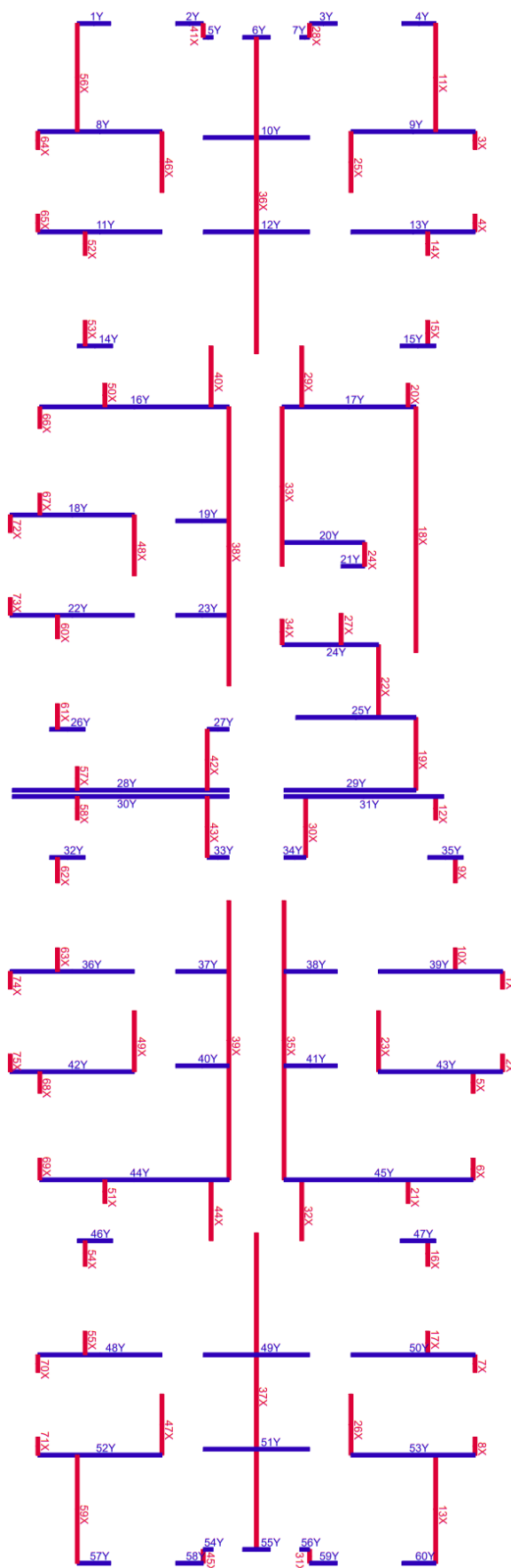
FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

Figura 20 - Esquema de armaduras do 7º pavimento - Edifício B



FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

Figura 21 - Nomenclatura das paredes na direção x e y - Edifício B



FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

### 4.3 EDIFÍCIO C

Para o último modelo analisado, o edifício possui 17 pavimentos, em blocos de concreto de família 39x14, com 270 m de pé-direito e a extensão de sua planta contempla 52 m em X e 15 m em Y. As principais informações sobre os materiais empregados podem ser consultadas na Tabela 10, enquanto as Tabelas 11 e 12 apresentam as cargas consideradas no estudo. A planta de modulação adotada está ilustrada na Figura 21, o esquema de ferro encontra-se nas Figura 22. Figura 23, Figura 24 e, por fim, a Figura 25 mostra a identificação das paredes analisadas ao longo do trabalho.

Tabela 10 - Características dos materiais adotados - Edifício B

Pavimento	$f_{bk}$ (MPa)	$f_{pk}$ (MPa)	$f_a$ (MPa)
17	4	3,2	5
16	6	4,8	6
15	6	4,8	6
14	8	6,4	8
13	8	6,4	8
12	10	8	10
11	10	8	10
10	12	9	12
9	12	9	12
8	14	10,5	14
7	14	10,5	14
6	16	11,2	16
5	16	11,2	16
4	18	12,6	18
3	18	12,6	18
2	20	14	20
1	20	14	20

Fonte: Autoria própria, 2025

Tabela 11 - Cargas verticais nas paredes em Y

Parede	L (m)	10° PAVIMENTO		6° PAVIMENTO		2° PAVIMENTO	
		Gk (kN/m)	Qk (kN/m)	Gk (kN/m)	Qk (kN/m)	Gk (kN/m)	Qk (kN/m)
10Y	5,64	126,99	26,94	177,97	40,40	241,46	53,87
11Y	1,64	138,50	29,38	194,10	44,07	263,35	58,76
12Y	5,65	132,95	28,20	186,34	42,30	252,81	56,40
13Y	2,14	112,43	23,85	157,57	35,77	213,79	47,70
14Y	2,64	145,35	30,83	203,71	46,25	276,38	61,67
17Y	2,64	145,40	30,84	203,78	46,26	276,48	61,69
23Y	3,29	131,04	27,80	183,65	41,69	249,17	55,59
24Y	3,29	100,68	21,36	141,11	32,03	191,45	42,71
25Y	2,64	137,34	29,13	192,49	43,70	261,16	58,27
28Y	2,64	135,94	28,84	190,53	43,26	258,50	57,67
30Y	2,64	167,65	35,56	234,96	53,34	318,78	71,12
33Y	2,64	167,87	35,61	235,28	53,41	319,21	71,22
35Y	4,88	154,14	32,70	216,03	49,04	293,11	65,39
36Y	4,9	149,57	31,73	209,62	47,59	284,41	63,46
38Y	2,53	112,91	23,95	158,25	35,92	214,70	47,90
40Y	2,64	167,86	35,61	235,26	53,41	319,20	71,22
43Y	2,64	167,72	35,58	235,07	53,37	318,93	71,16
45Y	2,64	145,13	30,79	203,40	46,18	275,96	61,57
48Y	2,64	146,93	31,17	205,93	46,75	279,39	62,33
49Y	3,29	97,20	20,62	136,22	30,93	184,82	41,24
50Y	3,29	94,86	20,12	132,95	30,18	180,39	40,24

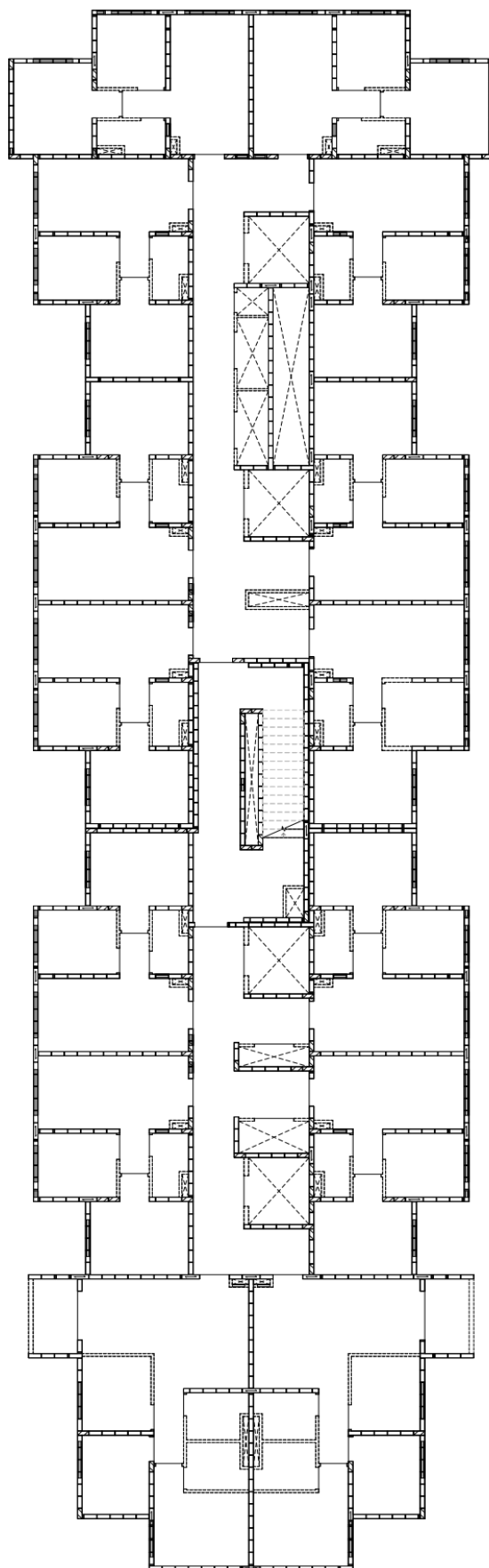
Fonte: Autoria própria, 2025

Tabela 12 - Cargas verticais nas paredes em X

Parede	L (m)	10º PAVIMENTO		6º PAVIMENTO		2º PAVIMENTO	
		Gk (kN/m)	Qk (kN/m)	Gk (kN/m)	Qk (kN/m)	Gk (kN/m)	Qk (kN/m)
1X	3,29	94,24	19,99	132,07	29,99	179,19	39,98
28X	1,74	108,34	22,98	151,84	34,47	206,01	45,96
29X	1,34	133,66	28,35	187,32	42,53	254,15	56,71
32X	1,74	177,37	37,62	248,59	56,43	337,27	75,24
33X	1,34	148,18	31,43	207,67	47,15	281,76	62,86
35X	11,09	107,84	22,88	151,14	34,32	205,06	45,75
36X	1,64	186,16	39,49	260,90	59,23	353,98	78,98
37X	5,59	104,25	22,11	146,11	33,17	198,24	44,23
41X	8,53	83,65	17,75	117,23	26,62	159,06	35,49
42X	6,14	106,28	22,55	148,95	33,82	202,08	45,09
43X	4,64	89,69	19,02	125,69	28,53	170,54	38,05
44X	4,89	132,79	28,17	186,10	42,25	252,50	56,33
46X	4,64	92,79	19,68	130,04	29,52	176,43	39,36
49X	5,58	72,61	15,40	101,77	23,11	138,07	30,81
51X	11,24	141,48	30,01	198,29	45,01	269,03	60,02
52X	1,64	162,30	34,43	227,47	51,64	308,62	68,85
53X	5,59	110,70	23,48	155,15	35,22	210,51	46,97
57X	2,64	144,88	30,73	203,05	46,10	275,49	61,47
58X	1,34	137,27	29,12	192,38	43,67	261,01	58,23
61X	2,64	121,58	25,79	170,39	38,68	231,18	51,58
62X	1,34	129,71	27,52	181,79	41,27	246,65	55,03
89X	3,29	89,61	19,01	125,59	28,51	170,40	38,02

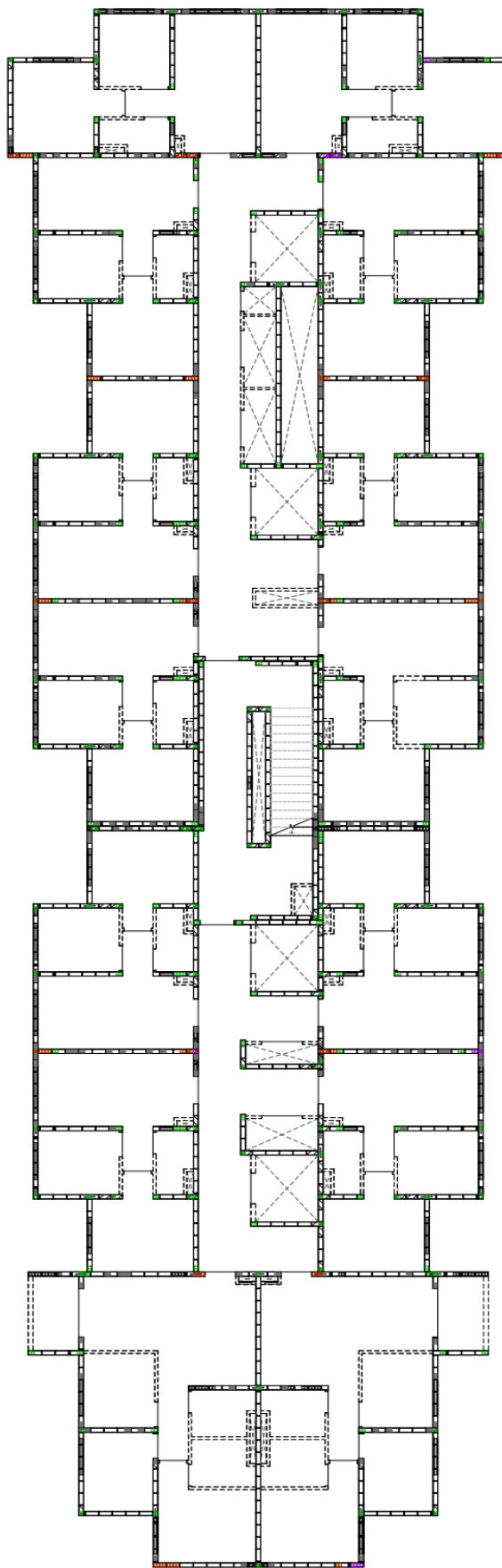
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 22 - Planta de primeira fiada do pavimento tipo - Edifício C



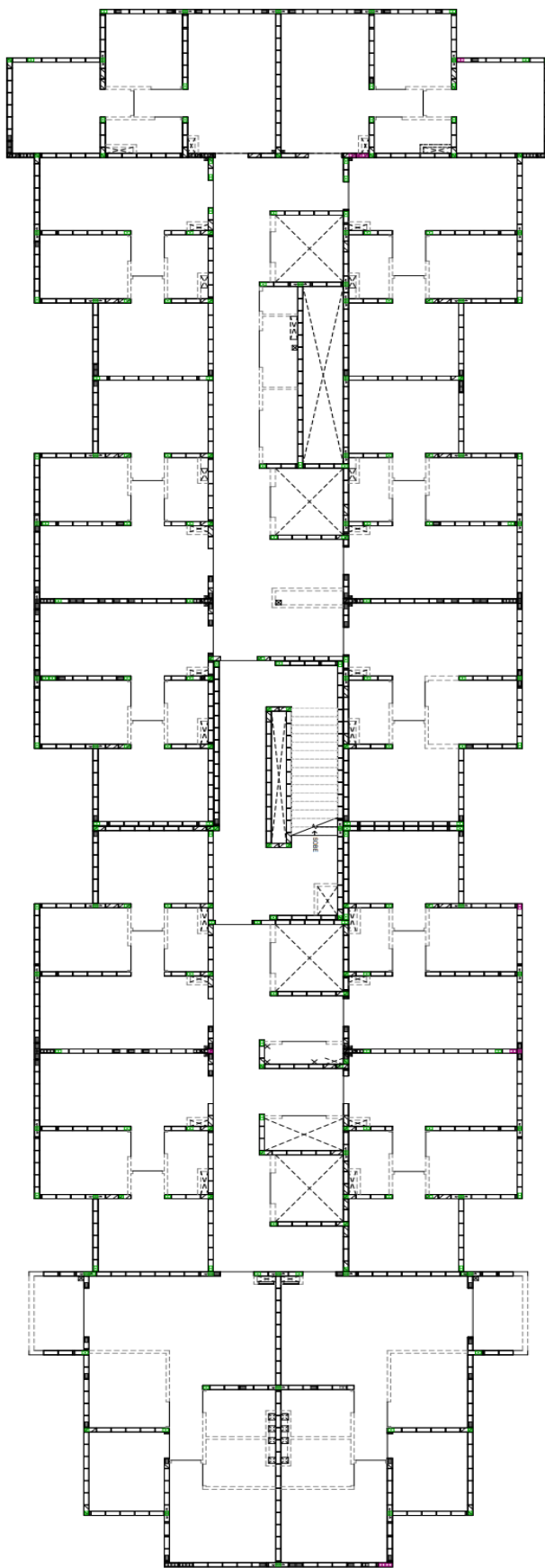
FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

Figura 23 - Esquema de armaduras do 2º pavimento - Edifício C



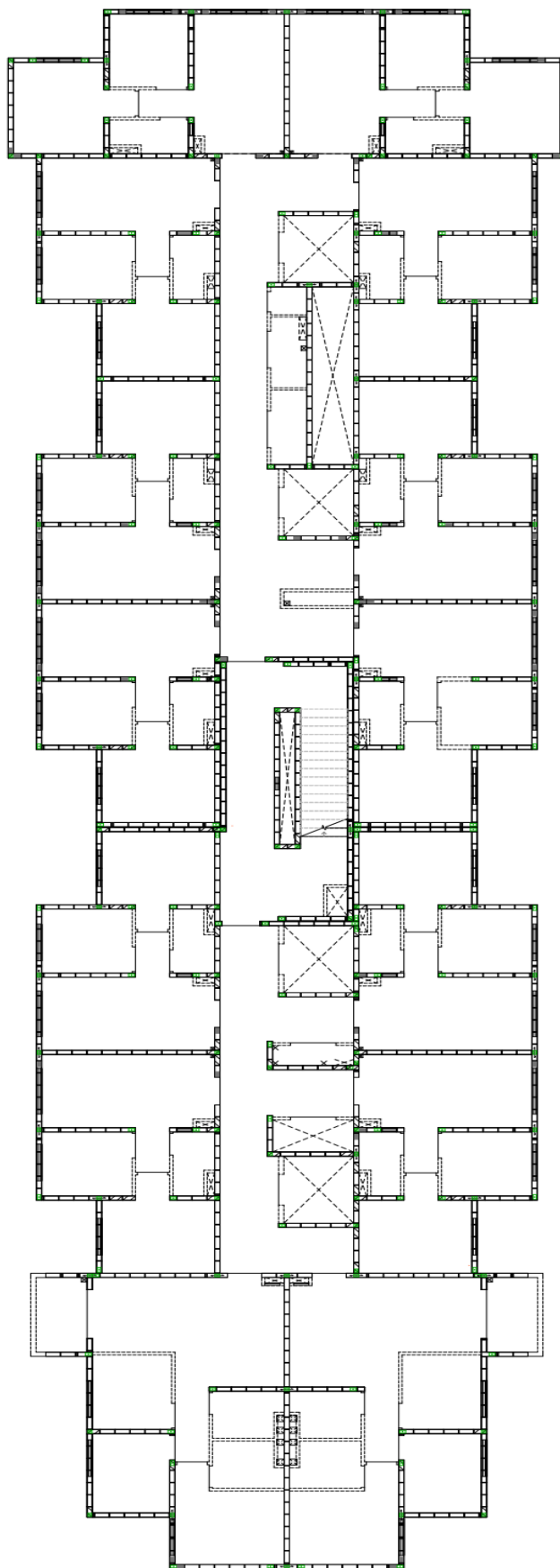
FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

Figura 24 - Esquema de armaduras do 6º pavimento - Edifício C



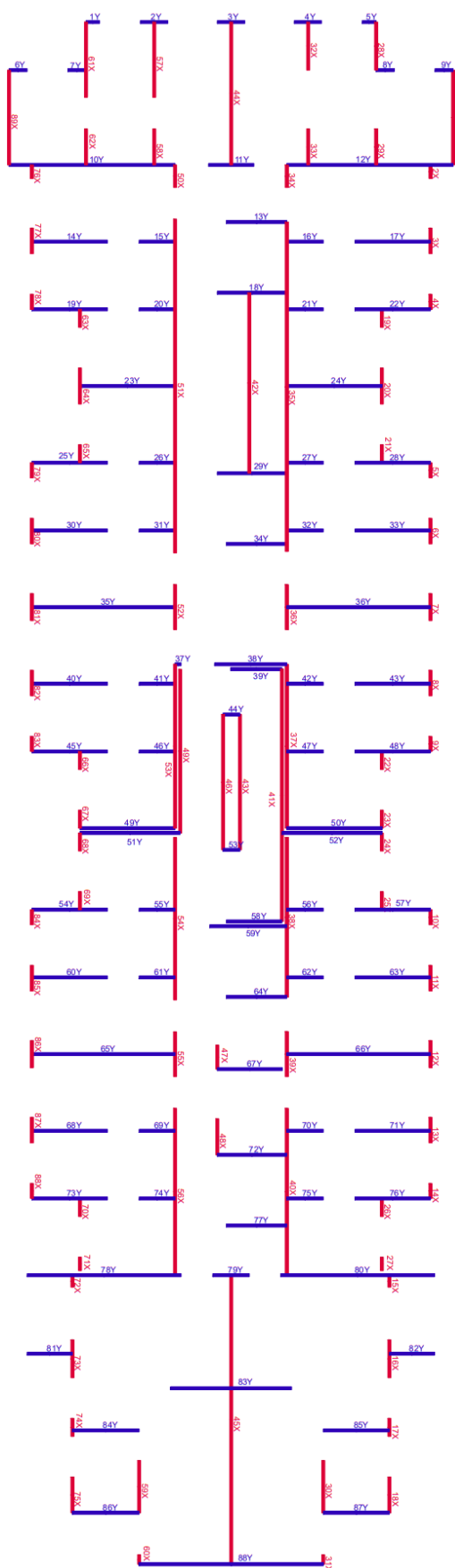
FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

Figura 25 - Esquema de armaduras do 10º pavimento - Edifício C



FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

Figura 26 - Nomenclatura das paredes na direção x e y - Edifício C



FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

## 5 DIMENSIONAMENTO

O detalhamento dos cálculos aqui exposto busca oferecer uma compreensão rigorosa e sistematizada das etapas que compõem a análise, reforçando a confiabilidade dos resultados e contribuindo para a fundamentação técnica necessária. Uma vez que todo o aqui exposto foi considerado para as 144 paredes analisadas.

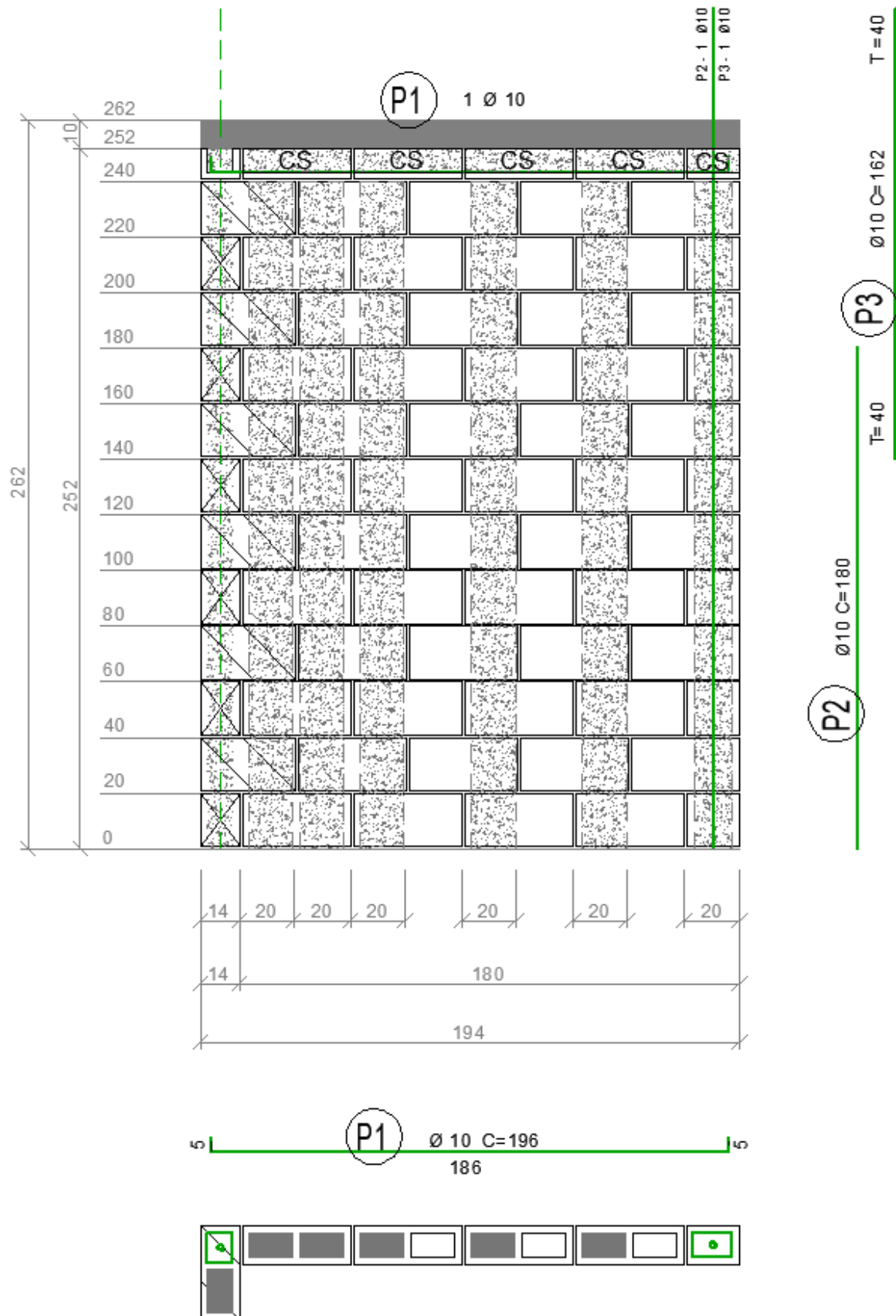
A Tabela 13 traz novamente o resumo das equações normativas que foram apresentadas ao longo do estudo para facilitar a identificação e a Figura 26 representa um modelo real extraído do Edifício A com valores correspondentes ao 4º pavimento, sendo eles,  $G_k = 132,88$  kN/m e  $f_a = 10$  MPa. Os valores de  $f_{vk0}$  foram determinados levando em consideração as normas apresentadas em tópicos anteriores, sendo assim, Eurocode (Tabela 1), ABNT NBR 16868-1, 2020 (Tabela 2), proposta 1 e 2 (Tabela 3).

Tabela 13 - Resumo das normas utilizadas

Norma	Equação do valor limite da cortante
ABNT NBR 16868-1 (2020)	$V_{rk} = A_{bruta} \times f_{vk}$
ABNT NBR 16868-1 Proposta	$f_{vk} = g \times f_{vk0} + 0,5\sigma$ $g = \left(\frac{t_1+t_2}{t}\right)$ $f_{vk}^* = f_{vk0} + 17,5\rho + 0,5\sigma \text{ (1a proposta)}$ $f_{vk}^* = f_{vk0} + 40\rho + 0,5\sigma \text{ (2a proposta)}$ $V_{rk} = A_{n\grave{a}o \text{ grauteada}} \times f_{vk} + A_{grauteada} \times f_{vk}^*$
EN 1996-1-1 (2005)	$f_{vk} = g \times f_{vk0} + 0,4\sigma_d$ $f_{vk}^* = 1,0 \times f_{vk0} + 0,4\sigma_d$ $V_{rk} = A_{n\grave{a}o \text{ grauteada}} \times f_{vk} + A_{grauteada} \times f_{vk}^*$

Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 27 – Primeira fiada e detalhamento da parede 31Y



FONTE: Wendler Projetos e Sistemas Estruturais, 2025

## 5.1 ABNT NBR 2020

### 5.1.1 RESISTÊNCIA INICIAL

Argamassa  $f_a = 10 \text{ MPa} \rightarrow$

$$f_{vk0} = 0,35 \text{ MPa} = 0,035 \text{ kN/cm}^2$$

### 5.1.2 ÁREA BRUTA

$$A_{bruta} = h \times l$$

$$A_{bruta} = 194 \times 14$$

$$A_{bruta} = 2716 \text{ cm}^2/\text{m}$$

### 5.1.3 TENSÃO DE PRÉ-COMPRESSÃO

$$\sigma = 0,9 \times \frac{Gk}{14}$$

$$\sigma = 0,9 \times \frac{132,88}{14}$$

$$\sigma = 0,0854 \text{ kN/cm}^2$$

### 5.1.4 RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,5 \times \sigma$$

$$f_{vk} = 0,035 + 0,5 \times 0,0854$$

$$f_{vk} = 0,0777 \text{ kN/cm}^2$$

### 5.1.5 FORÇA CORTANTE MÁXIMA

$$V_{rk} = A_{bruta} \times f_{vk}$$

$$V_{rk} = 2716 \times 0,0777$$

$$V_{rk} = 211,03 \text{ kN}$$

## 5.2 EUROCODE

### 5.2.1 RESISTÊNCIA INICIAL

$$f_{vk0} = \left( \frac{2,5+2,5}{14} \right) \times 0,20 \text{ MPa} = 0,0071 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \text{área não grauteada}$$

$$f_{vk0}^* = 1,0 \times 0,35 \text{ MPa} = 0,0350 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \text{área grauteada}$$

### 5.2.2 ÁREA ARGAMASSA

$$A_{bruta} = h \times l$$

$$A_{bruta} = 194 \times 14$$

$$A_{bruta} = 2716 \text{ cm}^2/\text{m}$$

### 5.2.3 TENSÃO DE PRÉ-COMPRESSÃO

$$\sigma = 0,9 \times \frac{Gk}{14}$$

$$\sigma = 0,9 \times \frac{132,88}{14}$$

$$\sigma = 0,0854 \text{ kN/cm}^2$$

### 5.2.4 RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \times \sigma$$

$$f_{vk} = 0,0071 + 0,4 \times 0,0854$$

$$f_{vk} = 0,0413 \text{ kN/cm}^2$$

### 5.2.5 RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA GRAUTEADA

$$f_{vk}^* = f_{vk0} + 0,4 \times \sigma$$

$$f_{vk}^* = 0,035 + 0,4 \times 0,0854$$

$$f_{vk}^* = 0,0692 \text{ kN/cm}^2$$

### 5.2.6 FORÇA CORTANTE MÁXIMA

$$V_{rk} = A_{\text{não grauteada}} \times f_{vk} + A_{\text{grauteada}} \times f_{vk}^*$$

$$V_{rk} = (60 \times 14 \times 0,0413) + (134 \times 14 \times 0,0692)$$

$$V_{rk} = 164,51 \text{ kN}$$

## 5.3 ABNT NBR PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO 1

### 5.3.1 RESISTÊNCIA INICIAL

Argamassa  $f_a = 10 \text{ MPa} \rightarrow$

$$f_{vk0} = 0,35 \text{ MPa} = 0,035 \text{ kN/cm}^2$$

### 5.3.2 ÁREA BRUTA

$$A_{bruta} = h \times l$$

$$A_{bruta} = 194 \times 14$$

$$A_{bruta} = 2716 \text{ cm}^2/\text{m}$$

### 5.3.3 TENSÃO DE PRÉ-COMPRESSÃO

$$\sigma = 0,9 \times \frac{Gk}{14}$$

$$\sigma = 0,9 \times \frac{132,88}{14}$$

$$\sigma = 0,0854 \text{ kN/cm}^2$$

### 5.3.4 ÁREA NÃO GRAUTEADA

#### 5.3.4.1 Resistência característica

$$f_{vk} = \left(\frac{t_1 + t_2}{t}\right) \times f_{vk0} + 0,5 \times \sigma$$

$$f_{vk} = \left(\frac{2,5 + 2,5}{14}\right) \times 0,035 + 0,5 \times 0,0854$$

$$f_{vk} = 0,0552 \text{ kN/cm}^2$$

#### 5.3.4.2 Força cortante máxima

$$V_{rk} = A_{\text{não grauteada}} \times f_{vk}$$

$$V_{rk} = 60 \times 14 \times 0,0552$$

$$V_{rk} = 43,38 \text{ kN}$$

### 5.3.5 ÁREA COM ARMAÇÃO, 1ª PROPOSTA

#### 5.3.5.1 Resistência característica grauteada

$$f_{vk}^* = 0,035 + 17,5 \times \rho + 0,5 \times \sigma$$

$$f_{vk}^* = 0,035 + 1,75 \times \frac{1,6}{(134 \times 14)} + 0,5 \times 0,0854$$

$$f_{vk}^* = 0,07920 \text{ kN/cm}^2$$

### 5.3.5.2 Força cortante máxima

$$V_{rk} = A_{grauteada} \times f_{vk}^*$$

$$V_{rk} = (134 \times 14) \times 0,07920$$

$$V_{rk} = 148,59 \text{ kN}$$

### 5.3.6 FORÇA CORTANTE MÁXIMA TOTAL

$$V_{rk} = 46,38 + 148,59$$

$$V_{rk} = 196,96 \text{ kN}$$

## 5.4 ABNT NBR PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO 2

### 5.4.1 RESISTÊNCIA INICIAL

Argamassa  $f_a = 10 \text{ MPa} \rightarrow$

$$f_{vk0} = 0,35 \text{ MPa} = 0,035 \text{ kN/cm}^2$$

### 5.4.2 ÁREA BRUTA

$$A_{bruta} = h \times l$$

$$A_{bruta} = 194 \text{ x } 14$$

$$A_{bruta} = 2716 \text{ cm}^2/\text{m}$$

### 5.4.3 TENSÃO DE PRÉ-COMPRESSÃO

$$\sigma = 0,9 \times \frac{Gk}{14}$$

$$\sigma = 0,9 \times \frac{132,88}{14}$$

$$\sigma = 0,0854 \text{ kN/cm}^2$$

### 5.4.4 ÁREA NÃO GRAUTEADA

#### 5.4.4.1 Resistência característica

$$f_{vk} = \left( \frac{t_1 + t_2}{t} \right) \times f_{vk0} + 0,5 \times \sigma$$

$$f_{vk} = \left( \frac{2,5 + 2,5}{14} \right) \times 0,035 + 0,5 \times 0,0854$$

$$f_{vk} = 0,0552 \text{ kN/cm}^2$$

#### 5.4.4.2 Força cortante máxima

$$V_{rk} = A_{\text{não grauteada}} \times f_{vk}$$

$$V_{rk} = 60 \times 14 \times 0,0552$$

$$V_{rk} = 43,38 \text{ kN}$$

#### 5.4.5 ÁREA COM ARMAÇÃO, 2ª PROPOSTA

##### 5.4.5.1 Resistência característica grauteada

$$f_{vk}^* = 0,035 + 17,5 \times \rho + 0,5 \times \sigma$$

$$f_{vk}^* = 0,035 + 4,00 \times \frac{1,6}{(134 \times 14)} + 0,5 \times 0,0854$$

$$f_{vk}^* = 0,08112 \text{ kN/cm}^2$$

##### 5.4.5.2 Força cortante máxima

$$V_{rk} = A_{\text{grauteada}} \times f_{vk}^*$$

$$V_{rk} = (134 \times 14) \times 0,08112$$

$$V_{rk} = 152,19 \text{ kN}$$

#### 5.4.6 FORÇA CORTANTE MÁXIMA TOTAL

$$V_{rk} = 46,38 + 152,19$$

$$V_{rk} = 198,56 \text{ kN}$$

### 5.5 Resumo

Avaliando o exemplo, chega-se aos seguintes valores de  $V_{rk}$ :

- Atual ABNT NBR 16868:2020 = 211,03 kN;
- Eurocode: 164,51 kN;
- Revisão ABNT NBR 16868, 1a proposta: 196,96 kN;
- Revisão ABNT NBR 16868, 2a proposta: 198,56 kN.

Por esse exemplo, percebe-se que a atual ABNT NBR 16868:2020 superestima o valor da capacidade resistente, especialmente por conta de considerar a resistência de cisalhamento por adesão inicial na área bruta, quando demais

normas internacionais indicam valores semelhantes, e mesmo inferiores, na área argamassada.

A proposta de revisão corrigi essa falha, ainda considerando valores superiores ao Eurocode e incluindo a possibilidade de contar com uma parcela de capacidade devido ao efeito pino da armadura vertical.

## 6 RESULTADOS

A análise comparativa das forças cortantes de cada parede permitiu avaliar o comportamento estrutural segundo diferentes normativas de cálculo. A partir dos valores obtidos pela ABNT NBR 2020, o Eurocode e duas propostas de atualização, foram gerados tabelas e gráficos que evidenciam a variação percentual entre os métodos e permitem identificar tendências de segurança, conservadorismo e discrepâncias entre as normas.

Dessa forma, foram analisadas um total de 144 paredes, divididas em três edifícios reais e classificadas levando em consideração o traço de argamassa. Portanto, os resultados apresentados nos apêndices são os percentuais de  $V_{rk}$  obtido em cada uma das edificações analisadas.

Para o edifício A foram selecionados pavimentos com  $f_a = 6\text{MPa}$ ,  $10\text{MPa}$  e  $12\text{MPa}$  para que possa ser evidente a diferença de acordo com o traço da argamassa. Tal qual, com a segunda proposta foi possível analisar de igual forma mudando o coeficiente de ponderação de  $17,5\text{MPa}$  para  $40\text{MPa}$ .

Por outro lado, para o edifício B a análise se dá nos pavimentos com  $f_a = 6\text{MPa}$ ,  $10\text{MPa}$  e  $14\text{MPa}$ , porém destaca-se os resultados obtidos no último pavimento da torre.

Do mesmo modo, o edifício C apresenta resultados para  $f_a = 16\text{MPa}$ ,  $16\text{MPa}$  e  $20\text{MPa}$ , para esquemas de ferros com variação de  $\phi = 10$ ,  $12,5$  e  $16\text{mm}$  e para os coeficientes de  $17,5\text{MPa}$  e  $40\text{MPa}$ .

Por fim, os resultados nos permitem compreender como cada abordagem influencia a estimativa da resistência das paredes, destacando diferenças de rigidez, critérios de dimensionamento e sensibilidade às propriedades geométricas dos elementos.

## 7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nos resultados apresentados na seção anterior, referentes a cada edifício e a cada normativa analisada, tornou-se possível comparar os valores de força cortante máxima obtidos em cada caso.

### 7.1 Comparação entre os normas utilizadas

Para a comparação entre os métodos utilizados considerou-se como referência o valor máximo obtido pela norma ABNT NBR 2020, atribuindo-lhe o equivalente a 100%. A partir disso, foram calculadas as relações entre as demais normas e esse valor de referência, por meio da divisão entre a máxima força cortante de cada norma e a força máxima determinada pela ABNT NBR 2020. Dessa forma, foi possível expressar o desempenho relativo de cada normativa em termos percentuais.

#### 7.1.1 EDIFÍCIO A

Inicialmente, a ABNT NBR 2020 apresenta valores maiores que a proposta, indicando que a revisão da norma reduziu a força cortante de cálculo para este edifício, dessa forma, a proposta nos traz uma distribuição mais regular e com pouca dispersão, mas exigindo uma validação em estruturas de maior importância.

A primeira análise evidencia o aumento progressivo das forças cortantes à medida que se aproxima a base da edificação, fenômeno esperado devido ao acúmulo de cargas provenientes dos pavimentos superiores. Por se tratar de um edifício relativamente baixo o esquema de ferro determinado comporta desde o 1º pavimento até o 8º pavimento, por isso, a variação entre os pavimentos da relação NBR 2020 x Proposta de atualização não se dá de forma crescente.

Isso ocorre porque geralmente nos primeiros pavimentos é esperado que a distribuição do ferro seja definida para suportar cargas maiores e diminuir ao longo da edificação da mesma forma que as cargas.

Assim, a Eurocode que já traz estimativas de menor valor para a capacidade à força de cisalhamento lateral de paredes, diante da ABNT NBR 16868:2020, pela forma que cada norma considera a área de atuação da força se mantém como. De modo geral, a ABNT NBR 16868:2020 tende a dar resultados intermediários e a

proposta de atualização resultados que podem ser maiores ou menores dependendo ao nível de pré-compressão, de grauteamento e de quantidade de armaduras verticais.

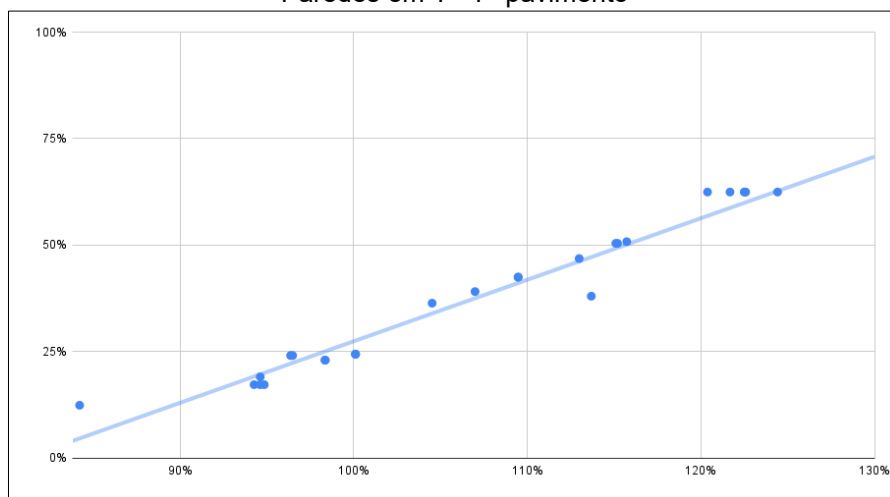
#### 7.1.1.1 Grauteamento

Na análise da influência que exerce o graute para o cálculo da força, observa-se nos gráficos de dispersão uma correlação positiva entre o percentual de grauteamento e a razão Proposta vs ABNT NBR 16868-1:2020, indicando que o aumento da área grauteada tende a elevar a capacidade prevista pela proposta em relação à ABNT NBR 16868-1:2020. Esse comportamento aparece em ambas às direções X e Y (Figura 27 e Figura 28), o que sugere que o efeito do grauteamento não é dependente da orientação da parede.

Dessa forma, a análise por pavimento confirma essa tendência pois no 4º pavimento, tal como mostra a Figura 29 e Figura 30, observa-se o mesmo aumento da razão Proposta vs ABNT NBR 16868-1:2020 com o crescimento do grauteamento, embora haja maior dispersão de pontos, sinalizando a influência de outros parâmetros como armaduras, aberturas e pré-compressão.

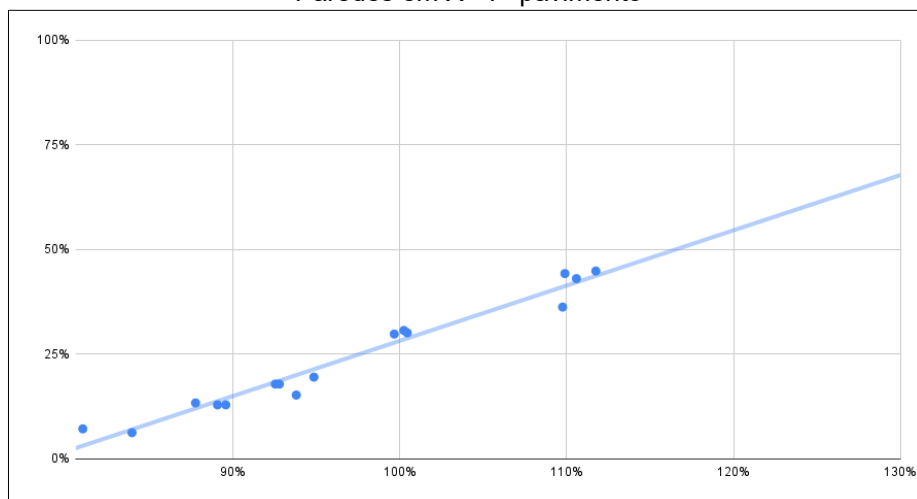
Já no 1º pavimento a correlação persiste, e pôr se tratar do pavimento mais baixo da edificação a detalhes construtivos que alteram a contribuição relativa do graute e da armadura; ainda assim, mesmo as paredes com baixo percentual de grauteamento permanecem próximas ou até abaixo dos valores estimados pela ABNT NBR 16868-1:2020. Em conjunto, os resultados indicam que o grauteamento opera uma mudança significativa entre a proposta e a norma vigente, reforçando a conveniência de que diretrizes normativas incorporem a quantificação explícita da área grauteada em procedimentos simplificados de verificação ao cisalhamento. Por fim, a relação do primeiro pavimento pode ser vista nas Figura 31 e Figura 32.

Figura 28 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 7º pavimento



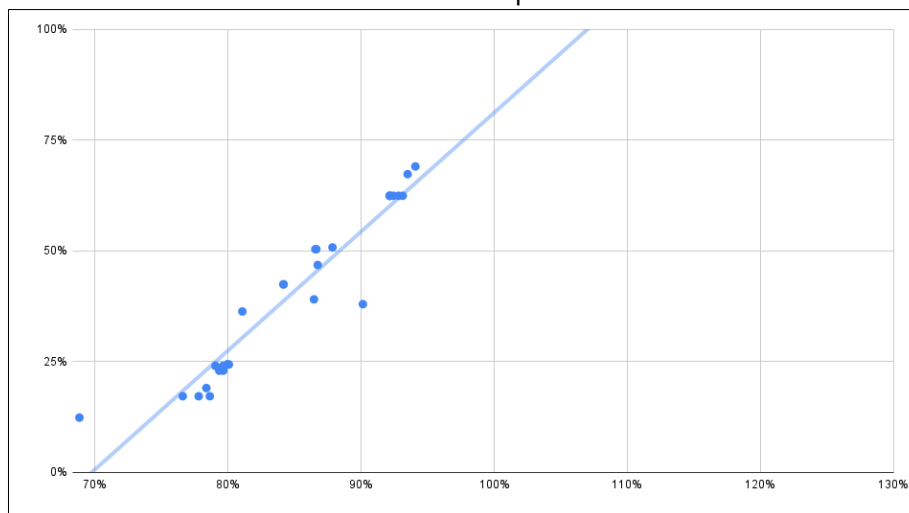
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 29 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 7º pavimento



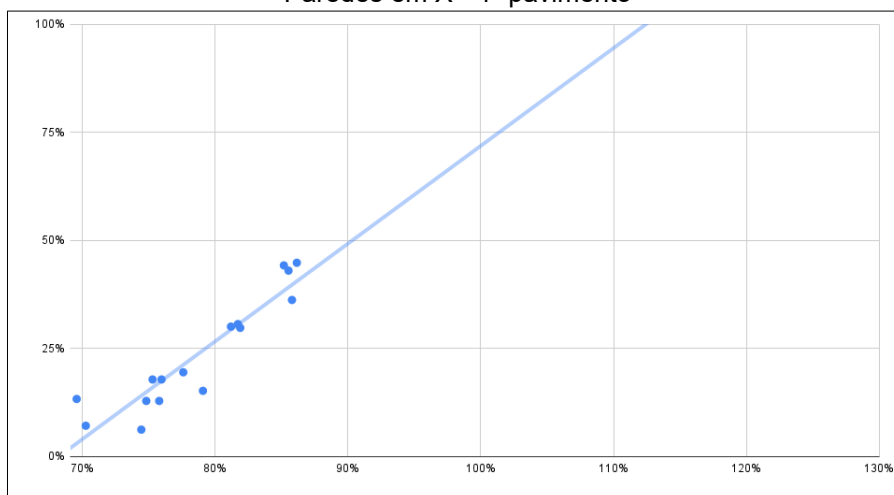
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 30 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 4º pavimento



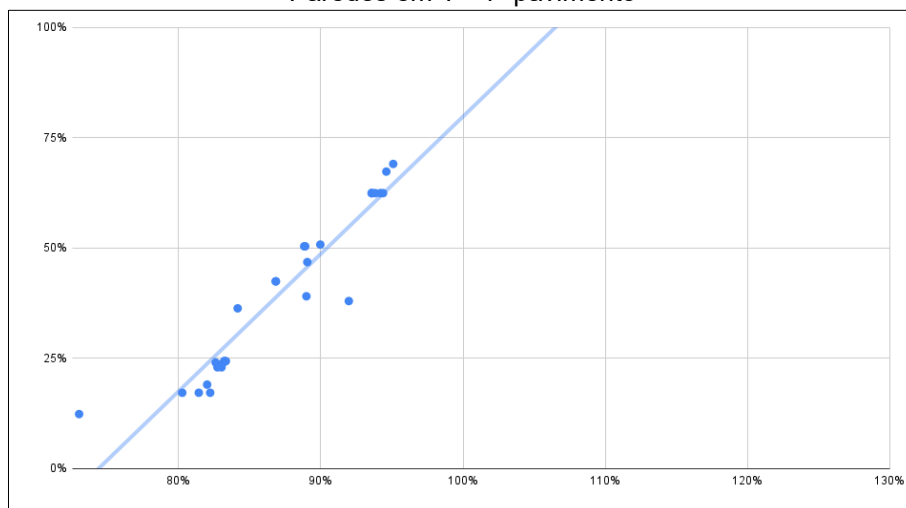
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 31 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 4º pavimento



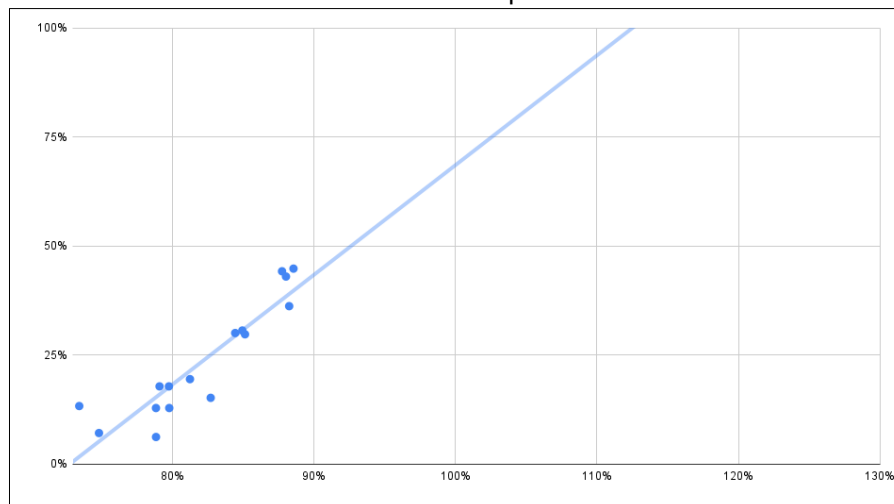
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 32 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 1º pavimento



Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 33 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 1º pavimento



Fonte: Autoria própria, 2025

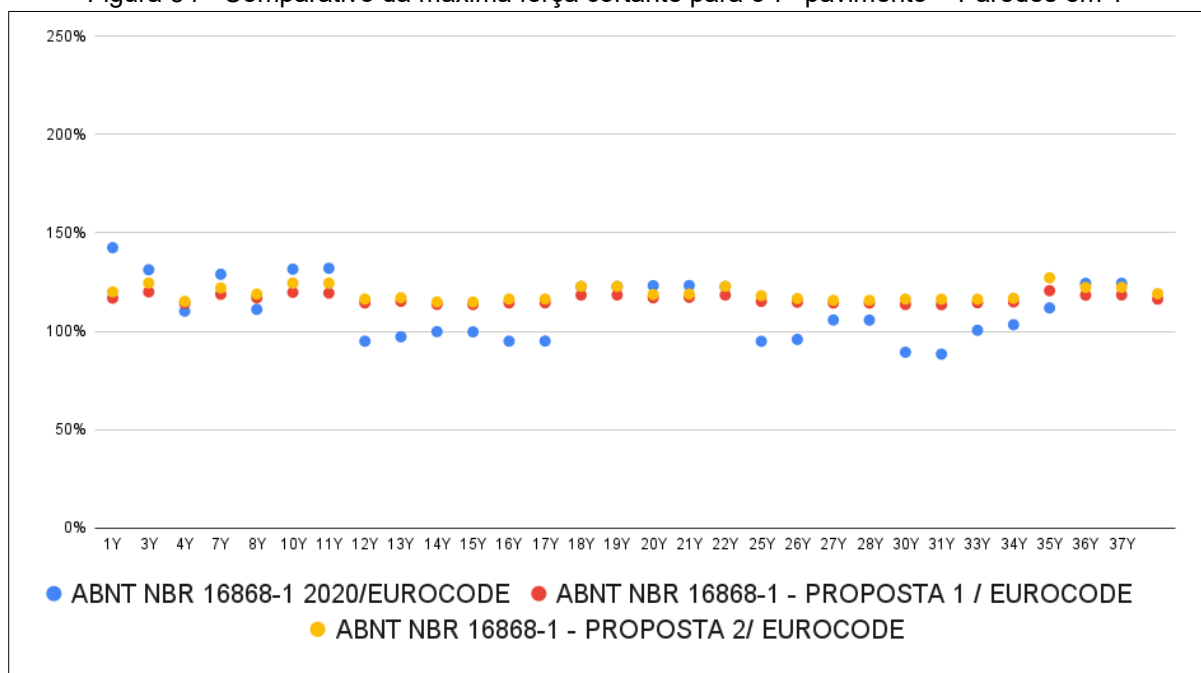
### 7.1.1.2 Máxima força cortante

Para o 7º pavimento, a relação ABNT NBR 16868-1:2020/EUROCODE apresenta paredes com oscilação evidente onde a Eurocode tende a dar valores maiores que a ABNT NBR atual, isso se dá pelo fato de serem paredes de área menor, com uma carga vertical maior e onde a presença de graute em relação a área total e unicamente dada por armação mínima para reforço de interseções, por tanto, tem-se resultados em que parte da distribuição é mais irregular confirmando que as propostas atuais tendem a variar entre valores maiores e menores, como pode ser visto nas Figura 33 e Figura 34.

No 4º pavimento a amplitude de variação é, em geral, menor do que no 7º, pois existe uma cumulo de carga maior e o esquema de ferro se mantem de igual maneira que o pavimento de cima. Logo, os resultados podem ser vistos na Figura 35 e Figura 35.

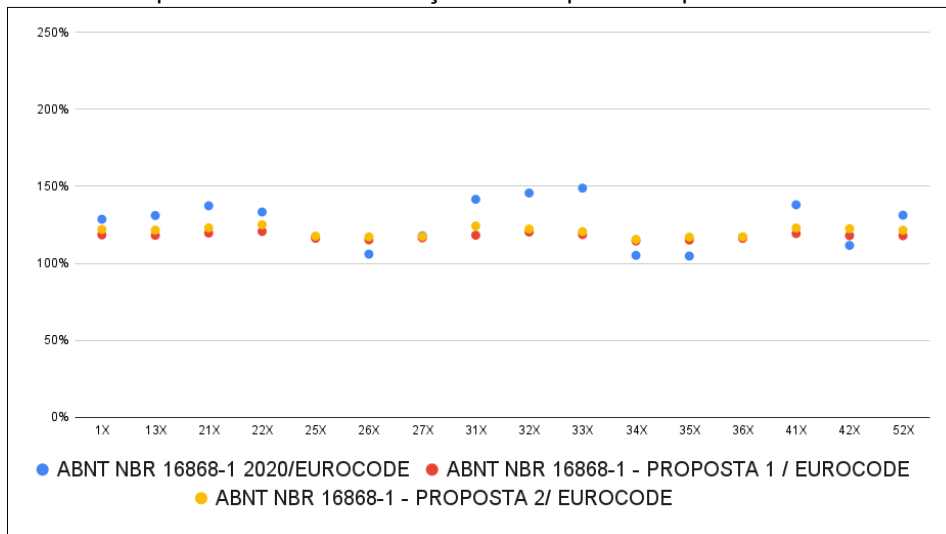
Logo em sequência, os resultados do 1º pavimento na Figura 37 e Figura 38, demonstram, de forma consistente, valores de força cortante mais elevados devido à aproximação à base; nesse nível, pequenas alterações na resistência local provocam diferenças percentuais significativas entre a ABNT NBR2020 e a proposta.

Figura 34 - Comparativo da máxima força cortante para o 7º pavimento – Paredes em Y



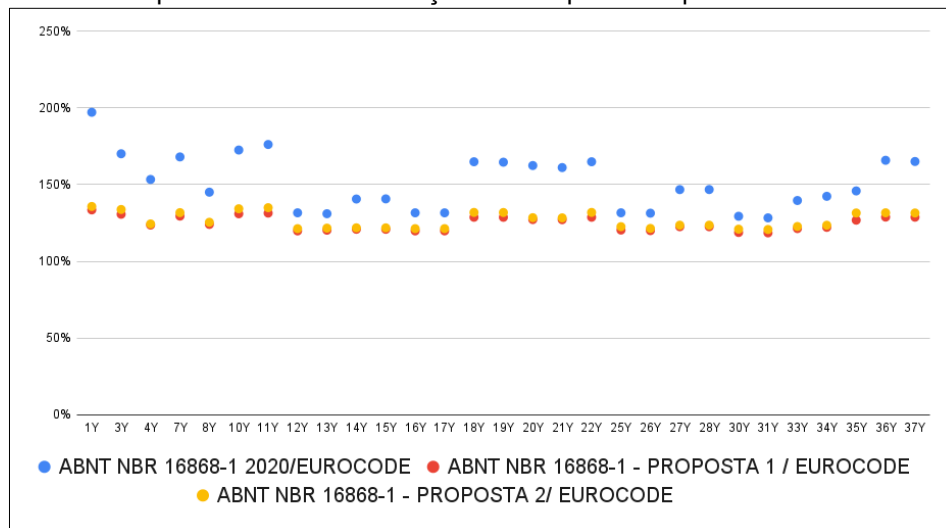
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 35 - Comparativo da máxima força cortante para o 7º pavimento – Paredes em X



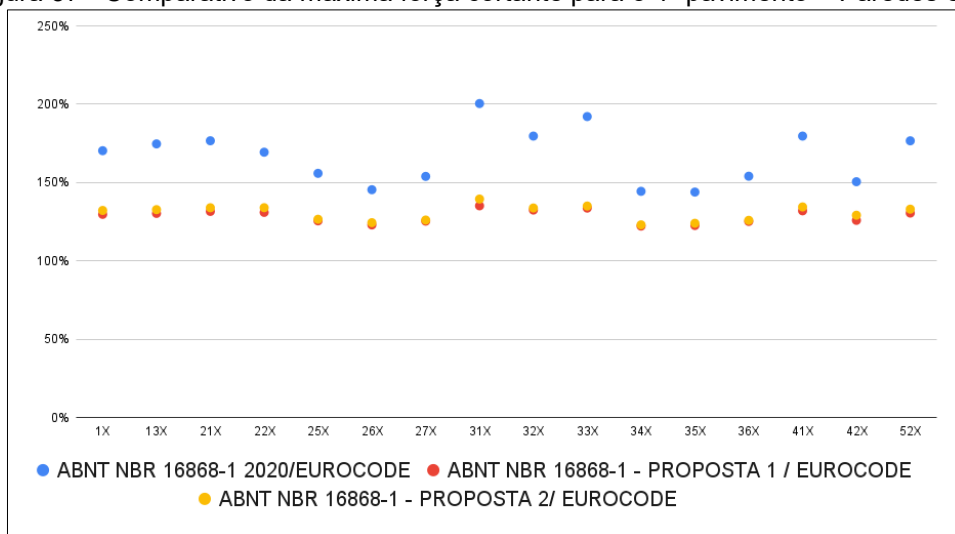
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 36 - Comparativo da máxima força cortante para o 4º pavimento – Paredes em Y



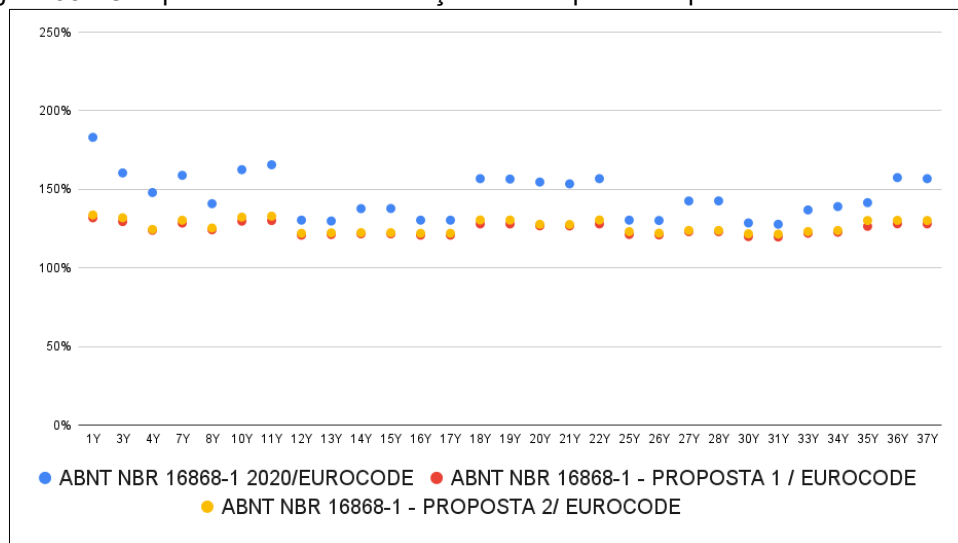
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 37 - Comparativo da máxima força cortante para o 4º pavimento – Paredes em X



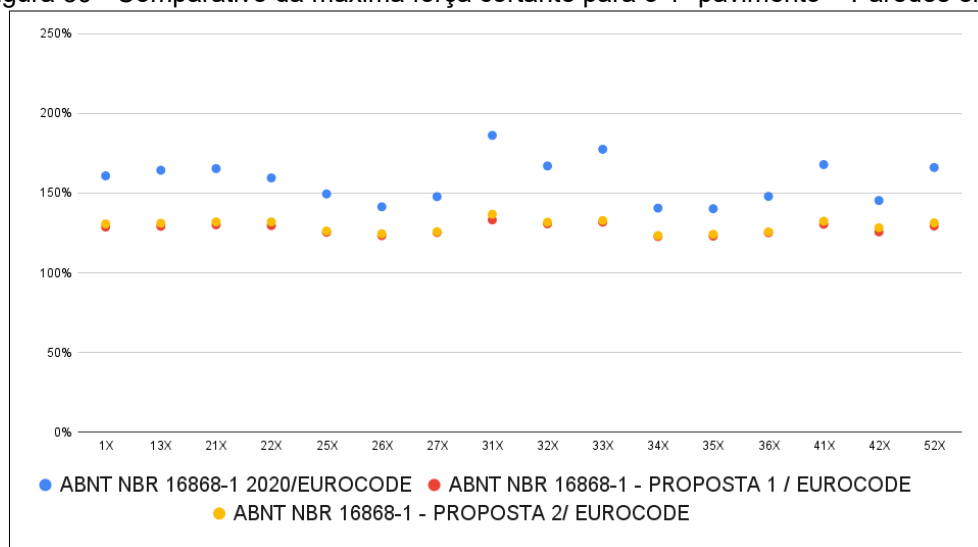
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 38 - Comparativo da máxima força cortante para o 1º pavimento – Paredes em Y



Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 39 - Comparativo da máxima força cortante para o 1º pavimento – Paredes em X



Fonte: Autoria própria, 2025

### 7.1.1.3 Comparação entre as propostas

A comparação entre a Proposta 2 e a ABNT NBR 16868-1:2020 demonstra que, embora o aumento do coeficiente tenda a elevar a capacidade à força cortante em diversas paredes, o ganho não é uniforme e depende fortemente da combinação entre geometria, nível de grauteamento e distribuição de armaduras. Na Figura 39 e Figura 40, observa-se que algumas paredes apresentam incrementos significativos enquanto outras mostram pouca ou nenhuma variação, o que evidencia uma interação complexa entre as variáveis construtivas.

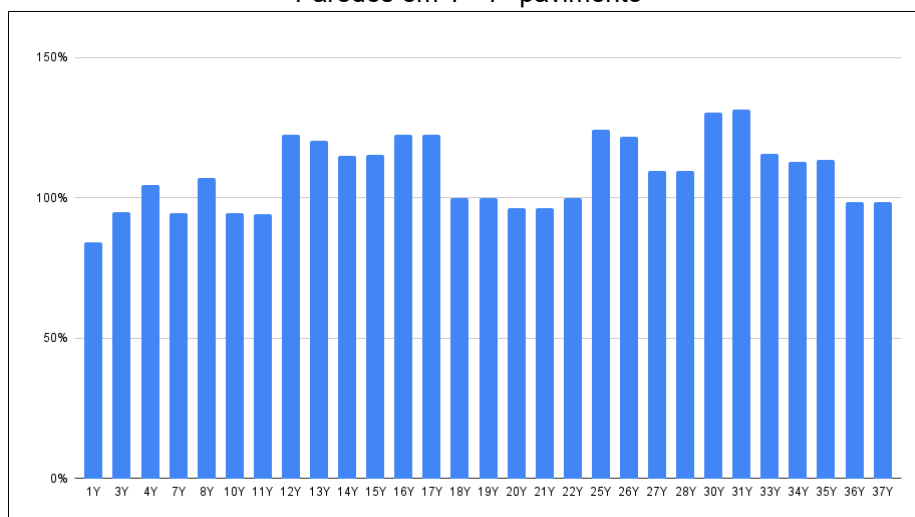
Ao analisar por pavimento, o efeito da Proposta 2 é menos pronunciado no 4º

pavimento, indicando que o ganho médio diminui em níveis intermediários e que o benefício do coeficiente aumentado está condicionado ao contexto local.

No 1º pavimento a proposta tende a incrementar a capacidade quando associada a paredes bem grauteadas e com detalhamento de armadura adequado, dessa forma, esses comportamentos pontuais e por vezes contraditórios em que a Proposta 2 ora aproxima os valores da a ABNT NBR 16868-1:2020, ora se afasta nos permite salientar a não linearidade do efeito do coeficiente quando combinado com variáveis construtivas e reforçam a necessidade de avaliação caso a caso antes de adoção generalizada.

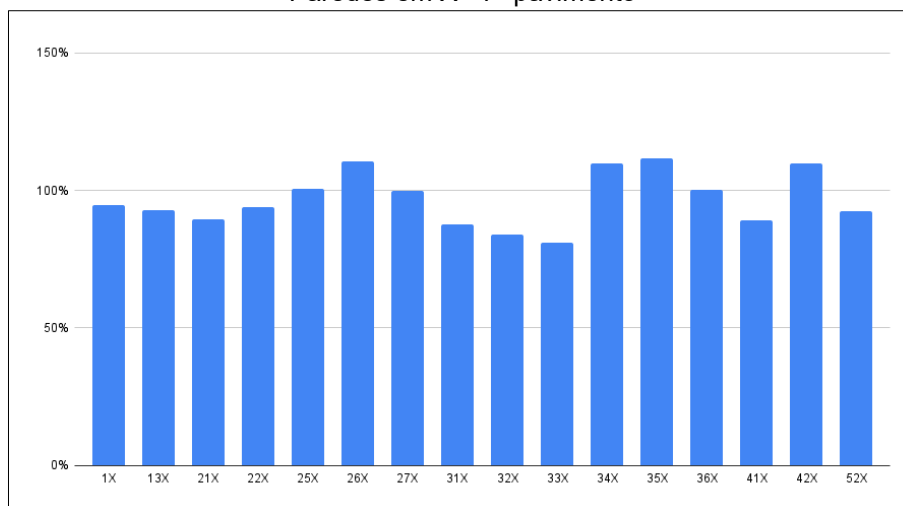
Desse modo, a Figura 41, Figura 42, Figura 43 e Figura 44 apresentam os resultados obtido para o 4º pavimento e o 7º pavimento.

Figura 40 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 7º pavimento



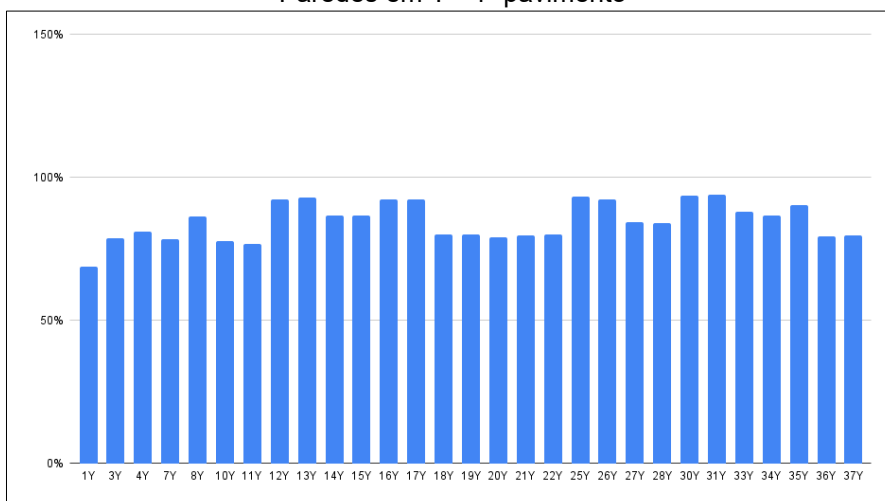
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 41 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 7º pavimento



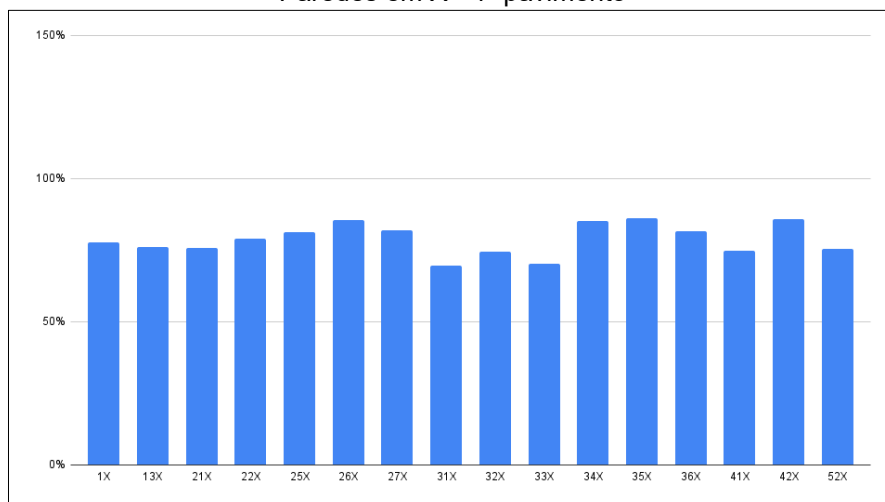
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 42 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 4º pavimento



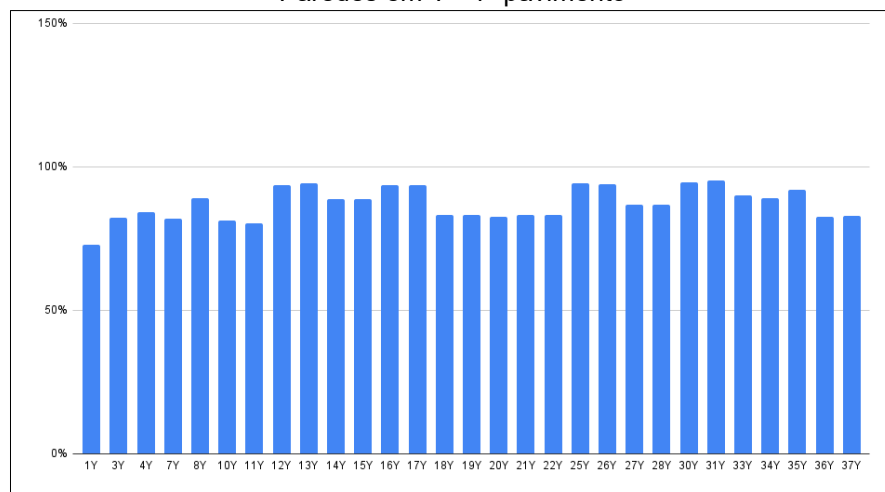
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 43 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 4º pavimento



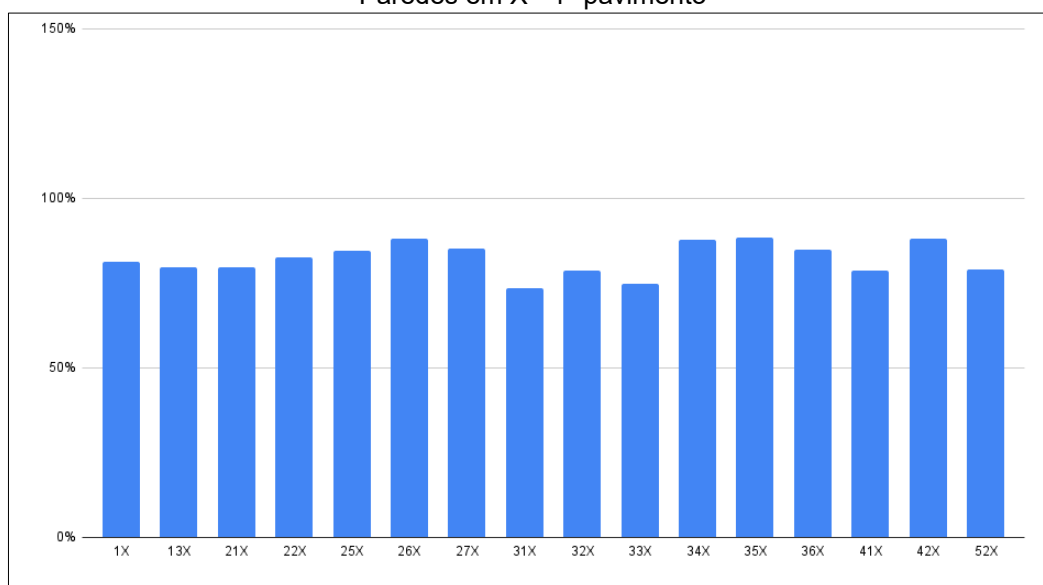
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 44 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 1º pavimento



Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 45 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 1º pavimento

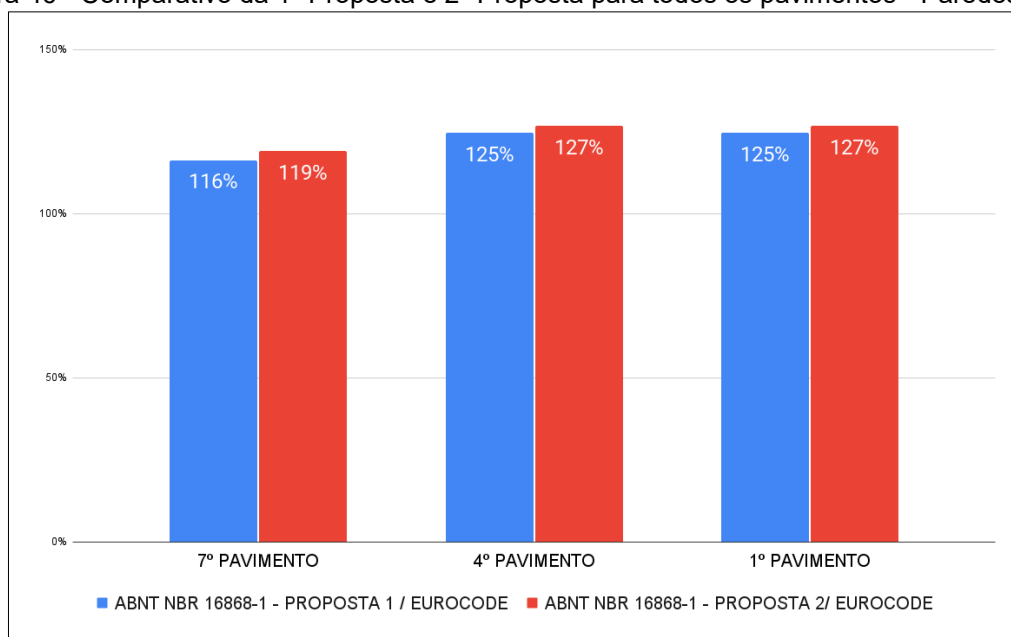


Fonte: A autoria própria, 2025

A análise comparativa entre a 1ª e a 2ª Proposta, considerando todos os pavimentos, evidencia que o efeito da alteração do coeficiente aplicado às zonas grauteadas não é uniforme ao longo da estrutura.

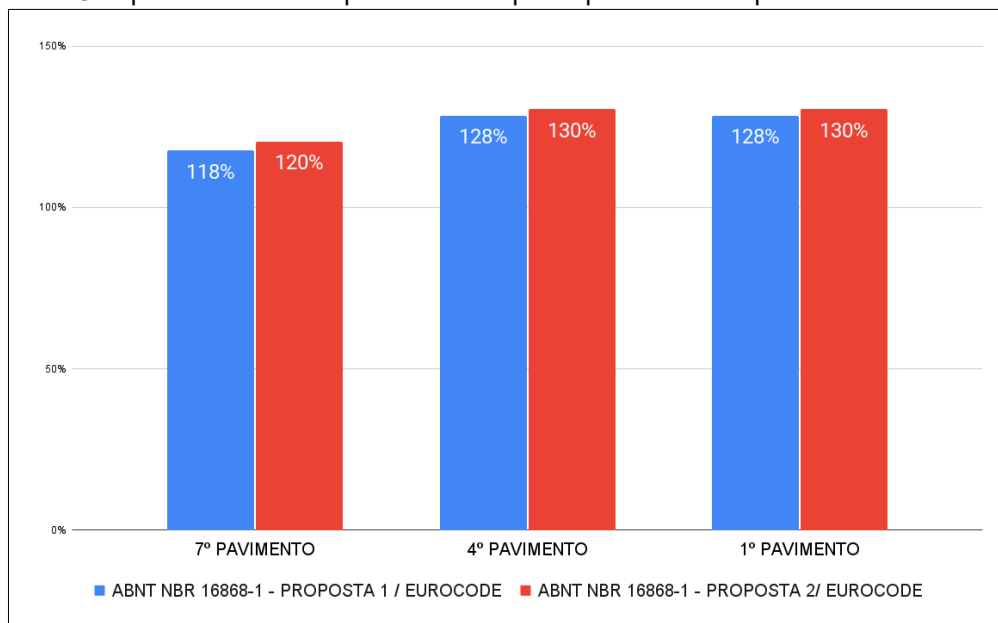
Na Figura 45 e Figura 46, observa-se que as duas propostas convergem entre os pavimentos, porém apresentando valores muito próximos de capacidade ao cisalhamento. De tal maneira, a diferença entre ambas propostas gerou uma diferença de entre 1,25% até 2,4% em todo o edifício.

Figura 46 - Comparativo da 1ª Proposta e 2ª Proposta para todos os pavimentos - Paredes em Y



Fonte: A autoria própria, 2025

Figura 47 - Comparativo da 1ª Proposta e 2ª Proposta para todos os pavimentos - Paredes em X



Fonte: Autoria própria, 2025

### 7.1.2 EDIFÍCIO B

Pela altura do primeiro pavimento analisado a diferença entre a ABNT NBR 16868:2020 e a proposta tende a ser maior pois nesses pavimentos o esquema de armação se define para cumprir a função mínima de reforçar as interseções e as aberturas presentes no pavimento. Por outro lado, a diferença é evidente quando se trata da Eurocode, isso ocorre porque os coeficientes utilizados no cálculo das ABNT NBR 16868:2020 são menores que a norma europeia.

Dessa maneira, com cargas menores de pré-compressão o resultado identificando indica que a tendência é de que os valores se distanciem, porém para cargas maiores a tendência tende a ficar perto dos 100%. Aumentando-se a armação e grauteamento, a proposta de atualização de norma brasileira pode resultar valores de capacidade maiores que a ABNT NBR 16868:2020.

#### 7.1.2.1 Grauteamento

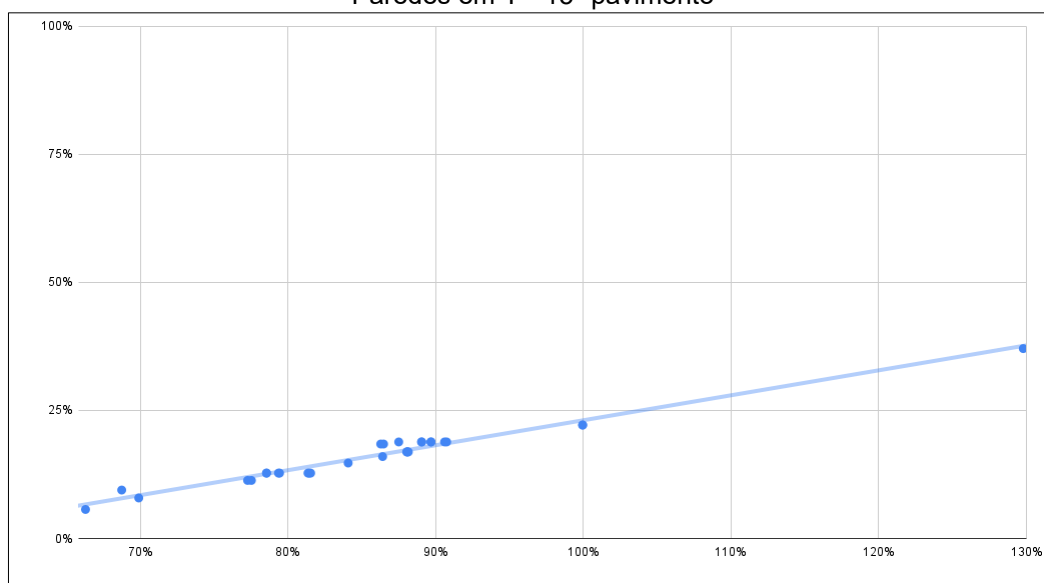
Para o edifício B, observa-se que, nos pavimentos superiores, a sensibilidade à parcela de grauteamento torna-se mais acentuada. Nesses níveis, a razão Proposta / ABNT NBR 2020 tende a afastar-se da referência de 100% com maior intensidade, indicando que em edifícios mais altos a combinação de pré-compressão com valores menores e os efeitos do pino da armadura vertical se tornam mais relevantes,

amplificam de forma mais evidente as diferenças entre os métodos de cálculo.

Por outro lado, os pavimentos 7º e 3º obedecem a as análises já feitas em tópicos anteriores. Em ambos, verifica-se que certas paredes apresentam elevada sensibilidade ao percentual de grauteamento, resultando em variações significativas quando comparadas à norma vigente. Por tanto, alguns elementos permanecem próximos aos valores da ABNT NBR 2020.

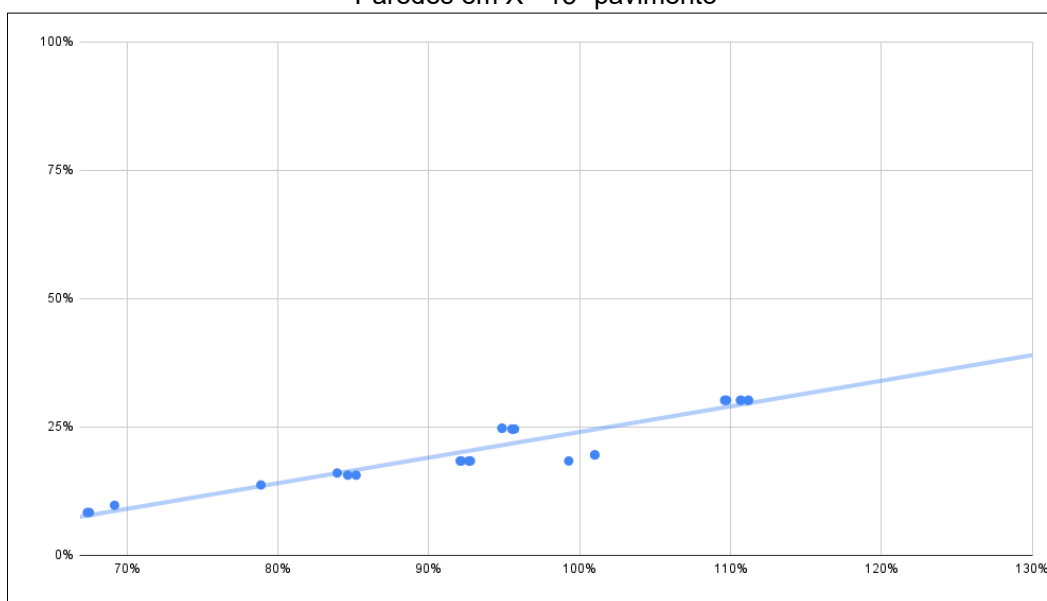
Logo, esse posicionamento fundamenta-se na Figura 47, Figura 48, Figura 49, Figura 50, Figura 51e Figura 52.

Figura 48 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 15º pavimento



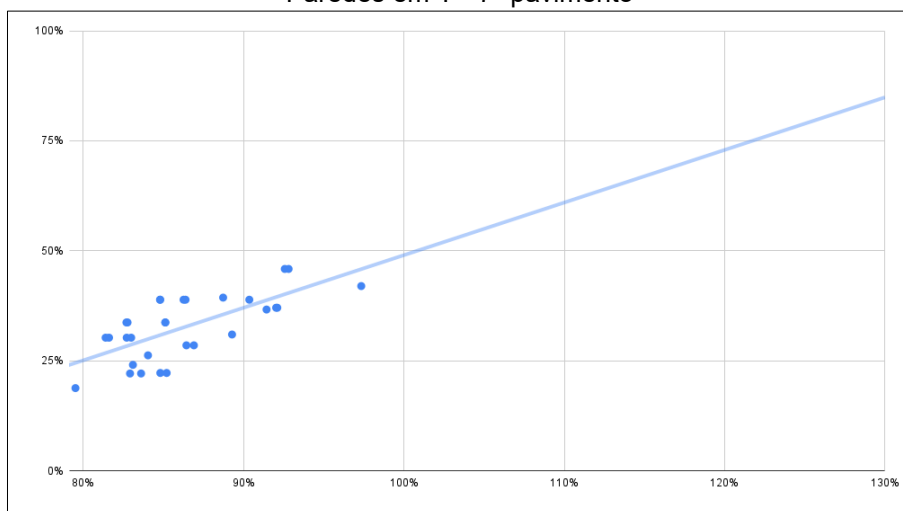
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 49 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 15º pavimento



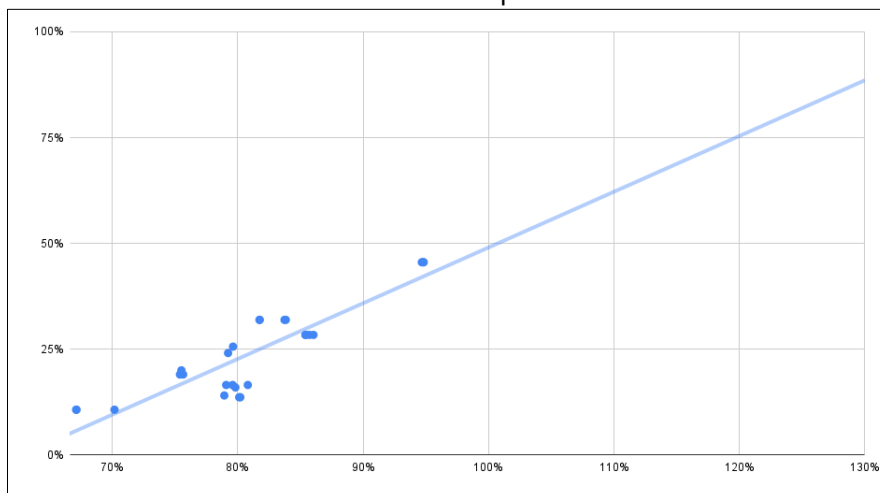
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 50 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 7º pavimento



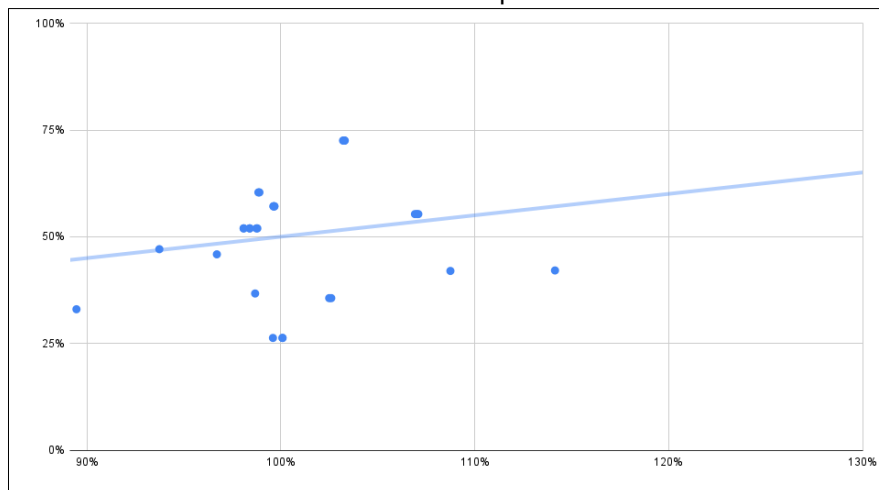
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 51 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 7º pavimento



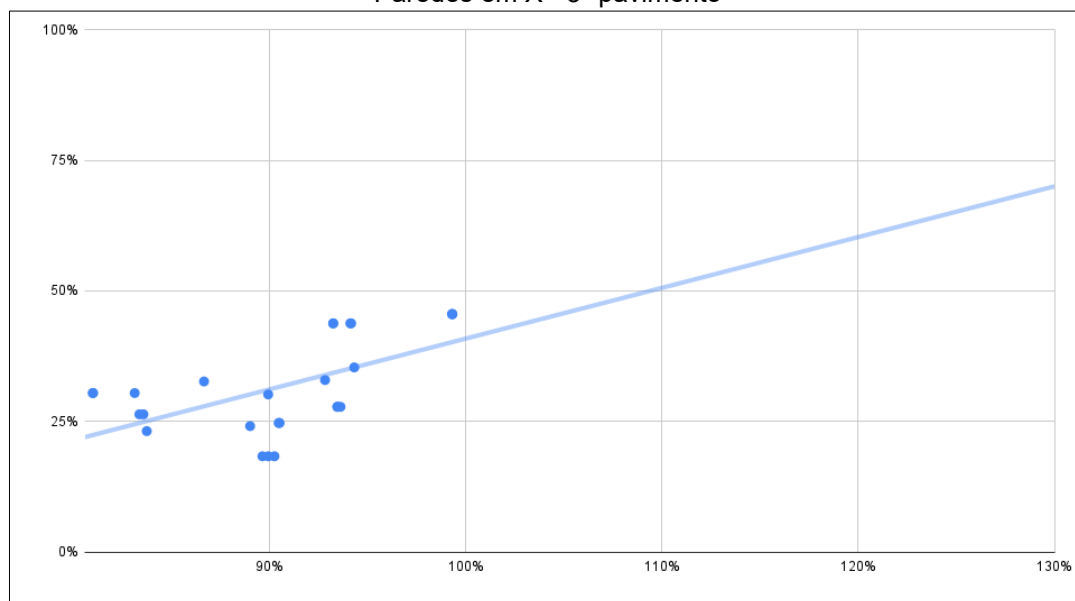
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 52 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 3º pavimento



Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 53 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 3º pavimento



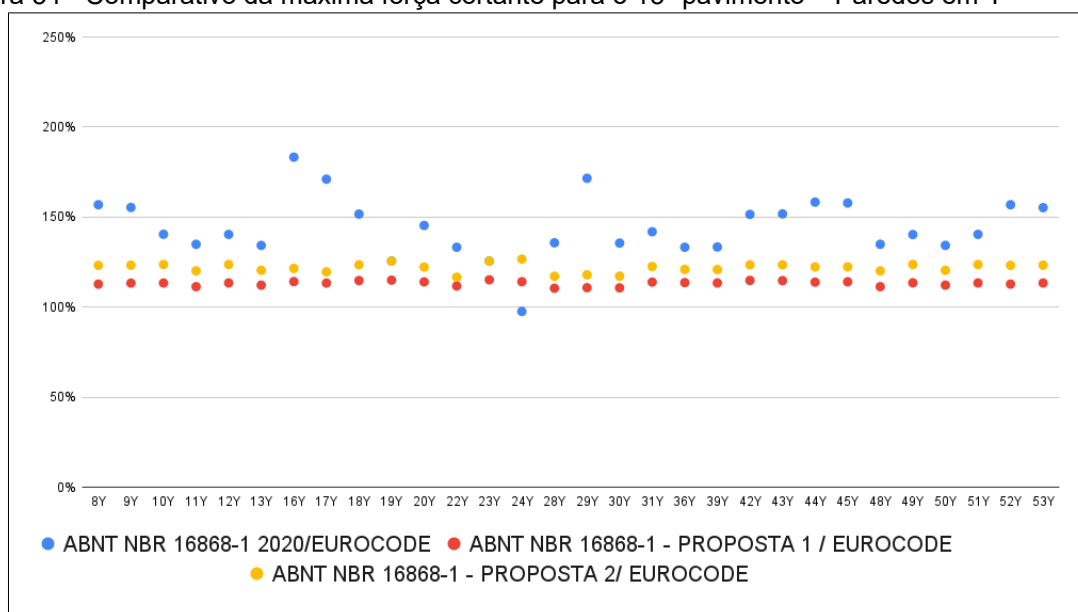
Fonte: Autoria própria, 2025

#### 7.1.2.2 Máxima força cortante

Em primeira análise, os gráficos relacionados ao último pavimento, Figura 53 e Figura 54, a distância entre os valores previstos pela ABNT NBR 16868-1:2020 e pela proposta, na maioria das paredes aumenta, evidenciando a superestimação das forças em andares onde as cargas são mais baixas.

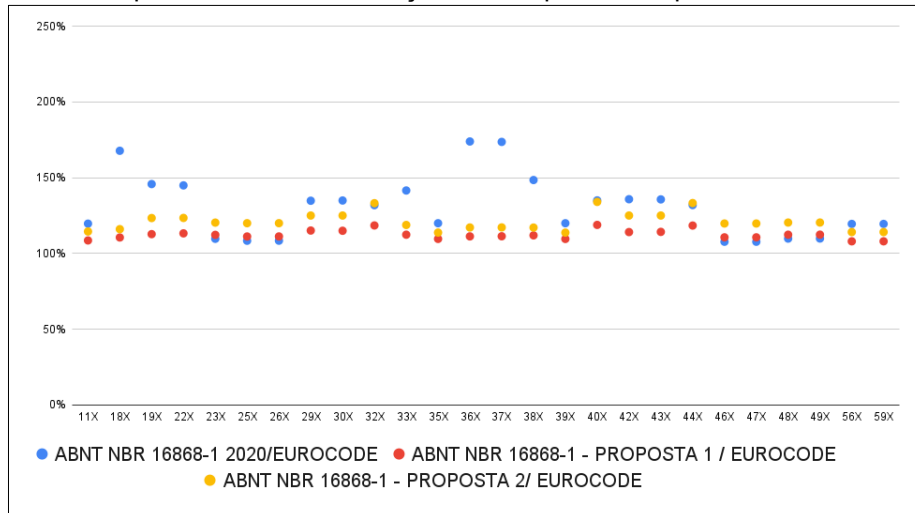
Já para os pavimentos 7º pavimento e 3º pavimento permanecem na premissa das análises anteriores.

Figura 54 - Comparativo da máxima força cortante para o 15º pavimento – Paredes em Y



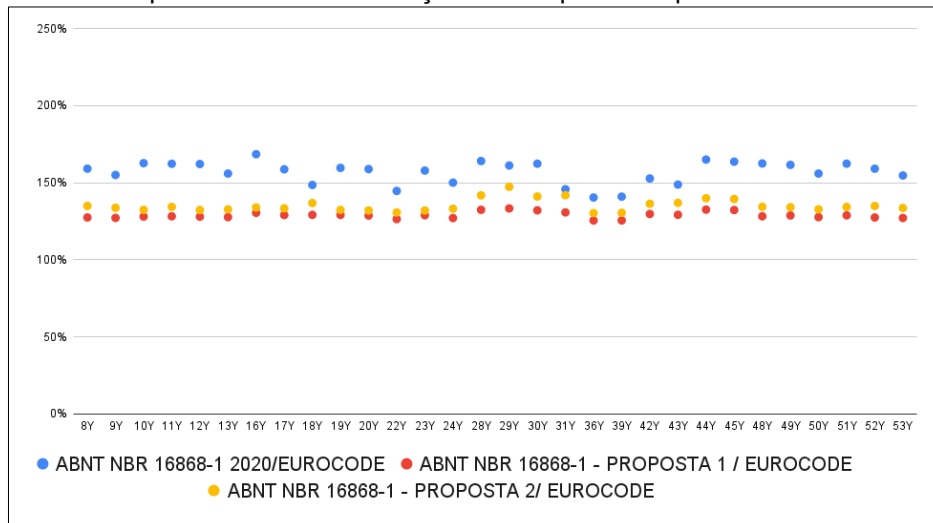
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 55 - Comparativo da máxima força cortante para o 15º pavimento – Paredes em X



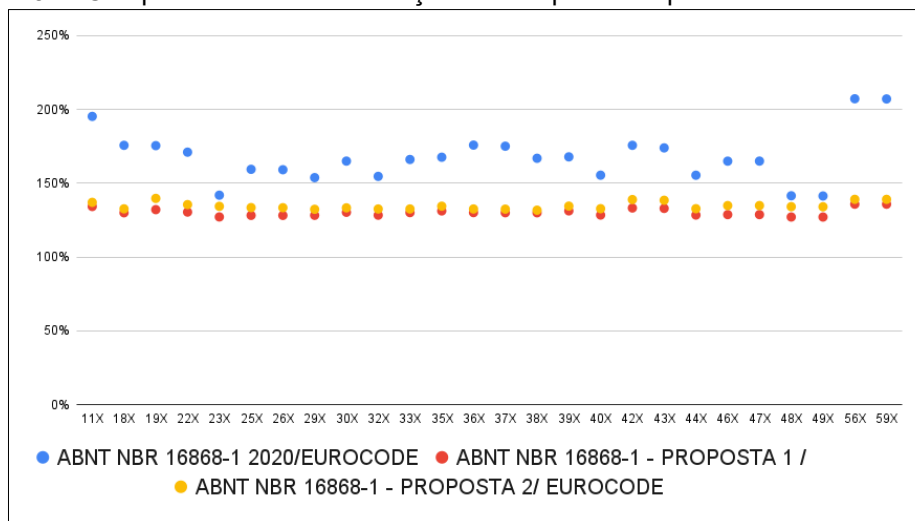
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 56 - Comparativo da máxima força cortante para o 7º pavimento – Paredes em Y



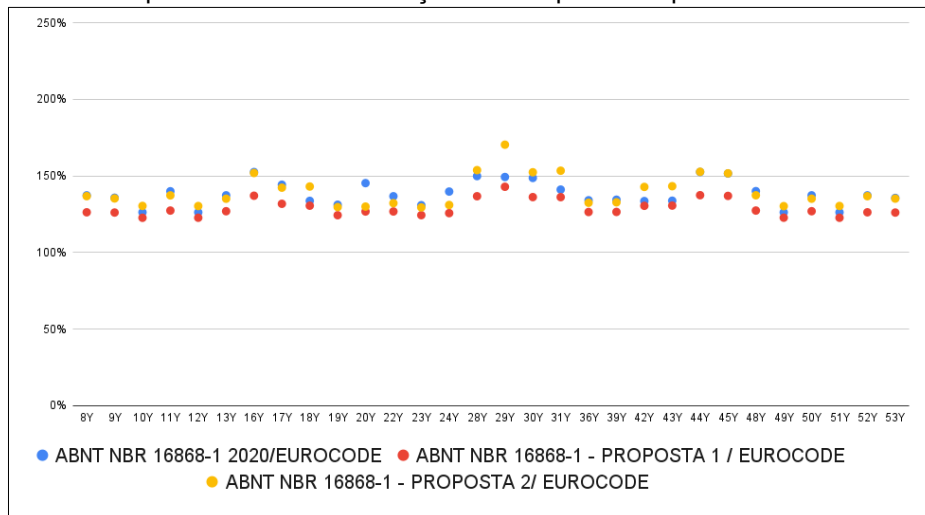
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 57 - Comparativo da máxima força cortante para o 7º pavimento – Paredes em X



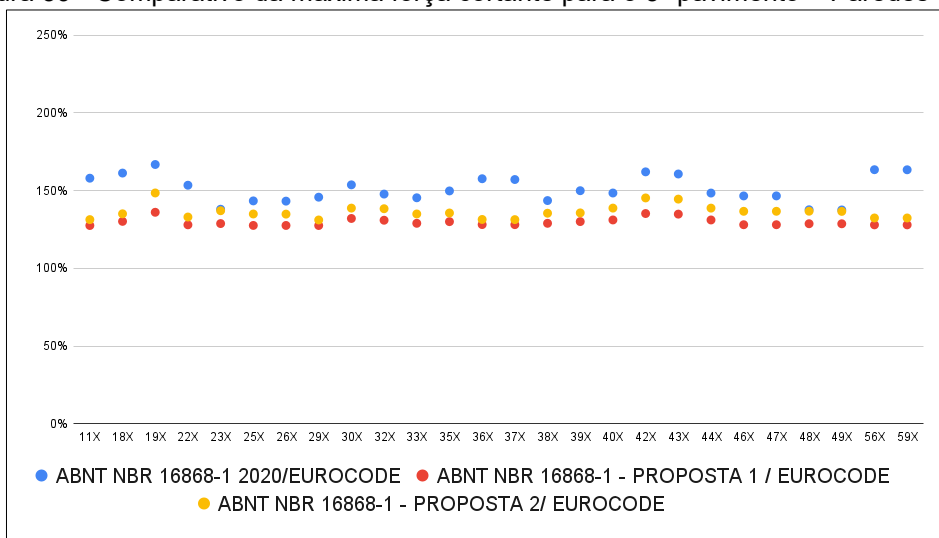
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 58 - Comparativo da máxima força cortante para o 3º pavimento – Paredes em Y



Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 59 - Comparativo da máxima força cortante para o 3º pavimento – Paredes em X



Fonte: Autoria própria, 2025

### 7.1.2.3 Comparação entre as propostas

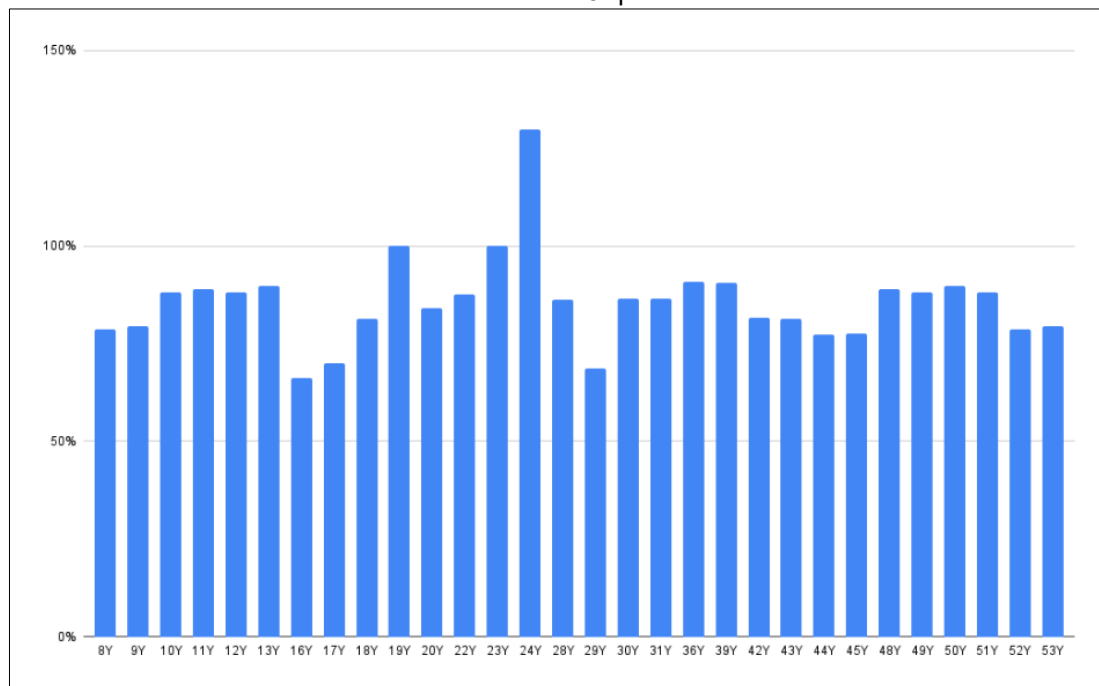
A comparação entre a Proposta 2 e a ABNT NBR 16868-1:2020, aplicada ao Edifício B, revela que a revisão normativa pode trazer ganhos significativos.

No 15º pavimento, a Proposta 2 supera o Eurocode porque, além de considerar a área líquida, incorpora o efeito do graute e o mecanismo de pino proporcionado pela armadura vertical e isso se destaca no resultado da Parede 24Y. Para as demais paredes observa-se a Figura 59 e Figura 60.

Em níveis intermediários, tais como o 7º pavimento e o 3º pavimento os valores finais se distanciam uns dos outros pela existência de vários tipos de diâmetro de ferro e a quantidade determinante conforme as cargas aumentam na base da

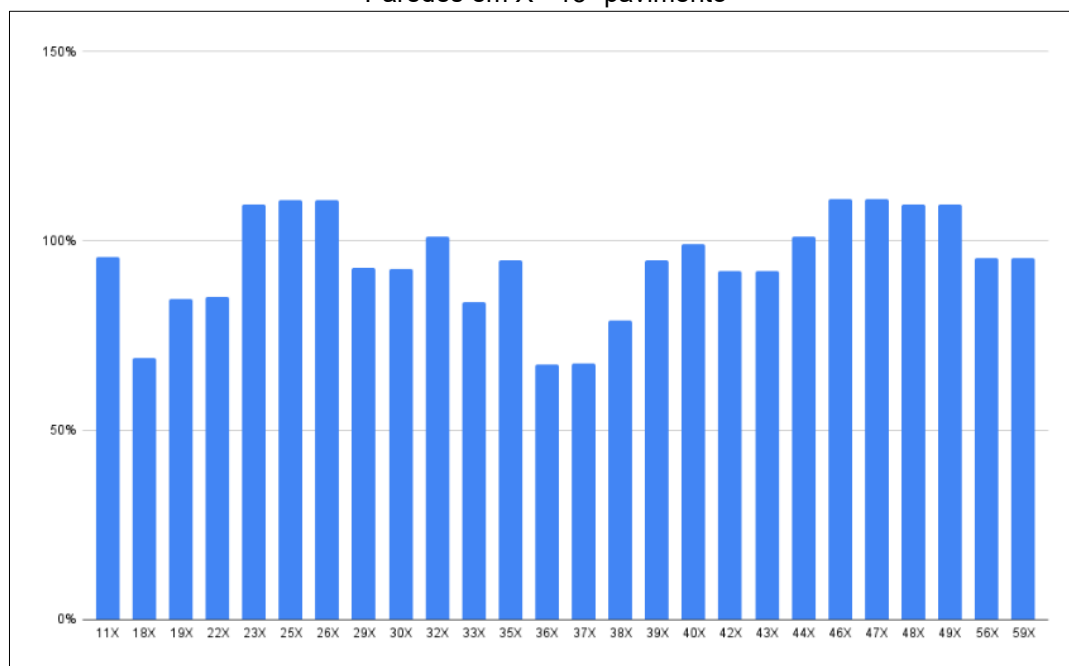
edificação. Dessa forma, a parcela grauteada tem um peso bem significativo na análise dessa modelo, mas ainda varia com o aumento da norma atual em outras paredes. As Figura 61, Figura 62, Figura 63 e Figura 64 mostram a variação desses parâmetros.

Figura 60 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 15º pavimento



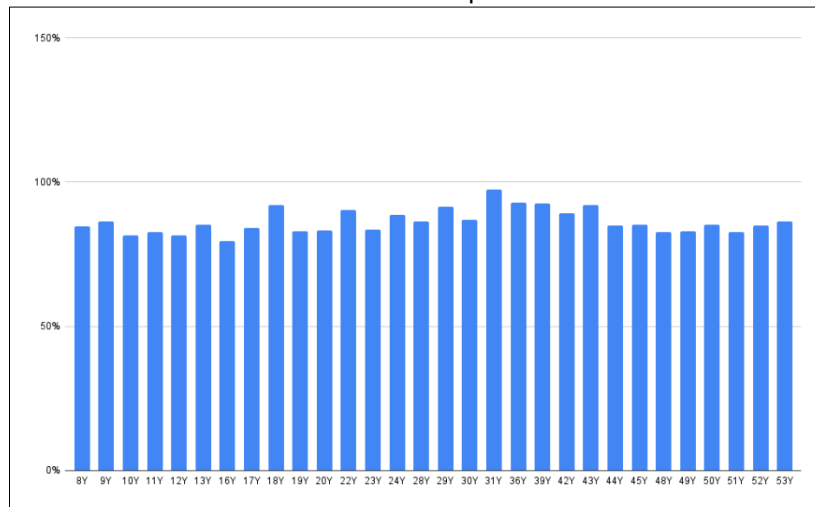
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 61 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 15º pavimento



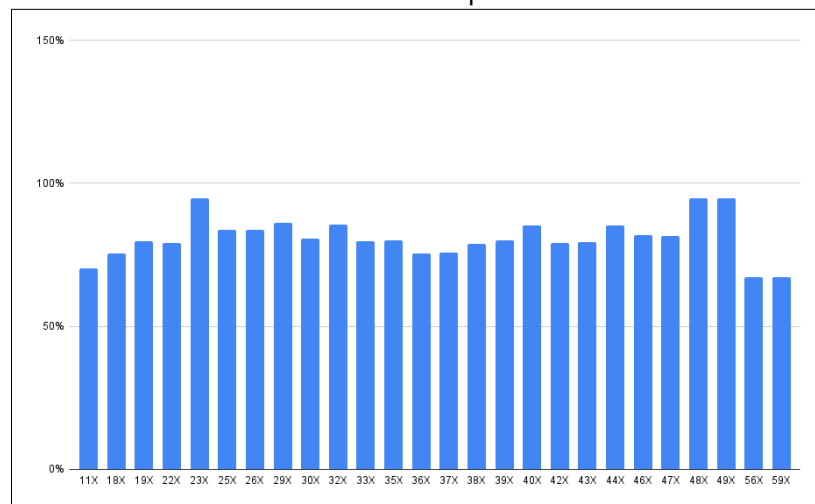
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 62 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 7º pavimento



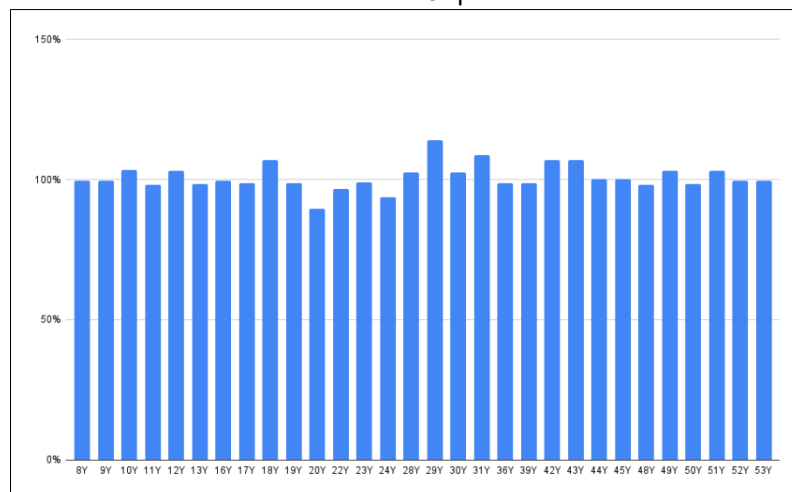
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 63 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 7º pavimento



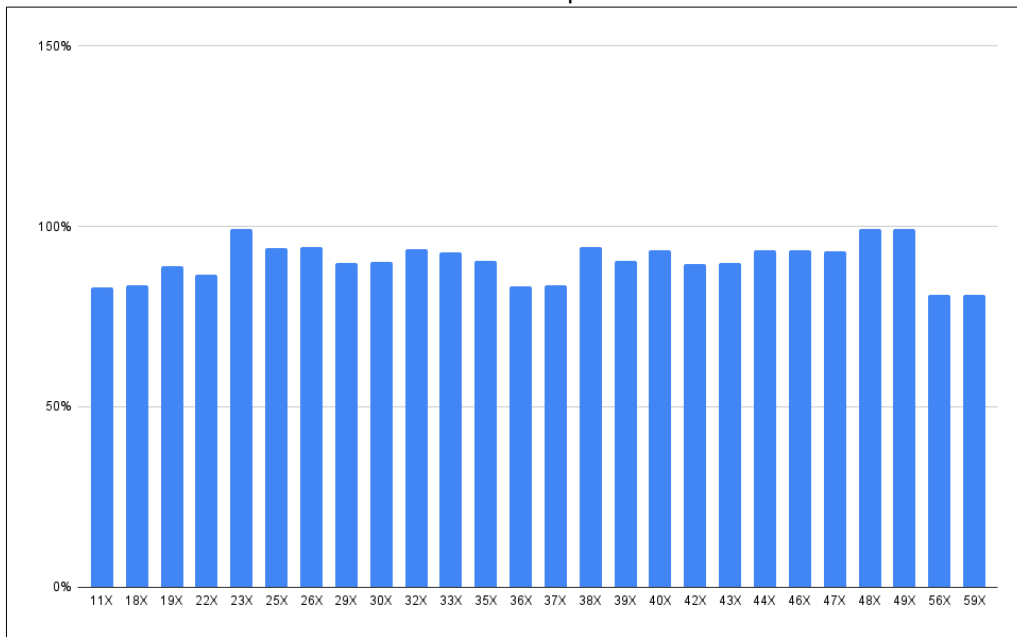
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 64 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 3º pavimento



Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 65 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 3º pavimento

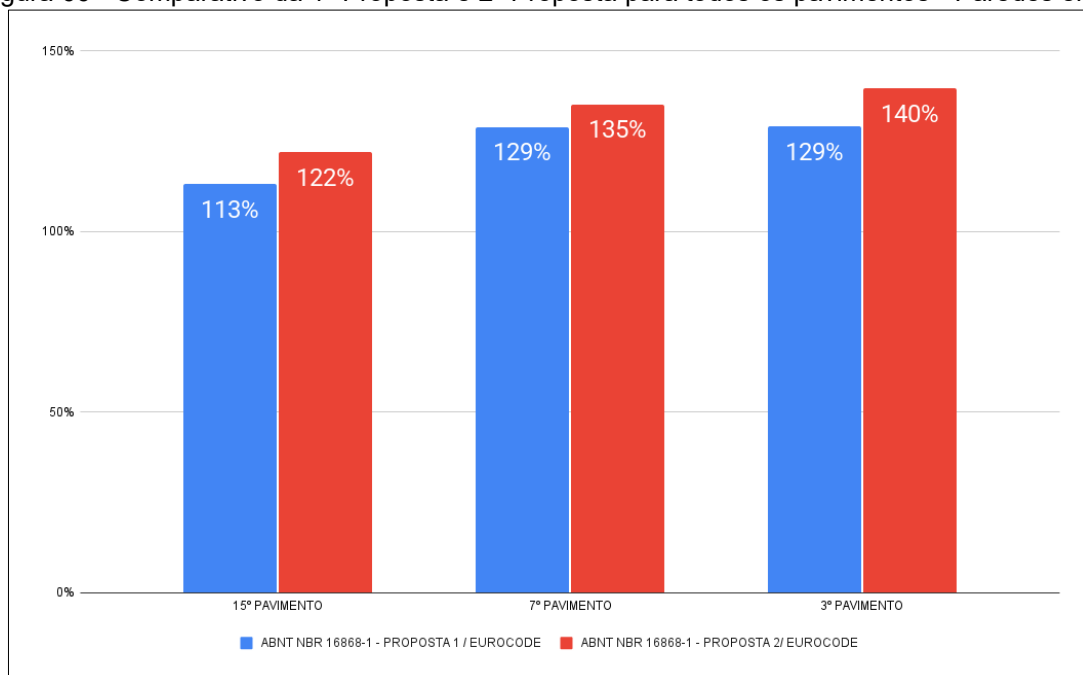


Fonte: Autoria própria, 2025

A análise global das Figuras 65 e 66, relativas ao Edifício B, evidencia que a comparação entre a 1ª e a 2ª Proposta apresenta variação dependente do pavimento.

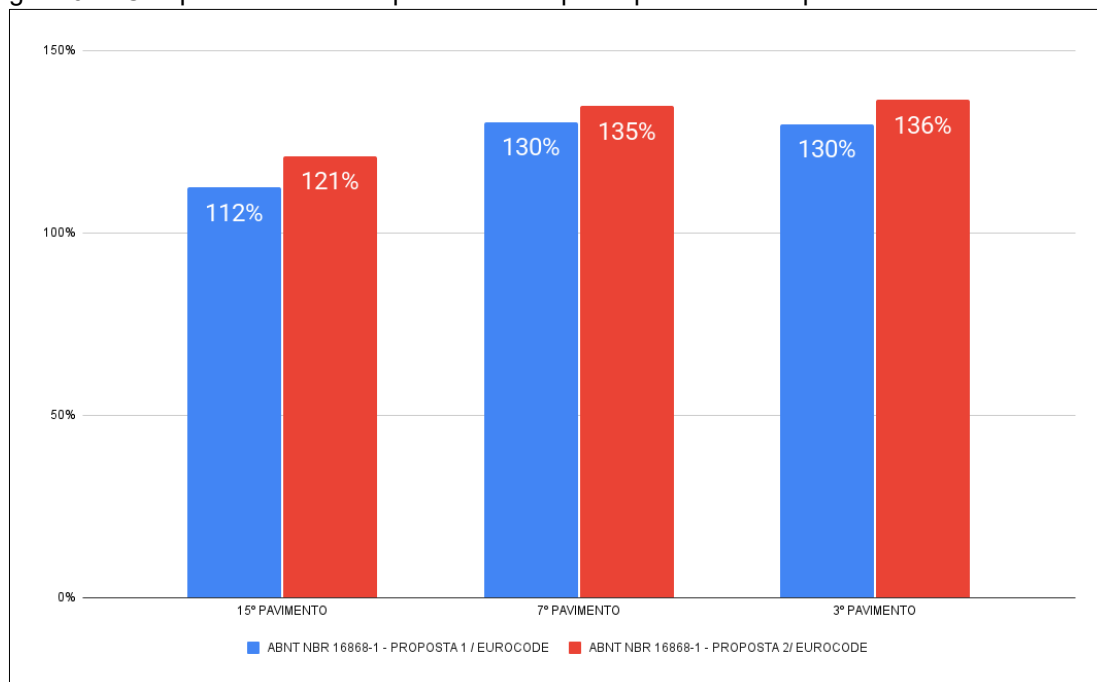
De forma geral, o edifício apresenta uma diferença entre as propostas com valores que vão de 4,0% a 8% por apresentar um esquema de ferro mais detalhado e único para cada pavimento, utilizando diâmetros de  $\Phi = 10, 12,5$  e  $16\text{ mm}$  conforme acontece o acúmulo de cargas ao longo da edificação.

Figura 66 - Comparativo da 1ª Proposta e 2ª Proposta para todos os pavimentos - Paredes em Y



Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 67 - Comparativo da 1ª Proposta e 2ª Proposta para todos os pavimentos - Paredes em Y



Fonte: Aatoria própria, 2025

### 7.1.3 EDIFÍCIO C

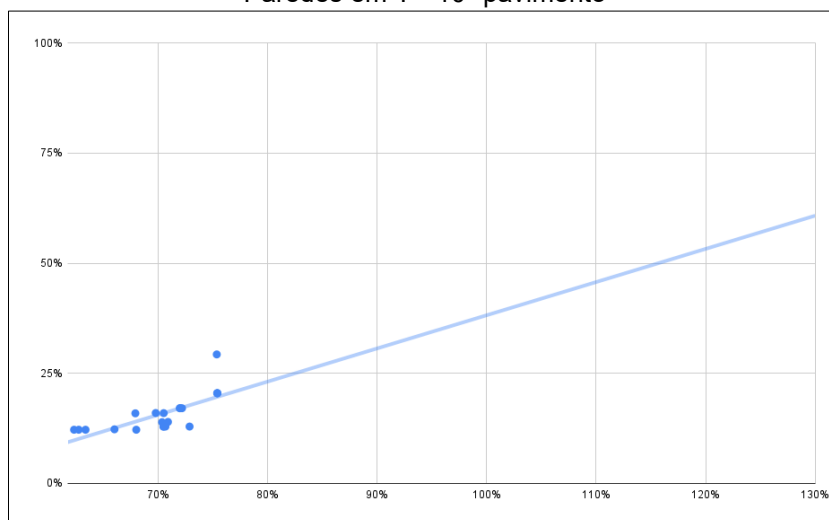
Ao se analisar o terceiro edifício se evidencia mais nitidamente a homogeneidade dela, indicando uma configuração estrutural com distribuição de rigidez mais uniforme. Aos termos uma distribuição mais detalhada e condicente do esquema de ferro para cada pavimento é possível perceber a diferença entre as normas.

#### 7.1.3.1 Grauteamento

Na Figura 67 e Figura 68, a dispersão reduzida indica que, quando a prática de grauteamento e o detalhamento de armadura são uniformes entre as paredes, a razão Proposta/ABNT NBR 2020 varia dentro de um intervalo estreito, o que facilita a previsão do ganho (ou da falta dele) advindo da alteração do coeficiente.

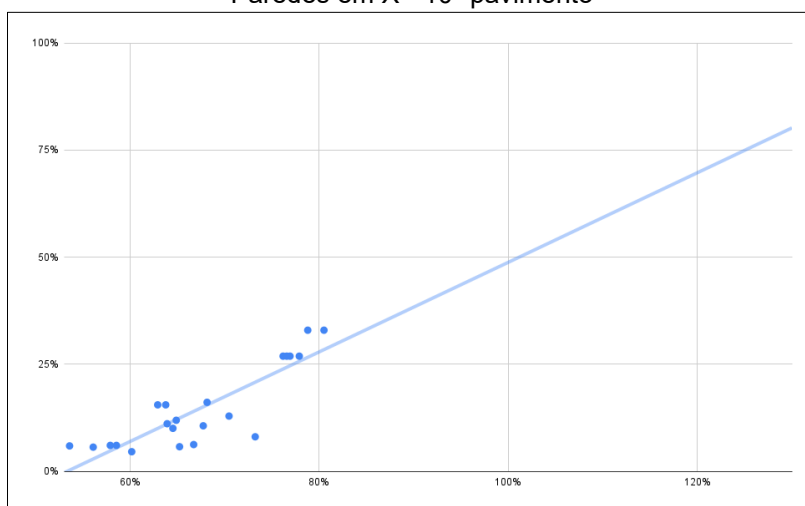
Em pavimentos intermediários como 6º e 2º a correlação entre percentual de grauteamento e o desvio entre métodos permanece presente, porém com amplitude menor. Dessa forma, isso evidencia que, em sistemas homogêneos, as variáveis, tais como, a geometria global, a rigidez distribuída do conjunto e o arranjo de cargas tendem a mitigar a influência isolada do graute. As Figura 69, Figura 70, Figura 71 e Figura 72 demonstram os resultados do modelo C.

Figura 68 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 10º pavimento



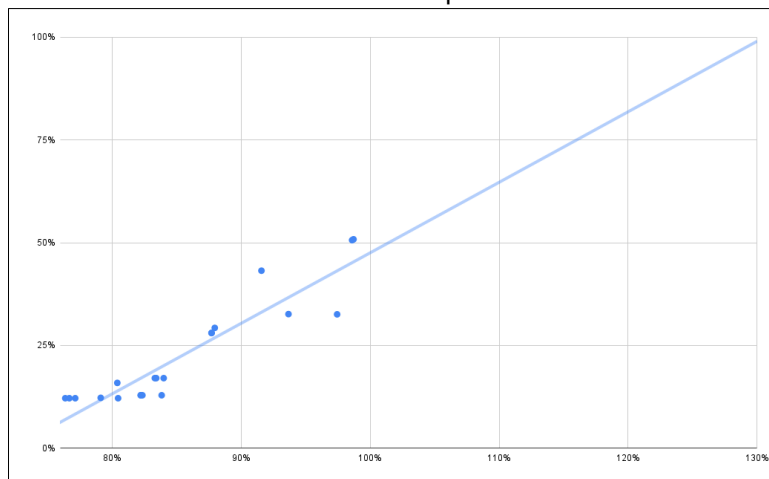
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 69 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 10º pavimento



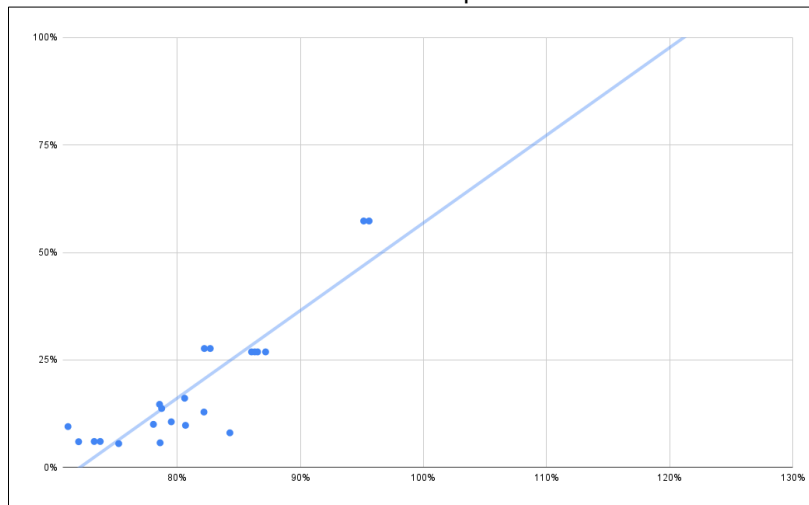
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 70 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 6º pavimento



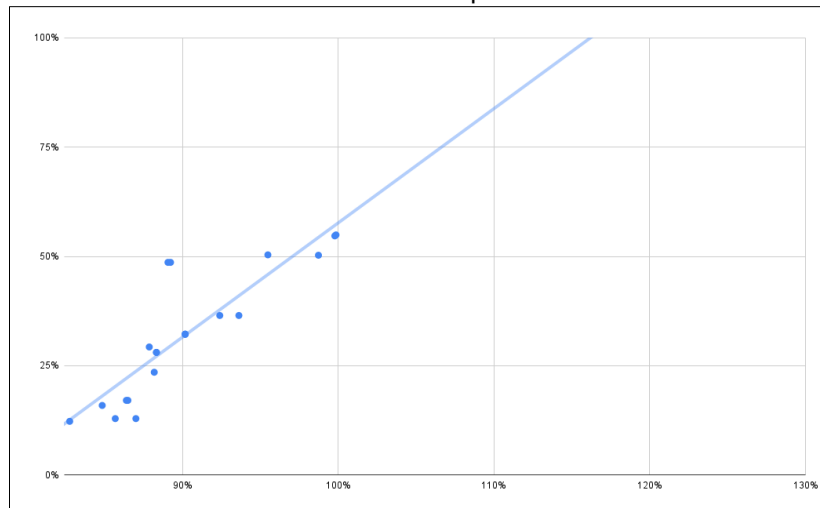
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 71 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 6º pavimento



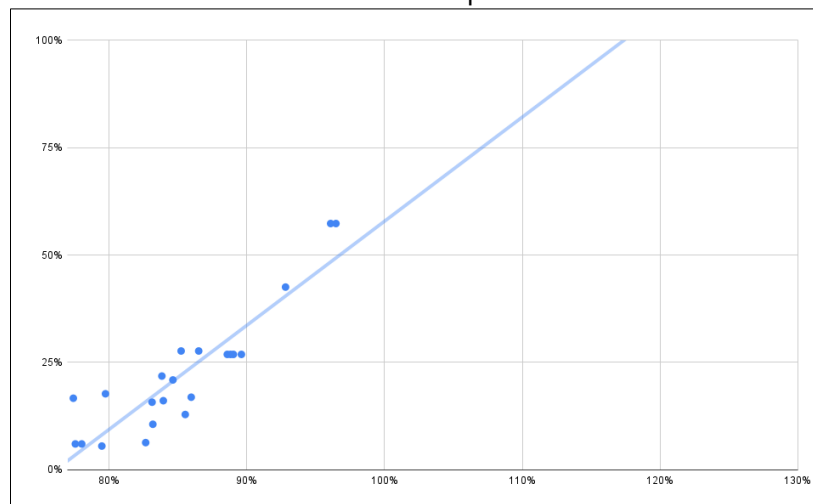
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 72 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 2º pavimento



Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 73 - Porcentagem de grauteamento vs comparativo Proposta / ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 2º pavimento



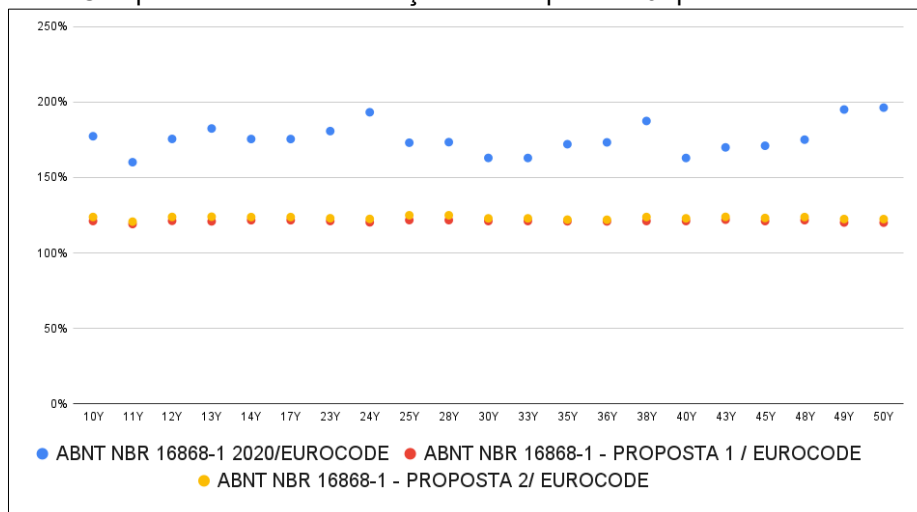
Fonte: Autoria própria, 2025

### 7.1.3.2 Máxima força cortante

A análise dos comparativos para o Edifício C demonstram de forma inequívoca que a ausência de grauteamento na norma vigente conduz a estimativas irrealisticamente elevadas em casos de paredes não grauteadas, enquanto as propostas corrigem adequadamente essa distorção.

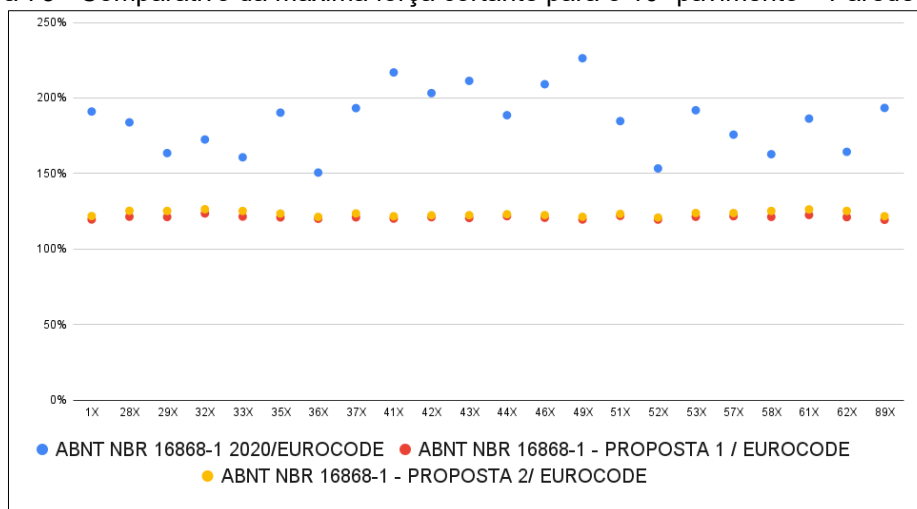
Além disso, quando a parede é grauteada, as propostas capturam de maneira precisa o aumento de resistência, comportamento coerente com o esperado do ponto de vista mecânico e experimental. Dessa forma, as análises confirmam que a revisão normativa tende a produzir modelos mais realistas, seguros e coerentes com a prática construtiva moderna. Por fim, as Figura 73, Figura 74, Figura 75, Figura 76, Figura 77 e Figura 78 representam os resultados da máxima força não longo do edifício.

Figura 74 - Comparativo da máxima força cortante para o 10º pavimento – Paredes em Y



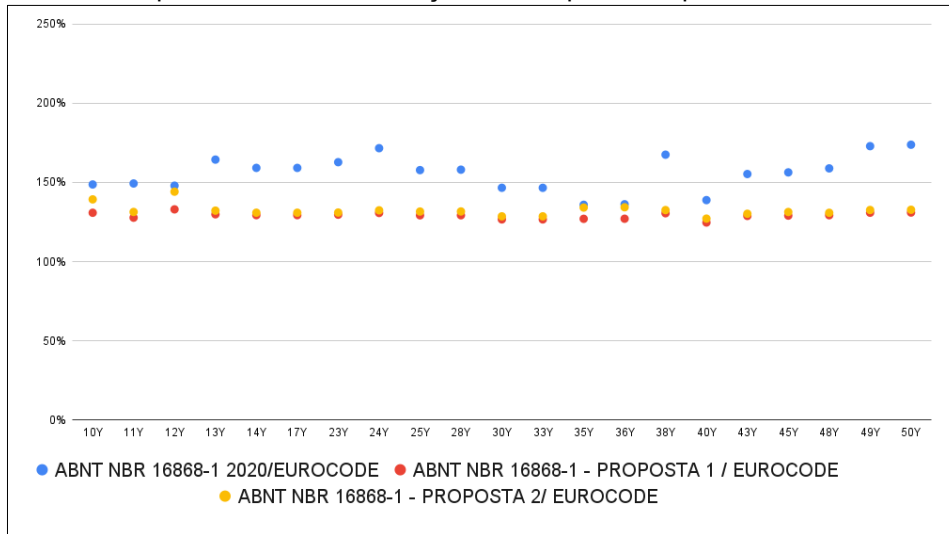
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 75 - Comparativo da máxima força cortante para o 10º pavimento – Paredes em X



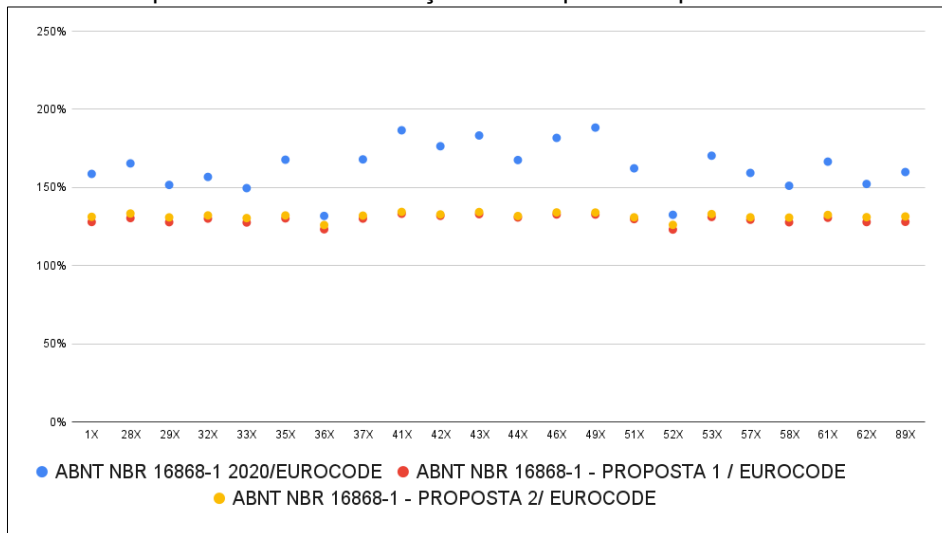
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 76 - Comparativo da máxima força cortante para o 6º pavimento – Paredes em Y



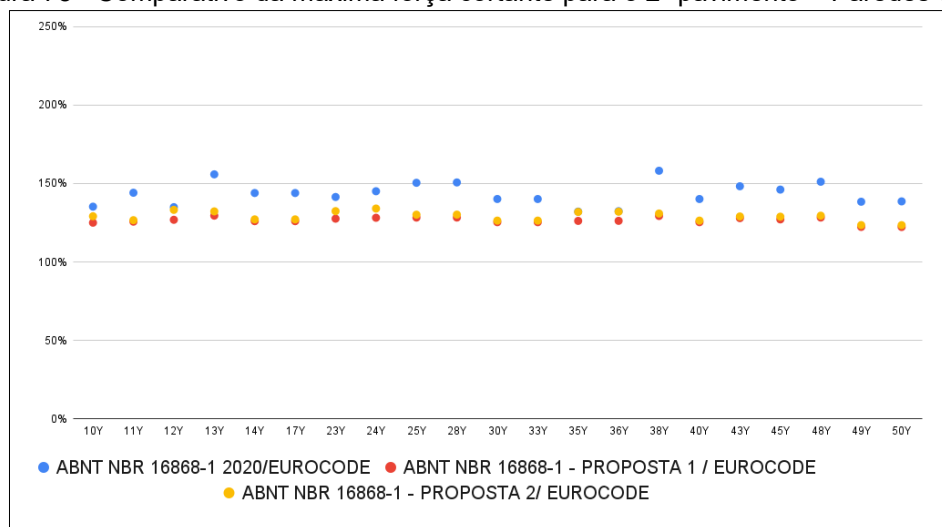
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 77 - Comparativo da máxima força cortante para o 6º pavimento – Paredes em X



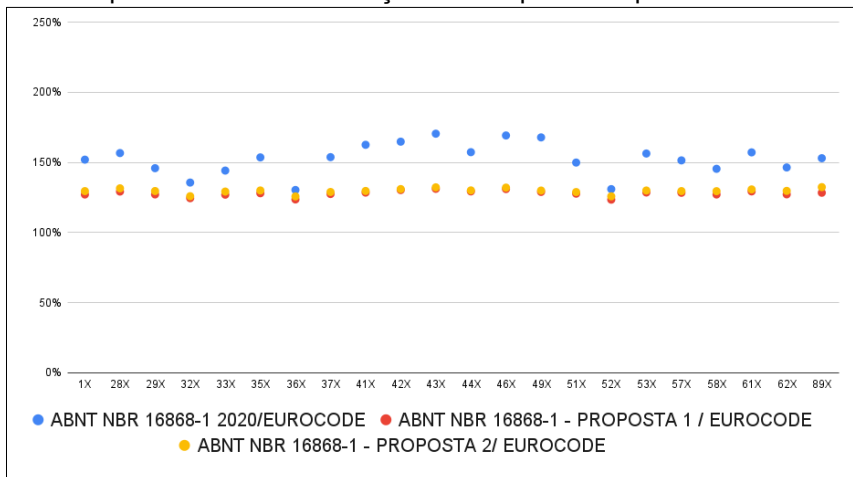
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 78 - Comparativo da máxima força cortante para o 2º pavimento – Paredes em Y



Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 79 - Comparativo da máxima força cortante para o 2º pavimento – Paredes em X



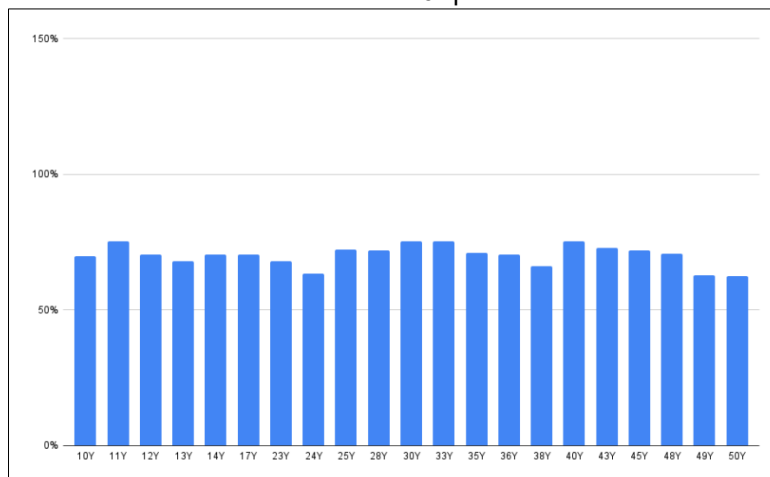
Fonte: Autoria própria, 2025

### 7.1.3.3 Comparação entre as propostas

A análise das Figuras 79, 80, 81, 82, 83 e 84 confirma a tendência já observada para os demais modelos, onde a influência da Proposta 2, quando comparada à ABNT NBR 16868-1:2020, é moderada, previsível e fortemente condicionada pelo grau de homogeneidade estrutural.

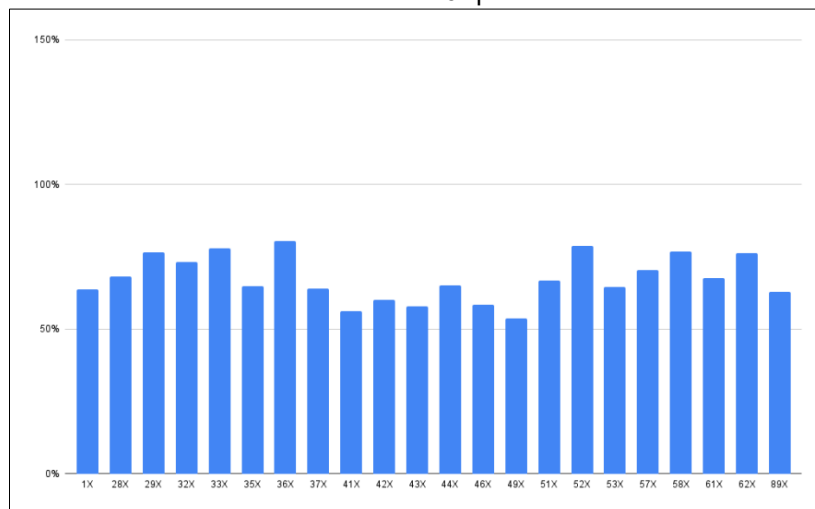
Assim, o conjunto dos resultados reforça que a aplicabilidade da Proposta 2 é altamente dependente da configuração construtiva. Em edifícios com maior regularidade, como o Edifício C, seus efeitos são mais contidos e previsíveis, o que pode ser vantajoso do ponto de vista de segurança e padronização, mas também indica que eventuais ajustes normativos poderão demandar critérios específicos por tipologia ou nível de homogeneidade para garantir que o método reflita de forma adequada a realidade estrutural de diferentes sistemas construtivos.

Figura 80 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 10º pavimento



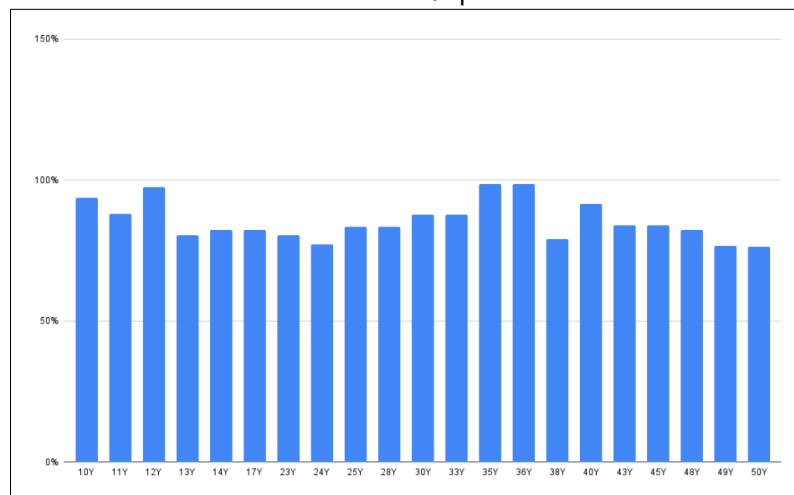
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 81 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 10º pavimento



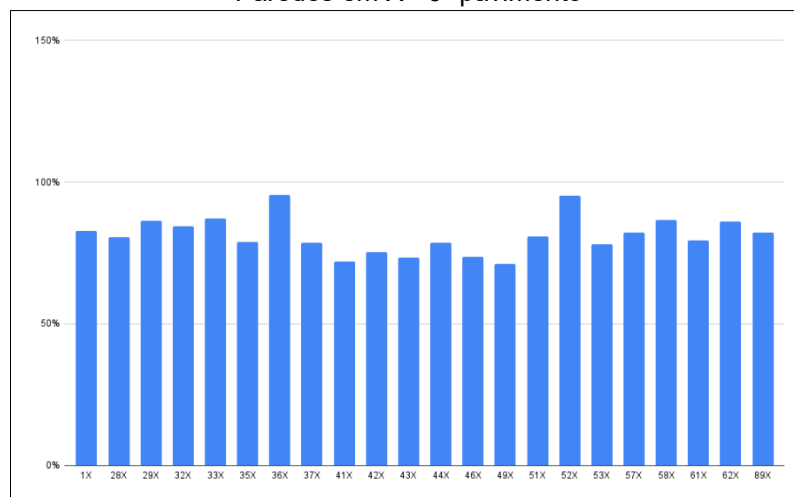
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 82 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 6º pavimento



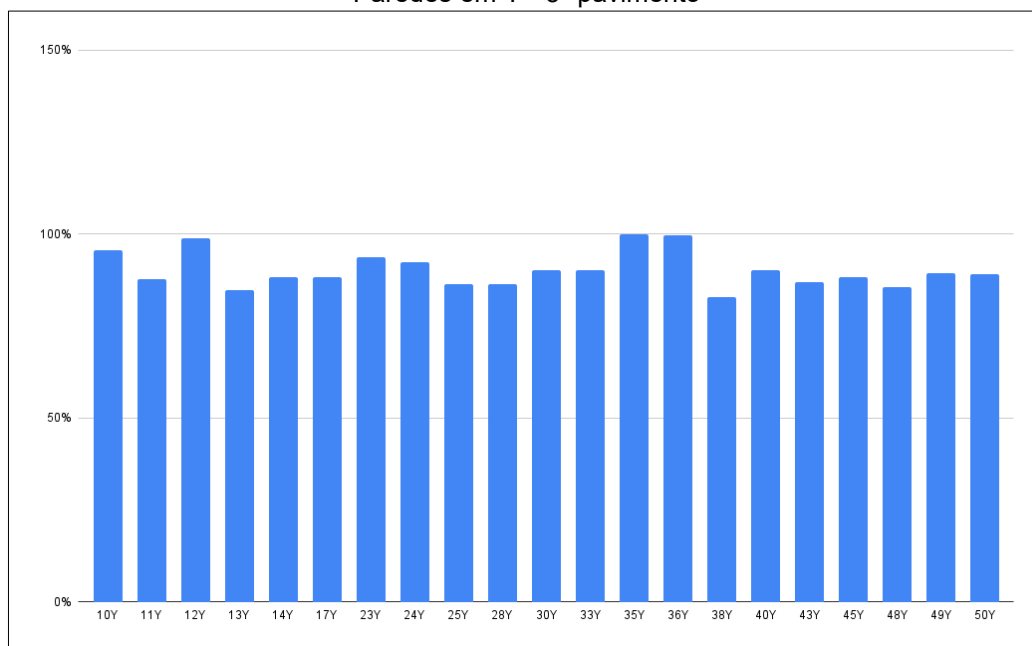
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 83 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 6º pavimento



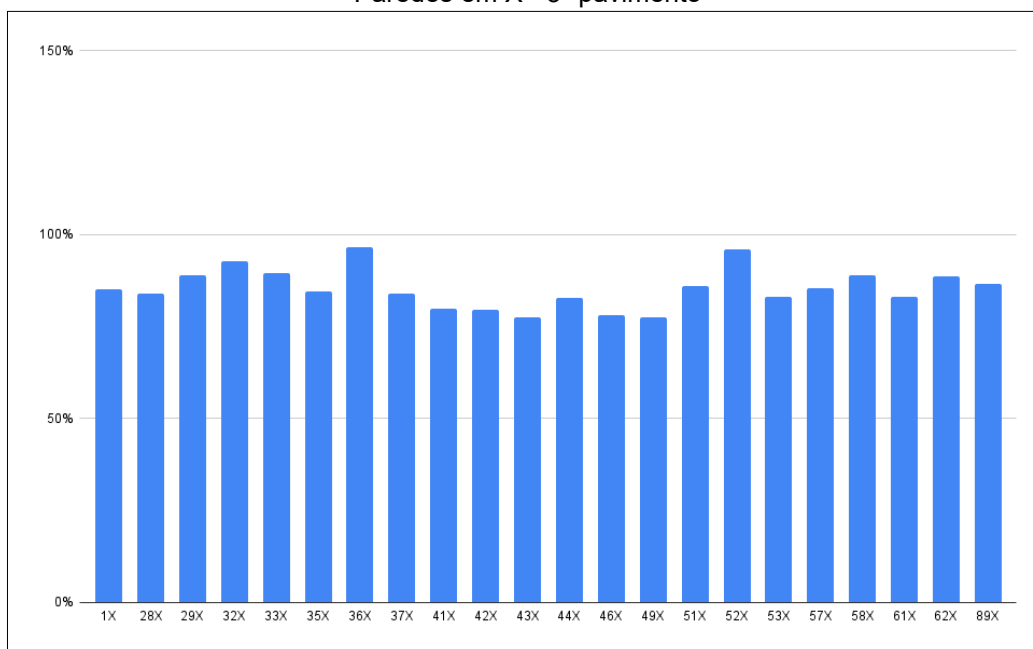
Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 84 - Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em Y - 3º pavimento



Fonte: Autoria própria, 2025

Figura 85- Comparação entre a ABNT NBR 16868-1 Proposta 2 vs ABNT NBR 16868-1:2020 - Paredes em X - 3º pavimento



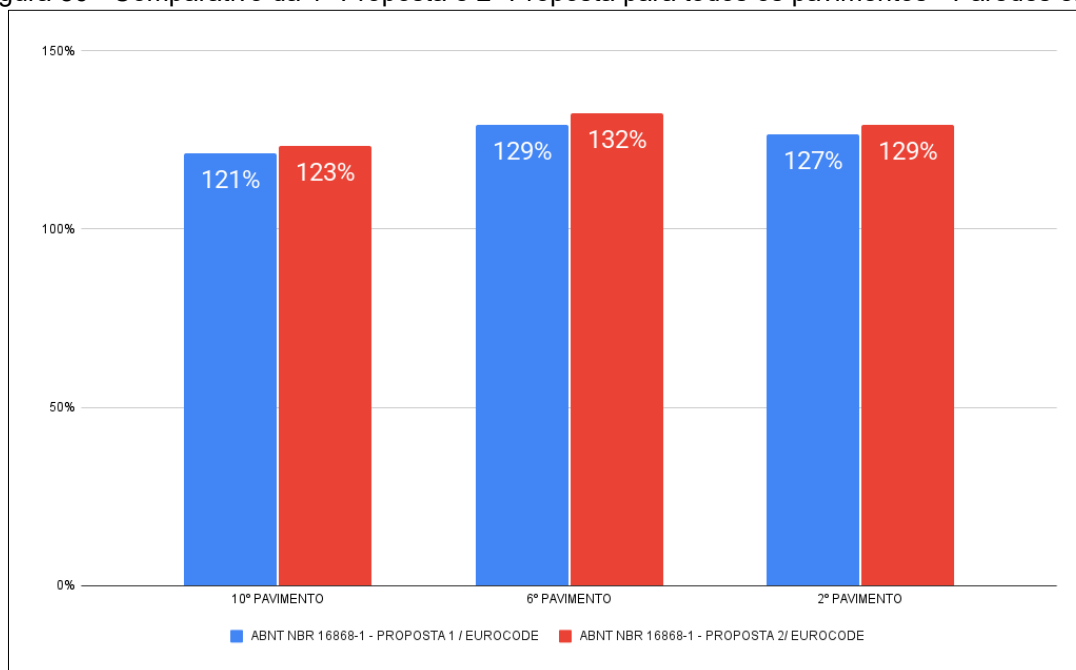
Fonte: Autoria própria, 2025

Para o edifício C, ambos os métodos tendem a produzir resultados próximos, reduzindo a probabilidade de discrepâncias significativas no valor final da força cortante máxima atribuída às paredes estruturais, porém, a Proposta 2, aquela que adota coeficiente de atrito maior para representar o efeito pino, apresenta resultados variáveis, tanto que, em algumas situações calcula valores superiores, em outras ligeiramente inferiores. Essa oscilação, porém, não representa inconsistência, mas

sim a correção de uma falha da norma atual, que superestima a capacidade resistente em paredes sem grauteamento ao adotar a área bruta em vez da área líquida.

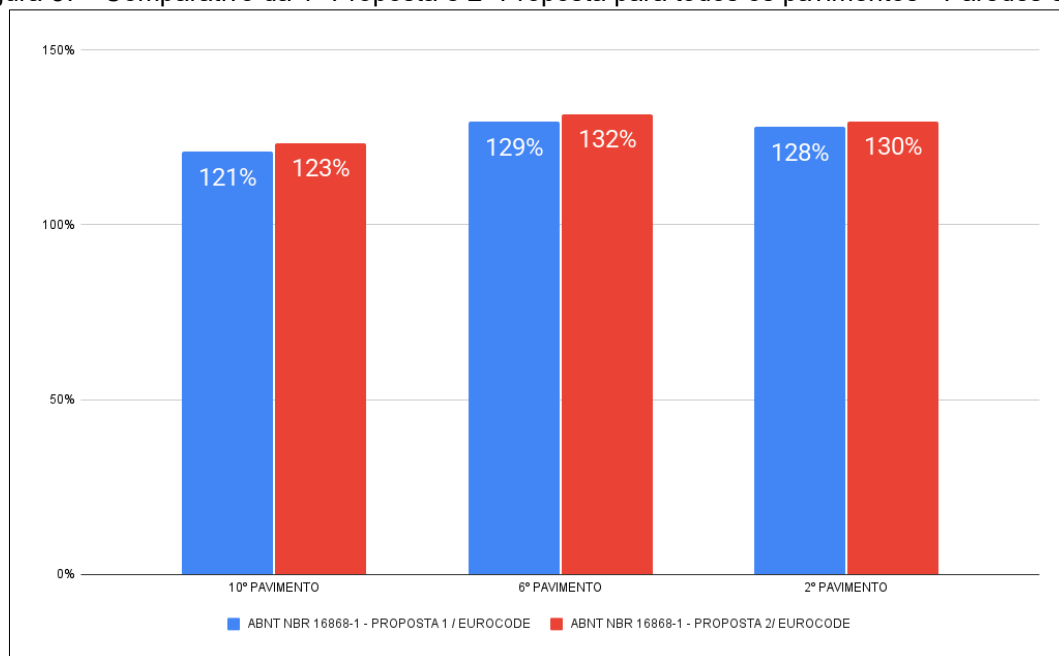
Por fim, a variação entre as propostas de forma geral gera uma variação entre 1% e 2%.

Figura 86 - Comparativo da 1ª Proposta e 2ª Proposta para todos os pavimentos - Paredes em Y



Fonte: Aatoria própria, 2025

Figura 87 - Comparativo da 1ª Proposta e 2ª Proposta para todos os pavimentos - Paredes em X



Fonte: Aatoria própria, 2025

## 8 CONCLUSÕES

O presente trabalho atingiu os objetivos propostos ao comparar o comportamento das normas frente à máxima força cortante para cada edificação estudada. A análise considerou um conjunto amostral de 144 paredes, distribuídas da seguinte forma: Edifício A = 45, Edifício B = 56 e Edifício C = 43. Em grande parte dos casos, os resultados indicam que a revisão proposta para a ABNT NBR 16868-1:2020 produz um comportamento dependente do nível de pré-compressão, do grau de grauteamento e da presença de armaduras verticais, fatores que se mostraram determinantes para a resistência ao cisalhamento.

As propostas de revisão normativa avaliadas demonstraram desempenho mais consistente e tecnicamente fundamentado. Em termos gerais, a proposta supera o Eurocode ao não se limitar à área bruta, dessa forma, além de considerar a área líquida, ela incorpora o efeito do graute e o mecanismo de pino associado à armadura vertical, parâmetros amplamente reconhecidos na literatura como essenciais para uma previsão realista da capacidade resistente. Ainda assim, há situações específicas em que o Eurocode apresenta valores superiores à NBR 16868-1:2020, o que decorre, em parte, da falta de consideração na norma atual do acréscimo de resistência provocado pelo grauteamento, onde isso representa uma incoerência técnica relevante.

Quando se altera o coeficiente de 17,5 MPa para 40 MPa, a Proposta 2 representa um maior efeito de atrito e os resultados tornam-se variáveis, tal que, em algumas situações a resistência estimada aumenta, em outras diminui levemente. Essa oscilação não deve ser interpretada como inconsistência, mas sim como correção de uma limitação da norma vigente, que tende a superestimar a capacidade de paredes não grauteadas ao adotar a área bruta em detrimento da área líquida.

Os valores finais mostram de forma clara que a ausência de consideração do grauteamento na norma vigente conduz a estimativas irrealisticamente elevadas para paredes sem graute; por outro lado, as propostas revisadas corrigem essa distorção e, quando aplicadas a paredes grauteadas, capturam adequadamente o ganho de resistência, em conformidade com o comportamento mecânico e experimental esperado.

Conclui-se, portanto, que a proposta normativa representa um avanço em termos de segurança e realismo na previsão da resistência ao cisalhamento. Recomenda-se, entretanto, que sua aplicação venha acompanhada de diretrizes técnicas claras, por exemplo, quanto ao traço da argamassa, à forma de contabilizar as áreas líquidas e brutas, e aos critérios de distribuição e caracterização da armadura, tudo isso, visando assegurar uma adoção correta e uniforme no projeto e na verificação estrutural.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2020) **ABNT NBR 16868-1**. Alvenaria estrutural – Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, p. 5. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, p. 5. 1988

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM A615/A615M-14: Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement**. West Conshohocken, PA, 2014.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **Eurocode 6: Design of Masonry Structures - Part 1-1: General Rules for Reinforced and Unreinforced Masonry Structures**. Brussels, Belgium: European Committee for Standardization, 139p., 2020.

HENDRY, Arnold William; SINHA, Bhesh Pati; DAVIES, Selwyn Rhys. **Design of Masonry Structures**. 3 ed. Londres: Taylor and Francis, 2004. v. 1.

MEDEIROS, Klaus André de Sousa. **Paredes de contraventamento de alvenaria grauteadas e armadas nas extremidades: comportamento, capacidade, desempenho sísmico e modelos simplificados de projeto**. 2023. 253 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2023.

PARSEKIAN, G. A; MEDEIROS, W. A. **Parâmetros de Projeto de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto**. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2021

PARSEKIAN, Guilherme Aris; HAMID, A. Ahmad; DRYSDALE, Robert G. **Comportamento e Dimensionamento de Alvenaria Estrutural**. 2 ed. São Carlos: EdUFSCar, 2013. v. 1.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Editora Pini, 2010. 183 p.

TINOCO, Vinícius Navarro Varela. **Análise da Capacidade ao Cisalhamento de Paredes de Contraventamento em Alvenaria Estrutural**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, 2023

TINOCO, Vinícius Navarro Varela; MEDEIROS, Klaus André de Sousa; PARSEKIAN, Guilherme Aris. **Capacidade de carga de cisalhamento em alvenaria: análise comparativa de normas internacionais**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, São Paulo, v. 18, n. 1, e18103, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1983-41952025000800003>.

APÊNDICE A - RESULTADOS POR ANDAR DO EDIFÍCIO A

7º PAVIMENTO - PAREDES EM Y

Parede	fa (Mpa)	L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm2)	As	ABNT NBR 16868-1 2020		EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1 2020/EUROCO DE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1
								fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk (kN/cm2)	fvk * (kN/cm2)	Vrk (kN)						
1Y	6	574	71	503	47,54	0,0306	2,4	0,0303	243,33	0,047	0,01758	170,75	0,0545	0,0206	199,51	0,060	0,0206	204,91	143%	117%	120%	84%	12%	2,7%
3Y	6	279	48	231	79,14	0,0509	2,4	0,0404	157,94	0,055	0,02571	120,33	0,0667	0,0308	144,40	0,075	0,0308	149,80	131%	120%	124%	95%	17%	3,7%
4Y	6	754	274	480	72,92	0,0469	1,6	0,0384	405,77	0,054	0,02411	368,20	0,0592	0,0288	420,49	0,060	0,0288	424,09	110%	114%	115%	105%	36%	0,9%
7Y	6	504	96	408	79,41	0,0510	3,2	0,0405	285,94	0,055	0,02578	221,72	0,0647	0,0309	263,34	0,070	0,0309	270,54	129%	119%	122%	95%	19%	2,7%
8Y	6	604	236	368	107,09	0,0688	3,2	0,0494	417,92	0,063	0,03290	376,11	0,0711	0,0398	439,92	0,073	0,0398	447,12	111%	117%	119%	107%	39%	1,6%
10Y	6	279	48	231	73,59	0,0473	2,4	0,0387	150,98	0,054	0,02428	114,76	0,0649	0,0290	137,44	0,073	0,0290	142,84	132%	120%	124%	95%	17%	3,9%
11Y	6	279	48	231	66,35	0,0427	2,4	0,0363	141,89	0,052	0,02242	107,48	0,0626	0,0267	128,34	0,071	0,0267	133,74	132%	119%	124%	94%	17%	4,2%
12Y	6	269	168	101	99,01	0,0636	1,6	0,0468	176,34	0,060	0,03082	165,78	0,0680	0,0372	212,55	0,070	0,0372	216,15	95%	114%	116%	123%	62%	1,7%
13Y	6	269	168	101	114,69	0,0737	1,6	0,0519	195,32	0,064	0,03485	200,96	0,0731	0,0422	231,52	0,075	0,0422	235,12	97%	115%	117%	120%	62%	1,6%
14Y	6	504	254	250	81,16	0,0522	1,6	0,0411	289,92	0,056	0,02623	290,47	0,0619	0,0314	330,09	0,063	0,0314	333,69	100%	114%	115%	115%	50%	1,1%
15Y	6	504	254	250	80,34	0,0516	1,6	0,0408	288,05	0,056	0,02602	288,98	0,0616	0,0312	328,22	0,063	0,0312	331,82	100%	114%	115%	115%	50%	1,1%
16Y	6	269	168	101	99,15	0,0637	1,6	0,0469	176,51	0,060	0,03085	185,91	0,0681	0,0372	212,71	0,070	0,0372	216,31	95%	114%	116%	123%	62%	1,7%
17Y	6	269	168	101	99,52	0,0640	1,6	0,0470	176,96	0,061	0,03095	186,27	0,0682	0,0373	213,17	0,070	0,0373	216,77	95%	114%	116%	122%	62%	1,7%
18Y	6	279	68	211	73,20	0,0471	2,4	0,0385	150,49	0,054	0,02418	122,66	0,0629	0,0289	145,24	0,069	0,0289	150,64	123%	118%	123%	100%	24%	3,7%
19Y	6	279	68	211	73,97	0,0476	2,4	0,0388	151,46	0,054	0,02438	123,44	0,0632	0,0291	146,22	0,069	0,0291	151,62	123%	118%	123%	100%	24%	3,7%
20Y	6	449	108	341	81,16	0,0522	1,6	0,0411	289,92	0,056	0,02623	290,68	0,0629	0,0314	330,09	0,063	0,0314	333,69	100%	114%	115%	115%	50%	1,1%
21Y	6	449	108	341	85,39	0,0549	1,6	0,0424	266,82	0,057	0,02731	216,52	0,0643	0,0328	253,83	0,067	0,0328	257,43	123%	117%	119%	96%	24%	1,4%
22Y	6	279	68	211	73,19	0,0471	2,4	0,0385	150,48	0,054	0,02418	122,66	0,0629	0,0289	145,24	0,069	0,0289	150,64	123%	118%	123%	100%	24%	3,7%
25Y	6	269	168	101	98,85	0,0635	2,4	0,0468	176,15	0,060	0,03078	185,62	0,0686	0,0371	213,75	0,071	0,0371	219,15	95%	115%	118%	124%	62%	2,5%
26Y	6	269	168	101	105,05	0,0675	1,6	0,0488	183,65	0,062	0,03237	191,63	0,0700	0,0391	219,86	0,071	0,0391	223,46	96%	115%	117%	122%	62%	1,6%
27Y	6	504	214	290	79,95	0,0514	1,6	0,0407	287,17	0,056	0,02592	271,67	0,0616	0,0311	310,74	0,063	0,0311	314,34	106%	114%	116%	109%	42%	1,2%
28Y	6	504	214	290	79,70	0,0512	1,6	0,0406	286,60	0,055	0,02585	271,22	0,0616	0,0310	310,17	0,063	0,0310	313,77	106%	114%	116%	109%	42%	1,2%
30Y	6	199	134	65	82,95	0,0533	1,6	0,0417	116,07	0,056	0,02669	129,96	0,0632	0,0320	147,62	0,065	0,0320	151,22	89%	114%	116%	130%	67%	2,4%
31Y	6	194	134	60	83,05	0,0534	1,6	0,0417	113,24	0,056	0,02671	128,16	0,0632	0,0321	146,46	0,065	0,0321	149,06	88%	113%	116%	132%	69%	2,5%
33Y	6	504	256	248	87,35	0,0562	2,4	0,0431	303,95	0,057	0,02782	302,53	0,0642	0,0334	346,35	0,066	0,0334	351,75	100%	114%	116%	116%	51%	1,6%
34Y	6	504	236	268	87,45	0,0562	2,4	0,0431	304,18	0,057	0,02784	294,41	0,0644	0,0335	338,28	0,066	0,0335	343,68	103%	115%	117%	113%	47%	1,6%
35Y	6	179	68	111	106,25	0,0683	3,2	0,0492	123,17	0,062	0,03268	110,11	0,0750	0,0395	133,83	0,083	0,0395	140,03	112%	121%	127%	114%	38%	5,4%
36Y	6	209	48	161	74,55	0,0479	1,6	0,0390	114,00	0,054	0,02453	91,69	0,0631	0,0293	108,51	0,068	0,0293	112,11	124%	118%	122%	98%	23%	3,3%
37Y	6	209	48	161	76,65	0,0493	1,6	0,0396	115,98	0,055	0,02507	93,27	0,0638	0,0300	110,48	0,069	0,0300	114,08	124%	118%	122%	98%	23%	3,3%
																			<b>MEDIA</b>	116%	119%		<b>MEDIA</b>	2,4%

7º PAVIMENTO - PAREDES EM X

Parede	fa (Mpa)	L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm2)	As	ABNT NBR 16868-1 2020		EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1 2020/EUROCO DE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1
								fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk (kN/cm2)	fvk * (kN/cm2)	Vrk (kN)						
1X	6	364	71	293	72,83	0,0468	2,4	0,0384	195,74	0,054	0,02409	152,21	0,0626	0,0288	180,27	0,068	0,0288	185,67	129%	118%	122%	95%	20%	3,0%
13X	6	269	48	221	67,75	0,0436	1,6	0,0368	138,50	0,052	0,02278	105,71	0,0609	0,0271	124,91	0,066	0,0271	128,51	131%	118%	122%	93%	18%	2,9%
21X	6	264	34	230	75,48	0,0485	1,6	0,0393	145,11	0,054	0,02477	105,65	0,0651	0,0296	126,38	0,073	0,0296	129,98	137%	120%	123%	90%	13%	2,8%
22X	6	184	28	156	86,17	0,0554	1,6	0,0427	109,99	0,057	0,02752	82,50	0,0698	0,0331	99,57	0,079	0,0331	103,17	133%	121%	125%	94%	15%	3,6%
25X	6	748	225	523	85,12	0,0547	2,4	0,0424	443,59	0,057	0,02725	378,69	0,0637	0,0327	440,19	0,065	0,0327	445,59	117%	116%	118%	100%	30%	1,2%
26X	6	165	71	94	85,52	0,0550	0,8	0,0425	98,15	0,057	0,02735	92,64	0,0639	0,0328	106,74	0,066	0,0328	108,54	106%	115%	117%	111%	43%	1,7%
27X	6	1034	308	726	94,45	0,0607	2,4	0,0454	656,61	0,059	0,02964	556,94	0,0663	0,0357	649,04	0,068	0,0357	654,44	118%	117%	118%	100%	30%	0,8%
31X	6	210	28	182	42,66	0,0274	1,6	0,0287	84,42	0,046	0,01633	59,62	0,0559	0,0191	70,49	0,065	0,0191	74,09	142%	118%	124%	88%	13%	5,1%
32X	6	449	28	421	84,71	0,0545	1,6	0,0422	265,45	0,057	0,02714	182,23	0,0694	0,0326	219,26	0,079	0,0326	222,86	146%	120%	122%	84%	6%	1,6%
33X	6	560	40	520	63,23	0,0406	1,6	0,0353	276,93	0,051	0,02162	186,06	0,0603	0,0257	220,73	0,067	0,0257	224,33	149%	119%	121%	81%	7%	1,6%
34X	6	599	265	334	86,49	0,0556	1,6	0,0428	358,92	0,057	0,02760	341,40	0,0636	0,0332	390,83	0,065	0,0332	394,43	105%	114%	116%	110%	44%	0,9%
35X	6	165	74	91	86,72	0,0557	0,8	0,0429	99,04	0,057	0,02766	94,59	0,0642	0,0332	108,87	0,066	0,0332	110,67	105%	115%	117%	112%	45%	1,7%
36X	6	1034	317	717	90,79	0,0584	2,4	0,0442	639,59	0,058	0,02870	547,07	0,0651	0,0345	635,76	0,066	0,0345	641,16	117%	116%	117%	100%	31%	0,8%
41X	6	264	34	230	69,93	0,0450	1,6	0,0375	138,52	0,053	0,02334	100,37	0,0634	0,0278	119,79	0,071	0,0278	123,39	136%	119%	123%	89%	13%	3,0%
42X	6	149	54	95	86,23	0,0554	1,6	0,0427	89,11	0,057	0,02753	79,84	0,0664	0,0331	94,21	0,071	0,0331	97,81	112%	118%	122%	110%	36%	3,8%
52X	6	269	48	221	64,04	0,0412	1,6	0,0356	134,01	0,051	0,02182	102,11	0,0597	0,0259	120,41	0,065	0,0259	124,01	131%	118%	121%	93%	18%	3,0%
																			<b>MEDIA</b>	118%	120%		<b>MEDIA</b>	2,4%



APÊNDICE C- RESULTADOS POR ANDAR DO EDIFÍCIO A

1º PAVIMENTO - PAREDES EM Y																								
Parede	fa Mpa	L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm2)	As	ABNT NBR 16868-1 2020		EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1 / 2020/EUROCO DE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1
								fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk (kN/cm2)	fvk * (kN/cm2)	Vrk (kN)						
1Y	12	574	71	503	104,58	0,0672	2,4	0,0686	551,40	0,062	0,03404	301,20	0,0728	0,0461	397,16	0,078	0,0461	402,56	183%	132%	134%	73%	12%	1,4%
3Y	12	279	48	231	174,10	0,1119	2,4	0,0910	355,29	0,080	0,05191	221,48	0,0972	0,0685	286,73	0,105	0,0685	292,13	160%	129%	132%	82%	17%	1,9%
4Y	12	754	274	480	160,43	0,1031	1,6	0,0866	913,81	0,076	0,04840	617,74	0,0873	0,0641	765,41	0,088	0,0641	769,01	148%	124%	124%	84%	36%	0,5%
7Y	12	504	96	408	174,70	0,1123	3,2	0,0912	643,17	0,080	0,05206	404,81	0,0953	0,0687	520,25	0,101	0,0687	527,45	159%	129%	130%	82%	19%	1,4%
8Y	12	604	236	368	235,61	0,1515	3,2	0,1107	936,34	0,096	0,06773	664,74	0,1124	0,0882	826,02	0,115	0,0882	833,22	141%	124%	125%	89%	39%	0,9%
10Y	12	279	48	231	161,89	0,1041	2,4	0,0870	339,97	0,077	0,04877	209,23	0,0933	0,0645	271,40	0,101	0,0645	276,80	162%	130%	132%	81%	17%	2,0%
11Y	12	279	48	231	145,96	0,0938	2,4	0,0819	319,97	0,073	0,04468	193,23	0,0882	0,0594	261,40	0,096	0,0594	256,80	166%	130%	133%	80%	17%	2,1%
12Y	12	269	168	101	217,82	0,1400	1,6	0,1050	395,48	0,091	0,06315	303,36	0,1062	0,0825	357,07	0,108	0,0825	370,07	130%	121%	122%	94%	62%	1,0%
13Y	12	269	168	101	252,31	0,1622	1,6	0,1161	437,24	0,100	0,07202	336,76	0,1173	0,0936	408,22	0,119	0,0936	411,82	130%	121%	122%	94%	62%	0,9%
14Y	12	504	254	250	178,56	0,1148	1,6	0,0924	651,94	0,081	0,05306	473,44	0,0932	0,0699	575,99	0,094	0,0699	579,59	138%	122%	122%	89%	50%	0,6%
15Y	12	504	254	250	176,75	0,1136	1,6	0,0918	647,82	0,080	0,05259	470,15	0,0926	0,0693	571,87	0,094	0,0693	575,47	138%	122%	122%	89%	50%	0,6%
16Y	12	269	168	101	218,13	0,1402	1,6	0,1051	395,85	0,091	0,06323	303,65	0,1063	0,0826	366,84	0,108	0,0826	370,44	130%	121%	122%	94%	62%	1,0%
17Y	12	269	168	101	218,95	0,1408	1,6	0,1054	396,85	0,091	0,06344	304,45	0,1066	0,0829	367,83	0,108	0,0829	371,43	130%	121%	122%	94%	62%	1,0%
18Y	12	279	68	211	161,03	0,1035	2,4	0,0868	338,88	0,076	0,04855	216,16	0,0912	0,0643	276,62	0,097	0,0643	282,02	157%	128%	130%	83%	24%	2,0%
19Y	12	279	68	211	162,74	0,1046	2,4	0,0873	341,03	0,077	0,04899	217,87	0,0917	0,0648	278,76	0,097	0,0648	284,16	157%	128%	130%	83%	24%	1,9%
20Y	12	449	108	341	178,55	0,1148	1,6	0,0924	580,77	0,081	0,05306	375,63	0,0942	0,0699	476,16	0,097	0,0699	479,76	155%	127%	128%	83%	24%	0,8%
21Y	12	449	108	341	187,86	0,1208	1,6	0,0954	599,58	0,083	0,05545	390,68	0,0972	0,0729	494,97	0,100	0,0729	498,57	153%	127%	128%	83%	24%	0,7%
22Y	12	279	68	211	161,02	0,1035	2,4	0,0868	338,87	0,076	0,04855	216,15	0,0912	0,0643	276,61	0,097	0,0643	282,01	157%	128%	130%	83%	24%	2,0%
25Y	12	269	168	101	217,47	0,1398	2,4	0,1049	395,06	0,091	0,06306	303,02	0,1067	0,0824	367,44	0,109	0,0824	372,84	130%	121%	123%	94%	62%	1,5%
26Y	12	269	168	101	231,11	0,1486	1,6	0,1093	411,57	0,094	0,06657	316,23	0,1105	0,0868	382,55	0,112	0,0868	386,15	130%	121%	122%	94%	62%	0,9%
27Y	12	504	214	290	175,89	0,1131	1,6	0,0915	645,88	0,080	0,05237	452,99	0,0925	0,0690	557,33	0,094	0,0690	560,93	143%	123%	124%	87%	42%	0,6%
28Y	12	504	214	290	175,34	0,1127	1,6	0,0914	644,63	0,080	0,05223	452,00	0,0923	0,0689	556,08	0,093	0,0689	559,68	143%	123%	124%	87%	42%	0,6%
30Y	12	199	134	65	182,49	0,1173	1,6	0,0937	260,93	0,082	0,05407	202,90	0,0952	0,0712	243,25	0,097	0,0712	246,85	129%	120%	122%	95%	67%	1,5%
31Y	12	194	134	60	182,71	0,1175	1,6	0,0937	254,57	0,082	0,05413	199,26	0,0952	0,0712	238,47	0,097	0,0712	242,07	128%	120%	121%	95%	69%	1,5%
33Y	12	504	256	248	192,17	0,1235	2,4	0,0968	682,80	0,084	0,05656	498,91	0,0979	0,0743	608,88	0,099	0,0743	614,28	137%	122%	123%	90%	51%	0,9%
34Y	12	504	236	268	192,39	0,1237	2,4	0,0968	683,30	0,084	0,05661	491,51	0,0981	0,0743	608,08	0,100	0,0743	608,48	139%	123%	124%	89%	47%	0,9%
35Y	12	179	68	111	233,75	0,1503	3,2	0,1101	276,00	0,095	0,06725	195,05	0,1160	0,0876	246,63	0,124	0,0876	253,83	142%	128%	130%	92%	38%	2,9%
36Y	12	209	48	161	164,01	0,1054	1,6	0,0877	256,66	0,077	0,04932	163,02	0,0919	0,0652	208,75	0,097	0,0652	212,35	157%	128%	130%	83%	23%	1,7%
37Y	12	209	48	161	168,63	0,1084	1,6	0,0892	261,01	0,078	0,05050	166,50	0,0934	0,0667	213,09	0,099	0,0667	216,69	128%	128%	130%	83%	23%	1,7%
																			MEDIA	125%	126%		MEDIA	1,3%

1º PAVIMENTO - PAREDES EM X																								
Parede	fa Mpa	L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm2)	As	ABNT NBR 16868-1 2020		EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1 / 2020/EUROCO DE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1
								fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk (kN/cm2)	fvk * (kN/cm2)	Vrk (kN)						
1X	12	364	71	293	160,24	0,1030	2,4	0,0865	440,83	0,076	0,04835	274,06	0,0907	0,0640	352,73	0,096	0,0640	358,13	161%	129%	131%	81%	20%	1,5%
13X	12	269	48	221	149,05	0,0958	1,6	0,0829	312,24	0,073	0,04547	189,96	0,0871	0,0604	245,42	0,092	0,0604	249,02	164%	129%	131%	80%	18%	1,5%
21X	12	264	34	230	166,05	0,1067	1,6	0,0884	326,63	0,078	0,04984	197,46	0,0943	0,0659	256,98	0,102	0,0659	260,58	165%	130%	132%	80%	13%	1,4%
22X	12	184	28	156	189,58	0,1219	1,6	0,0969	247,13	0,084	0,05589	154,90	0,1031	0,0734	200,79	0,112	0,0734	204,39	160%	130%	132%	83%	15%	1,8%
25X	12	748	225	523	187,26	0,1204	2,4	0,0952	996,86	0,083	0,05530	666,81	0,0965	0,0727	836,30	0,098	0,0727	841,70	149%	125%	126%	84%	30%	0,6%
26X	12	165	71	94	188,14	0,1209	0,8	0,0955	229,54	0,083	0,05552	155,94	0,0969	0,0730	192,33	0,099	0,0730	194,13	141%	123%	124%	88%	43%	0,9%
27X	12	1034	308	726	207,79	0,1336	2,4	0,1018	1473,49	0,088	0,06057	996,98	0,1028	0,0793	1249,00	0,104	0,0793	1254,00	148%	125%	126%	85%	30%	0,4%
31X	12	210	28	182	93,86	0,0803	1,6	0,0652	191,60	0,059	0,03128	102,88	0,0723	0,0427	137,07	0,081	0,0427	140,67	186%	133%	137%	73%	13%	2,6%
32X	12	449	28	421	186,37	0,1198	1,6	0,0949	596,57	0,083	0,05507	357,07	0,1020	0,0724	466,76	0,111	0,0724	470,36	167%	131%	132%	79%	6%	0,8%
33X	12	560	40	520	139,10	0,0894	1,6	0,0797	624,92	0,071	0,04291	352,02	0,0847	0,0572	463,92	0,091	0,0572	467,52	178%	132%	133%	75%	7%	0,8%
34X	12	599	265	334	190,27	0,1223	1,6	0,0962	806,40	0,084	0,05607	573,56	0,0969	0,0737	703,99	0,098	0,0737	707,59	141%	123%	123%	88%	44%	0,5%
35X	12	165	74	91	190,78	0,1228	0,8	0,0963	222,50	0,084	0,05620	158,68	0,0977	0,0738	195,24	0,099	0,0738	197,04	140%	123%	124%	89%	45%	0,9%
36X	12	1034	317	717	199,74	0,1284	2,4	0,0992	1436,06	0,086	0,05850	970,55	0,1001	0,0767	1214,40	0,101	0,0767	1219,80	148%	125%	126%	85%	31%	0,4%
41X	12	264	34	230	153,85	0,0989	1,6	0,0845	312,13	0,075	0,04670	185,88	0,0903	0,0620	242,48	0,098	0,0620	246,08	168%	130%	132%	79%	13%	1,5%
42X	12	149	54	95	189,72	0,1220	1,6	0,0960	200,21	0,084	0,05593	137,72	0,0997	0,0735	173,09	0,104	0,0735	176,69	145%	126%	128%	83%	36%	2,1%
52X	12	269	48	221	140,88	0,0906	1,6	0,0803	302,35	0,071	0,04337	182,05	0,0844	0,0578	235,53	0,090	0,0578	239,13	166%	129%	131%	79%	18%	1,5%
																			MEDIA	128%	129%		MEDIA	1,2%

APÊNDICE D - RESULTADOS POR ANDAR DO EDIFÍCIO B

15º PAVIMENTO -																											
Parede	fa Mpa	L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm2)	As	ABNT NBR 16868-1 2020			EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1 2020/EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1		
								fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)							fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)
8Y	6	329	42	287	8.08	0.0052	2.4	0.0176	81,05	0.037	0.00743	51,67	0.0447	0.0080	58,27	0.054	0.0080	63,67	157%	113%	123%	79%	13%	9.3%			
9Y	6	329	42	287	10.24	0.0066	2.4	0.0183	84,25	0.038	0.00799	54,23	0.0454	0.0086	61,47	0.055	0.0086	66,87	155%	113%	123%	79%	13%	8.8%			
10Y	6	284	48	236	11.06	0.0071	2.4	0.0186	73,77	0.038	0.00820	52,53	0.0448	0.0089	59,55	0.053	0.0089	64,95	140%	113%	124%	88%	17%	9.1%			
11Y	6	329	62	267	9.44	0.0061	2.4	0.0180	83,07	0.037	0.00778	61,59	0.0429	0.0084	68,58	0.049	0.0084	73,98	135%	111%	120%	89%	19%	7.9%			
12Y	6	284	48	236	11.33	0.0073	2.4	0.0186	74,12	0.038	0.00827	52,80	0.0449	0.0090	59,90	0.053	0.0090	65,30	140%	113%	124%	88%	17%	9.0%			
13Y	6	329	62	267	12.85	0.0083	2.4	0.0191	88,11	0.038	0.00866	65,62	0.0440	0.0095	73,63	0.050	0.0095	79,03	134%	112%	120%	90%	19%	7.3%			
16Y	6	494	28	466	14.03	0.0090	2.4	0.0195	134,93	0.039	0.00896	73,62	0.0502	0.0099	84,06	0.064	0.0099	89,46	183%	114%	122%	66%	6%	6.4%			
17Y	6	354	28	326	15.43	0.0099	1.6	0.0200	98,92	0.039	0.00932	57,83	0.0471	0.0103	65,55	0.056	0.0103	69,15	171%	113%	120%	70%	8%	5.5%			
18Y	6	329	42	287	16.60	0.0107	2.4	0.0203	93,67	0.039	0.00963	61,77	0.0475	0.0107	70,88	0.057	0.0107	76,28	152%	115%	124%	81%	13%	7.6%			
19Y	6	149	33	116	17.14	0.0110	1.6	0.0205	42,78	0.039	0.00976	34,06	0.0466	0.0109	39,16	0.054	0.0109	42,76	126%	115%	126%	100%	22%	9.2%			
20Y	6	224	33	191	16.56	0.0106	1.6	0.0203	63,73	0.039	0.00962	43,85	0.0464	0.0107	49,99	0.054	0.0107	53,59	145%	114%	122%	84%	15%	7.2%			
22Y	6	329	62	267	19.74	0.0127	1.6	0.0213	98,32	0.040	0.01043	73,79	0.0446	0.0117	82,43	0.049	0.0117	86,03	133%	112%	117%	88%	19%	4.4%			
23Y	6	149	33	116	18.36	0.0118	1.6	0.0209	43,60	0.040	0.01008	34,72	0.0470	0.0113	39,98	0.055	0.0113	43,58	126%	115%	126%	100%	22%	9.0%			
24Y	6	259	96	163	13.47	0.0087	4	0.0193	70,09	0.038	0.00882	71,82	0.0445	0.0097	81,96	0.051	0.0097	90,96	98%	114%	127%	130%	37%	11.0%			
28Y	6	564	104	460	11.31	0.0073	3.2	0.0186	147,14	0.038	0.00827	108,42	0.0425	0.0090	119,76	0.047	0.0090	126,96	136%	110%	117%	86%	18%	6.0%			
29Y	6	349	33	316	8.39	0.0054	1.6	0.0177	86,47	0.037	0.00751	50,41	0.0438	0.0081	58,85	0.052	0.0081	59,45	172%	111%	118%	69%	6.4%				
30Y	6	564	104	460	12.14	0.0078	3.2	0.0189	149,25	0.038	0.00848	110,11	0.0427	0.0093	121,87	0.048	0.0093	129,07	136%	111%	117%	86%	18%	5.9%			
31Y	6	419	67	352	15.64	0.0101	3.2	0.0200	117,48	0.039	0.00938	82,82	0.0460	0.0104	94,32	0.054	0.0104	101,52	142%	114%	123%	86%	16%	7.6%			
36Y	6	329	62	267	19.68	0.0127	2.4	0.0213	98,23	0.040	0.01042	73,71	0.0462	0.0117	83,74	0.052	0.0117	89,14	133%	114%	121%	91%	19%	6.4%			
39Y	6	329	62	267	18.67	0.0120	2.4	0.0210	96,73	0.040	0.01016	72,52	0.0458	0.0114	82,25	0.052	0.0114	87,65	133%	113%	121%	91%	19%	6.8%			
42Y	6	329	42	287	16.95	0.0109	2.4	0.0204	94,18	0.039	0.00972	62,18	0.0476	0.0108	71,40	0.057	0.0108	76,80	151%	115%	124%	82%	13%	7.6%			
43Y	6	329	42	287	16.34	0.0105	2.4	0.0203	93,28	0.039	0.00956	61,46	0.0474	0.0106	70,50	0.057	0.0106	75,90	152%	115%	123%	81%	7%	7.7%			
44Y	6	494	56	438	14.00	0.0090	3.2	0.0195	134,86	0.039	0.00896	85,19	0.0466	0.0099	97,01	0.056	0.0099	104,21	158%	114%	122%	77%	11%	7.4%			
45Y	6	494	56	438	14.70	0.0095	3.2	0.0197	136,42	0.039	0.00914	86,43	0.0469	0.0101	98,57	0.056	0.0101	105,77	158%	114%	122%	78%	11%	7.3%			
48Y	6	329	62	267	9.35	0.0060	2.4	0.0180	82,93	0.037	0.00776	61,48	0.0428	0.0084	68,45	0.049	0.0084	73,85	135%	111%	120%	89%	19%	7.9%			
49Y	6	284	48	236	11.60	0.0075	2.4	0.0187	74,46	0.038	0.00834	53,08	0.0450	0.0091	60,24	0.053	0.0091	65,64	140%	113%	124%	88%	17%	9.0%			
50Y	6	329	62	267	12.84	0.0083	2.4	0.0191	88,10	0.038	0.00866	65,61	0.0440	0.0095	73,61	0.050	0.0095	79,01	134%	112%	120%	90%	19%	7.3%			
51Y	6	284	48	236	11.21	0.0072	2.4	0.0186	73,97	0.038	0.00824	52,68	0.0449	0.0090	59,75	0.053	0.0090	65,15	140%	113%	124%	88%	17%	9.0%			
52Y	6	329	42	287	8.10	0.0052	2.4	0.0176	81,08	0.037	0.00744	51,70	0.0447	0.0080	58,30	0.054	0.0080	63,70	157%	113%	123%	79%	13%	9.3%			
53Y	6	329	42	287	10.44	0.0067	2.4	0.0184	84,55	0.038	0.00804	54,47	0.0455	0.0087	61,76	0.055	0.0087	67,16	155%	113%	123%	79%	13%	8.7%			
																	MEDIA	113%	122%	MEDIA		7,7%					

15º PAVIMENTO - PAREDES EM X																											
Parede	fa Mpa	L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm2)	As	ABNT NBR 16868-1 2020			EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1 2020/EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1		
								fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)							fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)
11X	6	289	71	218	9.35	0.0060	1.6	0.0180	72,85	0.037	0.00776	60,87	0.0408	0.0084	66,10	0.044	0.0084	69,70	120%	109%	115%	96%	25%	5.4%			
18X	6	639	62	577	10.77	0.0069	2.4	0.0185	165,16	0.038	0.00813	98,43	0.0433	0.0088	108,82	0.050	0.0088	114,22	168%	111%	116%	69%	10%	5.0%			
19X	6	199	31	168	8.50	0.0055	1.6	0.0177	49,40	0.037	0.00754	33,88	0.0442	0.0081	38,20	0.052	0.0081	41,80	146%	113%	123%	85%	16%	9.4%			
22X	6	199	31	168	10.58	0.0068	1.6	0.0184	51,26	0.038	0.00808	35,37	0.0449	0.0088	40,06	0.053	0.0088	43,66	145%	113%	123%	85%	16%	9.0%			
23X	6	169	51	118	17.49	0.0112	1.6	0.0208	48,79	0.039	0.00985	44,48	0.0445	0.0110	49,94	0.050	0.0110	53,54	110%	112%	120%	110%	30%	7.2%			
25X	6	169	51	118	11.81	0.0076	1.6	0.0188	44,47	0.038	0.00839	41,03	0.0427	0.0092	45,62	0.048	0.0092	49,22	108%	111%	120%	111%	30%	7.9%			
26X	6	169	51	118	11.96	0.0077	1.6	0.0188	44,59	0.038	0.00843	41,12	0.0428	0.0092	45,74	0.048	0.0092	49,34	108%	111%	120%	111%	30%	7.9%			
29X	6	169	31	138	17.74	0.0114	1.6	0.0207	48,98	0.040	0.00992	36,33	0.0472	0.0111	41,83	0.055	0.0111	45,43	105%	115%	125%	93%	18%	8.6%			
30X	6	169	31	138	16.83	0.0108	1.6	0.0204	48,29	0.039	0.00968	35,78	0.0469	0.0108	41,14	0.055	0.0108	44,74	135%	115%	125%	93%	18%	8.8%			
32X	6	169	33	136	17.06	0.0110	2.4	0.0205	48,46	0.039	0.00974	36,75	0.0486	0.0108	43,54	0.061	0.0108	48,94	132%	118%	133%	101%	20%	12.4%			
33X	6	419	67	352	16.53	0.0106	2.4	0.0203	119,16	0.039	0.00961	84,16	0.0448	0.0107	94,60	0.051	0.0107	100,00	142%	114%	123%	86%	16%	5.7%			
35X	6	724	179	545	16.86	0.0108	3.2	0.0204	206,97	0.039	0.00969	172,53	0.0427	0.0108	189,11	0.046	0.0108	196,31	120%	110%	114%	95%	25%	3.8%			
36X	6	819	68	751	11.14	0.0072	3.2	0.0186	213,05	0.038	0.00822	122,49	0.0445	0.0089	136,30	0.052	0.0089	143,50	174%	111%	117%	67%	8%	5.3%			
37X	6	819	68	751	11.38	0.0073	3.2	0.0187	213,93	0.038	0.00828	123,20	0.0445	0.0090	137,19	0.052	0.0090	144,39	174%	111%	117%	67%	8%	5.2%			
38X	6	724	99	625	17.02	0.0109	3.2	0.0205	207,49	0.039	0.00973	139,75	0.0445	0.0108	156,44	0.050	0.0108	163,64	148%	112%	117%	79%	14%	4.6%			
39X	6	724	179	545	16.73	0.0108	3.2	0.0204	206,55	0.039	0.00966	172,19	0.0428	0.0107	188,69	0.045	0.0107	195,89	120%	110%	114%	95%	25%	3.8%			



APÊNDICE F - RESULTADOS POR ANDAR DO EDIFÍCIO B

3º PAVIMENTO - PAREDES EM Y

Parede	fa Mpa	L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm2)	As	ABNT NBR 16868-1 2020		EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1 2020/EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1			
								fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)							fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)
8Y	14	329	188	141	105,08	0,0676	10,8	0,0688	316,78	0,062	0,03416	230,68	0,0760	0,0463	291,27	0,085	0,0463	315,57	137%	126%	137%	100%	57%	8,3%			
9Y	14	329	188	141	133,10	0,0856	10,8	0,0778	358,26	0,069	0,04137	263,86	0,0850	0,0553	332,75	0,094	0,0553	357,05	136%	126%	135%	100%	57%	7,3%			
10Y	14	284	206	78	143,80	0,0924	8,8	0,0812	322,94	0,072	0,04412	256,76	0,0866	0,0587	313,77	0,093	0,0587	333,57	126%	123%	130%	103%	73%	6,3%			
11Y	14	329	171	158	122,66	0,0789	10,8	0,0744	342,81	0,067	0,03868	244,87	0,0823	0,0519	311,94	0,092	0,0519	336,24	140%	127%	137%	98%	52%	7,8%			
12Y	14	284	206	78	147,30	0,0947	8,8	0,0823	327,41	0,073	0,04502	259,34	0,0877	0,0598	318,24	0,095	0,0598	338,04	126%	123%	130%	103%	73%	6,2%			
13Y	14	329	171	158	167,03	0,1074	10,8	0,0887	408,50	0,078	0,05009	297,42	0,0966	0,0662	377,63	0,107	0,0662	401,93	137%	127%	135%	98%	52%	6,4%			
16Y	14	494	130	364	182,39	0,1173	28	0,0936	647,51	0,082	0,05404	424,46	0,1205	0,0711	581,85	0,155	0,0711	644,85	153%	137%	152%	100%	26%	10,8%			
17Y	14	354	130	224	200,60	0,1290	16	0,0995	493,02	0,087	0,05873	341,74	0,1149	0,0770	450,46	0,135	0,0770	486,46	144%	144%	142%	99%	37%	8,0%			
18Y	14	329	182	147	215,76	0,1387	20	0,1044	480,64	0,090	0,06262	359,43	0,1181	0,0819	469,34	0,136	0,0819	514,34	134%	131%	143%	107%	55%	9,6%			
19Y	14	149	90	59	222,77	0,1432	4	0,1066	222,38	0,092	0,06443	169,49	0,1122	0,0841	210,79	0,119	0,0841	219,79	131%	124%	130%	99%	60%	4,3%			
20Y	14	224	74	150	215,26	0,1364	3,2	0,1042	326,74	0,090	0,06250	224,85	0,1096	0,0817	285,09	0,117	0,0817	292,29	145%	127%	130%	89%	33%	2,5%			
22Y	14	329	151	178	295,56	0,1649	9,55	0,1175	541,05	0,101	0,07312	395,66	0,1254	0,0950	501,69	0,136	0,0950	523,18	137%	127%	132%	97%	46%	4,3%			
23Y	14	149	90	59	238,74	0,1535	4	0,1117	233,09	0,096	0,06853	176,06	0,1173	0,0892	221,60	0,124	0,0892	230,50	124%	124%	129%	99%	67%	4,1%			
24Y	14	289	122	137	175,17	0,1128	5,6	0,0913	331,07	0,080	0,05219	236,81	0,0970	0,0688	297,72	0,104	0,0688	310,32	140%	126%	131%	94%	47%	4,2%			
28Y	14	564	201	363	147,00	0,0945	32,8	0,0823	649,45	0,073	0,04494	433,26	0,1026	0,0598	592,50	0,129	0,0598	666,30	150%	137%	154%	103%	36%	12,5%			
29Y	14	349	147	202	109,04	0,0701	28	0,0700	342,26	0,063	0,03518	229,23	0,0939	0,0475	327,63	0,124	0,0475	390,63	149%	143%	170%	114%	42%	19,2%			
30Y	14	564	201	363	157,82	0,1015	32,8	0,0857	676,91	0,076	0,04773	455,23	0,1061	0,0632	619,96	0,132	0,0632	693,76	149%	136%	152%	96%	36%	11,9%			
31Y	14	419	176	243	203,38	0,1307	32	0,1004	588,78	0,087	0,05944	417,32	0,1231	0,0779	568,24	0,152	0,0779	640,24	141%	136%	153%	109%	42%	12,7%			
36Y	14	329	171	158	255,87	0,1645	10,8	0,1172	540,03	0,101	0,07294	402,64	0,1251	0,0947	509,16	0,135	0,0947	533,46	134%	126%	132%	99%	52%	4,8%			
39Y	14	329	171	158	242,71	0,1560	10,8	0,1130	520,54	0,097	0,06965	387,06	0,1209	0,0905	489,67	0,131	0,0905	513,97	134%	127%	133%	99%	52%	5,0%			
42Y	14	329	182	147	220,38	0,1417	20	0,1058	487,48	0,092	0,06381	364,90	0,1196	0,0833	476,18	0,137	0,0833	521,18	134%	130%	143%	103%	55%	9,5%			
43Y	14	329	182	147	212,36	0,1365	20	0,1033	475,61	0,090	0,06175	355,40	0,1170	0,0808	464,30	0,135	0,0808	509,30	134%	131%	143%	107%	55%	9,7%			
44Y	14	494	130	364	182,04	0,1170	28,8	0,0935	646,73	0,082	0,05395	423,84	0,1212	0,0710	582,47	0,157	0,0710	647,27	153%	137%	153%	100%	26%	11,1%			
45Y	14	494	130	364	191,11	0,1229	28,8	0,0964	666,90	0,084	0,05629	439,97	0,1241	0,0739	602,64	0,160	0,0739	667,44	152%	137%	152%	100%	26%	10,8%			
48Y	14	329	171	158	121,54	0,0781	10,8	0,0741	341,15	0,066	0,03840	243,54	0,0820	0,0516	310,28	0,092	0,0516	334,58	140%	127%	137%	98%	52%	7,8%			
49Y	14	284	206	78	150,75	0,0969	8,8	0,0835	331,82	0,074	0,04591	262,87	0,0888	0,0610	322,65	0,096	0,0610	342,45	126%	123%	130%	103%	73%	6,1%			
50Y	14	329	171	158	166,91	0,1073	10,8	0,0886	408,32	0,078	0,05006	297,28	0,0965	0,0661	377,45	0,107	0,0661	401,75	137%	127%	135%	98%	52%	6,4%			
51Y	14	284	206	78	145,79	0,0937	8,8	0,0819	325,48	0,072	0,04463	257,80	0,0872	0,0594	316,31	0,094	0,0594	336,11	126%	123%	130%	103%	73%	6,3%			
52Y	14	329	188	141	105,28	0,0677	10,8	0,0688	317,08	0,062	0,03421	230,91	0,0760	0,0463	291,56	0,085	0,0463	315,86	137%	126%	137%	100%	57%	8,3%			
53Y	14	329	188	141	135,73	0,0873	10,8	0,0766	362,16	0,070	0,04204	266,98	0,0858	0,0561	336,64	0,095	0,0561	360,94	136%	126%	135%	100%	57%	7,2%			
																			MEDIA	129%	140%		MEDIA	8,0%			

3º PAVIMENTO - PAREDES EM X

Parede	fa Mpa	L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm2)	As	ABNT NBR 16868-1 2020		EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1 2020/EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1			
								fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)							fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)
11X	14	289	88	201	121,54	0,0781	3,2	0,0741	299,67	0,066	0,03840	189,67	0,0786	0,0516	241,96	0,084	0,0516	249,16	158%	128%	131%	83%	30%	3,0%			
18X	14	839	148	491	140,05	0,0900	9,6	0,0800	715,82	0,071	0,04316	443,79	0,0881	0,0575	577,96	0,099	0,0575	599,56	161%	130%	135%	84%	23%	3,7%			
19X	14	199	48	151	110,47	0,0710	6,5	0,0705	196,44	0,063	0,03555	117,76	0,0874	0,0480	160,25	0,099	0,0480	174,87	167%	136%	148%	89%	24%	9,1%			
22X	14	199	65	134	137,56	0,0884	3,2	0,0792	220,69	0,070	0,04252	143,80	0,0854	0,0567	184,08	0,093	0,0567	191,28	153%	128%	133%	87%	33%	3,9%			
23X	14	169	77	92	227,38	0,1462	6,8	0,1081	255,73	0,093	0,06561	185,27	0,1191	0,0856	238,65	0,133	0,0856	253,95	138%	129%	137%	99%	46%	6,4%			
25X	14	169	74	95	153,55	0,0987	4,6	0,0844	199,58	0,074	0,04463	139,18	0,0920	0,0619	177,62	0,102	0,0619	187,86	143%	128%	135%	94%	44%	5,8%			
26X	14	169	74	95	155,47	0,0999	4,6	0,0850	201,04	0,075	0,04712	140,35	0,0927	0,0625	179,08	0,103	0,0625	189,32	143%	128%	135%	94%	44%	5,7%			
29X	14	169	51	118	230,67	0,1483	2,8	0,1091	258,23	0,094	0,06646	177,13	0,1160	0,0866	225,96	0,125	0,0866	232,26	146%	128%	131%	90%	30%	2,8%			
30X	14	169	31	138	218,84	0,1407	4,8	0,1053	249,24	0,091	0,06342	162,13	0,1247	0,0828	214,17	0,150	0,0828	224,97	154%	132%	139%	90%	16%	5,0%			
32X	14	169	47	122	221,77	0,1426	5,6	0,1063	251,47	0,092	0,06417	170,15	0,1212	0,0838	222,84	0,140	0,0838	235,44	148%	131%	138%	94%	28%	5,7%			
33X	14	419	138	281	214,90	0,1382	11,2	0,1041	610,50	0,090	0,06240	413,88	0,1142	0,0816	541,59	0,127	0,0816	566,79	145%	129%	135%	93%	3%	4,7%			
35X	14	724	179	545	219,14	0,1409	17,6	0,1054	1068,72	0,091	0,06349	713,38	0,1177	0,0829	927,84	0,134	0,0829	967,44	150%	130%	136%	91%	25%	4,3%			
36X	14	819	216	603	144,76	0,0931	8,7	0,0815	934,82	0,072	0,04437	592,95	0,0865	0,0590	760,02	0,093	0,0590	779,48	158%	128%	131%	83%	26%	2,6%			
37X	14	819	216	603	147,93	0,0951	8,7	0,0825	946,51	0,073	0,04518	602,30	0,0876	0,0600	771,70	0,094	0,0600	791,16	157%	128%	131%	84%	26%	2,5%			
38X	14	724	256	468	221,32	0,1423	21,6	0,1061	1075,82	0,092	0,06405	749,09	0														

APÊNDICE G - RESULTADOS POR ANDAR DO EDIFÍCIO C

10º PAVIMENTO - PAREDES EM Y		L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm2)	As	ABNT NBR 16868-1 2020		EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1 2020/EUROCOD E	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1	
Parede	fa Mpa							fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)							Vrk (kN)
10Y	8	564	90	474	126,99	0,082	4	0,0758	<b>598,66</b>	0,068	0,03801	<b>337,49</b>	0,0814	0,0462	<b>408,95</b>	0,089	0,0462	<b>417,95</b>	177%	121%	124%	70%	16%	2,2%	
11Y	8	164	48	116	138,50	0,089	0,8	0,0795	<b>182,57</b>	0,071	0,04097	<b>113,99</b>	0,0816	0,0499	<b>135,83</b>	0,084	0,0499	<b>137,63</b>	160%	119%	121%	75%	29%	1,3%	
12Y	8	565	90	475	132,95	0,085	4	0,0777	<b>614,88</b>	0,069	0,03954	<b>350,15</b>	0,0833	0,0481	<b>424,75</b>	0,090	0,0481	<b>433,75</b>	176%	121%	124%	71%	16%	2,1%	
13Y	8	214	34	180	112,43	0,072	1,6	0,0711	<b>213,13</b>	0,064	0,03427	<b>116,78</b>	0,0770	0,0415	<b>141,23</b>	0,085	0,0415	<b>144,83</b>	183%	121%	124%	68%	16%	2,5%	
14Y	8	264	34	230	145,35	0,093	1,6	0,0817	<b>302,04</b>	0,072	0,04273	<b>172,05</b>	0,0876	0,0521	<b>209,39</b>	0,095	0,0521	<b>212,99</b>	176%	122%	124%	71%	13%	1,7%	
17Y	8	264	34	230	145,40	0,093	1,6	0,0817	<b>302,10</b>	0,072	0,04275	<b>172,10</b>	0,0876	0,0521	<b>209,45</b>	0,095	0,0521	<b>213,05</b>	176%	122%	124%	71%	13%	1,7%	
23Y	8	329	40	289	131,04	0,084	1,6	0,0771	<b>355,21</b>	0,069	0,03905	<b>196,48</b>	0,0821	0,0475	<b>238,08</b>	0,089	0,0475	<b>241,68</b>	181%	121%	123%	68%	12%	1,5%	
24Y	8	329	40	289	100,68	0,065	1,6	0,0674	<b>310,27</b>	0,061	0,03125	<b>160,52</b>	0,0724	0,0377	<b>193,13</b>	0,079	0,0377	<b>196,73</b>	193%	120%	123%	63%	12%	1,9%	
25Y	8	264	45	219	137,34	0,088	2,4	0,0791	<b>292,52</b>	0,070	0,04067	<b>169,00</b>	0,0858	0,0495	<b>205,83</b>	0,094	0,0495	<b>211,23</b>	173%	122%	125%	72%	17%	2,6%	
28Y	8	264	45	219	135,94	0,087	2,4	0,0787	<b>290,86</b>	0,070	0,04031	<b>167,67</b>	0,0854	0,0491	<b>204,17</b>	0,094	0,0491	<b>209,57</b>	173%	122%	125%	72%	17%	2,6%	
30Y	8	264	54	210	167,65	0,108	1,6	0,0889	<b>328,53</b>	0,078	0,04847	<b>201,54</b>	0,0926	0,0592	<b>244,18</b>	0,097	0,0592	<b>247,78</b>	163%	121%	123%	75%	20%	1,5%	
33Y	8	264	54	210	167,87	0,108	1,6	0,0890	<b>328,79</b>	0,078	0,04852	<b>201,75</b>	0,0927	0,0593	<b>244,44</b>	0,097	0,0593	<b>248,04</b>	163%	121%	123%	75%	20%	1,5%	
35Y	8	488	68	420	154,14	0,099	1,6	0,0845	<b>577,61</b>	0,075	0,04499	<b>335,61</b>	0,0875	0,0549	<b>406,11</b>	0,091	0,0549	<b>409,71</b>	172%	121%	123%	71%	14%	0,9%	
36Y	8	490	68	422	149,57	0,096	1,6	0,0831	<b>569,90</b>	0,073	0,04382	<b>328,81</b>	0,0860	0,0534	<b>397,57</b>	0,090	0,0534	<b>401,17</b>	173%	121%	122%	70%	14%	0,9%	
38Y	8	253	31	222	112,91	0,073	1,6	0,0713	<b>252,52</b>	0,064	0,03439	<b>134,68</b>	0,0777	0,0416	<b>163,19</b>	0,086	0,0416	<b>166,79</b>	187%	121%	122%	66%	12%	2,2%	
40Y	8	264	54	210	167,86	0,108	1,6	0,0890	<b>328,78</b>	0,078	0,04852	<b>201,74</b>	0,0927	0,0593	<b>244,43</b>	0,097	0,0593	<b>248,03</b>	163%	121%	123%	75%	20%	1,5%	
43Y	8	264	34	230	167,72	0,108	1,6	0,0889	<b>328,61</b>	0,078	0,04849	<b>193,31</b>	0,0948	0,0593	<b>235,96</b>	0,102	0,0593	<b>238,56</b>	170%	122%	124%	73%	13%	1,5%	
45Y	8	264	45	219	145,13	0,093	1,6	0,0816	<b>301,77</b>	0,072	0,04268	<b>176,41</b>	0,0861	0,0520	<b>213,69</b>	0,092	0,0520	<b>217,29</b>	171%	121%	123%	72%	17%	1,7%	
48Y	8	264	34	230	146,93	0,094	1,6	0,0822	<b>303,91</b>	0,073	0,04314	<b>173,55</b>	0,0881	0,0526	<b>211,26</b>	0,096	0,0526	<b>214,86</b>	175%	122%	124%	71%	13%	1,7%	
49Y	8	329	40	289	97,20	0,062	1,6	0,0662	<b>305,11</b>	0,060	0,03035	<b>156,40</b>	0,0712	0,0366	<b>187,98</b>	0,078	0,0366	<b>191,58</b>	195%	120%	122%	63%	12%	1,9%	
50Y	8	329	40	289	94,86	0,061	1,6	0,0655	<b>301,65</b>	0,059	0,02975	<b>153,63</b>	0,0705	0,0358	<b>184,52</b>	0,077	0,0358	<b>188,12</b>	196%	120%	122%	62%	12%	2,0%	
																			MEDIA	121%	123%		MEDIA	2%	

10º PAVIMENTO - PAREDES EM X		L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm2)	As	ABNT NBR 16868-1 2020		EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1 2020/EUROCOD E	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1	
Parede	fa Mpa							fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)							Vrk (kN)
1X	8	329	51	278	94,24	0,061	1,6	0,0653	<b>300,73</b>	0,059	0,02959	<b>157,46</b>	0,0692	0,0356	<b>188,16</b>	0,074	0,0356	<b>191,76</b>	191%	120%	122%	64%	16%	1,9%	
28X	8	174	28	146	108,34	0,070	1,6	0,0698	<b>170,09</b>	0,063	0,03322	<b>92,53</b>	0,0770	0,0402	<b>112,30</b>	0,086	0,0402	<b>115,90</b>	184%	121%	125%	68%	16%	3,2%	
29X	8	134	36	98	133,86	0,086	1,6	0,0780	<b>146,26</b>	0,069	0,03973	<b>89,47</b>	0,0835	0,0483	<b>108,39</b>	0,091	0,0483	<b>111,99</b>	163%	121%	125%	77%	27%	3,3%	
32X	8	174	14	160	177,37	0,114	1,6	0,0920	<b>224,14</b>	0,081	0,05097	<b>129,96</b>	0,1063	0,0624	<b>160,54</b>	0,125	0,0624	<b>164,14</b>	172%	124%	128%	73%	8%	2,2%	
33X	8	134	36	98	148,18	0,095	1,6	0,0826	<b>155,01</b>	0,073	0,04346	<b>96,47</b>	0,0882	0,0530	<b>117,14</b>	0,095	0,0530	<b>120,74</b>	161%	121%	125%	78%	27%	3,1%	
35X	8	1109	132	977	107,84	0,069	6,4	0,0697	<b>1091,59</b>	0,063	0,03309	<b>568,50</b>	0,0757	0,0400	<b>687,33</b>	0,084	0,0400	<b>701,73</b>	190%	121%	123%	65%	12%	2,1%	
36X	8	164	54	110	186,16	0,120	0,8	0,0948	<b>217,75</b>	0,083	0,05323	<b>144,62</b>	0,0967	0,0652	<b>173,50</b>	0,099	0,0652	<b>175,30</b>	151%	120%	121%	81%	33%	1,0%	
37X	8	559	62	497	104,25	0,067	3,2	0,0685	<b>536,15</b>	0,062	0,03216	<b>277,45</b>	0,0750	0,0389	<b>335,50</b>	0,083	0,0389	<b>342,70</b>	193%	121%	124%	64%	11%	2,1%	
41X	8	853	48	805	83,65	0,054	2,4	0,0619	<b>739,06</b>	0,057	0,02687	<b>340,77</b>	0,0681	0,0322	<b>409,19</b>	0,076	0,0322	<b>414,59</b>	217%	120%	122%	56%	6%	1,3%	
42X	8	614	28	586	106,28	0,068	1,6	0,0692	<b>594,51</b>	0,062	0,03269	<b>292,59</b>	0,0763	0,0395	<b>354,12</b>	0,085	0,0395	<b>357,72</b>	203%	121%	122%	60%	5%	1,0%	
43X	8	464	28	436	89,69	0,058	1,6	0,0638	<b>414,63</b>	0,058	0,02842	<b>196,24</b>	0,0710	0,0342	<b>236,49</b>	0,080	0,0342	<b>240,09</b>	211%	121%	122%	58%	6%	1,5%	
44X	8	489	28	461	132,79	0,085	1,6	0,0777	<b>531,81</b>	0,069	0,03950	<b>282,06</b>	0,0848	0,0480	<b>343,30</b>	0,094	0,0480	<b>346,90</b>	189%	122%	123%	65%	6%	1,0%	
46X	8	464	28	436	92,79	0,060	1,6	0,0648	<b>421,11</b>	0,059	0,02922	<b>201,42</b>	0,0720	0,0352	<b>242,97</b>	0,081	0,0352	<b>246,57</b>	209%	121%	122%	59%	6%	1,5%	
49X	8	558	33	525	72,61	0,047	1,6	0,0583	<b>455,74</b>	0,054	0,02403	<b>201,40</b>	0,0644	0,0287	<b>240,67</b>	0,072	0,0287	<b>244,27</b>	226%	119%	121%	54%	6%	1,5%	
51X	8	1124	70	1054	141,48	0,091	4,0	0,0805	<b>1266,37</b>	0,071	0,04174	<b>685,83</b>	0,0876	0,0508	<b>835,96</b>	0,097	0,0508	<b>844,96</b>	185%	122%	123%	67%	6%	1,1%	
52X	8	164	54	110	162,30	0,104	0,8	0,0872	<b>200,14</b>	0,077	0,04709	<b>130,53</b>	0,0890	0,0575	<b>155,89</b>	0,091	0,0575	<b>157,69</b>	153%	119%	121%	79%	33%	1,2%	
53X	8	559	56	503	110,70	0,071	3,2	0,0706	<b>552,38</b>	0,063	0,03382	<b>287,94</b>	0,0777	0,0409	<b>349,23</b>	0,087	0,0409	<b>356,43</b>	192%	121%	124%	65%	10%	2,1%	
57X	8	264	34	230	144,88	0,093	1,6	0,0816	<b>301,48</b>	0,072	0,04261	<b>171,60</b>	0,0875	0,0519	<b>208,83</b>	0,095	0,0519	<b>212,43</b>	176%	122%	124%	70%	13%	1,7%	
58X	8	134	36	98	137,27	0,088	1,6	0,0791	<b>148,43</b>	0,070	0,04066	<b>91,21</b>	0,0847	0,0495	<b>110,56</b>	0,092	0,0495	<b>114,16</b>	163%	121%	125%	77%	27%	3,3%	
61X	8	264	28	236	121,58	0,078	2,4	0,0741	<b>273,80</b>	0,066	0,03662	<b>146,97</b>	0,0848	0,0444	<b>180,06</b>	0,099	0,0444	<b>185,46</b>	186%	123%	126%	68%	11%	3,0%	
62X	8	134	36	98	129,71	0,083	1,6	0,0767	<b>143,88</b>	0,068	0,03871	<b>87,56</b>	0,0822	0,0470	<b>106,01</b>	0,089	0,0470	<b>109,61</b>	164%	121%	125%	76%	27%	3,4%	
89X	8	329	51	278	89,61	0,058	1,6	0,0638																	

APÊNDICE H - RESULTADOS POR ANDAR DO EDIFÍCIO C

6º PAVIMENTO - PAREDES EM Y		L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm <sup>2</sup> )	As	ABNT NBR 16868-1 2020			EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1 2020/EUROCOD E	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1														
Parede	fa Mpa							fvk (kN/cm <sup>2</sup> )	Vrk (kN)	fvk* (kN/cm <sup>2</sup> )	fvk (kN/cm <sup>2</sup> )	Vrk (kN)	fvk* (kN/cm <sup>2</sup> )	fvk (kN/cm <sup>2</sup> )	Vrk (kN)	fvk* (kN/cm <sup>2</sup> )	fvk (kN/cm <sup>2</sup> )	Vrk (kN)	fvk* (kN/cm <sup>2</sup> )							fvk (kN/cm <sup>2</sup> )	Vrk (kN)												
																												fvk (kN/cm <sup>2</sup> )	Vrk (kN)	fvk* (kN/cm <sup>2</sup> )	fvk (kN/cm <sup>2</sup> )	Vrk (kN)	fvk* (kN/cm <sup>2</sup> )	fvk (kN/cm <sup>2</sup> )	Vrk (kN)				
10Y	16	564	184	380	177,97	0,114	18,4	0,0922	<b>728,05</b>	0,081	0,05291	<b>489,51</b>	0,1047	0,0697	<b>640,55</b>	0,121	0,0697	<b>681,95</b>	149%	131%	139%	94%	33%	6,5%															
11Y	16	164	48	116	194,10	0,125	2,4	0,0974	<b>223,61</b>	0,085	0,05705	<b>149,72</b>	0,1036	0,0749	<b>191,27</b>	0,112	0,0749	<b>196,67</b>	128%	131%	131%	88%	29%	2,8%															
12Y	16	565	184	381	186,34	0,120	25,2	0,0949	<b>750,62</b>	0,083	0,05506	<b>507,28</b>	0,1120	0,0724	<b>674,70</b>	0,134	0,0724	<b>731,40</b>	148%	133%	144%	97%	33%	8,4%															
13Y	16	214	34	180	157,57	0,101	1,6	0,0856	<b>256,60</b>	0,076	0,04766	<b>156,05</b>	0,0915	0,0631	<b>202,70</b>	0,099	0,0631	<b>206,30</b>	164%	130%	132%	80%	16%	1,8%															
14Y	16	264	34	230	203,71	0,131	1,6	0,1005	<b>371,37</b>	0,087	0,05953	<b>233,27</b>	0,1064	0,0780	<b>301,72</b>	0,114	0,0780	<b>305,32</b>	159%	129%	131%	82%	13%	1,2%															
17Y	16	264	34	230	203,78	0,131	1,6	0,1005	<b>371,45</b>	0,087	0,05954	<b>233,33</b>	0,1064	0,0780	<b>301,80</b>	0,114	0,0780	<b>305,40</b>	159%	129%	131%	82%	13%	1,2%															
23Y	16	329	40	289	183,65	0,118	1,6	0,0940	<b>433,10</b>	0,082	0,05437	<b>266,02</b>	0,0990	0,0715	<b>344,87</b>	0,105	0,0715	<b>348,47</b>	163%	130%	131%	80%	12%	1,0%															
24Y	16	329	40	289	141,11	0,091	1,6	0,0804	<b>370,12</b>	0,071	0,04343	<b>215,63</b>	0,0854	0,0579	<b>281,89</b>	0,092	0,0579	<b>285,49</b>	172%	131%	132%	77%	12%	1,3%															
25Y	16	264	45	219	192,49	0,124	2,4	0,0969	<b>358,04</b>	0,084	0,05664	<b>226,89</b>	0,1035	0,0744	<b>293,25</b>	0,112	0,0744	<b>298,65</b>	158%	129%	132%	83%	17%	1,8%															
28Y	16	264	45	219	190,53	0,122	2,4	0,0962	<b>355,71</b>	0,084	0,05614	<b>225,03</b>	0,1029	0,0737	<b>290,92</b>	0,111	0,0737	<b>296,32</b>	158%	129%	132%	83%	17%	1,9%															
30Y	16	264	74	190	234,96	0,151	2,4	0,1105	<b>408,49</b>	0,095	0,06756	<b>278,57</b>	0,1146	0,0880	<b>352,84</b>	0,120	0,0880	<b>358,24</b>	147%	127%	129%	88%	28%	1,5%															
33Y	16	264	74	190	235,28	0,151	2,4	0,1106	<b>408,87</b>	0,096	0,06764	<b>278,87</b>	0,1147	0,0881	<b>353,22</b>	0,120	0,0881	<b>358,62</b>	147%	127%	129%	88%	28%	1,5%															
35Y	16	488	248	240	216,03	0,139	16,6	0,1044	<b>713,52</b>	0,091	0,06269	<b>525,04</b>	0,1128	0,0819	<b>666,97</b>	0,124	0,0819	<b>704,32</b>	136%	127%	134%	99%	51%	5,6%															
36Y	16	490	248	242	209,62	0,135	16,6	0,1024	<b>702,31</b>	0,089	0,06105	<b>515,49</b>	0,1107	0,0799	<b>655,13</b>	0,122	0,0799	<b>692,48</b>	136%	127%	134%	99%	51%	5,7%															
38Y	16	253	31	222	158,25	0,102	1,6	0,0859	<b>304,14</b>	0,076	0,04784	<b>181,52</b>	0,0923	0,0634	<b>237,01</b>	0,101	0,0634	<b>240,61</b>	168%	131%	133%	79%	12%	1,5%															
40Y	16	264	114	150	235,26	0,151	3,2	0,1106	<b>408,85</b>	0,095	0,06764	<b>284,45</b>	0,1141	0,0881	<b>367,20</b>	0,119	0,0881	<b>374,40</b>	125%	127%	129%	92%	43%	2,0%															
43Y	16	264	34	230	235,07	0,151	1,6	0,1106	<b>408,62</b>	0,095	0,06759	<b>263,07</b>	0,1164	0,0881	<b>338,97</b>	0,124	0,0881	<b>342,57</b>	155%	129%	130%	84%	13%	1,1%															
45Y	16	264	45	219	203,40	0,131	2,4	0,1004	<b>371,00</b>	0,087	0,05945	<b>237,26</b>	0,1070	0,0779	<b>306,21</b>	0,116	0,0779	<b>311,61</b>	156%	129%	131%	84%	17%	1,8%															
48Y	16	264	34	230	205,93	0,132	1,6	0,1012	<b>374,00</b>	0,088	0,06010	<b>235,38</b>	0,1071	0,0787	<b>304,35</b>	0,115	0,0787	<b>307,95</b>	159%	129%	131%	82%	13%	1,2%															
49Y	16	329	40	289	136,22	0,088	1,6	0,0788	<b>362,88</b>	0,070	0,04217	<b>209,84</b>	0,0838	0,0563	<b>274,65</b>	0,090	0,0563	<b>278,25</b>	173%	131%	133%	77%	12%	1,3%															
50Y	16	329	40	289	132,95	0,085	1,6	0,0777	<b>358,04</b>	0,069	0,04133	<b>205,97</b>	0,0827	0,0552	<b>269,81</b>	0,089	0,0552	<b>273,41</b>	174%	131%	133%	76%	12%	1,3%															
																				MEDIA	129%	132%																MEDIA	2%

6º PAVIMENTO - PAREDES EM X		L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm <sup>2</sup> )	As	ABNT NBR 16868-1 2020			EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1 2020/EUROCOD E	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 / ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1		
Parede	fa Mpa							fvk (kN/cm <sup>2</sup> )	Vrk (kN)	fvk* (kN/cm <sup>2</sup> )	fvk (kN/cm <sup>2</sup> )	Vrk (kN)	fvk* (kN/cm <sup>2</sup> )	fvk (kN/cm <sup>2</sup> )	Vrk (kN)	fvk* (kN/cm <sup>2</sup> )	fvk (kN/cm <sup>2</sup> )	Vrk (kN)	fvk* (kN/cm <sup>2</sup> )							fvk (kN/cm <sup>2</sup> )	Vrk (kN)
1X	16	329	91	238	132,07	0,085	3,3	0,0775	<b>356,74</b>	0,069	0,04110	<b>224,81</b>	0,0820	0,0550	<b>287,54</b>	0,088	0,0550	<b>294,97</b>	159%	128%	131%	83%	28%	2,6%			
28X	16	174	28	146	151,84	0,098	1,6	0,0838	<b>204,15</b>	0,074	0,04619	<b>123,43</b>	0,0909	0,0613	<b>160,96</b>	0,100	0,0613	<b>164,56</b>	165%	130%	133%	81%	16%	2,2%			
20X	16	134	36	98	187,32	0,120	1,6	0,0952	<b>178,61</b>	0,083	0,05531	<b>117,80</b>	0,1008	0,0727	<b>150,54</b>	0,108	0,0727	<b>154,14</b>	152%	128%	131%	86%	27%	2,4%			
32X	16	174	14	160	248,59	0,160	1,6	0,1149	<b>279,91</b>	0,089	0,07107	<b>178,58</b>	0,1292	0,0924	<b>232,31</b>	0,148	0,0924	<b>235,91</b>	157%	130%	132%	84%	8%	1,5%			
33X	16	134	36	98	207,67	0,134	1,6	0,1018	<b>190,89</b>	0,088	0,06054	<b>127,62</b>	0,1073	0,0793	<b>162,82</b>	0,114	0,0793	<b>166,42</b>	150%	128%	130%	87%	27%	2,2%			
35X	16	1109	152	957	151,14	0,097	6,4	0,0836	<b>1297,67</b>	0,074	0,04601	<b>773,59</b>	0,0888	0,0611	<b>1007,42</b>	0,096	0,0611	<b>1021,82</b>	168%	130%	132%	79%	14%	1,4%			
36X	16	164	94	70	260,90	0,168	2,5	0,1189	<b>272,90</b>	0,102	0,07423	<b>207,10</b>	0,1222	0,0964	<b>255,23</b>	0,126	0,0964	<b>260,85</b>	132%	123%	126%	96%	57%	2,2%			
37X	16	559	82	477	146,11	0,094	3,2	0,0820	<b>641,45</b>	0,073	0,04471	<b>381,91</b>	0,0868	0,0595	<b>496,79</b>	0,093	0,0595	<b>503,99</b>	168%	130%	132%	79%	15%	1,4%			
41X	16	853	51	802	117,23	0,075	2,4	0,0727	<b>867,96</b>	0,065	0,03729	<b>465,18</b>	0,0786	0,0502	<b>619,53</b>	0,086	0,0502	<b>624,93</b>	187%	133%	134%	72%	6%	0,9%			
42X	16	614	34	580	148,95	0,096	1,6	0,0829	<b>712,41</b>	0,073	0,04544	<b>403,90</b>	0,0868	0,0604	<b>532,51</b>	0,096	0,0604	<b>536,11</b>	176%	132%	133%	75%	6%	0,7%			
43X	16	464	28	436	125,69	0,081	1,6	0,0754	<b>489,80</b>	0,067	0,03946	<b>267,27</b>	0,0825	0,0529	<b>355,26</b>	0,092	0,0529	<b>358,86</b>	183%	133%	134%	73%	6%	1,0%			
44X	16	489	28	461	186,10	0,120	1,6	0,0948	<b>649,12</b>	0,083	0,05500	<b>387,43</b>	0,1020	0,0723	<b>506,71</b>	0,111	0,0723	<b>510,31</b>	168%	131%	132%	79%	6%	0,7%			
46X	16	464	28	436	130,04	0,084	1,6	0,0768	<b>498,88</b>	0,068	0,04058	<b>274,54</b>	0,0839	0,0543	<b>364,34</b>	0,093	0,0543	<b>367,94</b>	182%	133%	134%	74%	6%	1,0%			
49X	16	558	53	505	101,77	0,065	1,6	0,0677	<b>528,96</b>	0,061	0,03331	<b>280,91</b>	0,0715	0,0452	<b>372,69</b>	0,076	0,0452	<b>376,29</b>	188%	133%	134%	71%	9%	1,0%			
51X	16	1124	110	1014	198,29	0,127	4,8	0,0967	<b>1553,71</b>	0,086	0,05813	<b>957,66</b>	0,1042	0,0762	<b>1242,70</b>	0,111	0,0762	<b>1253,50</b>	162%	130%	131%	81%	10%	0,9%			
52X	16	164	94	70	227,47	0,146	2,5	0,1081	<b>248,23</b>	0,093	0,06564	<b>187,36</b>	0,1114	0,0856	<b>230,56</b>	0,116	0,0856	<b>236,18</b>	132%	123%	126%	95%	57%	2,4%			
53X	16	559	56	503	155,15	0,100	3,2	0,0849	<b>664,19</b>	0,075	0,04704	<b>389,96</b>	0,0920	0,0624	<b>511,34</b>	0,101	0,0624	<b>518,54</b>	170%	131%	133%	78%	10%	1,4%			
57X	16	264	34	230	203,05	0,131	1,6	0,1003	<b>370,58</b>	0,087	0,05936	<b>232,64</b>	0,1061	0,0778	<b>300,93</b>	0,114	0,0778	<b>304,53</b>	159%	129%	131%	82%	13%	1,2%			
58X	16	134	36	98	192,38	0,124	1,6	0,0968	<b>181,67</b>	0,084	0,05661	<b>120,24</b>	0,1024	0,0743	<b>153,60</b>	0,110	0,0743	<b>157,20</b>	151%	128%	131%	87%	27%	2,3%			
61X	16	264	28	236	170,39	0,110	1,6	0,0898	<b>331,78</b>	0,079	0,05096	<b>199,26</b>	0,0969	0,0673	<b>260,24</b>	0,106	0,0673	<b>263,84</b>	167%	131%	132%	80%	11%	1,4%			
62X	16	134</																									

APÊNDICE I - RESULTADOS POR ANDAR DO EDIFÍCIO C

2º PAVIMENTO - PAREDES EM Y																										
Parede	fa Mpa	L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm2)	As	ABNT NBR 16868-1-2020			EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1-2020/EUROCOD E	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2/ EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2/ ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 /ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1	
								fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)							fvk (kN/cm2)
10Y	20	564	284	280	241.46	0.155	12	0.1126	889.19	0.097	0.06923	657.42	0.1179	0.0901	821.99	0.125	0.0901	848.99	135%	125%	129%		95%	50%	3.3%	
11Y	20	164	48	116	263.35	0.169	0.8	0.1196	274.71	0.103	0.07486	190.60	0.1217	0.0971	239.57	0.124	0.0971	241.37	126%	126%	127%		88%	29%	0.8%	
12Y	20	565	284	281	252.81	0.163	19.2	0.1163	919.62	0.100	0.07215	681.48	0.1247	0.0938	864.70	0.136	0.0938	907.90	135%	127%	133%		99%	50%	5.0%	
13Y	20	214	34	180	213.79	0.137	2.4	0.1037	310.74	0.090	0.06212	199.36	0.1125	0.0812	258.24	0.124	0.0812	263.64	156%	130%	132%		85%	16%	2.1%	
14Y	20	264	74	190	276.38	0.178	1.6	0.1238	457.70	0.106	0.07821	317.93	0.1265	0.1013	400.65	0.130	0.1013	404.25	144%	126%	127%		88%	28%	0.9%	
17Y	20	264	74	190	276.48	0.178	1.6	0.1239	457.82	0.106	0.07824	318.03	0.1266	0.1014	400.77	0.130	0.1014	404.37	144%	126%	127%		88%	28%	0.9%	
23Y	20	329	120	209	249.17	0.160	8	0.1151	530.11	0.099	0.07122	374.82	0.1234	0.0926	478.27	0.134	0.0926	496.27	141%	128%	132%		94%	36%	3.8%	
24Y	20	329	120	209	191.45	0.123	8	0.0965	444.65	0.084	0.05637	306.45	0.1049	0.0740	392.82	0.116	0.0740	410.82	145%	128%	134%		92%	36%	4.6%	
25Y	20	264	45	219	261.16	0.168	2.4	0.1189	439.62	0.102	0.07430	292.16	0.1256	0.0964	374.83	0.134	0.0964	380.23	150%	128%	130%		86%	17%	1.4%	
28Y	20	264	45	219	258.50	0.166	2.4	0.1181	436.46	0.101	0.07361	289.63	0.1248	0.0956	371.67	0.133	0.0956	377.07	151%	128%	130%		86%	17%	1.5%	
30Y	20	264	85	179	318.78	0.205	1.6	0.1375	508.07	0.117	0.08911	362.52	0.1398	0.1150	454.49	0.143	0.1150	458.09	140%	125%	126%		90%	32%	0.8%	
33Y	20	264	85	179	319.21	0.205	1.6	0.1376	508.58	0.117	0.08923	362.93	0.1400	0.1151	455.00	0.143	0.1151	458.60	140%	125%	126%		90%	32%	0.8%	
35Y	20	488	268	220	293.11	0.188	17	0.1292	882.79	0.110	0.08251	668.26	0.1371	0.1067	843.24	0.147	0.1067	881.49	132%	126%	132%		100%	55%	4.5%	
36Y	20	490	268	222	284.41	0.183	17	0.1264	867.22	0.108	0.08028	655.22	0.1343	0.1039	827.04	0.145	0.1039	865.29	132%	126%	132%		100%	55%	4.6%	
38Y	20	264	31	222	214.70	0.138	1.6	0.1040	368.41	0.090	0.06235	232.94	0.1105	0.0815	301.28	0.119	0.0815	304.88	158%	129%	131%		83%	12%	1.2%	
40Y	20	253	85	179	319.20	0.205	1.6	0.1376	508.57	0.117	0.08922	362.92	0.1400	0.1151	454.98	0.143	0.1151	458.58	140%	125%	126%		90%	32%	0.8%	
43Y	20	264	34	230	318.93	0.205	1.6	0.1375	508.25	0.117	0.08915	342.77	0.1434	0.1150	438.60	0.151	0.1150	442.20	148%	128%	129%		87%	13%	0.8%	
45Y	20	264	62	202	275.96	0.177	2.4	0.1237	457.20	0.106	0.07810	312.85	0.1285	0.1012	397.77	0.135	0.1012	403.17	146%	127%	129%		88%	23%	1.4%	
48Y	20	264	34	230	279.39	0.180	1.6	0.1248	461.28	0.107	0.07899	305.19	0.1307	0.1023	391.63	0.138	0.1023	395.23	151%	128%	130%		86%	13%	0.9%	
49Y	20	329	160	169	184.82	0.119	1.6	0.0944	314.20	0.083	0.05467	214.20	0.0957	0.0719	384.40	0.097	0.0719	388.00	138%	122%	123%		89%	49%	0.9%	
50Y	20	329	160	169	180.39	0.116	1.6	0.0930	428.28	0.081	0.05353	308.95	0.0942	0.0705	377.84	0.096	0.0705	381.44	139%	122%	123%		89%	49%	1.0%	
																				MEDIA	127%	129%			MEDIA	2%

2º PAVIMENTO - PAREDES EM X																									
Parede	fa Mpa	L total (cm)	L - grauteado (cm)	L - não grauteado (cm)	Gk (kN/cm)	σ (kN/cm2)	As	ABNT NBR 16868-1-2020			EUROCODE			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 1			ABNT NBR 16868-1 - Proposta 2			ABNT NBR 16868-1-2020/EUROCOD E	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1 / EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2/ EUROCODE	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2/ ABNT NBR 16868-1 2020	% grauteamento	ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 2 /ABNT NBR 16868-1 - PROPOSTA 1
								fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)	fvk (kN/cm2)	Vrk (kN)	fvk * (kN/cm2)						
1X	20	329	91	238	179.19	0.115	3.0	0.0926	426.50	0.081	0.05322	280.62	0.0987	0.0701	356.78	0.102	0.0701	363.53	152%	127%	130%		85%	28%	1.9%
28X	20	174	28	146	206.01	0.132	1.6	0.1012	246.57	0.088	0.06012	157.36	0.1084	0.0787	203.38	0.118	0.0787	206.98	157%	129%	132%		84%	16%	1.8%
29X	20	134	36	98	254.15	0.163	1.6	0.1167	218.91	0.100	0.07250	150.04	0.1222	0.0942	190.84	0.129	0.0942	194.44	146%	127%	130%		89%	27%	1.9%
32X	20	174	74	100	337.27	0.217	1.6	0.1434	349.34	0.122	0.08387	257.53	0.1461	0.1209	320.64	0.150	0.1209	324.24	136%	125%	126%		93%	43%	1.1%
33X	20	134	36	98	281.76	0.181	1.6	0.1256	235.56	0.107	0.07960	163.36	0.1311	0.1031	207.49	0.138	0.1031	211.09	144%	127%	129%		90%	27%	1.7%
35X	20	1109	232	877	205.06	0.132	8.9	0.1009	1566.76	0.088	0.05987	1020.06	0.1057	0.0784	1306.00	0.112	0.0784	1326.11	154%	128%	130%		85%	21%	1.5%
36X	20	164	94	70	353.98	0.228	2.5	0.1488	341.60	0.126	0.09817	262.05	0.1521	0.1263	323.92	0.156	0.1263	329.55	130%	124%	126%		96%	57%	1.7%
37X	20	559	122	437	198.24	0.127	3.2	0.0987	772.58	0.086	0.05812	502.42	0.1020	0.0762	640.53	0.106	0.0762	647.73	154%	127%	129%		84%	22%	1.1%
41X	20	853	151	702	159.06	0.102	3.2	0.0861	1028.52	0.076	0.04804	632.63	0.0888	0.0636	812.99	0.092	0.0636	820.19	163%	129%	130%		80%	18%	0.9%
42X	20	614	34	580	202.08	0.130	1.6	0.1000	859.21	0.087	0.05911	521.34	0.1058	0.0775	679.31	0.113	0.0775	682.91	165%	130%	131%		79%	6%	0.5%
43X	20	464	28	436	170.54	0.110	1.6	0.0898	583.45	0.079	0.05100	342.19	0.0970	0.0673	448.91	0.106	0.0673	452.51	171%	131%	132%		78%	6%	0.8%
44X	20	489	31	458	252.50	0.162	1.6	0.1162	795.24	0.100	0.07207	505.49	0.1226	0.0937	653.77	0.131	0.0937	657.37	157%	129%	130%		83%	6%	0.6%
46X	20	464	28	436	176.43	0.113	1.6	0.0917	595.75	0.080	0.05251	352.03	0.0989	0.0692	461.21	0.108	0.0692	464.61	169%	131%	132%		78%	6%	0.8%
49X	20	558	93	465	138.07	0.089	1.6	0.0794	620.11	0.071	0.04265	369.43	0.0815	0.0569	476.44	0.084	0.0569	480.04	168%	129%	130%		77%	17%	0.8%
51X	20	1124	190	934	269.03	0.173	6.5	0.1215	1911.51	0.104	0.07632	1275.10	0.1258	0.0990	1628.68	0.131	0.0990	1643.30	150%	128%	129%		86%	17%	0.9%
52X	20	164	94	70	308.62	0.198	2.5	0.1342	308.12	0.114	0.08650	235.27	0.1375	0.1117	290.45	0.142	0.1117	296.07	131%	123%	126%		96%	57%	1.9%
53X	20	559	88	471	210.51	0.135	3.2	0.1027	803.45	0.089	0.06127	513.85	0.1072	0.0802	660.68	0.113	0.0802	667.88	129%	129%	130%		83%	16%	1.1%
57X	20	264	34	230	275.49	0.177	1.6	0.1236	456.64	0.106	0.07798	301.49	0.1294	0.1011	386.99	0.137	0.1011	390.59	151%	128%	130%		86%	13%	0.9%
58X	20	134	36	98	261.01	0.168	1.6	0.1189	223.05	0.102	0.07426	153.35	0.1245	0.0964	194.98	0.132	0.0964	198.58	145%	127%	129%		89%	27%	1.8%
61X	20	264	28	236	231.18	0.149	1.6	0.1093	404.00	0.094	0.06659	257.03	0.1165	0.0868	332.46	0.126	0.0868	336.06	157%	129%	131%		83%	11%	1.1%
62X	20	134	36	98	246.65	0.159	1.6	0.1143	214.39	0.098	0.07057	146.42	0.1198	0.0918	186.32	0.127	0.0918	189.92	146%	127%	130%		89%	27%	1.9%
89X	20	329	91	238	170.40	0.110	4.8	0.0898	413.49	0.079	0.05096	270.21	0.0964	0.0673	346.92	0.105	0.0673	357.72	153%	128%	132%		87%	28%	3.1%